CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático

Andalucía se mueve con Europa

Sector Agricultura

JUNTA DE ANDALUCIA

Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático

Sector Agricultura

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

Consejería de Agricultura y Pesca
José Enrique López Rivero

Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía
Teresa Parra Heras

Fotografías:
Pilar Acero López: 8
Luana Fischer Ferreira: 18
Jorge Martínez Huelves: 71, 81
No autor: portada, 6, 27, 29, 77, 182

Diseño gráfico y maquetación:
Carlos Manzano Arrondo

Índice

1. Objeto 4

2. Introducción 5

3. Objetivos, alcance y limitaciones 7

4. Metodología 9

5. Análisis de los escenarios regionalizados de cambio climático 12

5.1. Temperaturas medias de las máximas y mínimas anuales y precipitación anual 12
5.2. Aumento de temperaturas y variación de la precipitación en 2050 respecto a 1961-90 ... 16

6. Caracterización del sector de la agricultura en Andalucía 19

6.1. Evolución histórica de la Política Agraria Común 19
6.2. Metodología y fuentes de información 20
6.3. Características generales 21
6.4. Caracterización de la agricultura a nivel provincial 24
6.5. Principales conclusiones de la caracterización 45

7. Evaluación de la vulnerabilidad 49

7.1. Conceptos previos 49
7.2. Descripción de la metodología utilizada 49
7.3. Vulnerabilidad vinculada a requerimientos agroclimáticos de los principales cultivos en Andalucía 54
7.4. Vulnerabilidad asociada a eventos meteorológicos extremos 78
7.5. Vulnerabilidad bruta entendida como impacto potencial 80

8. Identificación y valoración de impactos 81

8.1. Introducción 81
8.2. Identificación de impactos 81
8.3. Valoración de impactos 83

9. Opciones y medidas de adaptación 85

9.1. Introducción 85
9.2. Principales medidas y opciones de adaptación 86

10. Anejo 1. Cartografía 90

11. Anejo 2. Documentación complementaria 166

12. Anejo 3. Escenarios regionalizados de Cambio Climático. Conceptos básicos 181

13. Bibliografía 183

1 Objeto

El cambio climático es ya una realidad que sufrimos los hombres y mujeres de nuestro siglo, el reto principal que en estos momentos tiene la humanidad.

El Gobierno andaluz, consciente de esta evidencia, fue la primera Comunidad Autónoma de España aprobando, en 2002, un documento estratégico contra esta situación, la **Estrategia Andaluza ante el Cambio Climático** (Consejería de Medio Ambiente, 2002), adelantándose incluso a la que se aprobara a nivel nacional en el año 2007.

Los objetivos básicos de esta estrategia andaluza son conceptuales e institucionales, persiguiendo un aumento del nivel del conocimiento sobre el cambio climático en Andalucía, una adaptación de la normativa legal andaluza a la legislación europea y española, y garantizando la imprescindible coordinación entre las distintas administraciones, debido a que los efectos perversos del cambio climático no tienen fronteras.

Otros de los objetivos de la Estrategia son más prácticos, como el análisis de las repercusiones e impactos del cambio climático en los diversos sectores económicos de la comunidad, así como el establecimiento de las medidas necesarias para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Andalucía.

Para hacer posible el cumplimiento de estos objetivos de la Estrategia Andaluza ante el Cambio Climático, la Junta de Andalucía aprobó en 2007 el **Plan de Acción por el Clima**, que establecía tres ejes o programas de trabajo: el de **Mitigación (2007-2012)** (Consejería de Medio Ambiente, 2007), el de **Adaptación** (Consejería de Medio Ambiente, 2010) y el de **Comunicación y Participación**.

El presente trabajo se enmarca en el Programa de Adaptación, que parte de la base de que el Cambio Global ya se está produciendo en todo el mundo, y no sólo a nivel climático, sino también a nivel del funcionamiento del planeta en sí, como macrosistema.

A nivel andaluz, los objetivos del Programa de Adaptación son, por un lado, analizar el grado de vulnerabilidad que poseen los sectores productivos y económicos andaluces, y, por otro, estudiar los impactos del cambio climático sobre los mismos. Se trata, en definitiva, de prevenir, de tomar las medidas necesarias, de adelantarse a estos sucesos para adaptarse a esos cambios que se preveen que van a ocurrir en los distintos escenarios posibles.

Uno de los sectores productivos más vulnerables a los efectos del cambio climático es el de la agricultura, de gran importancia además en la Comunidad Autónoma de Andalucía, centrándose esta publicación en la evaluación de los efectos que pudieran producirse en la misma.

En este sentido, el presente trabajo supone el primer documento de Análisis Sectorial de Evaluación de los Efectos del Cambio Climático como respuesta a lo establecido en el Subprograma 2 del Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático. De acuerdo a lo definido en el Programa de Adaptación, este documento ha sido elaborado por la Consejería de Medio Ambiente con la participación de la Consejería de Agricultura y Pesca. En una fase posterior, corresponderá a esta última Consejería, la definición de las medidas de adaptación que se pondrán en marcha en el sector de la agricultura.

2 Introducción

La evidencia de que el cambio climático ya está aquí, y es irreversible, ha hecho que la comunidad internacional considere este problema como uno de los más importantes que tiene el planeta actualmente. Aunque las políticas de mitigación consiguieran reducir drásticamente la emisión a la atmósfera de GEI, todos los habitantes de la Tierra padeceremos los efectos perversos del cambio climático.

Es por ello que la Unión Europea, en su **Libro Blanco *"Adaptación al cambio climático: Hacia un marco europeo de actuación"***, intenta dar una respuesta al cambio climático para todo el continente, aunque, consciente de que cada área geográfica tiene su particular grado de vulnerabilidad, se limita a instar a sus Estados miembros a que adopten las iniciativas necesarias para atajar el problema, dando orientaciones sobre la implantación de las políticas de Mitigación que consigan disminuir en gran medida las emisiones de GEI, al mismo tiempo que enfrentarse a los impactos inevitables y ya visibles del cambio climático con medidas de Adaptación.

Y es que la realidad con la que nos encontramos es que ya no hay sector ni actividad económica que no esté afectada por el cambio climático, lo que está haciendo que muchos agentes productivos, de manera particular, se estén adaptando espontáneamente a esos cambios, resistiéndose, en muchas ocasiones, a los mismos o adoptando nuevos procedimientos de explotación para aminorar sus consecuencias negativas tanto económicas como ambientales. Aunque la acción individual (personas y empresas) contribuye de una manera determinante a la adaptación de todos los sectores y sistemas, se hace necesaria una acción contundente, coordinada y planificada de las administraciones ante el cambio climático, en disposición de la mayor información posible y de las medidas legales necesarias para la implantación efectiva y racional de las políticas de Adaptación.

Al Libro Blanco de la Unión Europea acompaña un documento adjunto, *"La adaptación al cambio climático: un auténtico reto para la agricultura y las zonas rurales europeas"*, que trata sectorialmente de la repercusión del cambio climático en la agricultura y en las zonas rurales europeas, analizando el papel que la Política Agraria Común (PAC) pueda cumplir en la necesaria Adaptación a la nueva situación climática, reordenando, por ejemplo, la distribución productiva de las tierras para la agricultura.

Entre esas repercusiones negativas del cambio climático sobre la agricultura a nivel europeo, habría que destacar la afectación sobre el rendimiento de las cosechas agrícolas y la producción ganadera, siendo posiblemente necesaria esa reordenación de tierras a la que se hacía mención anteriormente. Las precipitaciones irregulares o claramente deficitarias afectará, igualmente, a la materia orgánica del suelo, lo que conllevará inevitablemente una pérdida de su fertilidad.

Desde la UE se considera la necesidad de una respuesta sectorial adaptada a la diversidad de la agricultura regional y local, dirigida por las autoridades públicas, que facilite la adopción de una gama de medidas de adaptación más amplia y mejor coordinada, y que evite toda adaptación errónea capaz de acarrear graves consecuencias medioambientales y económicas.

A nivel del Estado español, el Gobierno central ha sido también consciente de la gravedad del problema del cambio climático, aprobando en el 2006 el **Plan Nacional de Adaptación**

al Cambio Climático (Ministerio de Medio Ambiente, 2006), que nace con el propósito de convertirse en el marco de referencia y de coordinación de todas las políticas autonómicas tendentes a la evaluación de los efectos negativos que el problema en cuestión tiene sobre los distintos sectores económicos del país, que, por su situación geográfica y variables socioeconómicas, es más vulnerable que otras naciones a los efectos perversos de las alteraciones climáticas.

Esta vulnerabilidad de España es más acusada todavía en Andalucía, por las mismas razones pero exacerbadas, por lo que se justifica sobradamente que la Junta de Andalucía fuese la primera Comunidad Autónoma que dio respuestas normativas y prácticas a la situación del cambio climático. El Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático evaluará, como se ha comentado, los efectos de esta situación sobre los distintos sectores económicos andaluces, incorporando proyecciones de los escenarios regionalizados de cambio climático para, posteriormente, poder diseñar las medidas de Adaptación específicas a una escala regional.

En este contexto, el sector de la agricultura juega un papel determinante, dada la importancia socioeconómica del mismo en Andalucía, donde es una de sus señas de identidad, aparte de su participación en la mitigación de GEI por su contribución al efecto sumidero de CO_2 de los distintos usos del suelo.

3 Objetivos, alcance y limitaciones

Dado que la agricultura juega un papel fundamental en la estructura socioeconómica de Andalucía, el objetivo primordial de este trabajo será el de analizar la evolución probable del clima en dicha comunidad, evaluando los impactos negativos que el mismo podría tener sobre la agricultura, para poder tomar desde la Administración Andaluza, las medidas necesarias para adaptar el sector bajo estudio a esa variación climática. Sin olvidar, claro está, que determinadas consecuencias del cambio climático pueden resultar positivas a corto plazo, situación que tiene que aprovecharse, igualmente, como una ocasión de llevar a cabo las iniciativas socioeconómicas, que no dejarán de ser medidas netamente adaptativas, en cuanto que suponen convertir el problema en una oportunidad de desarrollo.

Para hacer posible este análisis, la Consejería de Medio Ambiente ha tenido en cuenta, en primer lugar, la información suministrada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), adscrita al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, que, entre otras actividades, tiene encomendadas la elaboración y actualización de los escenarios de cambio climático en España, así como el registro histórico los datos meteorológicos y climatológicos del país.

En este sentido, la AEMET, que es la autoridad meteorológica del Estado, viene trabajando en el **Proyecto de Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático**, que va a permitir que, a partir del modelo climático de ámbito nacional pueda obtenerse un modelo regionalizado, en este caso andaluz. Y dado que este estudio estatal está todavía en fase de desarrollo, la Consejería de Medio Ambiente ha querido complementar este análisis más global con otro exclusivamente andaluz, aunque en el presente trabajo se haya contado con la información suministrada por la AEMET, sobre todo para tener en cuenta los datos sobre precipitaciones y temperaturas máximas y mínimas en el período de referencia.

Así, la Consejería encargó a la Fundación por la Investigación del Clima (FIC) el estudio **Generación de Escenarios de Cambio Climático en Andalucía** (FIC, 2006), que tiene como objetivo diseñar los distintos escenarios de la variabilidad climática que se pueden encontrar en Andalucía durante todo este siglo, en función de los distintos modelos de desarrollo económicos que se implanten en la región.

Una de las ventajas de este estudio radica, entre otras, en que permite disponer de información a escala local, identificando, por ejemplo, aquellas zonas territoriales más vulnerables a los cambios climáticos, lo que permitirá a las administraciones competentes tomar iniciativas planificadas y adaptativas a la nueva situación climática previsible.

No obstante, también hay que hacer mención a ciertas limitaciones motivadas por el estado actual de los instrumentos de investigación, que hace que el estudio de la fundación mencionada no permita obtener conclusiones fiables sobre cómo evolucionarán las precipitaciones en este siglo con un elevado grado de precisión, mientras que los resultados de las verificaciones previsibles de la temperatura sí que son altamente fidedignos, al menos hasta finales de siglo.

Igualmente, la Consejería de Medio Ambiente utiliza el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) para estudiar las características de las tierras de labor

y su previsible vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, aunque bien es cierto, y eso es otra limitación, que esta aplicación informática agrupa tipos de cultivo que no aportan nada o no informan directamente de ciertas superficies que serían de utilidad para las predicciones. De ahí que se utilicen distintas fuentes de información para, con todas ellas y de manera complementaria, ser capaces de diseñar los escenarios climáticos más previsibles.

En este sentido, se analizarán los principales métodos que podrían ser de aplicación en el futuro para evaluar, con un mayor grado de detalle, la respuesta de los diferentes cultivos de Andalucía a las distintas variables del cambio climático.

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 Agricultura en 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 Agricultura frente al cambio climático y por otro, plantear una serie de **medidas de adaptación** para el sector.

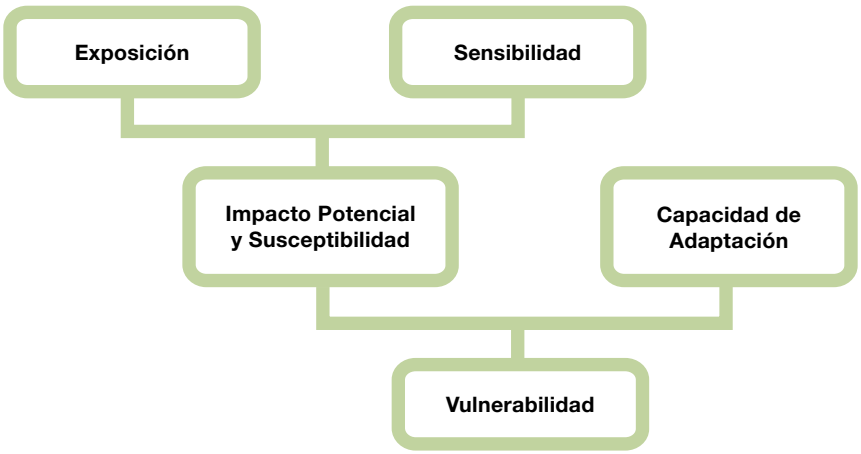
En 2001, el IPCC expone la siguiente definición de vulnerabilidad en el contexto del cambio climático: "Vulnerabilidad es el grado en que un sistema, subsistema o componente de ellos es susceptible o incapaz de afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y 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 de la Agricultura) 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 Agricultura 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 3 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 el 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:

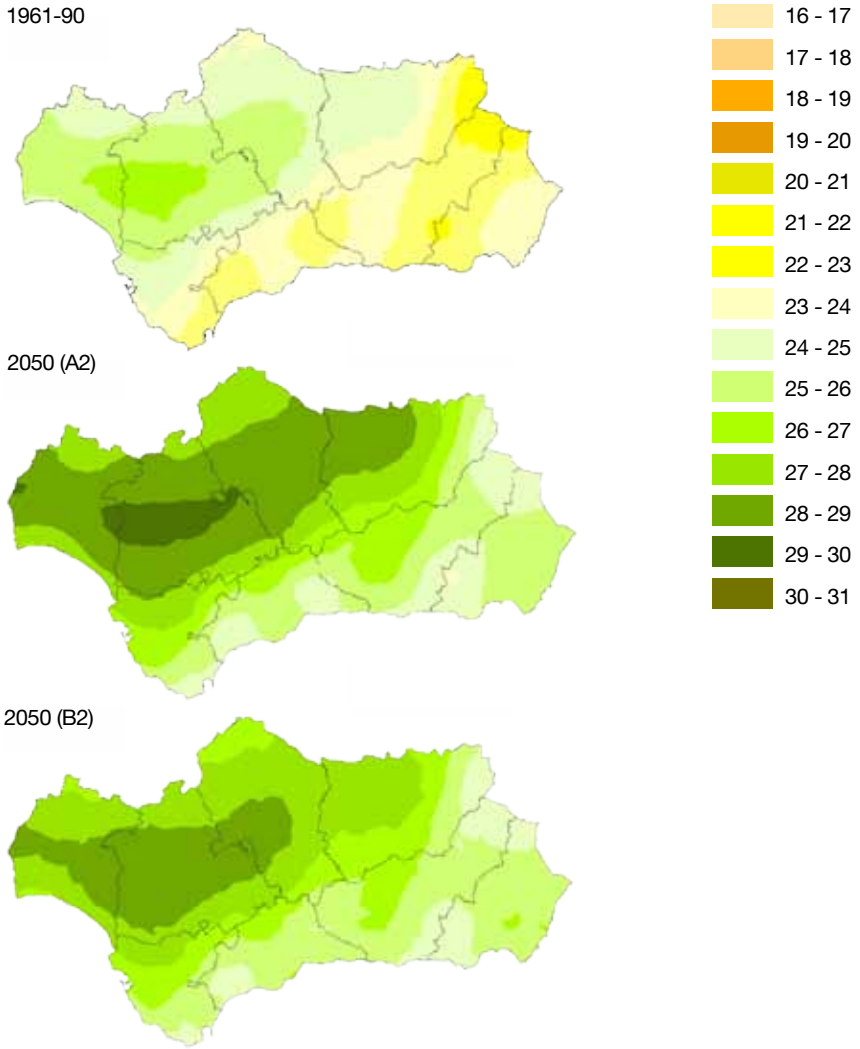
5.1. Temperaturas medias de las máximas y mínimas anuales y precipitación anual

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 de las máximas (ºC) 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.

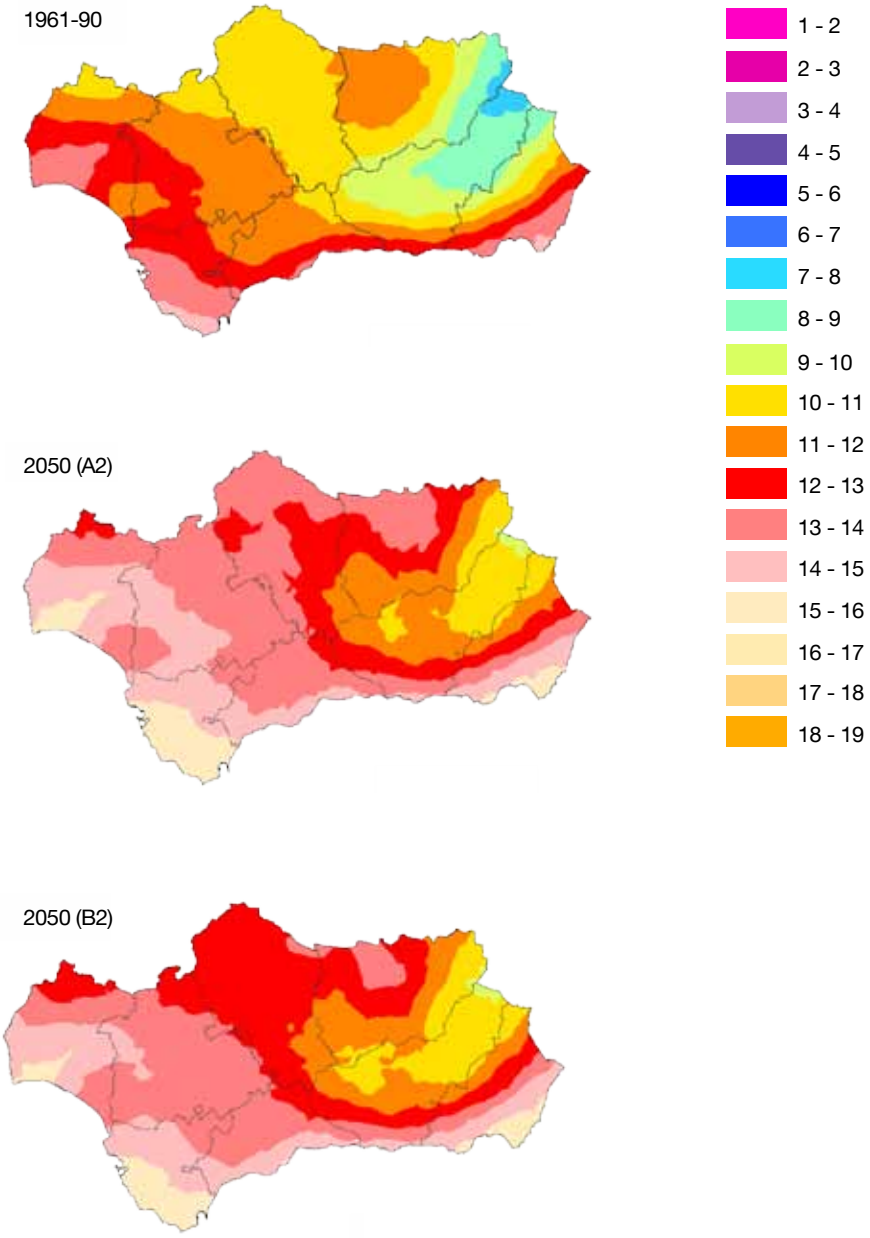
5.1.2. Temperatura media de las mínimas anuales

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

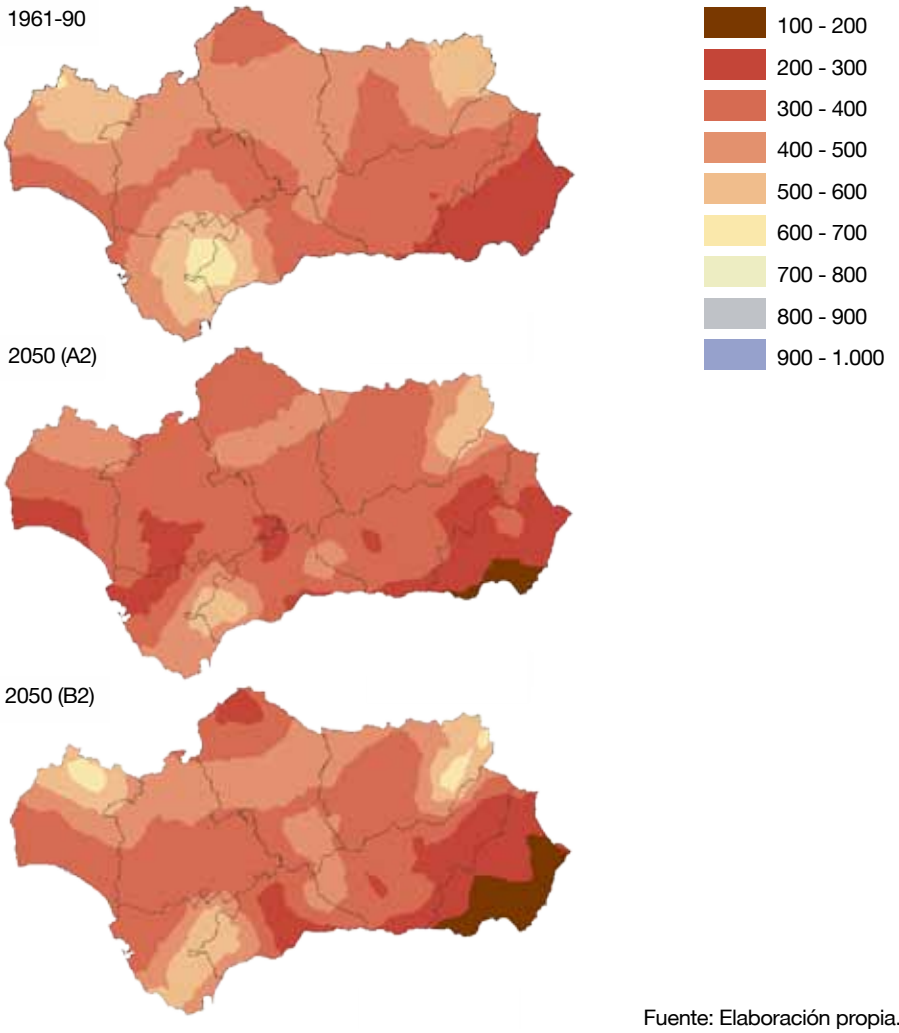


Fuente: Elaboración propia.

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.

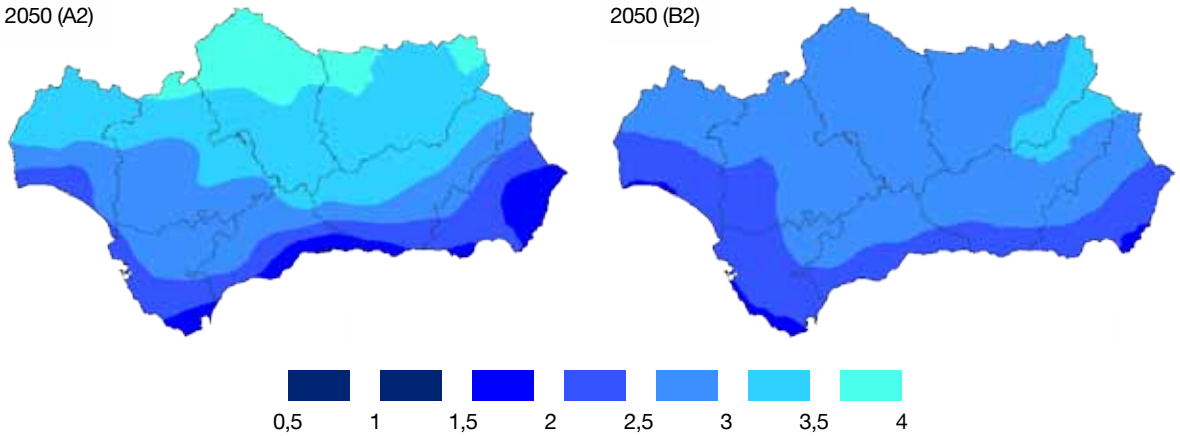
Bajo el escenario B2, la tendencia para la precipitación también muestra una reducción respecto a 1961-90, aunque más moderada que la del escenario A2. El esquema espacial de la pluviometría anual también es el mismo, aunque en este caso, algunas zonas como el litoral almeriense, presentan una disminución 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.

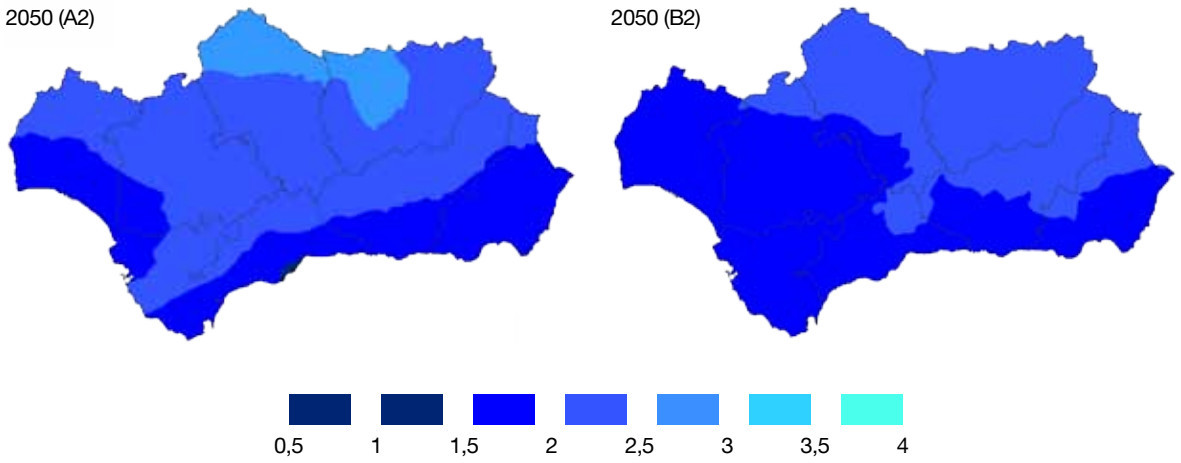
5.2.2. Aumento de las temperaturas medias de las mínimas anuales

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.

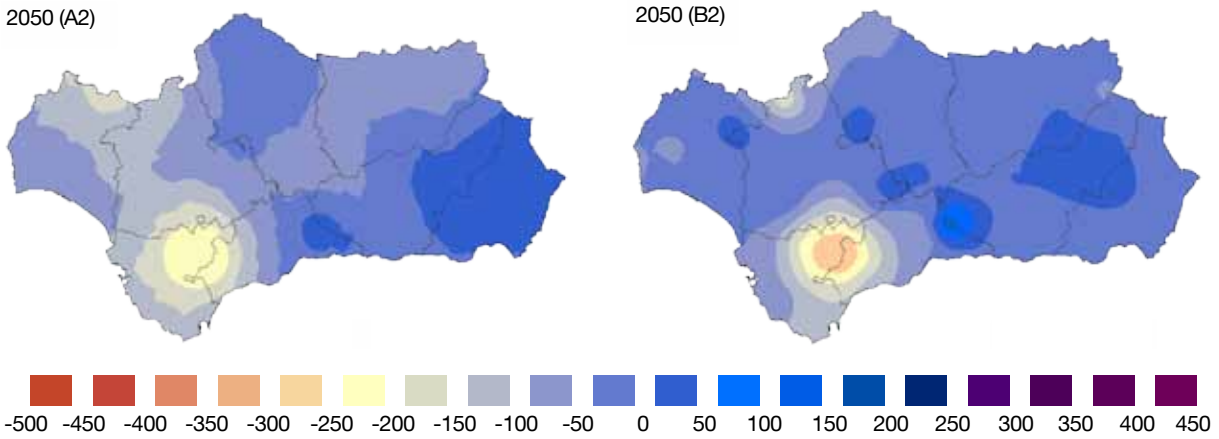
5.2.3. Variación de la precipitación anual

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 de la agricultura en Andalucía

6.1. Evolución histórica de la Política Agraria Común

Para comprender mejor las características del sector agrario andaluz, se considera oportuno un acercamiento, aunque sea somero, a la evolución histórica de la Política Agraria Común (PAC) que la Unión Europea ha llevado a cabo desde sus inicios hasta el presente.

En sus orígenes, en los años 50 del siglo pasado, el objetivo de la PAC era fomentar la mejora de la productividad de la agricultura, porque tras la Segunda Guerra Mundial, que había traído consigo, entre otros desastres, el desabastecimiento alimentario y la paralización de la agricultura, lo que interesaba era que hubiesen alimentos suficientes y a un precio asequible. En consonancia con esta situación, las ayudas financieras iban encaminadas a la reestructuración de la agricultura, subvencionando básicamente la producción (ayudas “acopladas”).

En los años 80, Europa ya era autosuficiente en el ámbito de la agricultura, la política agraria común había originado excedentes alimentarios que tuvieron que almacenarse o ser eliminados, al tiempo que provocó sobrecostes presupuestarios y problemas en los mercados internacionales.

Era necesaria, pues, una reforma de la PAC que atajase estos problemas y diera respuesta a cambios importantes que se habían ido produciendo desde esos años iniciales de la política agraria europea. Por un lado, algunos de esos cambios eran de índole geopolítica, como la propia ampliación de la UE, incorporando nuevos agricultores y ganaderos, y nuevas superficies agrarias; y la liberalización de los mercados internacionales como consecuencia de las negociaciones comerciales multilaterales.

Y otros de esos cambios suponían la aparición de nuevos factores emergentes, como supuso la irrupción del nuevo concepto de sostenibilidad acuñado en la Conferencia de Río (1992), que hizo que hubiera que atender, respetándolo, al medio ambiente; al mismo tiempo que la necesidad de prestar una atención prioritaria al consumidor y a los mercados, con un reforzamiento de la política de desarrollo rural, tendente a la fijación de la población rural a su medio natural.

Así, en 1999, la PAC cambió de orientación con la Agenda 2000, con el objetivo de que la agricultura de la UE fuese más competitiva y sostenible, y que reorientase sus metas desde una estrategia de producción hacia otra de la demanda de la población, teniendo en cuenta a los ciudadanos como consumidores y contribuyentes, dando libertad a los agricultores y ganaderos de la UE para que produjesen lo que el mercado demandase en cada momento, teniendo en cuenta así mismo, la necesidad de cohesión del territorio a través del refuerzo de la política de desarrollo rural.

Se produjo entonces un cambio importante en el concepto de la ayuda de la Unión Europea al sector agrario, consistente en la adopción del sistema de pago único por explotación, independientemente de la producción, como ocurría hasta entonces, de ahí lo de las ayudas acopladas, mientras que ahora una parte importante de las ayudas no guardaban esa vinculación con la actividad productiva, es decir, pasaban a ser ayudas “desacopladas”, en un nuevo sistema de “disociación” entre dichas ayudas y la actividad productiva.

Igualmente, los agricultores y ganaderos de la UE, para poder acogerse a este nuevo sistema de ayudas, tendrían que demostrar su respeto por una serie de normas ambientales, de seguridad alimentaria, de sanidad animal y vegetal, y de buenas prácticas agrarias. Se acuñaría, entonces, el concepto de "condicionalidad" para relacionar este buen hacer agrario con la recepción de ayudas.

6.2. Metodología y fuentes de información

La caracterización del sector de la agricultura se ha llevado a cabo a través de un doble análisis: por un lado, el estadístico y, por otro, el territorial-geográfico, siempre considerando a la provincia como la unidad básica de estudio. Serán, pues, las estadísticas y los diferentes tipos de cultivos a nivel provincial, los que serán objeto de interés. No obstante, el contexto regional será también importante, al mismo tiempo que el marco del que colgarán los análisis provinciales. En este sentido, la Consejería de Agricultura y Pesca pone a disposición de los interesados balances, memorias, estudios, informes y estadísticas actualizadas, que, a través de su página web y su Oficina Virtual, pueden consultarse con facilidad.

Así, el *Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía año 2006* (Consejería de Agricultura y Pesca, 2006) ha sido muy útil, al igual que el documento *Potencial energético de la biomasa residual agrícola y ganadera en Andalucía 2006* (Consejería de Agricultura y Pesca, 2008), que ofrece datos geográficos muy detallados sobre la superficie de los distintos cultivos en la región, con una exhaustiva información referenciada geográficamente.

Este último estudio se basa en la cartografía obtenida en tres tipos de fuentes, igualmente de la Consejería de Agricultura y Pesca:

- El **SIGPAC**, que es el **Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas**, se creó como fruto de la colaboración entre el Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA) y las comunidades autónomas, con el objetivo de suministrar una información actualizada de aquellas parcelas agrícolas susceptibles de las ayudas directas que la Unión Europea otorga por superficie cultivada o aprovechada por el ganado.

  A principios de cada año, la Comunidad Autónoma publica el SIGPAC andaluz, con un período de vigencia anual, disponiéndose la información a través del VISOR SIGPAC, que estructura el territorio en capas de información, a través de las cuales, complementando estos datos con otros, se pueden inferir aspectos evolutivos en las variables climáticas a estudiar. En el presente trabajo se han utilizado los SIGPAC correspondientes a los años 2005 y 2006.

- Bases de datos de declaraciones de cultivo del **Fondo Andaluz de Garantía Agraria (FAGA)**, que es el organismo, adscrito a la Consejería de Agricultura y Pesca, pagador de la sección de Garantía del Fondo Europeo de Orientación y Garantía Agrícola, es decir, financiador de las ayudas de la PAC.

- El **SIG-Citrícola 2006**, que es el **Sistema de Información Geográfica de Cítricos**, que no se incorporó al sistema general del SIGPAC hasta el 2008, pero que en el año

de referencia del 2006 iba más allá de él, en cuanto que aportaba una información más completa en aspectos tales como el área de la parcela, el número de árboles existentes y sus variedades, incluso la edad de las plantaciones y el tipo de riego utilizado en cada caso, pudiendo deducirse, por ejemplo, la demanda de agua existente en ese momento.

El resultado de la caracterización se materializa mediante la elaboración de una cartografía específica para cada una de las provincias, que, unida al análisis y tratamiento de los datos obtenidos, proporciona una amplia visión del sector andaluz de la agricultura. La caracterización de este sector no se entendería tan sólo en base a este doble análisis estadístico y territorial-geográfico, sino que se hace precisa también una perspectiva histórica y económica de la agricultura andaluza, que permitirá entenderla de una manera más integral.

6.3. Características generales

La crisis económica actual ha repercutido también en la agricultura andaluza, perdiendo su importancia relativa en la estructura sectorial de la región, cosa que ha ocurrido, por cierto, prácticamente en todas las comunidades autónomas. Así, en 2008 la aportación del sector agrario al PIB andaluz ha sido de un 4,2%, inferior al del 2007, y habiendo bajado en la última década hasta tres puntos porcentuales.

Otro indicador de esta situación lo ha sido su menor aportación al número de empleados en Andalucía, que si en el 2000 suponía un 11% del total del empleo andaluz, en el 2008 descendió a un 7,5% (234.900 trabajadores).

En cualquier caso, la actividad agraria en Andalucía, tanto la puramente agrícola como la ganadera, supone el principal aprovechamiento de la tierra en la región, con 4.974.175 hectáreas de superficie agraria útil (SAU), lo que supone un 56,7% del territorio andaluz (87.599 km^2), mayor de lo que ocurre en España, donde gira en torno al 50% el porcentaje de las hectáreas dedicadas al cultivo, y mucho mayor de lo que acontece en Europa, con tan sólo un 39% de la tierra dedicada a la agricultura. Por tanto, el peso de la agricultura en Andalucía es muy notorio y superior al de su entorno nacional y europeo.

En línea con lo anterior, la proporción de empleados sigue siendo en Andalucía superior a la de España en su conjunto, donde el peso del empleo en agricultura es de un 4,3%. De hecho, el sector agrario andaluz es el que aporta más mano de obra a la agricultura española, constituyendo el 27% del total de empleados del país.

El sector agrario andaluz sigue siendo, por tanto, uno de los motores del desarrollo regional, teniendo un peso muy importante en su economía y dinámica social, y habiendo sabido adaptarse a las nuevas demandas del mercado. En este sentido, de los tres productos básicos de la producción vegetal andaluza (2005), como son las hortalizas (36%), el aceite de oliva (27%) y las frutas (21%), mientras que el cultivo de las primeras ha sufrido un retroceso en el número de hectáreas plantadas desde el año 2000, por el contrario, el cultivo de los dos últimos productos ha experimentado un incremento notable en dicho período de tiempo, lo que ha situado a Andalucía como una comunidad pionera en la producción y exportación de aceite de mesa y de cítricos.

Esta particular distribución del suelo cultivado en Andalucía, especialmente del olivar y de productos frutales como el almendro o los cítricos, supone un alto porcentaje de ocupación del suelo por cultivos permanentes, circunstancia ésta que, por un lado, entraña ciertos riesgos ante posibles crisis del comercio de estos productos, siendo probablemente difícil la inmediata reconversión de estas tierras para otros cultivos en esas situaciones coyunturales hipotéticas. Sin embargo, este alto porcentaje de tierras con cultivos permanentes, asientan al territorio, en gran medida, a los hombres y mujeres dedicados a estas ocupaciones, precisamente uno de los objetivos del **Programa de Desarrollo Rural** de la Junta de Andalucía.

Por otro lado, la agricultura constituye el sector económico más dinámico en lo que a exportaciones se refiere, con el cultivo del olivar a la cabeza, que se distribuye sobre una superficie de 1.500.000 hectáreas de territorio y genera una producción de aceite de oliva en torno al millón de toneladas, lo que equivale al 25% de la producción total mundial y el 80% de la que se produce en España. Del millón de toneladas de aceite de oliva, 250.000 toneladas se exportan al mercado exterior.

- Respecto a la distribución provincial por grupos de cultivo, como se ha señalado con anterioridad, el olivar es el cultivo por excelencia en Andalucía. Abarca la mayor proporción de tierras cultivadas (1.513.319 ha) y su distribución se reparte básicamente entre las provincias de Jaén (568.234 ha), Córdoba (351.598 ha) y Sevilla (205.934 ha). También son importantes Granada (183.487 ha) y Málaga (132.524 ha).

- Por su parte, los cereales para grano se cultivan en 784.406 hectáreas, con la provincia de Sevilla a la cabeza (279.911 ha).

- Los cultivos industriales se desarrollan en un total de 342.912 hectáreas, siendo nuevamente la provincia de Sevilla la que alberga una mayor proporción de superficie cultivada con especies industriales (187.643 ha).

- Los frutales se cultivan en 219.348 hectáreas y en este caso, es en la provincia de Granada donde se alcanza la mayor superficie cultivada (88.056 ha), seguida por la de Almería (74.374 ha).

- El cultivo de hortalizas destaca en la provincia de Almería, con una superficie 48.693 hectáreas, distribuyéndose el total de este grupo en la región en 132.090 hectáreas.

- Los cultivos forrajeros abarcan 94.284 hectáreas, con el protagonismo de Sevilla, que acoge 28.523 hectáreas.

- Los cítricos ocupan 76.476 hectáreas, con la mayor representación en las provincias de Sevilla y Huelva.

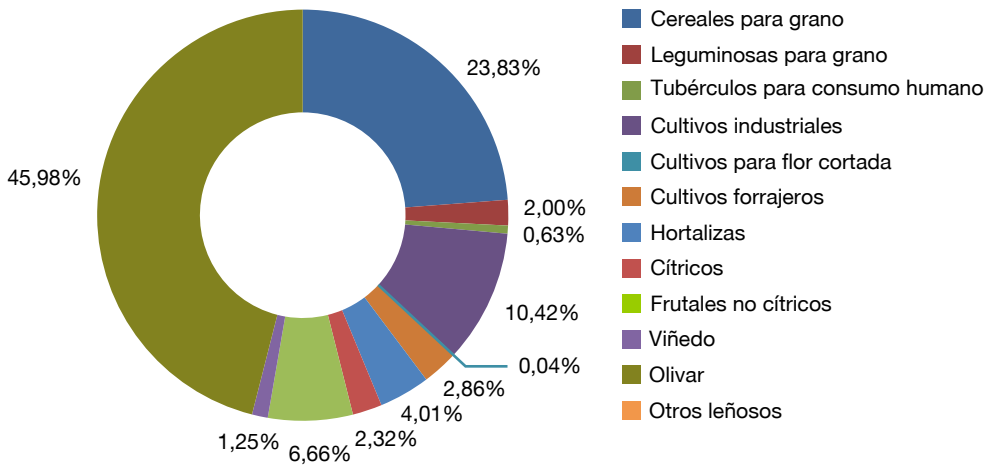
- Las leguminosas ocupan 65.989 hectáreas, siendo la provincia de Córdoba la que representa la mayor extensión con 17.370 hectáreas.

- El viñedo se cultiva en 40.992 hectáreas, concurriendo la mayor proporción de este cultivo en las provincias de Cádiz (11.168 ha) y Córdoba (8.141 ha).

- Los tubérculos para consumo humano se cultivan en 20.822 hectáreas, siendo Sevilla (5.735 ha), Cádiz (4.166 ha) y la provincia de Málaga (4.074 ha) las más representativas de este cultivo, aunque la distribución interprovincial es bastante regular.

- Finalmente, las flores y plantas ornamentales se extienden en 1.183 hectáreas, correspondiendo la mayor proporción a la provincia de Cádiz, con 479 hectáreas.

Figura 8. *Porcentaje de tierra ocupada por los distintos grupos de cultivo en Andalucía en 2006.*



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

Desde el punto de vista socioeconómico, el sector de la agricultura denota un peso considerable en aspectos como el porcentaje de población activa, la producción de la rama de la agricultura o el porcentaje que representa respecto al aprovechamiento del territorio, y su estrecho vínculo mantenido con la población.

La población activa que acoge el sector de la agricultura en Andalucía supone el 12%, lo que advierte la importancia del peso relativo que supone este sector en la economía de la región, comparado con el resto del territorio español, donde únicamente alcanza el 6% de la población activa. Esto quiere decir que el 32% de la población activa del sector agrario a nivel nacional se incluye en el contexto andaluz. Con estos datos se corrobora la importancia socioeconómica del sector agrario de Andalucía.

Por otra parte, más del 30% de la producción agraria vegetal a escala nacional corresponde a Andalucía.

Por último, destacar que el sector de la agricultura se constituye como la principal actividad desde el punto de vista de ocupación y aprovechamiento del territorio, puesto que la denominada superficie agraria útil representa el 53% del territorio andaluz.

Las condiciones climáticas son el factor que subyace tras las cifras presentadas, al presentar unas características muy propicias para el desarrollo e implantación de un amplio abanico de variedades de cultivo. En extensas zonas de la geografía andaluza, el clima ha determinado la existencia de comarcas de agricultura fuertemente especializadas, condicionando en gran medida la economía, la sociedad, los usos tradicionales, el paisaje y otras actividades en determinados territorios.

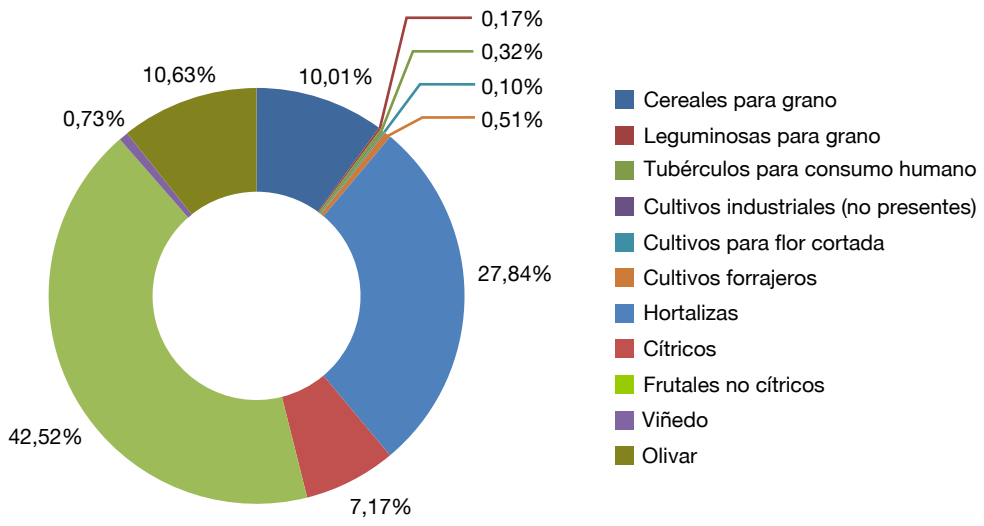
En este sentido, en el apartado siguiente se mostrará en qué medida determinadas áreas y comarcas de las distintas provincias andaluzas, están intensamente influenciadas por un marcado carácter agrícola fruto de las condiciones climáticas, aunque también debido a la confluencia e interacción con otros factores propicios, como los recursos edáficos o topográficos.

6.4. Caracterización de la agricultura a nivel provincial

6.4.1. Almería

La provincia de Almería cuenta con un total de 174.924 hectáreas de tierras cultivadas, de las que un 42% están ocupadas por frutales no cítricos y un 28% por hortalizas. Se trata de una provincia altamente especializada en la rama hortícola, que presenta una enorme repercusión sobre el conjunto de la agricultura andaluza, tanto desde el punto de vista social como económico, puesto que el cultivo de hortalizas, que se extiende sobre una buena parte del territorio provincial, constituye una de las principales fuentes de ingresos de la población, repercutiendo en numerosos aspectos de la sociedad y la economía almeriense.

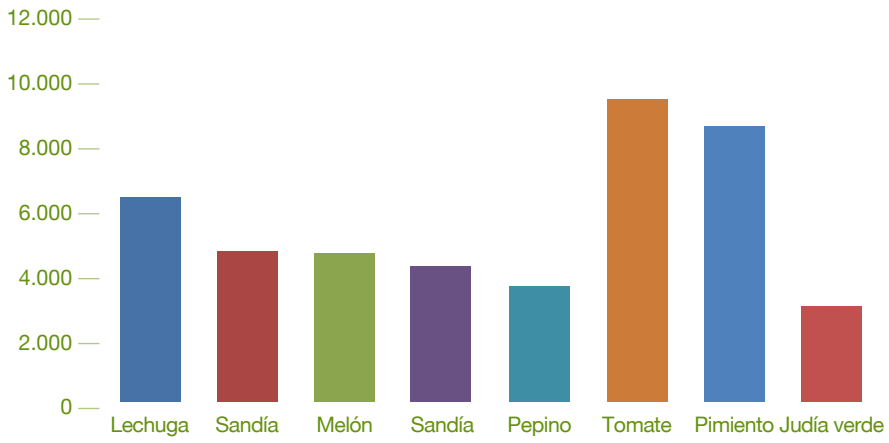
Figura 9. *Porcentaje de superficie de los grupos de cultivo en Almería en 2006.*

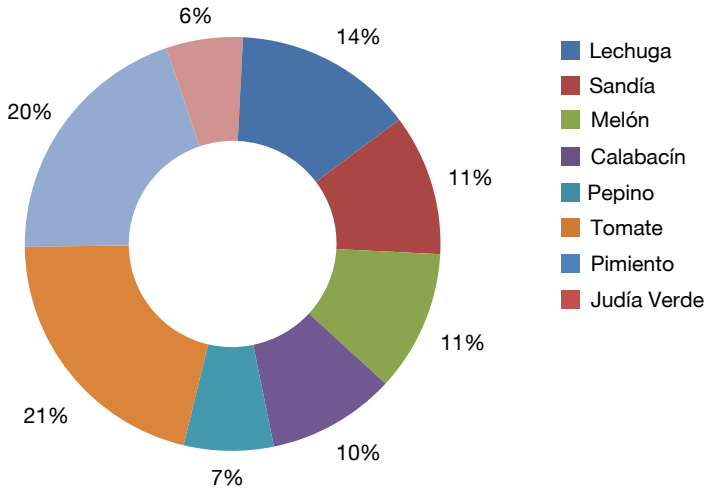


Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

Tres son las comarcas que dedican la mayor parte de su superficie de agricultura al cultivo de hortalizas bajo invernadero: Campo de Dalías, Níjar y Bajo Almanzora. Es, en estas comarcas, donde el factor climático ha condicionado unos paisajes y usos tradicionales particulares y ha ido esbozando un perfil poblacional y social marcado e influenciado notablemente por la agricultura. Mientras que a nivel del estado la agricultura ocupa al 7,4% de la población activa, en Almería alcanza un porcentaje en torno al 27% de los trabajadores.

Figura 10. *Principales hortalizas cultivadas en Almería en 2006 (en hectáreas).*

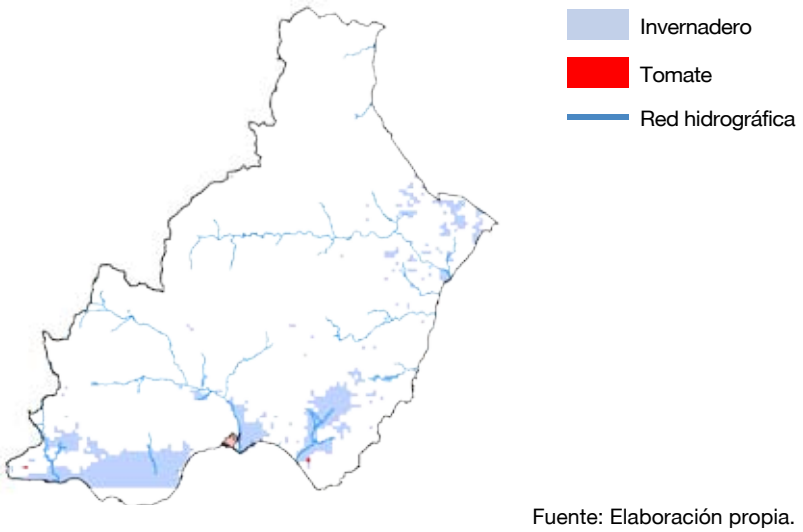




Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

En cuanto a los cultivos más extendidos a lo largo de la superficie provincial, dentro del grupo de las hortalizas destacan, por orden de importancia, los siguientes cultivos: tomate, pimiento, lechuga, sandía, melón, calabacín, pepino y judía verde. En el mapa siguiente se observa que gran parte de la producción se desarrolla bajo invernadero:

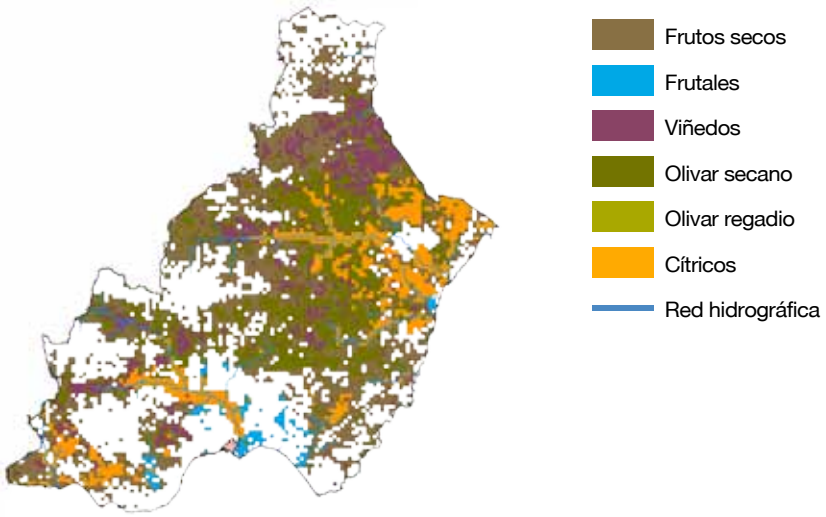
Figura 11. *Cultivos herbáceos en la provincia de Almería.*



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los árboles frutales no cítricos, más importante en extensión superficial que las hortalizas, aunque no desde el punto de vista socioeconómico, tiene su máxima representación en el almendro, que supone el 99% de la extensión en este grupo, respecto al resto de frutales. A continuación, se muestra la distribución de los cultivos leñosos más representativos de la provincia:

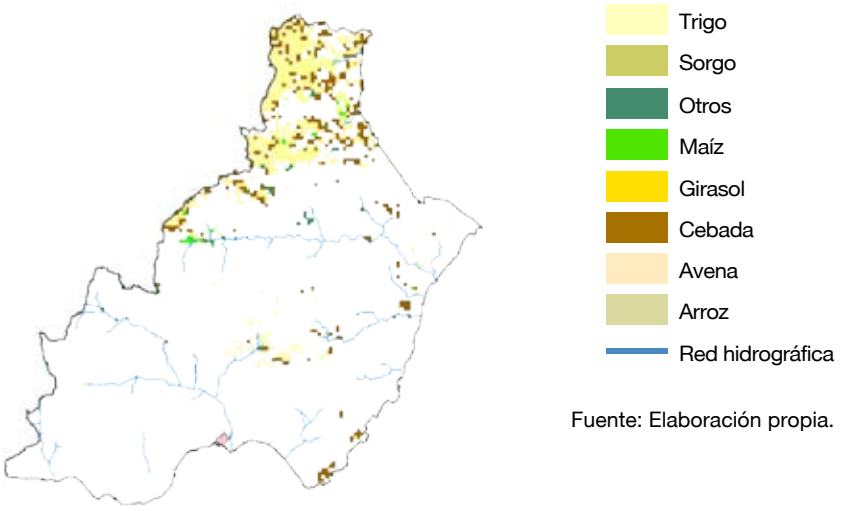
Figura 12. *Cultivos leñosos en la provincia de Almería.*



Fuente: Elaboración propia.

Por último, cabría destacar la importancia del grupo de los cereales para grano, que se extienden por 17.509 hectáreas, donde la cebada (10.324 ha), el trigo duro (2.271 ha) y la avena (4.000 ha), son los cereales con una mayor representación.

Figura 13. *Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Almería.*



Fuente: Elaboración propia.

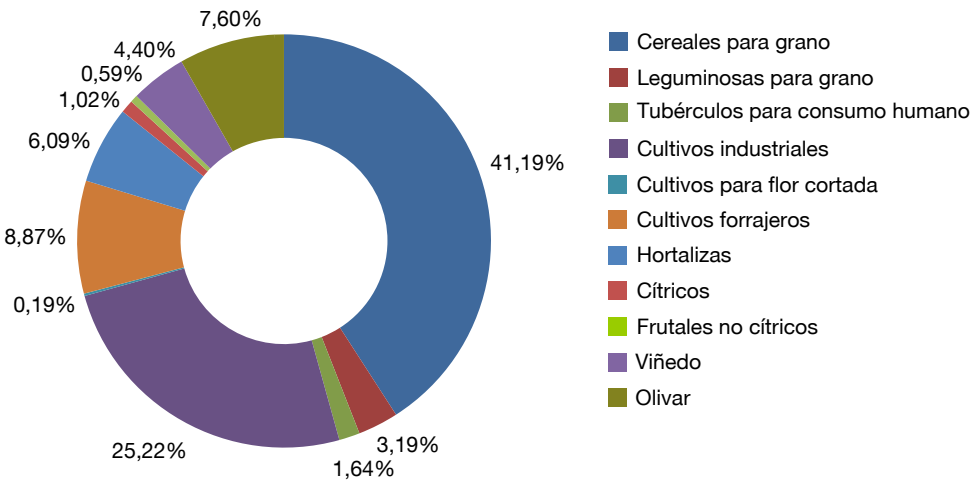
En cuanto a la importancia económica, se puede afirmar que las hortalizas son las que poseen el mayor protagonismo, tanto a nivel autonómico como dentro de la provincia.

En el año 2006, la producción final agraria (PFA) de la provincia de Almería alcanzó los 1.731,29 millones de euros, de los que 1.472,79 procedían de los cultivos hortícolas,es decir, el 85,06% de la PFA de Almería se corresponde con las hortalizas. Por otra parte, es interesante señalar que Almería es la provincia que más aporta a la PFA de Andalucía, con un 18,23% sobre el total.

6.4.2. Cádiz

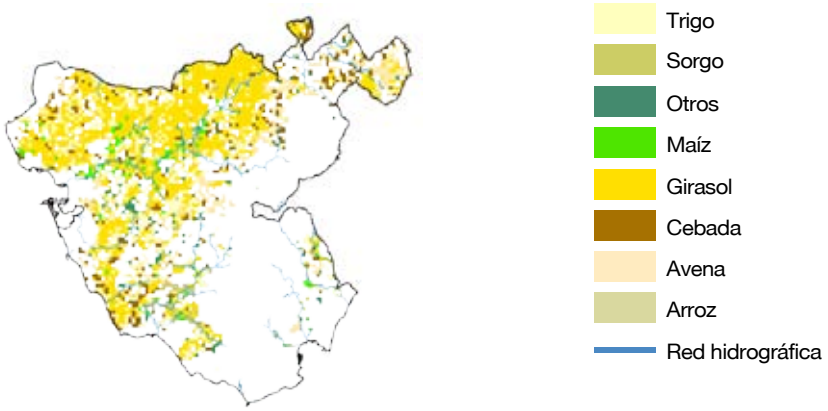
La provincia de Cádiz tiene una superficie cultivada en torno a las 253.765 hectáreas. De éstas, 104.505 hectáreas están dedicadas al grupo de los cereales para grano, de las cuales 59.692 corresponden a trigo duro. En total, los cereales para grano suponen el 41% de las tierras de cultivo gaditanas. En segundo lugar, los cultivos industriales, con 63.987 hectáreas (25% de la superficie cultivada) ocupan amplias superficies de la provincia, siendo el girasol y la remolacha azucarera los más extendidos. Por último, el grupo de las flores y plantas ornamentales, son en esta provincia donde alcanzan el mayor exponente, así como el que más contribuye a su valor total, que alcanza el 52% de la producción andaluza. Los claveles son la especie a la que se dedica una mayor superficie, con un total de 28.728 hectáreas.

Figura 14. *Porcentaje de superficie de los grupos de cultivo en Cádiz en 2006.*



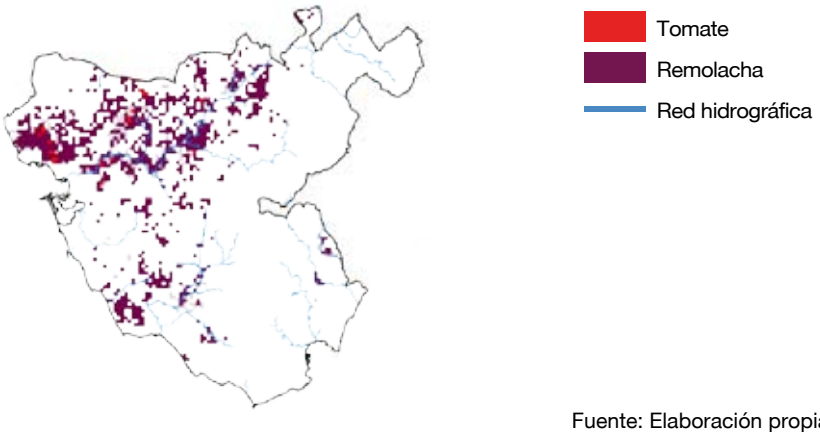
Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. *Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Cádiz.*



Fuente: Elaboración propia.

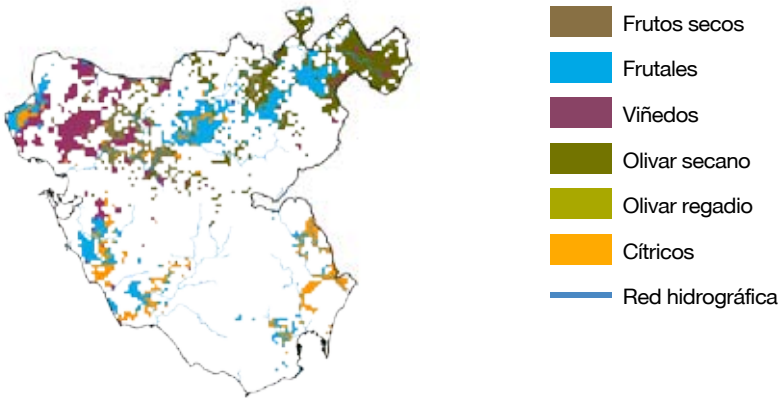
Figura 16. *Cultivos herbáceos en Cádiz.*



Fuente: Elaboración propia.

No obstante, desde la vertiente socioeconómica, la provincia de Cádiz adquiere una relevante importancia en cuanto al cultivo del viñedo y el sector vitivinícola. La Denominación de Origen *Jerez-Xérès-Sherry, Manzanilla-Sanlúcar de Barrameda y Vinagre de Jerez*, han forjado en estos territorios de la provincia de Cádiz un semblante agroindustrial esencial en el desarrollo socioeconómico de la zona. Dentro del contexto geográfico andaluz, los viñedos conforman en esta provincia la zona más extensa, ocupando 11.168 hectáreas que equivalen al 21,87% de la superficie andaluza de viñedo.

Figura 17. *Cultivos leñosos en la provincia de Cádiz.*



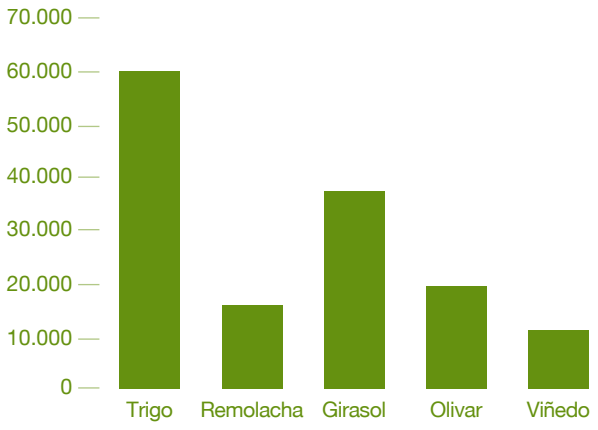
Fuente: Elaboración propia.

Los factores agroclimáticos que han ocasionado la presencia del viñedo en Cádiz son numerosos, pero se puede afirmar que el clima, junto al tipo de suelo, son determinantes en la obtención de una elevada calidad de la uva para la producción de vino, que convergen en la producción de unos vinos con unas características peculiares y únicas.

El marco geográfico del cultivo de la vid en esta zona está determinado por la presencia de un clima cálido con veranos secos, aunque con una humedad ambiental estival, procedente del Atlántico, que suple las posibles carencias en cuanto a humedad y temperaturas extremas. De este modo, la cercanía al mar incide beneficiosamente en la planta, al ejercer un efecto moderador en los extremos de humedad y temperatura.

En el apartado correspondiente al análisis de la vulnerabilidad se estudiará en qué medida los cambios modelizados en las variables de temperatura y precipitación podrían afectar al viñedo, mermando su capacidad productiva o provocando daños a nivel biológico en la planta.

Figura 18. *Principales cultivos en Cádiz en 2006 según superficie (en hectáreas).*



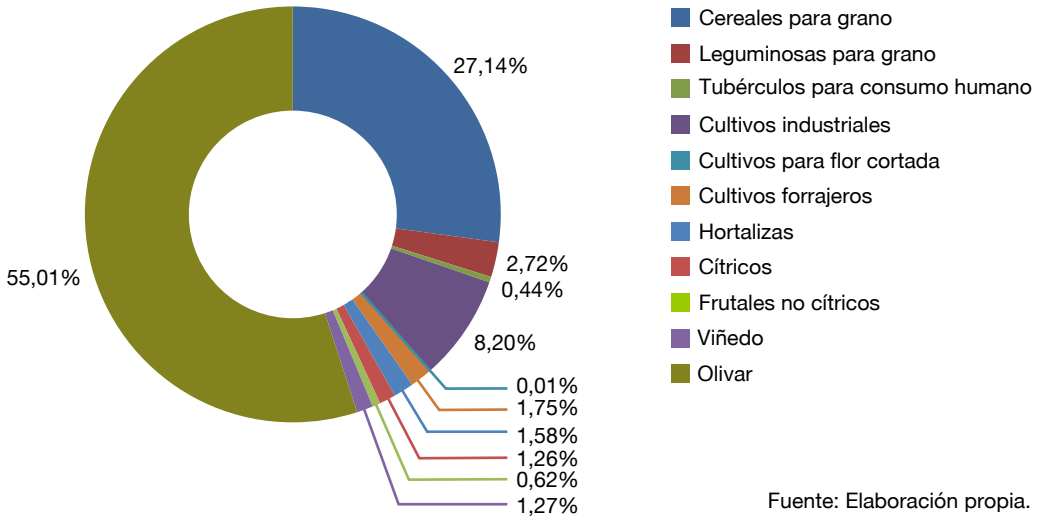
Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

La PFA de Cádiz de estima en 632,28 millones de euros, de los que 304,35 corresponden a las hortalizas, 61,02 a las flores y 33,79 al cultivo industrial de remolacha azucarera.

6.4.3. Córdoba

La provincia de Córdoba alberga un total de 639.154 hectáreas destinadas a diferentes grupos de cultivo, entre los cuales destacan, por encima de los demás, el olivar y los cereales para grano.

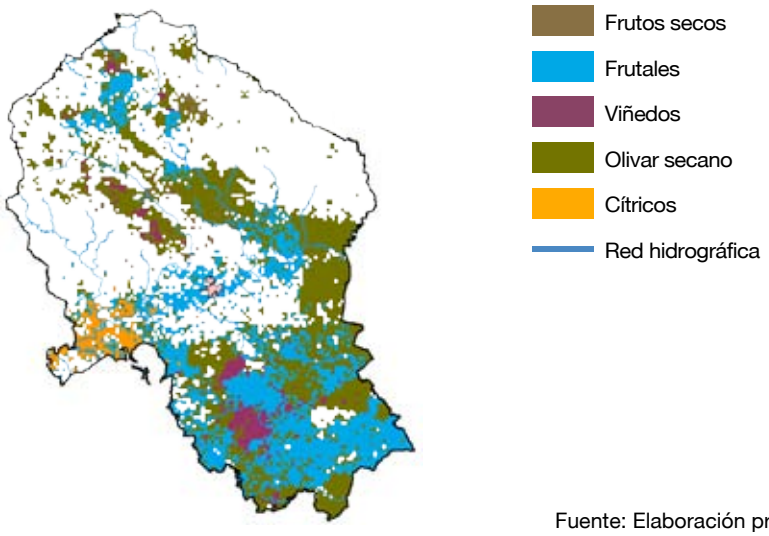
Figura 19. *Porcentaje de superficie de los grupos de cultivo en Córdoba en 2006*



Fuente: Elaboración propia.

El olivar supone el 55% de las tierras cultivadas en la provincia, mientras que respecto al conjunto de toda la Comunidad Autónoma, es la segunda provincia en cuanto a extensión del cultivo por detrás de Jaén, según los datos a fecha de 2006.

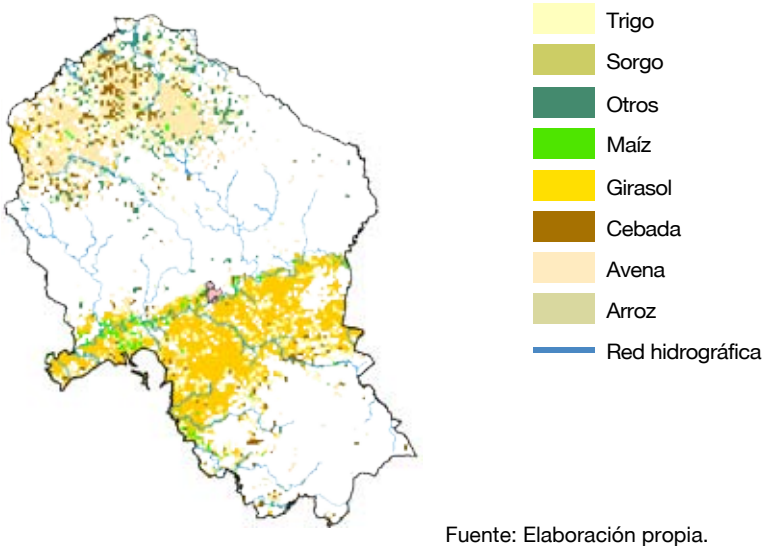
Figura 20. *Cultivos leñosos en la provincia de Córdoba.*



Fuente: Elaboración propia.

Los cereales para grano, están representados fundamentalmente por el trigo (120.102 ha).

Figura 21. *Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Córdoba.*

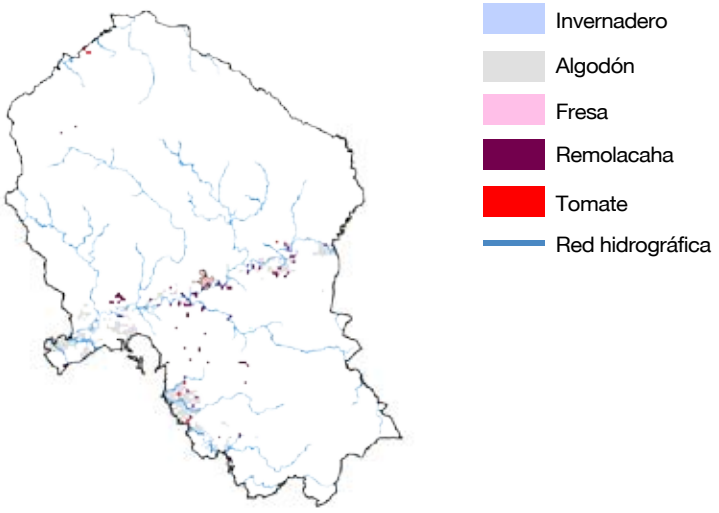


Fuente: Elaboración propia.

Por último, aunque a bastante distancia, los cultivos industriales ocupan 52.397 hectáreas, de las cuales 44.637, están plantadas con girasol.

Por lo tanto, considerando únicamente la perspectiva de la extensión superficial cultivada, se puede afirmar que Córdoba es un territorio dominado por el olivar, el trigo y el girasol, teniendo el resto de los cultivos una escasa representación en el conjunto provincial.

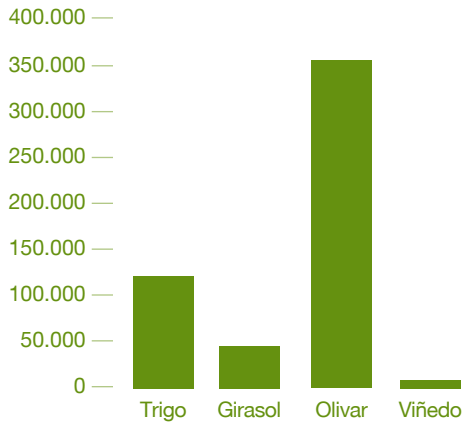
Figura 22. *Cultivos herbáceos en la provincia de Córdoba.*



Fuente: Elaboración propia.

Desde el punto de vista socioeconómico y ambiental, de nuevo el olivar es el máximo exponente agrario en Córdoba. En buena parte de su territorio, principalmente en la mitad meridional, el olivar es el paisaje agrario dominante en más de la mitad de las distintas superficies municipales que forman parte de este territorio, siendo en muchos de ellos un monocultivo.

Figura 23. *Principales cultivos en Córdoba en 2006 según superficie (en hectáreas).*



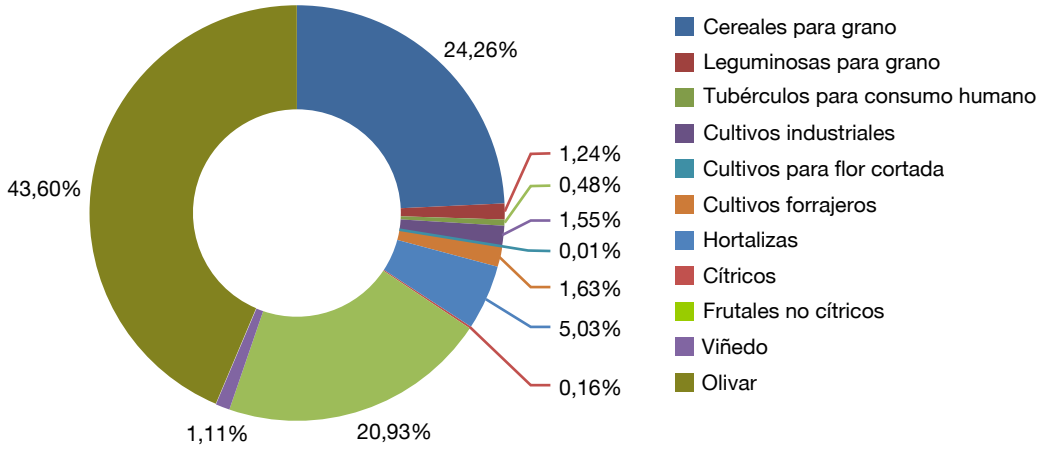
Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

La producción de aceite de oliva se concentra básicamente en esta provincia, además de en Jaén. En Córdoba, la producción estimada de aceite de oliva durante el año 2006 fue de 232.831 t, esto significa que aproximadamente el 25% de la producción total de aceite de Andalucía se elabora en Córdoba, lo que indica la enorme importancia socioeconómica del olivar en la provincia. Respecto al total de la PFA de la provincia, un 43% se corresponde con el aceite de oliva.

6.4.4. Granada

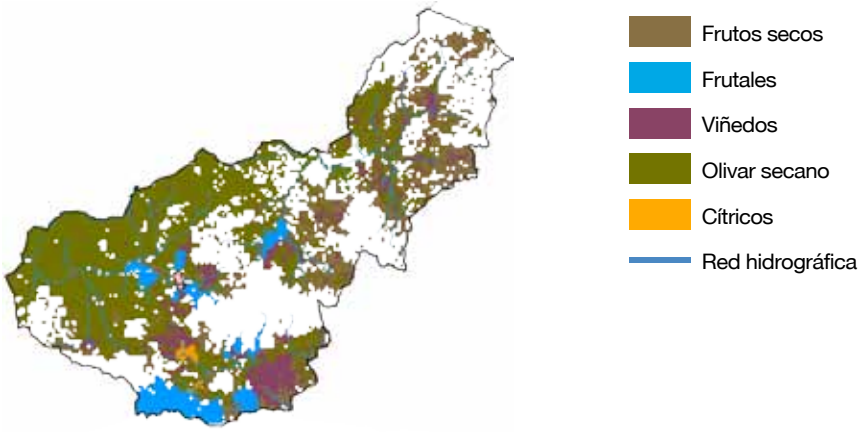
Granada alberga 420.773 hectáreas de superficie cultivada, de las que un 44% son de olivar, un 21% de frutales no cítricos y un 24% de cereales para grano.

Figura 24. *Porcentaje de superficie de los grupos de cultivo en Granada en 2006.*



Fuente: Elaboración propia.

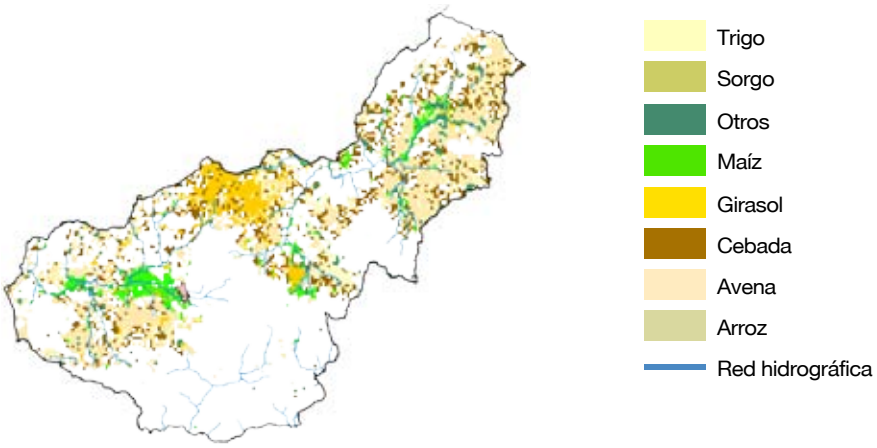
Figura 25. *Cultivos leñosos en la provincia de Granada.*



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de estos tres grupos de cultivo, que son los de mayor importancia por su extensión en Granada, destaca la cebada, la avena y el trigo, que se extienden por 60.083, 21.241 y 17.146 hectáreas respectivamente, y el almendro dentro del grupo de los frutales (77.058 ha).

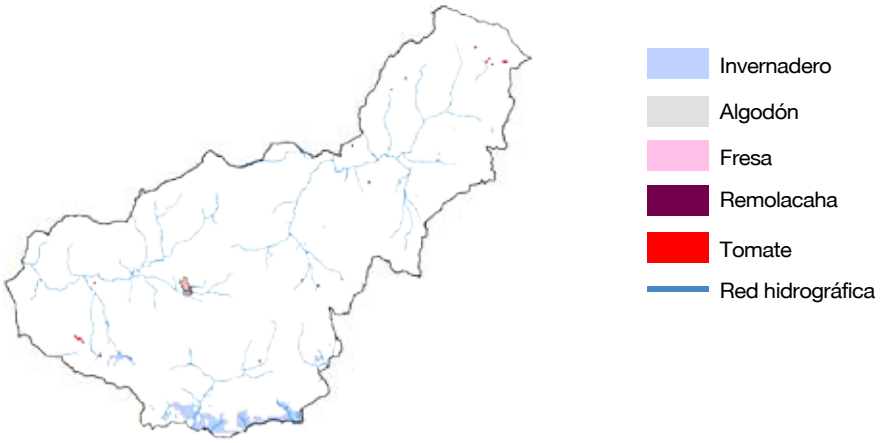
Figura 26. *Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Granada.*



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente grupo con mayor importancia relativa es el de las hortalizas, puesto que es la segunda provincia, después de Almería, en lo que a superficie cultivada de hortalizas se refiere (21.174 ha), alcanzando un 5% en el conjunto de Andalucía. Dentro de este grupo destacan el espárrago, la lechuga, el tomate, la judía verde y el pepino.

Figura 27. *Cultivos herbáceos en la provincia de Granada.*

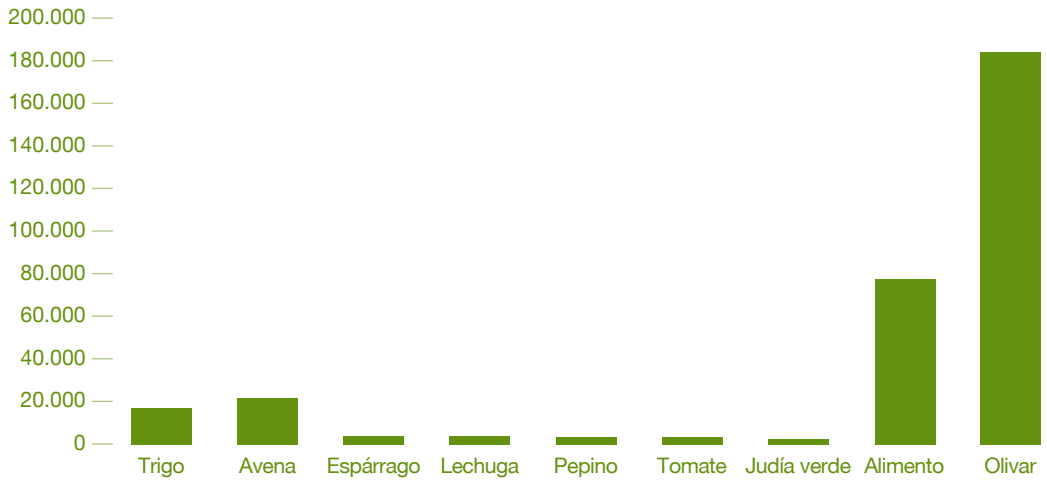


Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en las provincias de Jaén y Córdoba, aunque en menor medida, el olivar es el cultivo más representativo de la agricultura granadina, no sólo por su extensión superficial (183.487 ha), sino también por su aportación a la economía y a la población de numerosos municipios mediante la producción de aceite de oliva, que alcanzó las 44.876 t durante la campaña 2005-2006.

De este modo, los cultivos de mayor importancia por su extensión superficial, son las expresadas en el gráfico que se muestra a continuación.

Figura 28. *Principales cultivos en Granada en 2006 según superficie (en hectáreas).*



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

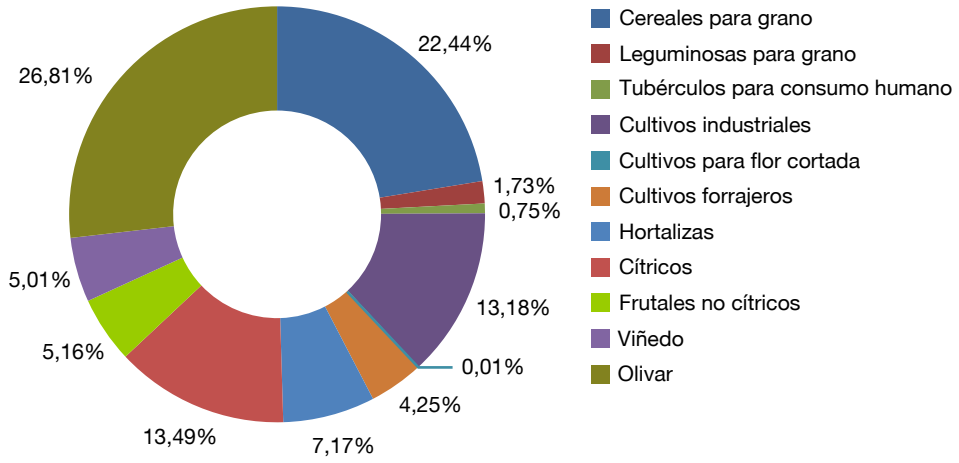
El grupo de las hortalizas en las comarcas de la costa de Granada y La Alpujarra representan el mayor porcentaje respecto al resto de comarcas granadinas. Las hortalizas constituyen en Granada el cultivo más importante en la PFA, ya que supuso en el 2006 el 48,4% de la misma, llegando en valores corrientes a los 406,62 millones de euros.

6.4.5. Huelva

La superficie cultivada en Huelva es de 125.540 hectáreas, de las que un 22% se corresponden con los cereales para grano y un 28% están ocupadas por olivar.

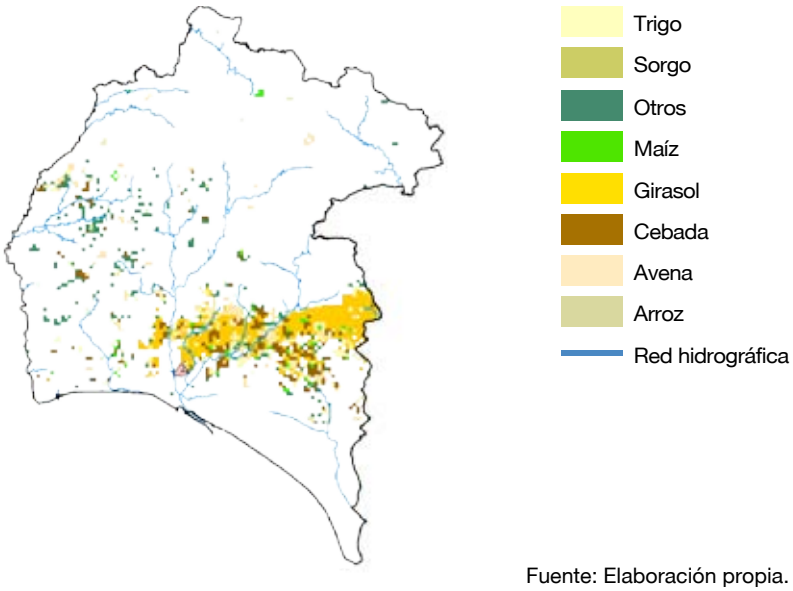
Dentro del grupo de los cereales para grano, destaca el trigo que alcanza 18.340 hectáreas de un total de 28.174 que ocupan los cereales.

Figura 29. *Porcentaje de superficie de los grupos de cultivo en Huelva en 2006.*



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

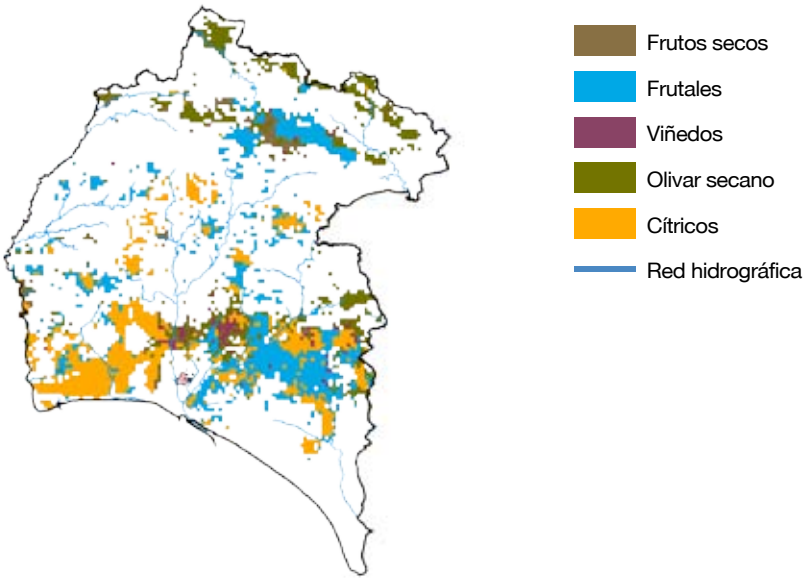
Figura 30. *Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Huelva.*



Fuente: Elaboración propia.

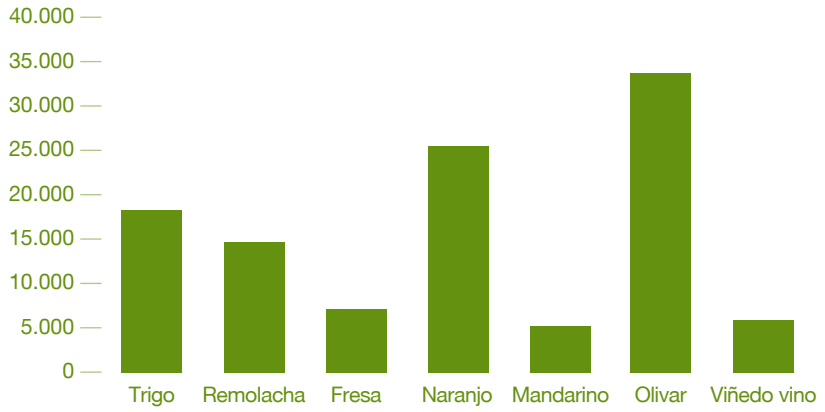
Desde el punto de vista de los cultivos más importantes en la provincia en cuanto a superficie ocupada, destaca el olivar, como ya se ha mencionado, con 33.655 hectáreas, seguido por el naranjo (25.646 ha), el trigo (18.340 ha), el girasol (14.992 ha), la fresa (6.800 ha), el viñedo de vinificación (5.947 ha) y el mandarino (5.146 ha).

Figura 31. *Cultivos leñosos en la provincia de Huelva.*



Fuente: Elaboración propia.

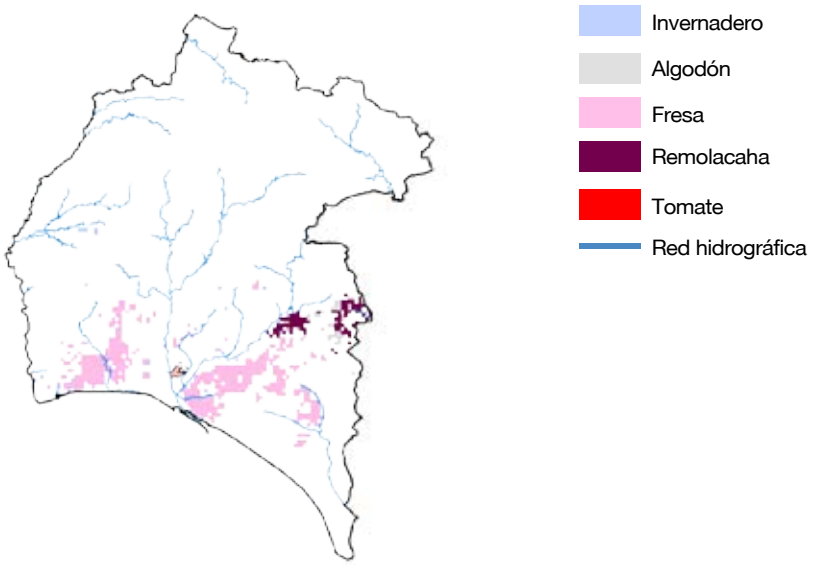
Figura 32. *Principales cultivos en Huelva en 2006 según superficie (en hectáreas).*



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

Desde el punto de vista socioeconómico, Huelva es la provincia que destaca por el grupo de las frutas frescas, cuya protagonista es la fresa y el fresón, que equivalen al 58,75% de la PFA, tanto dentro de la propia provincia, como para el conjunto de Andalucía. Los cítricos ocupan el segundo lugar, ya que suponen el 20,68% de la PFA de la provincia.

Figura 33. *Cultivos herbáceos en la provincia de Huelva.*

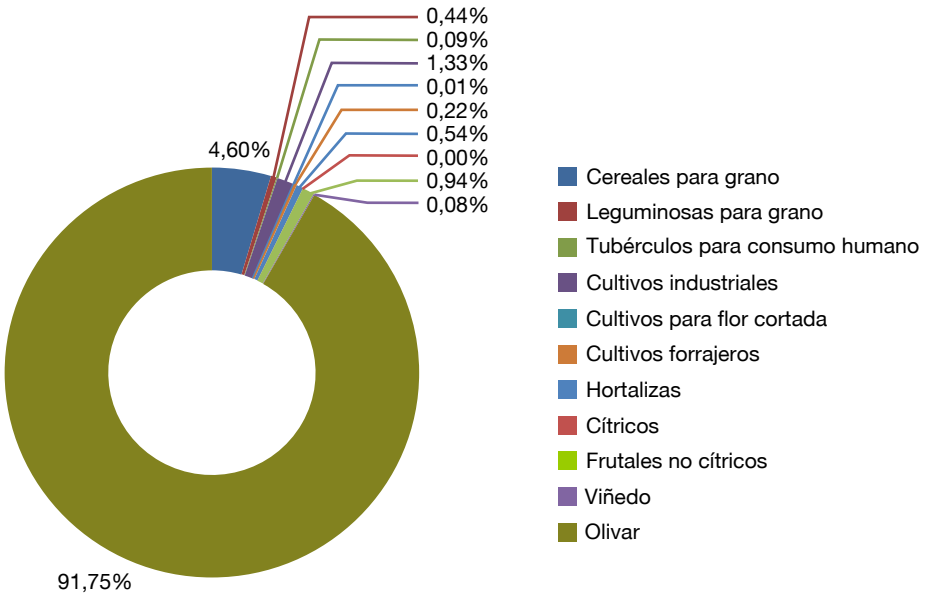


Fuente: Elaboración propia.

6.4.6. Jaén

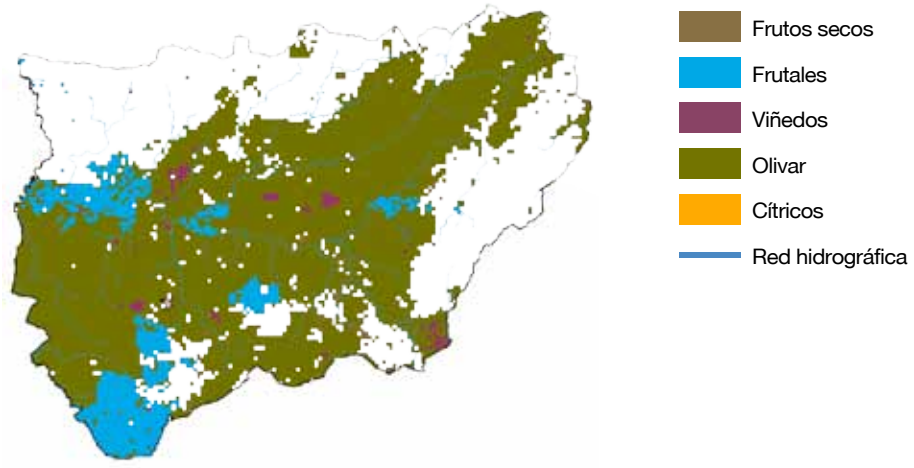
En la provincia de Jaén, de un total de 619.317 hectáreas, 568.234 están ocupadas por olivar (90% de la superficie de agricultura), lo que indica la enorme importancia de esta especie en el territorio jienense. El resto de los cultivos tiene una escasa representación.

Figura 34. *Porcentaje de superficie de los grupos de cultivo en Jaén en 2006.*



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

Figura 35. *Cultivos leñosos en la provincia de Jaén.*

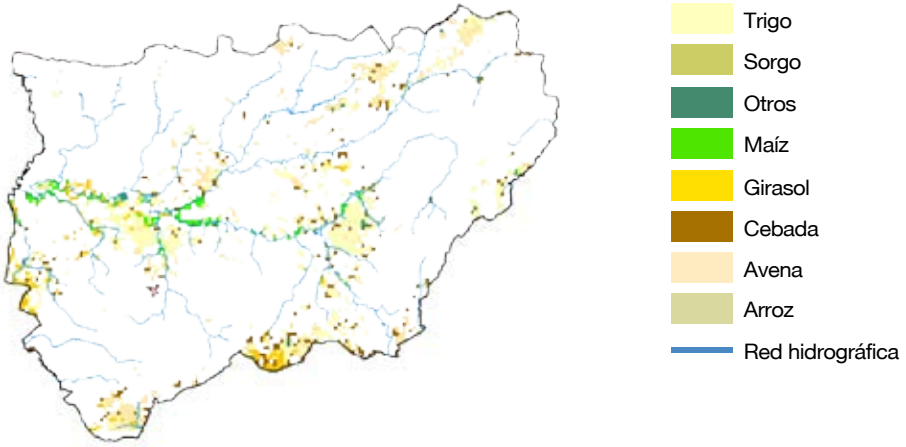


Fuente: Elaboración propia.

Además del olivo, los cereales para grano ocupan un 5% de las tierras de cultivo.

Por lo tanto, a excepción del olivar, que se extiende por la mayor parte del territorio de Jaén, los cultivos más extendidos son el trigo y el algodón, con 17.197 y 5.546 hectáreas, respectivamente.

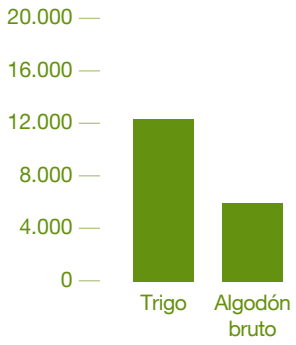
Figura 36. *Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Jaén.*



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la PFA, las cifras son esclarecedoras, puesto que el 73,2% de la PFA de la provincia equivale al aceite de oliva, mientras que a nivel andaluz, el 44,3% de la PFA, procede del aceite de oliva producido en Jaén. En valores corrientes, el aceite de oliva ha supuesto 699,66 millones de euros en la provincia de Jaén y 1.578,50 millones en toda Andalucía.

Figura 37. *Principales cultivos en Jaén en 2006 según superficie (en hectáreas), a excepción del olivar.*



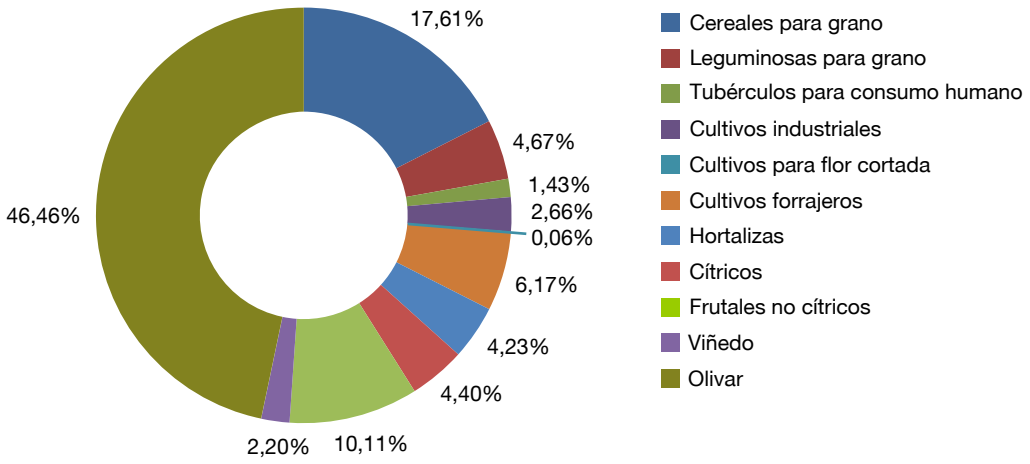
Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura y Pesca (2006).

6.4.7. Málaga

En Málaga se cultivan 285.267 hectáreas, estando repartidas fundamentalmente entre olivar (47%), cereales para grano (18%) y frutales no cítricos (10%).

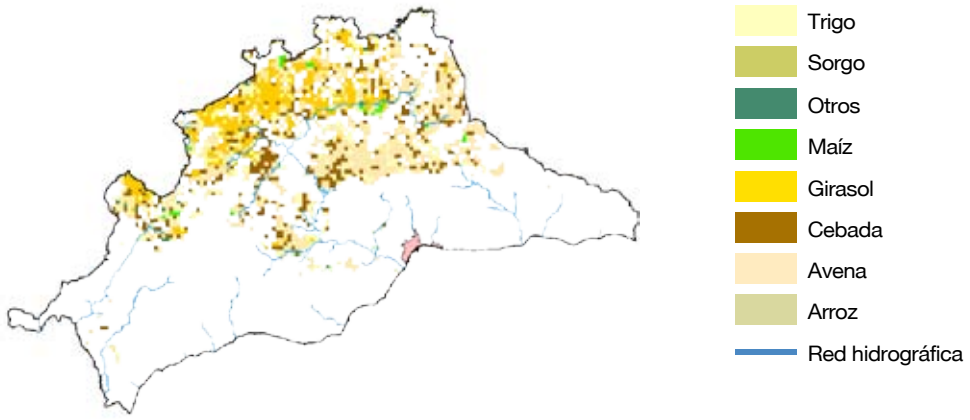
Entre los cereales para grano, destacan el trigo, la cebada y la avena, con 330.974, 9.297 y 8.351 hectáreas, respectivamente. Entre los frutales no cítricos, el almendro es el más extendido, con 19.356 hectáreas. El olivar ocupa 132.524 hectáreas.

Figura 38. *Porcentaje de superficie de los grupos de cultivo en Málaga en 2006.*



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

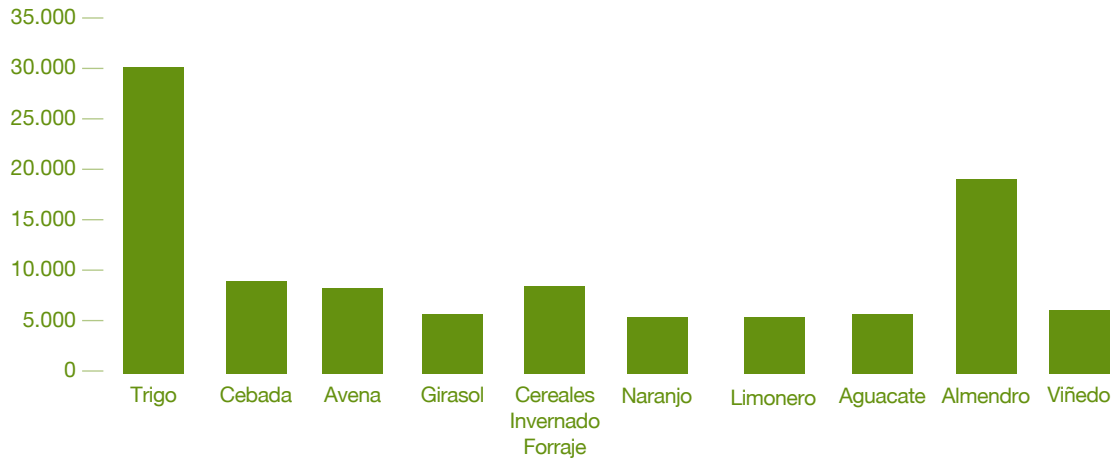
Figura 39. *Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Málaga.*



Fuente: Elaboración propia.

Desde la óptica de los cultivos, a excepción del grupo de las hortalizas, que será descrito con posterioridad, y además de los ya caracterizados como el trigo, la cebada, la avena y el almendro; es necesario señalar la importancia de los cereales de invierno para forraje (9.135 ha), el viñedo (6.286 ha) y del girasol (6.016 ha), y en menor medida, del aguacate (5.962 ha), naranjo (5.436 ha) y limonero (5.443 ha).

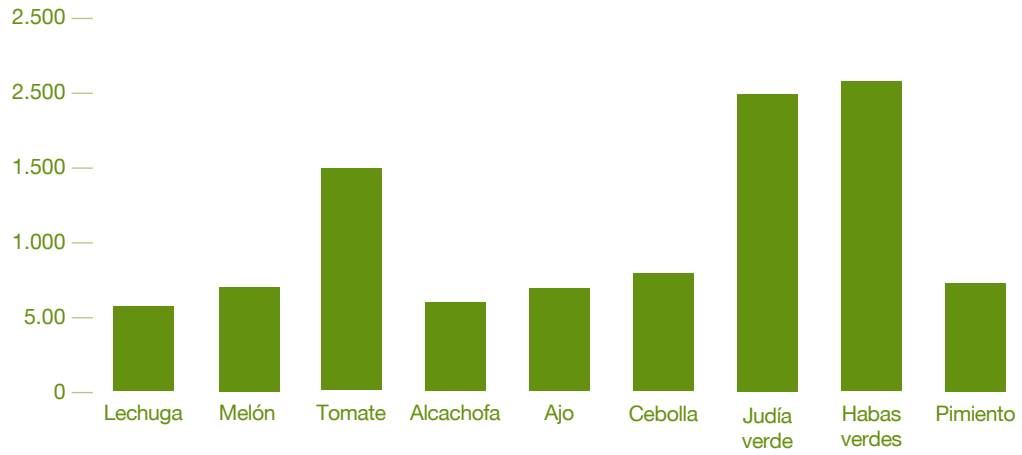
Figura 40. *Principales cultivos en Málaga en 2006 según superficie (en hectáreas), a excepción de las hortalizas.*



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

Para el grupo de las hortalizas, se ha considerado necesario realizar una descripción diferenciada debido a la importancia socioeconómica que representa este grupo para la provincia. En valores corrientes, los cultivos hortícolas han supuesto 231,78 millones de euros, es decir, el 31,1% del total de la PFA de Málaga (744,51 millones de euros).

Figura 41. *Principales cultivos hortícolas en Málaga en 2006 según superficie (en hectáreas).*



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

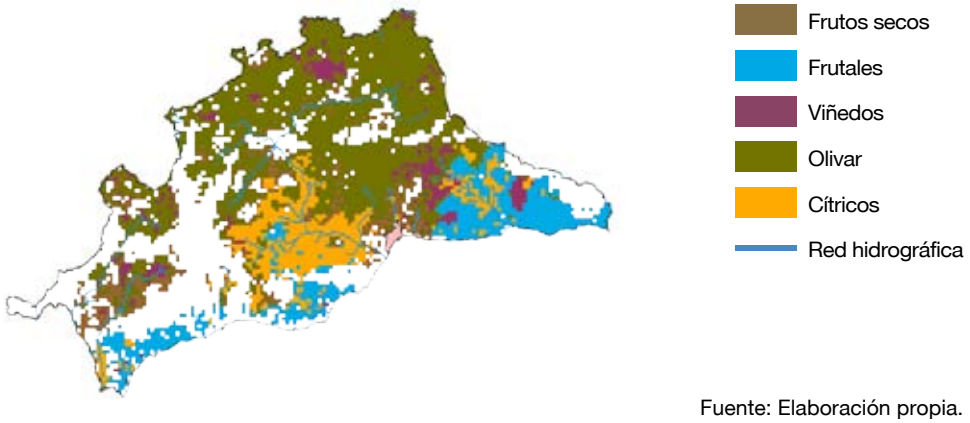
Las hortalizas más cultivadas en extensión dentro de la provincia son las habas y las judías verdes (2.064 y 1.965 ha, respectivamente). El tomate también está bastante extendido (1.482 ha), seguido por otros con menor representación (cebolla, ajo, melón, alcachofa y lechuga).

Figura 42. *Cultivos herbáceos en la provincia de Málaga.*

Fuente: Elaboración propia.

Por último, mencionar que el aceite de oliva, al igual que en la mayoría de las provincias andaluzas, tiene un peso notable dentro de la PFA de la provincia, ya que supone el 22,05% del total de la provincia.

Figura 43. *Cultivos leñosos en la provincia de Málaga.*

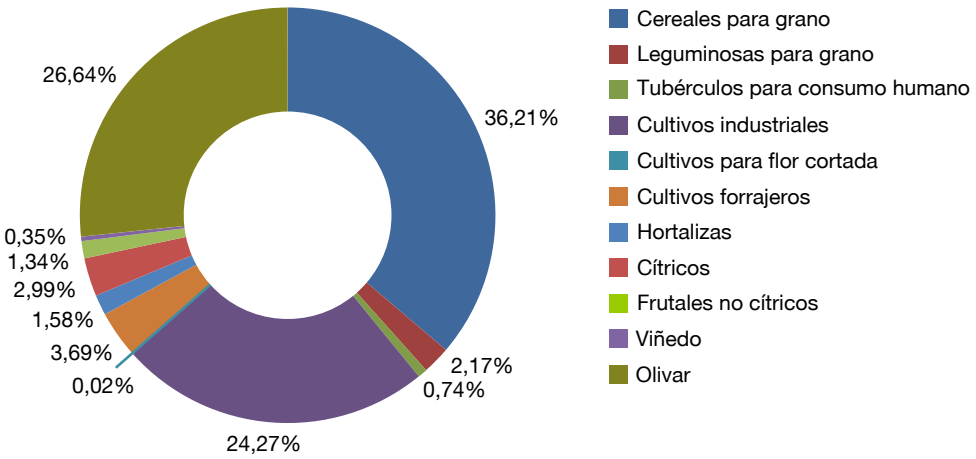


Fuente: Elaboración propia.

6.4.8. Sevilla

En la provincia de Sevilla hay tres grupos de cultivo predominantes: cereales para grano (36%), olivar (27%) y cultivos industriales (24%), que ocupan los porcentajes indicados, respecto a un total de 773.078 hectáreas cultivadas; dato destacable si se compara con las tierras cultivadas en el resto de las provincias, puesto que suponen el 22%.

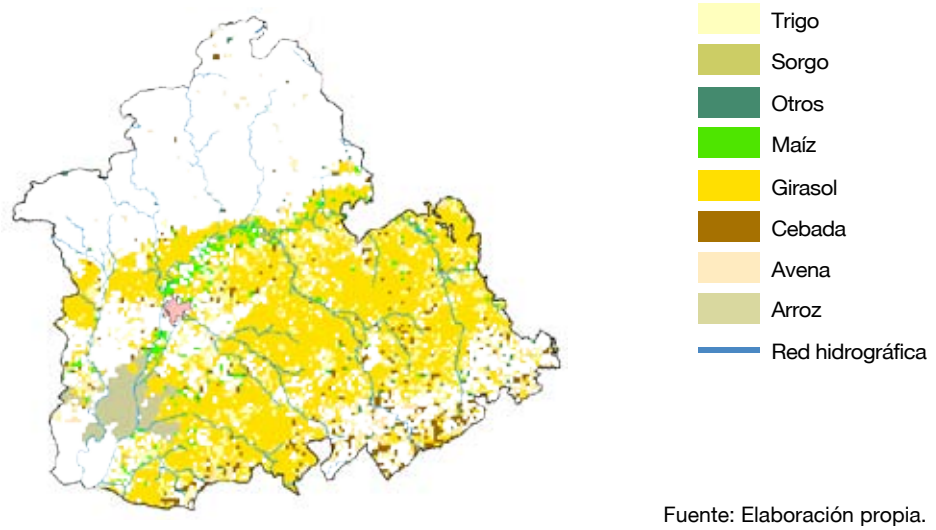
Figura 44. *Porcentaje de superficie de los grupos de cultivo en Sevilla en 2006.*



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

Los cereales para grano, el grupo más importante en cuanto a la superficie ocupada, incluyen tres especies que son las más extendidas: trigo con 214.968 hectáreas, arroz con 26.476 hectáreas y cebada con 14.470 hectáreas.

Figura 45. *Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosa y proteaginosas) en la provincia de Sevilla.*

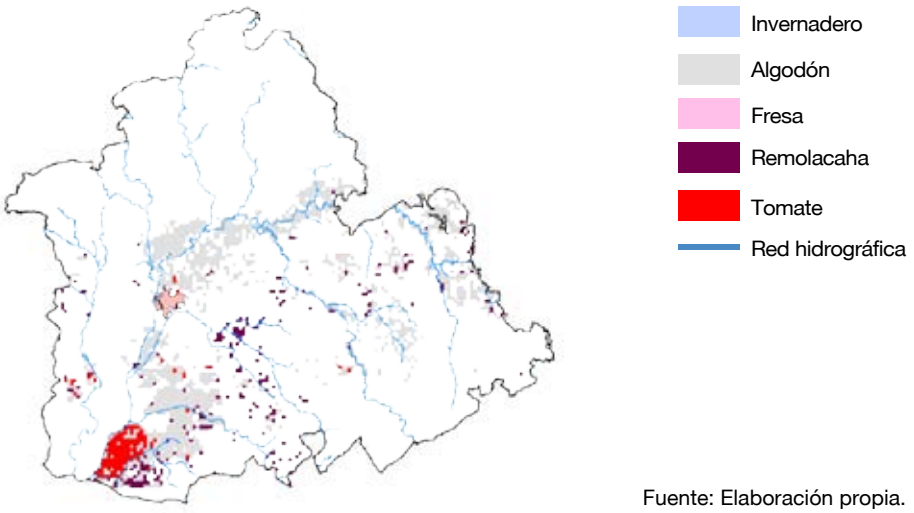


Fuente: Elaboración propia.

Entre los cultivos industriales, destacan: girasol, algodón y remolacha azucarera; que se extienden sobre un total de 128.856, 39.676 y 17.750 hectáreas, respectivamente.

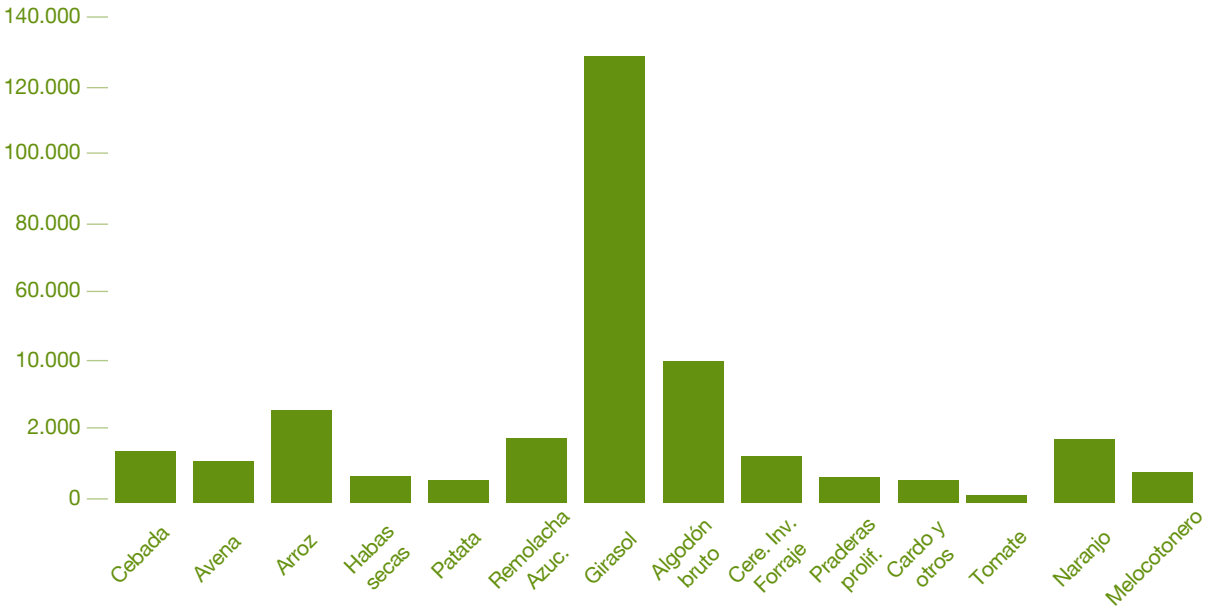
El resto de cultivos, ampliamente representados a nivel provincial, son algunas hortalizas como el tomate y el cultivo de cítricos como el naranjo o algunos frutales como el melocotonero y la nectarina. Entre las legumbres destacan las habas secas y también es destacable el cultivo de patatas.

Figura 46. *Cultivos herbáceos en la provincia de Sevilla.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 47. *Principales cultivos en Sevilla en 2006 según superficie (en hectáreas), a excepción del trigo y el olivar.*



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

La diversidad de la agricultura en la provincia de Sevilla, según los datos expuestos, es bastante notable, y este hecho se refleja igualmente a nivel socioeconómico. Los cereales supusieron en 2006, 217,38 millones de euros, que equivalen al 45,84% de la PFA de cereales de toda Andalucía. Los cítricos también aportan un notable volumen a la PFA de toda la Comunidad Autónoma, puesto que representan el 26% de la PFA de la región. Por último, el grupo de las frutas frescas equivale a un 17% de la PFA andaluza de este grupo. En conjunto, la provincia de Sevilla supone el 17,5% de la PFA de toda Andalucía.

6.5. Principales conclusiones de la caracterización

De lo que se desprende, en cuanto a la caracterización general, se puede concluir que los cultivos más extendidos en la Comunidad Autónoma de Andalucía son, principalmente el olivar y el trigo, que ocupan un total de 1.513.319 y 501.845 hectáreas, respectivamente. Además de estos dos cultivos, otros cultivos importantes son el girasol y el almendro. Éste último representa el 99,5% de la superficie total de frutos secos en Andalucía, según el Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía 2005 y 2006.

En la tabla siguiente se muestra la superficie y su porcentaje respecto a la superficie total de los cultivos más extendidos en Andalucía:

Tabla 1. *Cultivos que presentan la mayor extensión de superficie en 2006.*

Cultivo	Superficie (ha)	Porcentaje
Olivar	1.513.319	54,04%
Trigo	501.845	17,92%
Girasol	239.061	8,54%
Almendro	179.327	6,40%
Cebada	119.553	4,27%
Avena	77.413	2,76%
Algodón	62.149	2,22%
Cereales de invierno para forraje	56.560	2,02%
Naranjo	51.330	1,83%
Total	**2.800.557**	**100%**

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

Estos datos indican la importancia de determinados cultivos, motivada por factores de extensión, que condicionan en gran medida una buena parte del territorio regional al generar paisajes y formas de vida asociadas a la agricultura.

Sin embargo, es necesario señalar la importancia que tienen otros cultivos, 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 las actividades socioeconómicas; creando espacios geográficos ligados absolutamente a la agricultura y conformando sistemas agrarios tradicionales de elevada importancia y peculiaridad. En este sentido, al valorar las macromagnitudes agrarias, es posible observar este tipo de cultivos de gran importancia por su contribución a la economía, tanto a nivel regional como provincial y local.

Si se considera el dato de la PFA del conjunto de Andalucía, que en el año 2006 fue de 7.839,89 millones de euros en valores corrientes, se puede confirmar la relevancia de ciertos grupos de cultivo como las hortalizas, que supusieron 2.696,92 millones de euros, es decir, un 34,4% de la PFA de Andalucía, o la producción de aceite de oliva, que aportaron a la PFA de Andalucía 1.578,50 millones de euros (20,1%).

Por otra parte, no se pueden dejar de lado aspectos tales como las características de los principales sistemas agrarios y su vinculación con el territorio, las tasas de ocupación agraria o los tipos de regadíos.

En cuanto al regadío, su presencia está muy extendida en el Valle del Guadalquivir, las vegas interiores y el Litoral Mediterráneo y Atlántico, y en determinados enclaves como las Campiñas del Guadalquivir.

Con el objetivo de modernizar y mejorar la competitividad del sector de la agricultura, el gobierno de la Junta de Andalucía elaboró el **Plan de Modernización 2000-2006 de la Agricultura Andaluza** (Consejería de Agricultura y Pesca, 1999), que, por otro lado, era una de las medidas contenidas en los acuerdos de concertación entre dicho gobierno y los agentes socioeconómicos de la región (empresarios y sindicatos mayoritarios), concretamente el Pacto Andaluz por el Empleo y la Actividad Productiva de Andalucía de 1995, y el Pacto por el Empleo y el Desarrollo Económico de Andalucía, de 1997.

El Plan quería ir más allá de la mera consideración de que la agricultura ha sido tradicionalmente uno de los sectores más pujantes de la economía andaluza, apostando por su adaptación a los cambios experimentados en la sociedad y en los mercados internacionales, para hacer posible su reorientación hacia su conversión en uno de los motores de la riqueza y el empleo de nuestra región.

Para conseguir estos objetivos, el Plan partía de un diagnóstico del sector agroalimentario andaluz, teniendo en cuenta los factores exógenos y endógenos que le podrían afectar, analizando las amenazas y oportunidades que de ellas se derivaban, estableciéndose una conceptualización de sistemas agrarios muy útil para el conocimiento de la agricultura de Andalucía.

Desde esta clasificación de los sistemas agrarios, el Valle del Guadalquivir destaca por ser una de las áreas de agricultura más fructíferas y productivas de toda España, con una elevada diversificación y un alto grado de ocupación del suelo. Se caracteriza por la abundante presencia de los regadíos y dominan los cultivos industriales (girasol, algodón, remolacha, etc.), los cereales o los cultivos forrajeros y frutales de cítricos y de hueso. Por último, el arroz domina las marismas del Guadalquivir, constituyendo paisajes diferenciados y territorios especializados.

En la unidad territorial agraria de las *Campiñas*, la agricultura constituye uno de los principales recursos económicos de estas tierras, gracias a los factores climáticos y edafológicos que convergen en este espacio, para dar lugar a un sistema agrario donde predominan las formaciones de secano representadas por el cereal y el girasol, combinadas con el olivar, además de los viñedos en las campiñas de Huelva. Se trata de un sistema en el que la monotonía agropaisajística es sobresaliente y la homogeneidad es la nota dominante.

La unidad territorial agraria denominada *Olivar*, se localiza principalmente en la Subbética, las vegas Intrabéticas y las Sierras de Segura, Cazorla y Las Villas. Se trata de terrenos con pendientes medias y fuertes caracterizadas por una especialización agraria muy alta. El monocultivo del olivar se extiende por la mitad de las tierras cultivadas, estando el resto ocupadas por cultivos herbáceos de secano.

En el *Litoral* se desarrolla una agricultura hortícola de elevada productividad fruto de unas

condiciones climáticas muy propicias y unas técnicas de cultivo de gran efectividad. Dentro de este sistema agrario destacan asimismo dos zonas altamente especializadas: el litoral de Huelva, que es la primera zona productora de fresa a nivel mundial, y el litoral gaditano, especializado en el cultivo de flor cortada.

En la Penibética, destaca la diversificación de la agricultura, representada por subsistemas diferenciados: por una parte las Altiplanicies y las Sierras Béticas, donde el clima subdesértico continental provoca una agricultura de escasa productividad representada por cereales y, por otra parte, las vegas interiores, dominadas por los cultivos hortícolas y el olivar, principalmente en la Vega de Antequera.

Por último, en la *Dehesa*, dos subsistemas son los representativos. En primer lugar, el Valle de los Pedroches y el Campo de Gibraltar, donde se combinan la explotación ganadera con repoblaciones de pinos y eucaliptos, y los cultivos herbáceos y el olivar. En segundo lugar, el subsistema Sierra Morena, que se caracteriza por una mayor extensión de las masas forestales y el matorral.

Finalmente, la distribución de la población ocupada según los distintos sectores económicos, es la siguiente:

***Tabla 2**. Población ocupada por sectores en 2006.*

Sector	Miles de personas (2006)
Agricultura	254,6
Industria	315,9
Construcción	473,8
Servicios	2.066,1
Total	**3.110,4**

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

Estas cifras suponen, en comparación con España, que la Comunidad Autónoma de Andalucía representa el 26,96% de la población ocupada agraria de todo el conjunto de España, lo que sugiere la importancia relativa que tiene la agricultura, no sólo en el contexto regional, sino también a nivel de estado.

A continuación, se presenta una tabla en la que se recogen los cultivos más importantes, desde distintos puntos de vista. Dentro de este grupo, serán analizados algunos de ellos, para evaluar su vulnerabilidad frente al cambio climático.

En la tabla, se indica el factor que concede importancia a cada cultivo, así como el cultivo.

Tabla 3. *Cultivos evaluados y factores para su determinación.*

Cultivo	Factor			Cultivos evaluados
	Superficie o extensión	Peso económico PFA	Vinculación territorial e influencia paisajística y cultural	
Olivar				
Trigo				
Almendro				
Avena				
Girasol				
Algodón				
Cereales de invierno para forraje				
Claveles				
Naranjo				
Tomate				
Pimiento				
Lechuga				
Melón				
Sandía				
Remolacha				
Fresa				
Viñedo				
Arroz				

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

Los cultivos que se evaluarán posteriormente son los siguientes: olivar, trigo, almendro, avena, girasol, algodón, naranjo, tomate (al aire libre), remolacha, fresa, viñedo y arroz.

7 Evaluación de la vulnerabilidad

7.1. Conceptos previos

De acuerdo con su definición genérica, el análisis de vulnerabilidad permitirá obtener una medida de la susceptibilidad o predisposición intrínseca de los elementos expuestos a un peligro a sufrir un daño o una pérdida. Sin embargo, el IPCC (2001) propuso una definición aplicada en términos de 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*". Esta definición enfatiza la capacidad de afrontar los impactos adversos a través de las estrategias y opciones que un sistema tiene para responder y minimizar dichos impactos. Por ello, el IPCC considera esencial la incorporación de la capacidad antrópica para la gestión de la vulnerabilidad.

Muchos estudios y evaluaciones de vulnerabilidad aluden al término *"vulnerabilidad bruta"* como una indicación de la susceptibilidad potencial de un sistema ante impactos adversos (vulnerabilidad entendida como impacto potencial), mientras que la *"capacidad de adaptación"* refleja las medidas de reacción o la capacidad de un sistema para afrontar y reducir la "vulnerabilidad bruta". La vulnerabilidad bruta afectada por la capacidad de adaptación proporciona la denominada *"vulnerabilidad neta"*.

La mayor parte de los estudios sobre vulnerabilidad revelan la dificultad de evaluar la capacidad de adaptación, sobre todo a largo plazo, debido a la complejidad del papel humano en la toma de decisiones en relación a las respuestas, así como a la imposibilidad de predecir la evolución de futuros cambios sociales y económicos. Por esta razón, en el presente estudio se analiza la vulnerabilidad bruta entendida como impacto potencial, prestando especial atención a la fase de prospectiva en la que se incorporan los resultados de los escenarios climáticos regionales elaborados para Andalucía en el análisis de vulnerabilidad del sector agricultura.

De acuerdo con la definición de vulnerabilidad del IPCC, el análisis realizado incluirá el cálculo de vulnerabilidad referente a eventos extremos, ya que éstos tendrán gran influencia en la mayoría de sectores. Dicho análisis se efectuará a través de índices específicos de interés ambiental (índices de sequía y desertificación, erosividad de la lluvia, índices fitoclimáticos, etc.).

Al amparo del análisis de vulnerabilidad bruta realizado se sentarán las bases para generar la capacidad adaptativa necesaria (medidas de adaptación), que permita un desarrollo sostenible de la Comunidad Andaluza en el contexto de cambio climático al que nos enfrentamos.

7.2. Descripción de la metodología utilizada

En el caso del sector de la agricultura, el propósito principal del trabajo es la evaluación de la vulnerabilidad bruta de los distintos cultivos con importancia en Andalucía respecto a los cambios del clima que se prevén en dicha comunidad, incluyendo los fenómenos meteorológicos extremos con incidencia en los procesos de cultivo.

El análisis de vulnerabilidad realizado se ha estructurado en tres etapas:

1. Vulnerabilidad vinculada a requerimientos agroclimáticos de los principales cultivos en Andalucía:

Se evalúa la vulnerabilidad de los principales cultivos en Andalucía en función de sus limitantes agroclimáticos y los cambios proyectados en las variables de precipitación y temperatura de acuerdo a los escenarios regionales del clima desarrollados para Andalucía.

Las **fuentes de información** utilizadas para el citado análisis de vulnerabilidad son las siguientes:

- **Superficies de Cultivos en Andalucía:**

Proceden del documento titulado: "Potencial energético de la biomasa residual agrícola y ganadera en Andalucía" (Consejería de Agricultura y Pesca, 2008). Se trata de un modelo de datos que incluye información geográfica sobre la distribución de las superficies de determinados cultivos en Andalucía, rasterizada a nivel de píxel de 1 km x 1 km (100 ha) de resolución espacial. La base cartográfica utilizada por el citado estudio y posteriormente rasterizada, procede fundamentalmente de:

- Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC 2005 y 2006).
- Bases de datos de declaraciones de cultivo del Fondo Andaluz de Garantía Agraria (FAGA).
- Sistema de Información Geográfica de Cítricos (SIG–Citrícola 2006).

Los datos utilizados pertenecen a la campaña de comercialización 2006/2007, que coincide con la campaña agrícola 2005/2006 y la campaña PAC 2006.

Una vez valoradas la información disponible y la caracterización del sector en Andalucía, los cultivos seleccionados para la evaluación de su vulnerabilidad fueron:

Tabla 4. *Cultivos evaluados por su vulnerabilidad frente al cambio climático.*

Cereales, oleaginosas y proteaginosas	Resto de herbáceos	Leñosos
Trigo	Remolacha	Olivar
Avena	Algodón	Viñedo
Arroz	Tomate	Cítricos
Girasol	Fresa	Almendro

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

- **Variables climáticas modelizadas para el año 2050.**

Proceden del estudio de "Generación de Escenarios de Cambio Climático en Andalucía" desarrollado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (FIC, 2006).

Para disponer de superficies climáticas continuas apropiadas para el análisis de zonas de vulnerabilidad se utilizaron técnicas geoestadísticas de interpolación espacial de los datos climáticos correspondientes a los observatorios meteorológicos. El procedimiento de interpolación empleado en el estudio es el método geoestadístico kriging, mediante el programa ArcGIS 9.2.

- **Requerimientos agroclimáticos.**

Los datos necesarios que ofrecen información sobre los requerimientos de los distintos cultivos proceden, fundamentalmente de la base de datos de la FAO denominada Ecocrop (FAO, 2000), que contiene alrededor de 1.710 especies con información descriptiva y de requerimientos en cuanto a clima, suelo y altitud. Ecocrop puede identificar plantas para un ambiente natural específico, con un determinado hábito de crecimiento y para un uso definido.

En la base de datos Ecocrop se ofrece información para cada especie relativa a los umbrales óptimos y absolutos que establecen los límites, tanto superior como inferior, de temperatura, precipitación, latitud y altitud en que vegeta la especie.

Aunque la principal fuente de información para los requerimientos agroclimáticos ha sido la base de datos de la FAO (Ecocrop), también se han consultado y empleado, en los casos que se ha considerado necesario, otras fuentes de información, para el caso del arroz (López Bellido, 1991).

El **procedimiento** seguido para evaluar la vulnerabilidad respecto a los requerimientos agroclimáticos se inicia con la representación cartográfica de las isotermas e isoyetas correspondientes a los valores climáticos proyectados para el año 2050 bajo el escenario A2, ya que se trata del escenario menos favorable para la agricultura, no realizándose para el escenario B2. El segundo paso consiste en la identificación de los umbrales térmicos y pluviométricos máximos y mínimos para cada especie proporcionados por la base de datos Ecocrop. Los espacios territoriales excluidos del ámbito geográfico delimitado por los umbrales máximos y mínimos para una especie en concreto, serán los más vulnerables frente al cambio del clima.

Las variables climáticas modelizadas para 2050, los requerimientos agroclimáticos y la superficie geográfica de cada cultivo a evaluar, se integran en el SIG como capas de información geográfica. Mediante el análisis espacial de las distintas capas de información o layers, se establecen los umbrales máximos y mínimos absolutos de las especies y se procede a evaluar la vulnerabilidad de los cultivos. El resultado final es la obtención de una zonificación de vulnerabilidad, en función de la susceptibilidad de los cultivos frente a los procesos de cambio que se prevén en el 2050 para las principales variables climáticas: temperaturas y precipitación, modelizadas bajo el escenario de emisiones A2.

2. Vulnerabilidad vinculada a eventos meteorológicos extremos

En este apartado, se analizan algunos de los eventos extremos de origen climático que pueden tener incidencia sobre la agricultura, mediante la aplicación de diversos índices a partir de los datos correspondientes a la modelización de escenarios climáticos regionalizados en 2050 (escenario A2).

Los eventos climáticos extremos analizados en este trabajo, que se establecen en función de los datos disponibles y de la afección que presentan sobre la agricultura, son la erosividad pluvial y/o factor de concentración de la precipitación y el análisis de la sequía. Aunque son numerosos los eventos extremos del clima que podrían afectar a la agricultura (granizo, heladas, inundaciones, etc.), únicamente se analizan estos dos tipos debido a la disponibilidad de las variables que ofrecen los datos modelizados procedentes de los escenarios regionalizados de cambio climático.

- **Erosividad pluvial/intensidad de las precipitaciones**

Uno de los factores de impacto para la agricultura lo constituye el potencial erosivo de la lluvia, según el cual, la concentración de la precipitación puede llegar a destruir y arrastrar importantes cantidades de material edáfico. Las principales características de la precipitación, que provocan la erosión del suelo son, el volumen total (mm), la intensidad (mm/h–día) y la distribución (diaria–mensual–anual).

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:

$$K = \frac{p^2}{p}$$

La Tabla 5 recoge la clasificación de la erosividad de la lluvia según el valor del índice.

Tabla 5. *Valores del Índice Modificado de Fournier.*

Clasificación de los valores del IMF	
Valores	**Descripción**
<60	Muy Baja
60-90	Baja
90-120	Moderada
120-160	Alta
>160	Muy Alta

Fuente: Arnoldus (1978).

- **Análisis de la Sequía**

Aunque existen numerosos índices o indicadores que permiten calcular o cuantificar la sequía, en el presente trabajo se ha optado por el método de los quintiles, utilizado por la Agencia Estatal de Meteorología, que clasifica los años en cinco categorías:

Tabla 6. *Método de los quintiles para calcular la sequía.*

Clasificación del año	Precipitación	Quintila
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

Fuente: Fernández (1996).

Mediante la aplicación de este método a los valores de precipitación anual modelizados para 2050 y los datos de precipitación anual del periodo 1961-90, se ha elaborado una cartografía sobre el carácter de la precipitación del año 2050 respecto a la precipitación de la serie 1961-90.

3. Vulnerabilidad bruta entendida como impacto potencial

Finalmente, se identifican las zonas de vulnerabilidad bruta total mediante la agregación de los resultados de vulnerabilidad agroclimática, por una parte, y los de vulnerabilidad asociada a fenómenos climáticos extremos, por otra.

$$V_{total} = V_{requerimientos\ agroclimáticos} + V_{eventos\ extremos}$$

La vulnerabilidad por requerimientos agroclimáticos constituye el 50% del total, por lo que los territorios vulnerables frente al cambio climático para alguno de los cultivos analizados, suponen un 50% del valor de vulnerabilidad bruta final.

En cuanto a la vulnerabilidad asociada a eventos meteorológicos extremos, que supone igualmente otro 50% del valor bruto total, se realiza una ponderación en función de los 2 aspectos analizados: la erosividad pluvial y la sequía. Considerando estos dos factores, se otorga a cada uno de ellos un valor del 25% respecto del total. Teniendo en cuenta este hecho, se obtiene la siguiente escala de valores para el cálculo del valor de vulnerabilidad bruta total:

Tabla 7. *Escala de valores de la vulnerabilidad bruta total.*

Vulnerabilidad agroclimática	Vulnerabilidad eventos extremos		Vulnerabilidad bruta total
Vulnerabilidad Cultivo	**Erosividad Pluvial**	**Sequía**	**Total**
50%	25%	25%	100%

Fuente: Fernández (1996).

Según el porcentaje para cada uno de los factores de la tabla anterior, se establece, seguidamente, una clasificación en función del grado de vulnerabilidad bruta.

Tabla 8. *Clasificación de vulnerabilidad.*

Grado	Valor (%)
Bajo	0 – 24
Medio	25 – 49
Alto	50 – 74
Muy Alto	75 – 100

Fuente: Elaboración propia.

7.3. Vulnerabilidad vinculada a requerimientos agroclimáticos de los principales cultivos en Andalucía.

1. Vulnerabilidad del olivar *(Olea europaea)*:

El olivar es el cultivo por excelencia del clima mediterráneo, caracterizado por los inviernos suaves, los equinoccios lluviosos y los veranos secos y cálidos.

Tabla 9. *Requerimientos agroclimáticos del olivo.*

Umbrales	Óptimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperaturas (ºC)	20	34	5	40
Precipitación anual (mm)	400	700	200	1200
Latitud	30	45	25	50
Altitud (m)	400	600	0	1200

Fuente: CORINE-CEC (1992).

La temperatura media anual idónea para el olivo ha de situarse entre los 16 y los 22 ºC, mientras que respecto a las temperaturas del verano, no son demasiado exigentes; así, el rango entre 35 a 40ºC marca el umbral superior, puesto que por encima del mismo, la fotosíntesis es impedida.

En líneas generales, las temperaturas elevadas no suponen una limitación importante, aunque si éstas superan los 45ºC durante y después del periodo de floración, pueden dar lugar a una pérdida total de la cosecha. Según algunos autores, la media de la temperatura media de las máximas de los 6 meses más cálidos ideal para el cultivo del olivar estaría situada entre 21 y 25ºC.

En cuanto a las temperaturas mínimas y las necesidades de frío que presenta esta especie, cabe mencionar que con inviernos algo fríos las cosechas mejoran notablemente; si durante dos meses y medio antes del periodo de floración, las temperaturas se encuentran entre 2 y 15ºC, se estimula una mayor floración y los rendimientos serán mayores. En cuanto a la temperatura mínima no tolerada por el olivo, el umbral viene marcado por los -7ºC. Sin embargo, temperaturas en torno a los 0ºC pueden provocar diversos daños de consideración según la fase del ciclo vegetativo. Así, durante el periodo de brotación, las yemas podrían verse dañadas gravemente. Durante la floración, temperaturas algo superiores a los 0ºC inciden negativamente al causar daños de diversa consideración que afectan a lo relacionado con una floración incompleta. En la fase de crecimiento y maduración del fruto, se asiste igualmente a un perjuicio de la producción.

Finalmente, en cuanto a las precipitaciones, se trata de una especie extraordinariamente resistente a la sequía, situándose el óptimo de precipitaciones alrededor de los 650 mm. En casos de sequía muy marcada, se estimula la producción de flores masculinas.

En el caso de Andalucía, serán las temperaturas máximas y el volumen de precipitaciones, los factores más importantes desde el punto de vista del cambio climático, en cuanto a impactos negativos se refiere.

Por el contrario, las temperaturas mínimas, que se prevé que serán más altas, podrían indicar zonas potencialmente aptas para el cultivo del olivar, que en la actualidad resultan inadecuadas por la presencia de heladas extremas o temperaturas inferiores a los 7ºC.

Para evaluar la vulnerabilidad del cultivo del olivar frente al cambio climático, las principales variables climáticas integradas en el SIG son las temperaturas máximas en verano modelizadas para el 2050 bajo el escenario de emisiones A2, así como el volumen de la precipitación anual para el mismo escenario y año y, únicamente, respecto al cultivo del olivar en secano.

- **Vulnerabilidad del olivar por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):**

En primer lugar, se representa la isoterma de temperatura máxima de los 40-41ºC (Mapa 40, Anejo 1), que es considerado uno de los límites por encima del cual los olivares podrían verse afectados. Varias zonas se encuentran dentro de dicho umbral de temperaturas y, en líneas generales, se corresponden con la mitad septentrional de la provincia de Jaén, el centro y noreste de Córdoba, este de Sevilla y dos pequeñas áreas, con escasa superficie de olivar, en el oeste de Huelva y el límite septentrional de Sevilla y Huelva.

- **Vulnerabilidad del olivar por cambio en la precipitación en 2050 (Escenario A2):**

Aunque se trata de una especie muy resistente a la sequía, el olivo presenta un óptimo de precipitaciones en torno a los 650 mm anuales, mientras que el límite absoluto inferior se establece en los 200 mm.

Por ello, se ha representado el volumen de precipitaciones anuales en 2050 y la superficie de olivar en secano existente en Andalucía (Mapa 41, Anejo 1). Los resultados muestran una zona ubicada en el sureste de la provincia de Almería en donde las precipitaciones podrían ser inferiores a 200 mm en el año 2050 bajo el escenario A2, y en donde existen reducidas

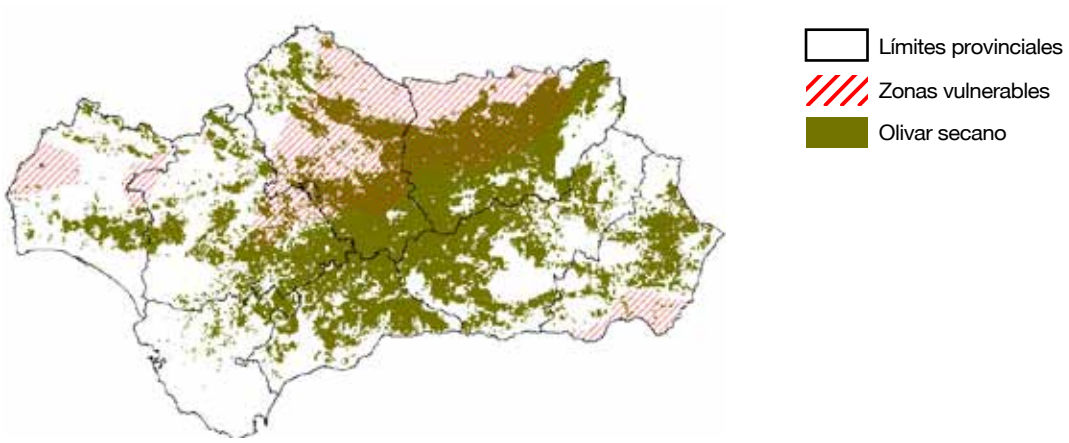
extensiones de olivar en secano que podrían resultar dañadas con cierta probabilidad por una reducción del volumen de precipitación anual. No obstante, en el periodo actual, los valores de precipitación correspondientes a 1961-90 también son inferiores a 200 mm en estas localizaciones, aunque son algo más elevados, y los olivos persisten en esta zona de la Comunidad Andaluza.

- **Evaluación agroclimática de la vulnerabilidad del olivar frente al cambio climático:**

Como resultado de la integración del análisis de las variables de precipitación anual y temperaturas máximas estudiadas, se han obtenido conclusiones acerca de la vulnerabilidad del cultivo del olivar en Andalucía frente al cambio climático para el año horizonte 2050.

Estos resultados se han cartografiado en la Figura 48, en donde se muestra la distribución espacial del olivar, y las áreas que presentan un grado de vulnerabilidad más elevado, fruto de la agregación de las variables de precipitación y temperatura y la existencia del cultivo.

Figura 48. *Vulnerabilidad global del olivar frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

2. Vulnerabilidad del viñedo *(Vitis vinifera)*:

Relativamente exigente en calor, en lo que se refiere a las temperaturas máximas que soporta la vid, el óptimo vendría marcado por los 30ºC, siendo los 38ºC el máximo absoluto por encima del cual la planta podría sufrir daños de cierta envergadura. Además, las variedades tempranas, bajo los efectos de un clima demasiado cálido, pueden provocar la producción de vinos con mucho alcohol, pero sin “bouquet”, debido a la falta de acidez.

Tabla 10. *Requerimientos agroclimáticos del viñedo.*

Umbrales	Óptimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperaturas (ºC)	18	30	10	38
Precipitación anual (mm)	700	850	400	1200
Latitud	20	45	0	50
Altitud (m)	-	-	0	1200

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

En cuanto a las temperaturas mínimas se trata de una especie que presenta bastante sensibilidad a las heladas invernales y primaverales. En la estación primaveral, o durante la fase de brotación, las temperaturas mínimas por debajo de las cuales se producirían daños irreparables para la cosecha, se sitúan en los -2ºC.

Las temperaturas medias diarias óptimas para el viñedo en cada una de las etapas del ciclo vegetativo son las siguientes:

Tabla 11. *Temperaturas óptimas del viñedo según fases de crecimiento.*

Mes	Fase	Temperatura (ºC)
Abril - mayo	Brotación y apertura de yemas	9 - 10ºC
Junio	Floración	18 - 22ºC
Julio y agosto	Envero o cambio de color	22 - 26ºC
Finales de agosto y septiembre	Maduración	20 - 24ºC
Finales de septiembre y octubre	Vendimia	18 - 22ºC

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

Por último, una sequía extrema o escasez de las precipitaciones actúan como limitantes de la producción, afectando tanto al rendimiento como a la calidad.

Las condiciones más idóneas son la regularidad en los periodos de calor e insolación, las precipitaciones espaciadas en el tiempo y los suelos bien drenados pero con una buena capacidad de retención, ya que un exceso de agua puede provocar enfermedades, asfixia y pudrición de las raíces.

Durante la maduración, tampoco es adecuado un exceso de lluvias, puesto que provoca una inflamación extrema de los frutos, afectando negativamente a los mismos. La distribución ideal de las precipitaciones para el cultivo es la que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12. *Precipitaciones adecuadas para el crecimiento del viñedo en las distintas fases.*

Mes	Fase	Precipitaciones (mm)
Abril - mayo	Brotación y apertura de yemas	14 - 15 mm
Junio	Floración	10 mm
Julio y agosto	Envero o cambio de color	40 - 115 mm
Finales de agosto y septiembre	Maduración	80 - 100 mm
Finales de septiembre y octubre	Vendimia	0 - 40 mm

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

A modo de síntesis, se puede concluir que los viñedos presentan una alta tolerancia frente a las altas temperaturas, siendo el umbral de 38ºC el límite por encima del cual la planta podría verse afectada en mayor o menor grado. En cuanto a las precipitaciones, los umbrales mínimo y máximo se sitúan entre los 400 a 1200 mm anuales respectivamente.

- **Vulnerabilidad del viñedo por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):**

Se diferencia una gran área que presenta diversos grados de vulnerabilidad, y todas ellas están localizadas en franjas de elevada continentalidad. En primer lugar, la provincia de Huelva se encuentra, en su mitad septentrional, afectada por el umbral de temperatura de 39 a 41ºC, aunque en esta zona apenas tiene representación el viñedo. Algo más al sur, en la isoterma de 38 a 39ºC se observa una extensa mancha de viñedo que podría presentar cierta vulnerabilidad a consecuencia de las altas temperaturas.

En líneas generales, para casi la totalidad de la provincia de Sevilla, el viñedo presentaría vulnerabilidad frente a las temperaturas máximas más elevadas, puesto que todo el territorio provincial se encuentra bajo la isoterma de los 38ºC. No obstante, el viñedo tiene un protagonismo escaso a nivel de provincia. No se puede afirmar lo mismo, sin embargo, en el caso de Córdoba, en donde el viñedo se extiende ampliamente por la denominada Campiña Sur de Córdoba y en donde las isotermas modelizadas indican temperaturas máximas en agosto de 2050 entre los 39 a 41ºC. Finalmente, algunos viñedos de Jaén, en la comarca de Montes Occidentales, y escasos enclaves dispersos de la provincia de Granada, presentan también vulnerabilidad por altas temperaturas.

Se han representado las zonas con viñedos que son vulnerables por temperaturas máximas bajo el escenario A2 (Mapa 43, Anejo 1). En este mapa se observa como la mayoría de los viñedos vulnerables quedan insertos dentro de la isoterma de los 38 – 39ºC, y algunas extensiones más reducidas se sitúan en zonas con temperaturas máximas superiores a los 39ºC.

- **Vulnerabilidad del viñedo por temperaturas mínimas en 2050 (Escenario A2):**

En cuanto a las temperaturas mínimas es posible afirmar que la vulnerabilidad tiende a matizarse y que ningún territorio es vulnerable, puesto que en ninguna localización se observarían temperaturas mínimas inferiores a -2 ºC. En todo caso, surgirían nuevos territorios potenciales para el cultivo del viñedo por un aumento de las temperaturas medias de las mínimas.

- **Vulnerabilidad del viñedo por cambio en la precipitación en 2050 (Escenario A2):**

En primer lugar, se han representado las áreas en donde la precipitación es inferior a 300 mm anuales (Mapa 44, Anejo 1). En estos territorios es donde podría producirse una merma en la calidad y en el volumen de producción del viñedo en secano. No obstante, las principales y más importantes y extensas manchas de viñedo de la Comunidad Andaluza se encuentran en la actualidad emplazadas en áreas donde la precipitación modelizada para 2050 (A2) es superior a los 300 mm anuales.

- **Evaluación agroclimática de la vulnerabilidad del viñedo frente al cambio climático:**

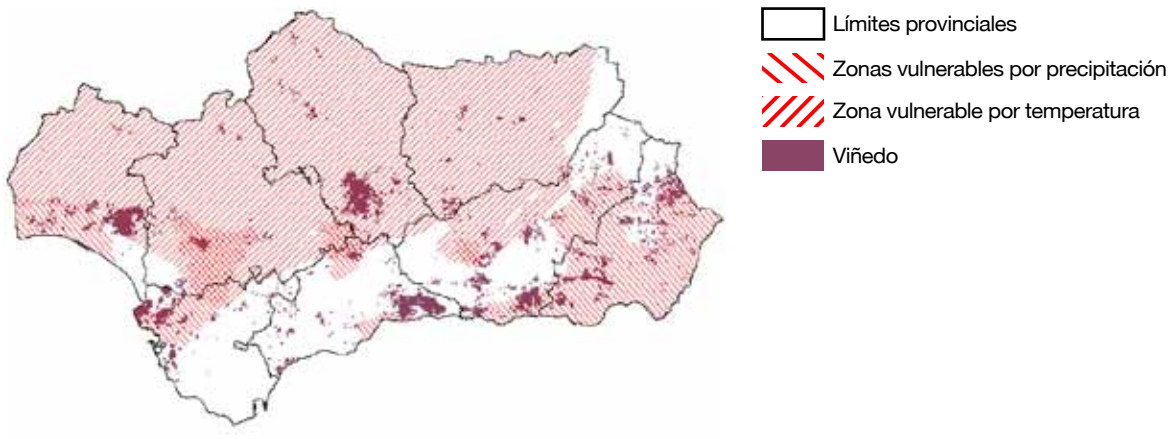
En la siguiente figura la vulnerabilidad más elevada del cultivo del viñedo frente al cambio climático. Se observan 3 zonas claramente diferentes:

a) El área del litoral atlántico, afectando a las comarcas del Entorno de Doñana y Condado de Huelva, fruto de unas temperaturas máximas por encima de 38ºC, y un volumen de precipitaciones inferior a 275 mm anuales en el litoral atlántico de Cádiz.

b) La mitad septentrional de Andalucía, en las tierras más azotadas por la continentalidad del clima, en donde la vulnerabilidad viene representada por las temperaturas máximas de verano (> 38ºC).

c) Zonas aisladas diversas afectadas por una vulnerabilidad máxima, fruto de la convergencia de unas temperaturas medias de las máximas elevadas durante el mes de agosto modelizadas para 2050 bajo el escenario A2, unido a unas precipitaciones anuales escasas.

Figura 49. *Vulnerabilidad global del viñedo frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

3. Vulnerabilidad del arroz *(Oryza sativa)*:

Tanto las temperaturas por encima como por debajo de los límites críticos, afectan al rendimiento del arroz, ya que inciden en mayor o menor grado a los diferentes procesos de crecimiento. En el caso de altas temperaturas, éstas provocan un estrés térmico que incide negativamente en el cereal. En la fase de germinación del arroz, se puede hablar del rango de temperaturas comprendido entre los 20 y 35ºC como el intervalo óptimo para esta fase del ciclo vegetativo. El límite superior óptimo desciende a 30ºC en la fase siguiente, correspondiente a la emergencia de la plántula y el crecimiento inicial.

En cuanto al volumen de agua óptimo para el cultivo del arroz, éste tiene un papel protagonista, ya que su déficit o exceso podría suponer la existencia de plagas y enfermedades, la proliferación de maleza o la escasez de nutrientes. En Andalucía, en los últimos años, las restricciones de agua, debidas a la escasez del recurso, han incidido negativamente al repercutir en una reducción de la superficie del cultivo.

Tabla 13. *Temperaturas óptimas según fases de crecimiento del arroz.*

Etapas de desarrollo		Temperatura crítica (ºC)		
		Baja	Elevada	Óptima
Germinación	**Mayo**	16 - 19	45	20 - 35
Emergencia y establecimiento plántulas	**Junio**	12 - 35	35	20 - 30
Enraizamiento	**Junio**	16	35	25 - 28
Elongación de la hoja	**Junio**	7 - 12	45	31
Ahijamiento	**Julio**	9 - 16	33	25 - 31
Iniciación de la panícula	**Julio**	15	-	-
Diferenciación de la panícula	**Agosto**	15 - 20	30	-
Antesis	**Agosto**	22	35 - 36	30 - 33
Maduración	**Agosto-Septiembre**	12 – 18	> 30	20 - 29

Fuente: López Bellido (1991).

Si se produce un déficit de agua, se generan una serie de efectos negativos que van desde el enrollado de las hojas, su desecamiento, un macollaje restringido, raquitismo, etc., hasta el retraso de la floración, la esterilidad de las espiguillas o el llenado parcial e incompleto de los granos. Se produce asimismo una reducción de los rendimientos debido a la escasez de agua en los procesos que van desde que se inicia la panoja hasta el espigado. Por el contrario, un exceso de agua, podría acarrear problemas diversos y suponer trastornos importantes para el cultivo del arroz.

A modo de síntesis, aunque se trata de un cereal con importantes necesidades de calor, sin embargo en algunas fases de su crecimiento, tales como el ahijamiento y la iniciación y diferenciación de la panícula, que suceden en los meses de temperaturas más elevadas, el límite superior óptimo se sitúa entre los 30 y 36ºC. Serán por tanto, las temperaturas máximas de agosto en 2050, las variables que confieran vulnerabilidad a este cultivo. Respecto al agua, un déficit de este elemento causa efectos negativos diversos en el arroz, y son las situaciones de sequía las que más afectan al cultivo; por ello, para evaluar la vulnerabilidad del arroz respecto a los requerimientos hídricos de la planta, se ha elaborado una cartografía con el cambio porcentual de precipitación previsto en 2050, respecto al periodo 1961-1990, de tal modo que sea posible evaluar el contexto hídrico en el cual se desarrollará el cultivo del arroz.

- **Vulnerabilidad del arroz por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):**

Las isotermas previstas para agosto en 2050 muestran un aumento progresivo de la temperatura desde el litoral hacia las zonas más continentales del interior (Mapa 48, Anejo 1). En el mapa elaborado se observan las dos principales zonas arroceras de Andalucía, localizadas en las provincias de Sevilla y Cádiz respectivamente y las temperaturas máximas en agosto modelizadas para 2050.

Los arrozales ubicados en Cádiz permanecen bajo la influencia del efecto atemperador del océano, y la temperatura máxima de agosto se sitúa entre los 33 a 36ºC, por lo que ninguno de los territorios gaditanos con cultivo de arroz puede considerarse vulnerable. Pero esta situación es diferente en la provincia de Sevilla, puesto que todas las tierras arroceras se encuentran bajo la influencia de temperaturas máximas superiores a 37ºC.

Como ya se ha comentado, una temperatura superior a 33ºC durante el proceso de ahijamiento, o por encima de 35 - 36ºC en la antesis, pueden afectar al rendimiento del arroz e incidir sobre estas fases del crecimiento. Se puede concluir, por lo tanto, que es probable que el área donde se sitúan municipios como Aznalcázar, La Puebla del Río, Cabezas de San Juan, Los Palacios y Villafranca o Utrera, sean las zonas de mayor vulnerabilidad frente al cambio climático por temperaturas máximas en verano bajo el escenario de emisiones A2 (Mapas 46 y 47, Anejo 1).

- **Vulnerabilidad del arroz por cambio en la precipitación en 2050 (Escenario A2):**

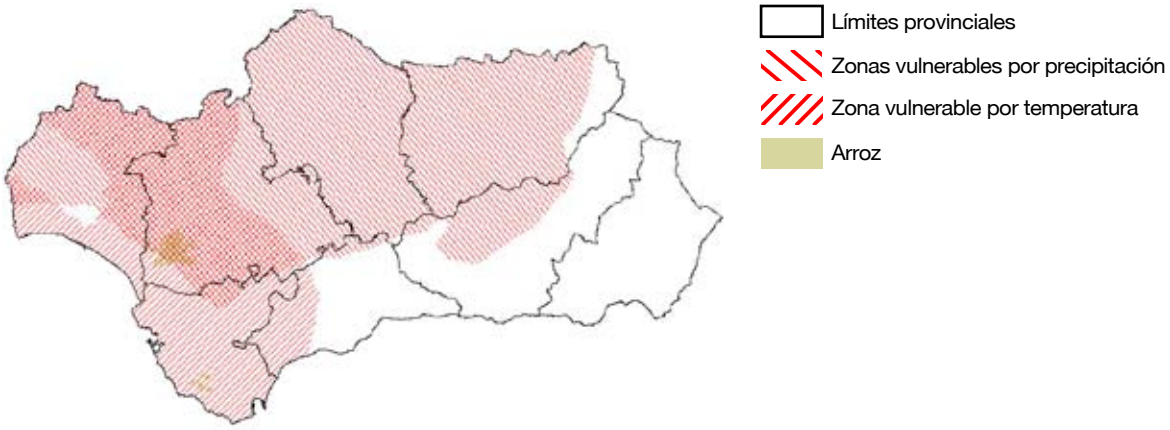
Se ha representado el cambio porcentual que se prevé en la precipitación de 2050 respecto a la registrada en el periodo 1961-90 (Mapa 49, Anejo 1). Por una parte, se han representado las estaciones meteorológicas y el cambio de precipitación de cada una de ellas. Por otra parte, dicho cambio porcentual se ha interpolado para toda la superficie del territorio. De este modo, se observa que el cultivo de arroz se localiza en un área en la que se prevé un cambio negativo de precipitación entre un -20% y un -40%. Si se observan las estaciones

meteorológicas y los cambios de precipitación modelizados, se advierte un descenso más acusado de la precipitación en los arrozales sevillanos. Por tanto, los arrozales de Cádiz, de nuevo, al igual que sucedía con las temperaturas máximas, se consideran menos vulnerables al situarse en zonas donde la precipitación se reducirá, pero de manera menos intensa.

- **Evaluación agroclimática de la vulnerabilidad del arroz frente al cambio climático:**

Integrando y evaluando los resultados interpretados hasta el momento, la vulnerabilidad global del cultivo del arroz es el resultado de un aumento de las temperaturas máximas y una reducción de las precipitaciones que varía según las diferentes zonas en las que se cultiva en la actualidad este cereal.

Figura 50. *Vulnerabilidad global del arroz frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

Así, alcanzan un elevado grado de vulnerabilidad las tierras más septentrionales de Sevilla, en donde las temperaturas máximas serán superiores a los 36ºC y las precipitaciones se reducirán en torno al 30%. La vulnerabilidad será media-baja en las zonas de Cádiz, en donde las temperaturas máximas se situarán en torno a 33 a 35ºC, mientras que las precipitaciones disminuirán un 20% aproximadamente.

4. Vulnerabilidad de la avena *(Avena sativa)*

Se trata de una especie propia de los climas templados más fríos, aunque su resistencia al frío es inferior a la que presentan la cebada o el trigo. Respecto a las temperaturas elevadas, se trata de una planta muy sensible a las máximas extremas, principalmente en los periodos de floración y formación del grano.

En lo que respecta a los requerimientos hídricos, la avena es muy exigente, puesto que posee un coeficiente de transpiración elevado aunque, por otra parte, también un exceso de agua puede resultar perjudicial para la especie. Las necesidades hídricas de la avena son las más elevadas de todos los cereales de invierno, por ello se adapta mejor a los climas más frescos y húmedos, siendo de este modo el cereal más susceptible a los cambios del clima con tendencia a la sequía y al aumento de las temperaturas máximas.

Tabla 14. *Requerimientos agroclimáticos de la avena.*

Umbrales	Óptimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperaturas (ºC)	16	20	5	30
Precipitación anual (mm)	600	1000	250	1500
Latitud	45	40	60	60
Altitud (m)	-	-	-	-

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

En la estación primaveral, bajo buenas condiciones hídricas y de lluvia abundante, las producciones que se obtienen son excepcionales. Del mismo modo, es una especie muy sensible a la sequía, especialmente en el periodo de formación del grano.

- **Vulnerabilidad de la avena por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):**

Puesto que la floración se produce entre junio y agosto, se ha optado por evaluar la incidencia de las temperaturas máximas en el mes de agosto (Mapa 51, Anejo 1). Bajo esta óptica, se observa que la práctica totalidad del territorio andaluz, puesto que en el mismo se supera la temperatura media de las máximas de agosto de 30ºC, se constituye vulnerable por probabilidad de altas temperaturas para el cultivo de la avena. No obstante, la vulnerabilidad será mayor en las áreas más continentalizadas desde el punto de vista climático, es decir, en las provincias de Córdoba y Jaén.

- **Vulnerabilidad de la avena por cambio en la precipitación en 2050 (Escenario A2):**

El cultivo de la avena requiere, por una parte, unas adecuadas condiciones de humedad a lo largo de todo el ciclo de cultivo. Sin embargo, por otra parte, un exceso de humedad en los periodos de siembra puede ocasionar situaciones negativas que se traducen en problemas para la planta de diversa índole, como plagas y enfermedades, o complicaciones en las labores de siembra que retrasan su cultivo.

Así se evalúa, por un lado, la variación de la precipitación con tendencias a la disminución en la estación primaveral, y por otra parte, la variación de la precipitación con tendencia al aumento en la estación otoñal. Se ha representado la disminución de la precipitación durante los meses primaverales modelizada para 2050 (Mapa 52, Anejo 1), y se observa cómo serían los territorios provinciales de Sevilla, el norte de Cádiz, sur de Huelva y el extremo occidental de Málaga, los más vulnerables por una disminución de las condiciones hídricas.

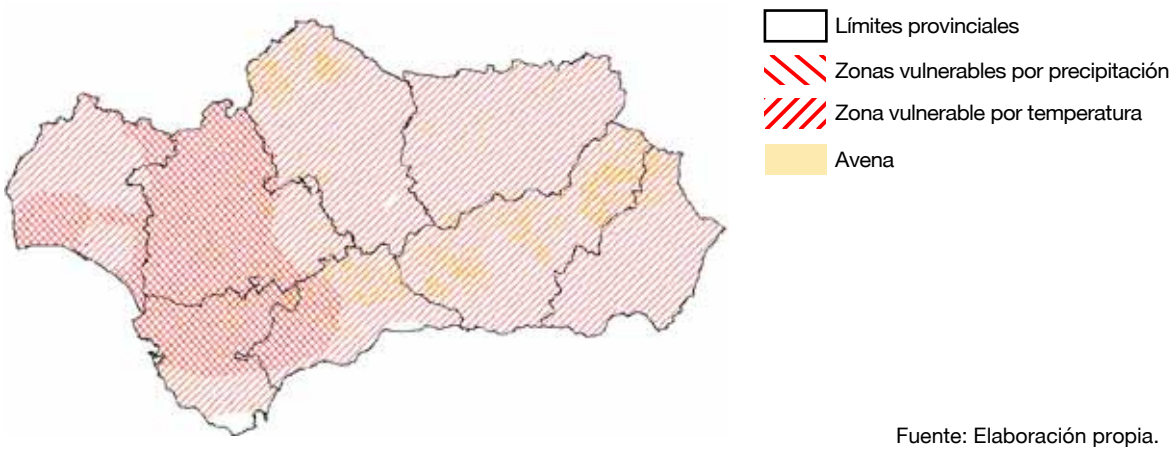
En el Mapa 53 del Anejo 1 se recogen los espacios territoriales en los que es probable que aumente la precipitación durante la estación otoñal, de modo que estas áreas podrían presentar vulnerabilidad al producirse un posible exceso de humedad que podría afectar negativamente al cultivo. Apenas un reducido enclave entre las provincias de Málaga y Granada presenta un aumento de la precipitación en otoño bajo el escenario de emisiones A2.

- **Evaluación agroclimática de la vulnerabilidad de la avena frente al cambio climático:**

Conjugando los análisis por temperaturas máximas en agosto con la vulnerabilidad obtenida para el cultivo de la avena por el aumento de la precipitación en otoño y la disminución pluviométrica en primavera, se han obtenido los valores de vulnerabilidad global de la avena en 2050 bajo el escenario A2, cuyos resultados se recogen en la Figura 51.

Las zonas más vulnerables frente al cambio climático son las tierras cultivadas con avena que se localizan en la provincia de Sevilla a excepción de su extremo suroriental, las comarcas de Condado de Huelva, entorno de Doñana y costa occidental de la provincia de Huelva, la mitad septentrional de Cádiz, las comarcas de Ronda y el sur de Antequera en Málaga y dos pequeñas áreas: la primera, en el límite entre las provincias de Málaga y Granada y, la segunda, en la comarca Subbética de la provincia de Córdoba.

Figura 51. *Vulnerabilidad global del cultivo de avena frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

5. Vulnerabilidad del trigo *(Triticum aestivum)*

El cultivo de trigo requiere unas temperaturas entre 10 y 24ºC, umbral que es considerado como el óptimo para el crecimiento y desarrollo de esta gramínea. Entre las condiciones térmicas que pueden afectar a su desarrollo, se puede afirmar que en invierno no son convenientes las temperaturas excesivamente frías, mientras que durante la primavera, tampoco han de ser muy elevadas. Así, las temperaturas más extremas que puede aguantar la especie se sitúan entre los 3ºC de mínima y los 33ºC de máxima.

No obstante, se trata de un cereal que presenta una amplia adaptación a muy diversos tipos de clima, desde tierras de climas secos, en donde tiene su origen, hasta climas frescos y húmedos, pasando por los desérticos (bajo régimen de regadío), los mediterráneos o los húmedos subtropicales.

La excepción se produce en los climas cálidos permanentes, por lo que un cambio en las condiciones del clima en esta dirección, podría reducir la zona potencialmente apta para el cultivo de esta especie. Bajo este tipo de condiciones, se suceden importantes pérdidas, así como dificultades en la recolección y almacenamiento.

Tabla 15. *Requerimientos agroclimáticos del trigo.*

Umbrales	Óptimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperaturas (ºC)	15	23	5	27
Precipitación anual (mm)	750	900	300	1600
Latitud	30	-	60	65
Altitud (m)	-	-	-	4500

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

En cuanto a las precipitaciones, necesita un mínimo de 200 - 400 mm anuales, repartidos de tal modo que las lluvias sean escasas en invierno y abundantes en primavera. De todas formas, la mayor parte de las tierras cultivadas con trigo en el mundo se sitúan en áreas con una precipitación anual entre 375 y 875 mm.

En realidad, lo más importante para su cultivo, desde el punto de vista de las necesidades hídricas, es la distribución de la precipitación a lo largo de su ciclo. Por ejemplo, en las áreas de clima mediterráneo, como es el caso de Andalucía, la lluvia se concentra en la estación otoñal y primaveral, con lo que la precipitación supera las necesidades de la planta en la fase inicial y media del ciclo, y escasea en la fase de maduración del grano. Estos acontecimientos explican las variaciones interanuales en los rendimientos y obligan a la introducción del riego en numerosas ocasiones.

- **Vulnerabilidad del trigo por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):**

Se evalúa la vulnerabilidad del trigo por temperaturas máximas a partir de la isoterma de 33 - 34ºC en el mes de junio (Mapa 55, Anejo 1), que es considerado como el umbral a partir del cual el trigo se vería afectado por altas temperaturas en esta fase de su ciclo, pudiendo ver disminuida la cantidad y la calidad de su producción final. Las zonas más importantes, que actualmente están ocupadas por tierras cultivadas con trigo, y que serían más vulnerables frente a un cambio en las condiciones climáticas de tendencia cálida, son las provincias de Huelva, Sevilla, Córdoba y Jaén, especialmente en sus áreas más septentrionales.

- **Vulnerabilidad del trigo por cambio en la precipitación en 2050 (Escenario A2):**

La vulnerabilidad por cambios en la precipitación se ha evaluado a partir del volumen de precipitación anual, puesto que el trigo se produce sin dificultades en zonas con una precipitación entre 300 y 1.750 mm anuales.

En el Mapa 56 del Anejo 1 se ha representado, por lo tanto, la isoyeta que delimita las tierras que se encuentran en áreas con una precipitación anual inferior a 300 mm. Dos zonas relativamente amplias concuerdan con esta isoyeta; por una parte, el litoral mediterráneo coincidiendo con la provincia de Almería en la mayor parte de su territorio y las comarcas granadinas de Costa de Granada, Alhama-Temple, Vega de Granada y Hoya-Altiplanicie de Guadix. Sin embargo,

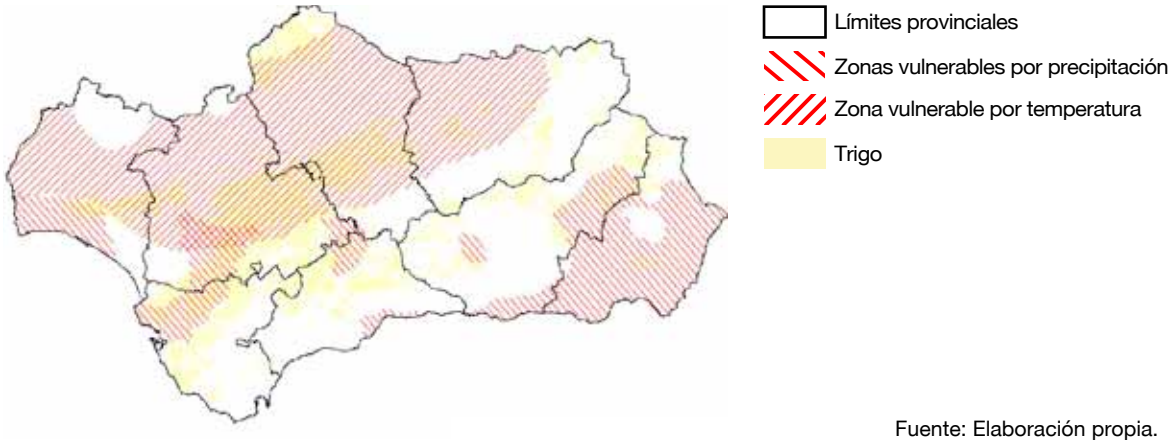
se trata de tierras en las que el cultivo del trigo apenas tiene representación, especialmente en Almería. Por otra parte, se observa otra zona localizada en el norte de Cádiz, sur de Sevilla y norte de Málaga. En este caso, principalmente en Sevilla, las tierras cultivadas con trigo sí que adquieren una elevada importancia. Finalmente, reducidas áreas en el norte de Sevilla, Jaén y la costa de Huelva también presentarían una precipitación inferior a 200 mm aunque, en este caso, no presentan importancia por una ausencia casi total del cultivo.

- **Evaluación global de la vulnerabilidad del trigo frente al cambio climático:**

En la siguiente figura se muestra la vulnerabilidad global del trigo en 2050, fruto de la agregación de los análisis de la precipitación anual y la temperatura máxima de junio modelizadas para 2050 bajo el escenario de emisiones A2.

La vulnerabilidad más elevada se alcanza en el sur de la provincia de Sevilla, en donde la precipitación anual modelizada es inferior a 200 mm y las temperaturas máximas de junio superan los 33 ºC.

Figura 52. *Vulnerabilidad global del cultivo de trigo frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

6. Vulnerabilidad de los cítricos *(Citrus sinensis, Citrus deliciosa* y *Citrus limon)*

En cuanto a las temperaturas, las tres especies tienen un importante limitante de temperatura mínima que coincide (12 - 13ºC), lo que resulta interesante desde el punto de vista del cambio climático con vistas a la existencia de nuevas zonas aptas para el cultivo de cítricos que, en la actualidad, son incompatibles con este uso.

Respecto al máximo de temperaturas, existen diferencias leves entre unas y otras especies de cítricos. Mientras que el naranjo y el limonero presentan mayor tolerancia a las altas temperaturas con máximas absolutas de 36 a 38ºC, la mandarina soporta menos las temperaturas elevadas (32 ºC). El óptimo se sitúa, según las especies, entre los 26 y los 30ºC.

Finalmente, los cítricos presentan unos elevados requerimientos hídricos que hacen que se tenga que recurrir al riego en todos los casos en Andalucía. El rango de precipitaciones óptimas para las tres especies oscila entre los 1.000 mm y los 2.000 mm. Por esta razón, el cultivo de cítricos es, en su totalidad, en regadío.

Los principales requerimientos climáticos y ecológicos de estas tres especies de cítricos (naranjo, limonero y mandarino) se sintetizan en la siguiente tabla.

Tabla 16. *Requerimientos climático-ecológicos óptimos de los cítricos.*

Umbrales	Óptimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
***Citrus sinensis* (naranjo)**				
Temperaturas (ºC)	20	30	13	38
Precipitación anual (mm)	1.200	2.000	450	2.700
Latitud	0	40	0	40
Altitud (m)	-	-	0	2.100
***Citrus deliciosa* (mandarina)**				
Temperaturas (ºC)	22	26	13	32
Precipitación anual (mm)	1.200	1.500	750	2.300
Latitud	20	40	20	40
Altitud (m)	-	-	0	1.000
***Citrus limon* (limonero)**				
Temperaturas (ºC)	15	28	12	36
Precipitación anual (mm)	1.000	2300	300	4.000
Latitud	0	0	0	0
Altitud (m)	-	-	0	500

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

No obstante, en este análisis, se ha procedido a evaluar la vulnerabilidad asociada al descenso de las precipitaciones, aunque a efectos prácticos no incidirá sobre el cultivo de cítricos de manera directa.

- **Vulnerabilidad de los cítricos por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):**

Se ha cartografiado la temperatura máxima modelizada para agosto de 2050 bajo el escenario A2 (Mapa 58, Anejo 1). Se han definido las zonas que se consideran vulnerables por cultivar cítricos y que se localizan en zonas con temperaturas por encima de los 38 ºC. En función de las provincias en las que se encuentran dichas zonas, se distinguen las siguientes comarcas que las contienen:

- Huelva: Andévalo Oriental y Condado de Huelva.
- Sevilla: Poniente de Sevilla, Vega de Sevilla, Los Alcores.
- Córdoba: Vega del Guadalquivir y Valle del Guadiato.

Con el fin de evaluar el estrés hídrico y térmico al que estarán sometidos los frutales cítricos, se ha representado el cambio porcentual de las precipitaciones en 2050 respecto al periodo 1961-1990 (Mapa 59, Anejo 1). En este sentido, las comarcas con presencia de cítricos en las que se prevé una reducción más intensa de las precipitaciones, son las siguientes:

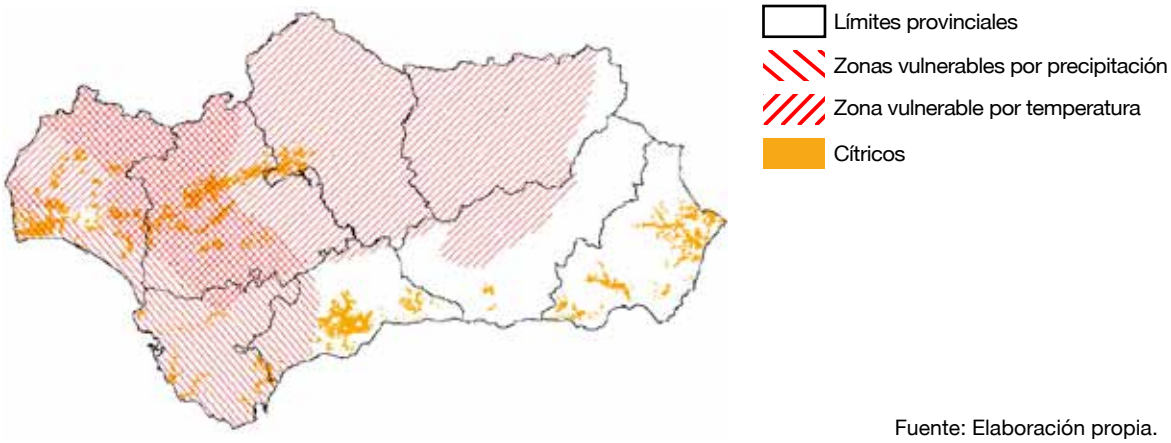
- Huelva: costa Occidental, Condado de Huelva, Andévalo Oriental y Entorno de Doñana.
- Sevilla: poniente de Sevilla, Vega de Sevilla y Los Alcores.
- Cádiz: toda la provincia.

- **Evaluación global de la vulnerabilidad de los cítricos frente al cambio climático:**

Los territorios que albergan la máxima vulnerabilidad frente al cambio climático respecto al cultivo de cítricos, se localizan en las provincias de Sevilla y Huelva. En estas zonas se concentran los cambios más intensos en cuanto a aumento de temperaturas y sequía.

En la siguiente figura se muestran estas zonas.

Figura 53. *Vulnerabilidad global de los cítricos frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

7. Vulnerabilidad del algodón *(Gossypium herbaceum, G. barbadense, G. hirstium)*

El cultivo del algodón es propio de zonas cálidas desde el punto de vista térmico, puesto que la germinación de la planta se produce al alcanzarse una temperatura superior a 14 ºC, situándose el óptimo de germinación en 20 ºC. Respecto a la floración, es necesario

que las temperaturas medias se sitúen entre 20-30ºC. En el momento de la maduración las temperaturas deben oscilar entre 27 y 30ºC. Las necesidades hídricas del cultivo del algodón son bastante importantes, siendo una planta relativamente exigente en agua. El riego ha de existir durante todo el desarrollo de la especie y necesita unos volúmenes entre 4.500 y 6.500 m^3 por hectárea de cultivo.

Tabla 17. *Requerimientos agroclimáticos del algodón.*

Umbrales	Óptimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperaturas (ºC)	26	36	18	38
Precipitación anual (mm)	750	1250	200	1500
Latitud	-	-	-	-
Altitud (m)	-	-	-	2200

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

- **Vulnerabilidad del algodón por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):**

Las temperaturas máximas que podrían afectar negativamente al cultivo de algodón son aquellas que superen los 38ºC, puesto que podrían provocar la separación de los últimos frutos que se han formado, así como un peso menor de la cápsula, lo que provocaría una merma en la producción.

Así, se han representado las temperaturas máximas modelizadas para el mes de agosto de 2050 bajo el escenario A2 (Mapa 61, Anejo 1), pudiéndose apreciar los cultivos de algodón que en la actualidad se localizan bajo la isoterma de los 39ºC proyectada para el año 2050.

La mitad septentrional de la provincia de Sevilla, así como todos los cultivos de algodón de las provincias de Huelva, Córdoba y Jaén, se encontrarían afectados por mayor o menor grado de vulnerabilidad, en función de la distribución espacial de las temperaturas máximas modelizadas para el año 2050.

- **Vulnerabilidad del algodón por cambio en la precipitación en 2050 (Escenario A2):**

Las altas precipitaciones, en caso de que sucedan en los meses de octubre y noviembre, pueden afectar negativamente a la producción, al provocar la caída al suelo del algodón y retrasar su recolección.

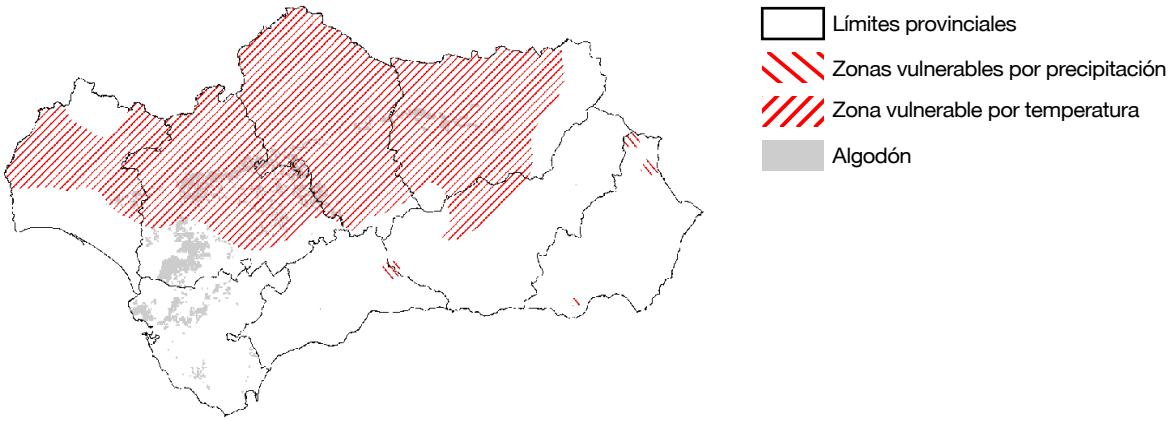
Por esta razón, se han representado aquellas áreas en las que la precipitación modelizada en 2050 sea superior a la del periodo 1961-90 (Mapa 62, Anejo 1). En el mismo, se puede observar que ninguna de las tierras que en la actualidad permanecen cultivadas con algodón, estaría afectada por la variación de las precipitaciones.

- **Evaluación global de la vulnerabilidad del algodón frente al cambio climático:**

Según los análisis realizados para el cultivo del algodón, la vulnerabilidad viene expresada por las temperaturas máximas más extremas, así como por una posible variación de las precipitaciones con tendencia al aumento durante los meses de octubre y noviembre, que coinciden con la recolección del cultivo.

Será por lo tanto, en estas zonas, donde la vulnerabilidad frente al cambio climático sea más importante.

Figura 54. *Vulnerabilidad global del algodón frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

8. Vulnerabilidad del girasol *(Helianthus annuus)*

El girasol se adapta a un amplio rango de temperaturas, que oscilan, en su situación óptima, entre 13 - 17ºC de mínima y 25 - 30ºC de máxima. En el periodo de floración y llenado del grano, se trata de una planta sensible a las temperaturas muy altas. Este hecho es el causante de que se produzcan pérdidas en la producción final, tanto en lo que se refiere a peso total como a su contenido en aceite. En cuanto a las precipitaciones, el óptimo viene marcado por un mínimo de 600 mm, aunque el absoluto puede reducirse a 300 mm anuales.

En la siguiente tabla se recogen los principales requerimientos agroclimáticos del cultivo de girasol.

Tabla 18. *Requerimientos agroclimáticos del girasol.*

Umbrales	Óptimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperaturas (ºC)	17	34	5	45
Precipitación anual (mm)	600	1000	300	1600
Latitud	20	-	50	55
Altitud (m)	-	-	-	2600

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

- **Vulnerabilidad del girasol por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):**

En realidad, el girasol es una planta que se adapta muy bien a las temperaturas elevadas, no existiendo problemas, a priori, por esta variable. No obstante, se han representado, las áreas en las que se producirían las temperaturas más elevadas en el mes de julio de 2050 (Mapa 64, Anejo 1), con el fin de delimitar las tierras con girasol cuyas plantaciones se verían sometidas a un mayor estrés térmico y que, al coincidir con la época de llenado del grano, podrían afectar al cultivo por una merma en su rendimiento y contenido en aceite.

Por otra parte, el máximo absoluto del girasol (45ºC) no se prevé que se alcance en Andalucía según los modelos del clima realizados para 2050. Según los resultados cartográficos, las áreas en las que se alcanzarían las temperaturas máximas más altas se localizan en las provincias de Córdoba y Jaén, si bien esta última apenas presenta tierras cultivadas en la actualidad con esta oleaginosa.

- **Vulnerabilidad del girasol por cambio en la precipitación en 2050 (Escenario A2):**

Para evaluar la vulnerabilidad del girasol por un cambio de las condiciones del clima que impliquen un posible estrés hídrico para la especie, se ha representado la precipitación anual modelizada para 2050 bajo el escenario A2 (Mapa 65, Anejo 1), en el que la isoyeta de 300 mm indica el umbral por debajo del cual se obtendría la vulnerabilidad del cultivo.

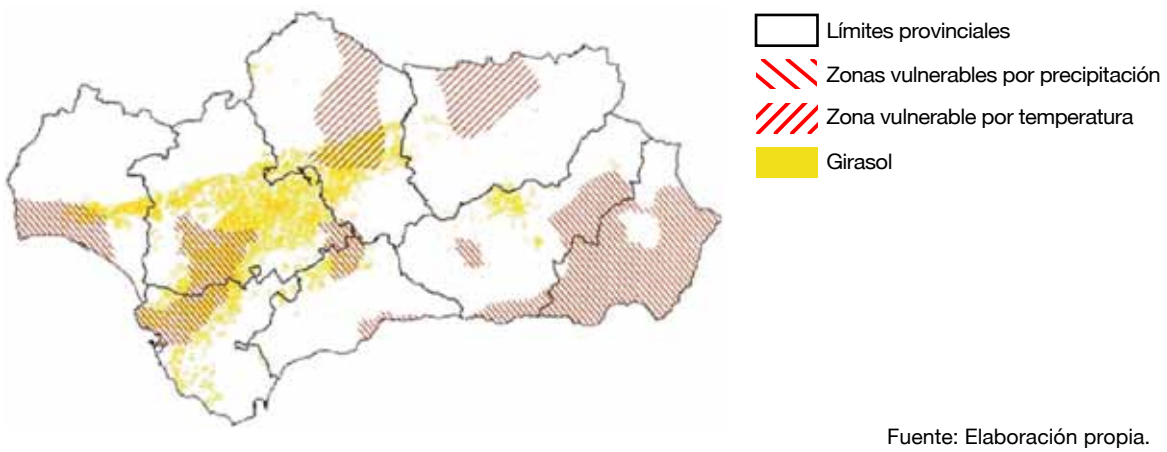
Las áreas, por tanto, vulnerables por una precipitación inferior a 300 mm, serían las provincias de Almería (casi en su totalidad) y Granada, que carecen de importancia por la escasa representación del cultivo a nivel provincial, y el norte de Cádiz y sur de Sevilla, en donde la presencia del girasol es notable.

- **Evaluación global de la vulnerabilidad del girasol frente al cambio climático:**

Solapando las áreas de vulnerabilidad por precipitación anual y temperaturas máximas en agosto, se obtienen las localizaciones con una vulnerabilidad más elevada; únicamente se obtiene un área con estas características, situada al norte de Jaén, pero no presenta problemas al no tener plantaciones de girasol en la actualidad.

El resto de las localizaciones son las ya comentadas para precipitación y temperatura, cuya vulnerabilidad es inferior.

Figura 55. *Vulnerabilidad global del girasol frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

9. Vulnerabilidad de la fresa *(Fragaria vesca)*

La fresa es un cultivo extraordinariamente plástico en lo que a temperaturas se refiere. Posee un rango de temperatura mínima biológica de 6ºC, pudiendo aguantar temperaturas mínimas absolutas de -12ºC, a excepción de la fase vegetativa, cuyo mínimo absoluto es -6ºC y de la época de floración, en la cual soporta mínimas de entre 0 y 2ºC.

El rango óptimo de temperaturas se sitúa entre 10 – 13ºC de mínima y 18 – 22ºC de máxima. La temperatura media anual idónea oscila entre 15 – 20ºC.

Se trata de una especie muy resistente a las heladas y que, bajo condiciones de frío, da frutos abundantes. Es decir, requiere un determinado número de horas frío que en las tierras onubenses no suele satisfacerse en la actualidad y, en numerosas ocasiones, obliga a desarrollar las plantas en latitudes más altas, para ser trasladadas posteriormente a las tierras de Huelva para su fructificación (Infoagro, 2007).

Tabla 19. *Requerimientos agroclimáticos de la fresa.*

Umbrales	Óptimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperaturas (ºC)	12	20	5	28
Precipitación anual (mm)	700	1500	300	2800
Latitud	-	36	-	70
Altitud (m)	-	-	-	2000

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

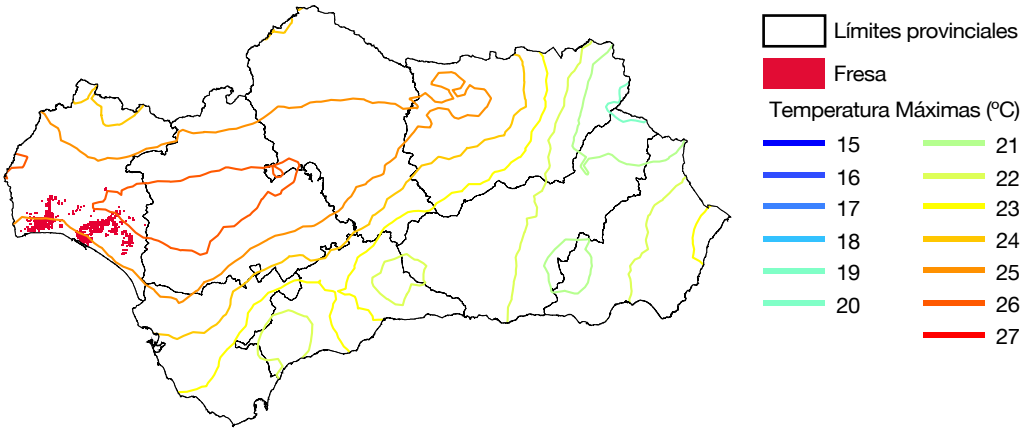
En Andalucía, tres son las comarcas freseras por excelencia: la primera se conoce como Litoral de Huelva, la segunda como Costa de Huelva y por último, la Campiña.

- Vulnerabilidad de la fresa por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):

En la siguiente figura se han representado las temperaturas máximas modelizadas para el mes de abril de 2050. Se ha optado por interpolar los datos de este mes debido al ciclo de cultivo de la especie. Este periodo es el mes de temperaturas más cálidas que, en las plantaciones más tardías, podría coincidir con la fructificación, afectando las máximas a la especie. Sin embargo, ni siquiera, en este mes, se alcanzarían los 28ºC que es considerado el máximo absoluto para la fresa.

En cuanto a los requerimientos hídricos, no se ha realizado evaluación alguna puesto que se trata de un cultivo en régimen de regadío. La evaluación realizada, por lo tanto, no arroja resultados de vulnerabilidad para este cultivo.

Figura 56. *Vulnerabilidad global de la fresa frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

10. Vulnerabilidad de la remolacha *(Beta vulgaris)*

La remolacha necesita un clima templado, con un elevado número de horas de sol y un alto nivel de humedad.

En líneas generales, se podría afirmar que se trata de un cultivo propio de climatologías suaves y húmedas, aunque presenta una relativa fácil adaptación. La temperatura óptima para la germinación es de 25ºC, pero es poco exigente en este sentido, puesto que la puede realizar incluso a temperaturas entre 5 a 8ºC. La época de siembra puede iniciarse desde enero-febrero hasta mediados del otoño y se cosecha a los 75 a 90 días.

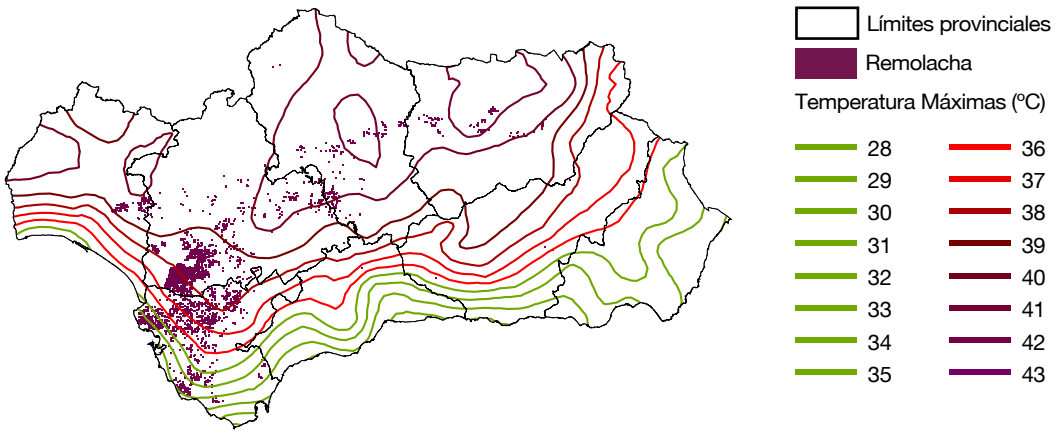
Tabla 20. *Requerimientos agroclimáticos de la remolacha.*

Umbrales	Óptimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperaturas (ºC)	15	25	4	35
Precipitación anual (mm)	600	800	500	1000
Latitud	30	-	45	60
Altitud (m)	-	-	-	-

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

- **Vulnerabilidad de la remolacha por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):**

Figura 57. *Vulnerabilidad global de la remolacha frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se ha obtenido la vulnerabilidad del cultivo de la remolacha por temperaturas máximas a partir de la isoterma de 36ºC modelizada para el mes de agosto de 2050, considerado el umbral por encima del cual el cultivo podría sufrir daños diversos.

Las localizaciones que en la actualidad son más importantes desde el punto de vista de la extensión superficial de este cultivo y que serían vulnerables, se localizan en el norte de la provincia de Cádiz y en el sur provincial de Sevilla.

En cuanto a los requerimientos hídricos, no se ha realizado evaluación alguna puesto que se trata de un cultivo en régimen de regadío.

11. Vulnerabilidad del tomate *(Lycopersicum esculentum)*

Los requerimientos térmicos del cultivo del tomate no son demasiado exigentes. La temperatura óptima oscila entre 15 y 17ºC de mínima y 20 a 30ºC de máxima. En cuanto a las temperaturas absolutas que soporta mal, el límite inferior queda marcado por los 12ºC, mientras que las temperaturas superiores a 35ºC suelen perjudicar a su desarrollo.

Tabla 21. *Requerimientos agroclimáticos del tomate.*

Umbrales	Óptimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperaturas (ºC)	20	27	7	35
Precipitación anual (mm)	600	1300	400	1800
Latitud	-	-	-	-
Altitud (m)	-	-	-	2400

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

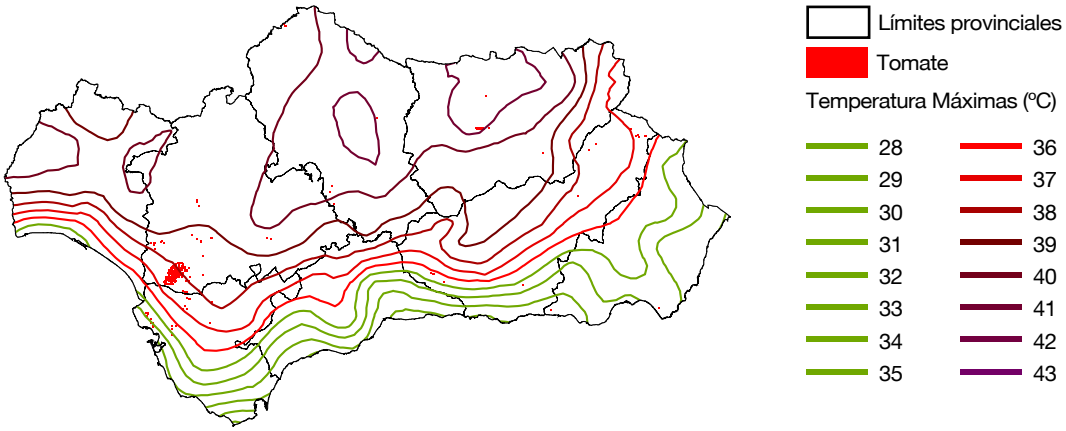
- **Vulnerabilidad del tomate por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):**

Al igual que los dos cultivos hortícolas anteriores, en el caso del tomate únicamente se evalúa su vulnerabilidad por temperaturas máximas, puesto que todos estos cultivos se desarrollan en condiciones de regadío.

En la siguiente figura, la isoterma de 36ºC marca el límite absoluto en cuanto a temperaturas máximas en el mes de agosto de 2050. Este valor de temperatura es el que indica la zona potencialmente vulnerable para el cultivo del tomate, bajo cuyas condiciones térmicas podría verse afectado este cultivo.

En la práctica, el cultivo del tomate resultaría vulnerable en su totalidad puesto que la mayor parte del territorio que presenta este cultivo está localizada en áreas con una temperatura media de las máximas superior a 36ºC. Las zonas costeras son los territorios en los que las isotermas no superan esta temperatura.

Figura 58. *Vulnerabilidad global del tomate frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

12. Vulnerabilidad del almendro *(Prunus amygdalus)*

El almendro posee una sensibilidad media a heladas siendo su fruto, en estado pequeño, el órgano más sensible a este tipo de daño, junto con la floración. La temperatura crítica de daño por heladas es -1 ºC en los estados fenológicos de la floración y formación del fruto.

Es importante destacar que las temperaturas elevadas, la ausencia de lluvias, heladas y vientos son factores muy importantes en los procesos de polinización. Es una de las especies frutales que mejor resiste las temperaturas elevadas y la sequedad de la atmósfera en verano.

En la siguiente tabla se recogen los principales requerimientos agroclimáticos del almendro.

Tabla 22. *Requerimientos agroclimáticos del almendro.*

Umbrales	Óptimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperaturas (ºC)	12	35	10	40
Precipitación anual (mm)	600	900	250	1500
Latitud	-	-	-	-
Altitud (m)	-	-	-	-

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

El cultivo del almendro es especialmente sensible a las necesidades hídricas siempre que se deseen obtener niveles óptimos de producción y calidad de la fruta, en las etapas de brotación, floración y cuajado de los frutos.

El agua es un recurso, por tanto, que puede actuar como factor limitante cuando escasea, siempre que se cultive en secano.

- **Vulnerabilidad del almendro por temperaturas máximas en 2050 (Escenario A2):**

El almendro es una especie que se adapta extraordinariamente a las condiciones del clima especialmente cálidas, sin representar mayores problemas. No obstante, en el Mapa 70 del Anejo 1, se ha representado la vulnerabilidad del almendro por temperaturas máximas según los datos modelizados para el año 2050 bajo el escenario de emisiones A2.

Según la base de datos Ecocrop, el máximo absoluto del almendro es 40ºC. En el Mapa 70 del Anejo 1 se observa que la isoterma de los 40ºC se sitúa al norte de las provincias de Córdoba y Jaén. La zona que podría presentar una mayor vulnerabilidad por altas temperaturas sería el sector central-septentrional de Jaén, pero es poco probable que las altas temperaturas provoquen daños al almendro debido a la tolerancia de la especie a estos extremos climáticos.

- **Vulnerabilidad del almendro por cambio en la precipitación en 2050 (Escenario A2):**

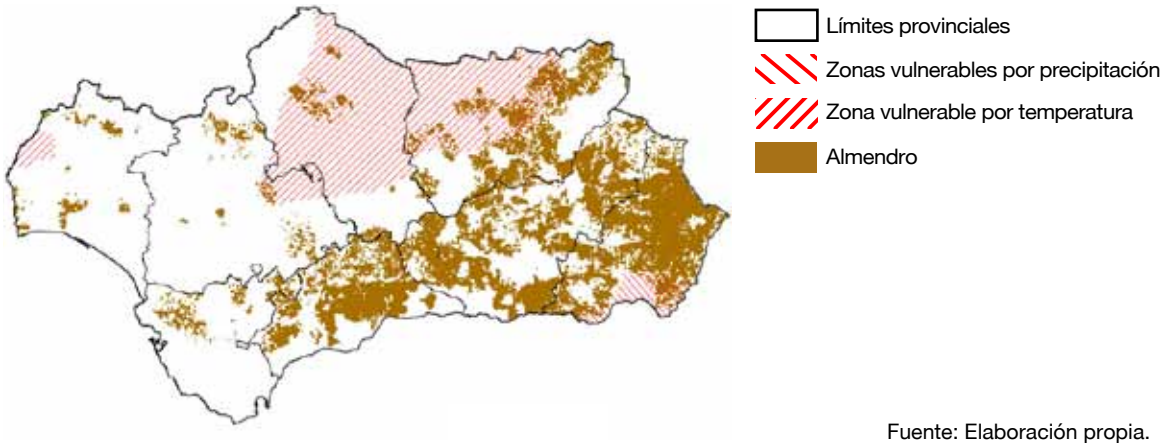
Para evaluar la vulnerabilidad del almendro en secano por un cambio de las condiciones del clima que impliquen un posible estrés hídrico para la especie, se ha representado la precipitación anual modelizada para 2050 bajo el escenario A2, en el Mapa 71 del Anejo 1. En este mapa, la isoyeta de 200 mm indica el umbral por debajo del cual se obtendría la vulnerabilidad del cultivo.

La zona en la que se podría detectar cierta vulnerabilidad para el almendro por déficit hídrico se concentra en el extremo sureste de la provincia de Almería, donde en principio el cultivo del almendro no es muy destacado, siendo la zona por excelencia del cultivo de hortalizas.

- **Evaluación global de la vulnerabilidad del almendro frente al cambio climático:**

Se puede afirmar que la vulnerabilidad para el almendro es nula o casi inexistente debido a su excelente adaptación a los climas cálidos y de características áridas o semiáridas. Las únicas zonas susceptibles son las ya citadas para cada una de las variables analizadas, siendo muy poco probable que en alguna de ellas se puedan producir daños por temperaturas elevadas o por déficit hídrico. Además no se trata de zonas en las que el cultivo del almendro tenga un peso importante sobre la economía, siendo zonas no tradicionales para este cultivo.

Figura 59. *Vulnerabilidad global del almendro frente al cambio climático.*



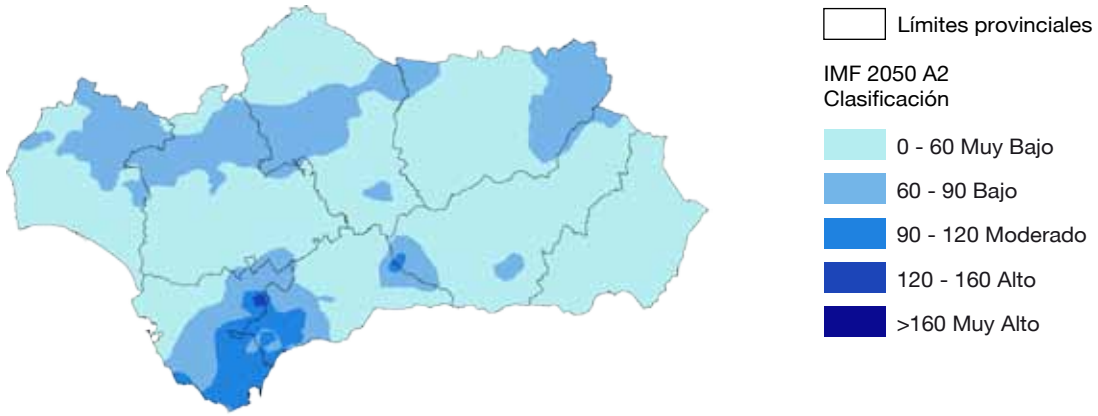
Fuente: Elaboración propia.

7.4. Vulnerabilidad asociada a eventos meteorológicos extremos

1. <u>Erosividad pluvial / intensidad de las precipitaciones</u>

Se calculó el Índice de Erosionabilidad de Fournier o Índice de Agresividad del Clima para cada estación meteorológica de las utilizadas en el estudio y se interpolaron los resultados obteniendo una cartografía de erosividad pluvial para el año 2050 bajo el escenario A2 para el conjunto del territorio andaluz (ver siguiente figura). Los resultados obtenidos muestran una zona en la cual el factor erosivo es más elevado, localizada en la provincia de Cádiz y que afecta fundamentalmente al Campo de Gibraltar. En el resto de localizaciones no se superaría el valor de moderado, siendo la calificación de bajo o muy bajo las de mayor representación en la Comunidad Andaluza.

Figura 60. *Erosividad pluvial en 2050 (A2) – Índice de Fournier.*



Fuente: Elaboración propia.

2. Análisis de la sequía

La aplicación del método de los quintiles para el cálculo de la sequía a los valores de precipitación anual modelizados para 2050 respecto de los datos de precipitación anual del periodo 1961-90, permitió la elaboración de una cartografía de análisis de la sequía proyectada en el futuro, donde los resultados indicaron notables diferencias entre la Andalucía occidental y la oriental.

En líneas generales, las provincias más orientales reflejaron años más húmedos respecto al periodo actual, mientras que en las provincias más occidentales (Huelva, Sevilla y Cádiz), el año 2050 sería más seco o muy seco respecto a la actualidad.

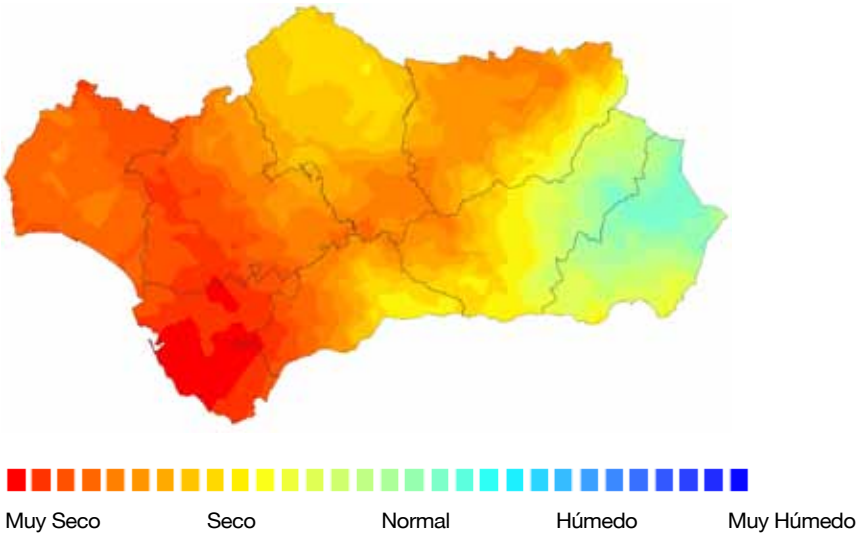
De forma más específica la zonificación mostró los siguientes resultados:

- Zonas húmedas y muy húmedas respecto a 1961-90: Las comarcas almerienses de Hoyas - Altiplanicie, Costa de Levante-Bajo Almanzora, norte de Alto Almanzora, sur de Alto - Almanzora, este de Altiplanicie Norte y Sur.

- Zonas normales respecto a 1961-90: Altiplanicie Norte y Sur, Sierra de Cazorla, Sierra Mágina, Montes Orientales de Granada, Costa de Granada, Alpujarra - Valle de Lecrín, Hoya -Altiplanicie de Guadix, zona oriental de la Vega de Granada, norte de Los Pedroches, sur de la Vega del Guadalquivir, occidente de Guadajoz - Campiña Este, Campiña Sur de Córdoba, la Campiña de Sevilla, Campiña - Sierra Sur de Sevilla, Antequera, este de Guadalhorce Occidental y Axarquía - costa de Málaga.

- Zonas secas y muy secas respecto a 1961-90: el resto de Andalucía, más intensamente en las provincias de Huelva, Cádiz y occidente de Sevilla.

Figura 61. *Evaluación de la sequía en 2050.*



Fuente: Elaboración propia.

7.5. Vulnerabilidad bruta entendida como impacto potencial

La agregación de las diferentes componentes de vulnerabilidad, requerimientos agroclimáticos y eventos meteorológicos extremos, originó como resultado una cartografía de vulnerabilidad bruta del sector agricultura en Andalucía (Figura 62).

En dicha cartografía, se advierte la inexistencia de áreas con vulnerabilidad clasificada como muy alta aunque, por el contrario, una importante extensión del territorio ocupado por la agricultura de la Comunidad de Andalucía se prevé con un impacto potencial moderado o alto por el cambio climático.

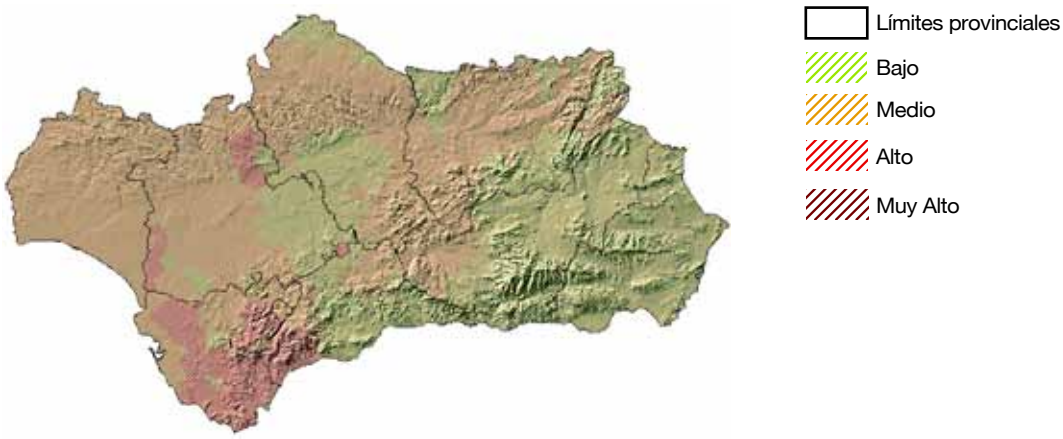
La zonificación de vulnerabilidad bruta entendida como impacto potencial frente al cambio climático en Andalucía es la siguiente:

- Zonas de vulnerabilidad bruta Baja: La totalidad de la provincia de Almería, la mayor parte de la provincia de Granada a excepción del extremo suroeste, la mitad oriental de Málaga, y las comarcas cordobesas de Los Pedroches (extremo norte), Vega del Guadalquivir y Campiña Sur, y las comarcas sevillanas de Campiña y Campiña – Sierra Sur.

- Zonas de vulnerabilidad bruta Media: El resto del territorio a excepción de las zonas de vulnerabilidad alta que se citan a continuación.

- Zonas de vulnerabilidad bruta Alta: Municipios orientales de las comarcas sevillanas de Sierra Norte y Vega de Sevilla, extremo suroeste de Sevilla, las comarcas gaditanas de Campo de Gibraltar y La Janda, así como el oeste de la Campiña de Cádiz y el sur de la Comarca de Sierra de Cádiz, oeste de las comarcas malagueñas de Ronda y Costa de Málaga.

Figura 62. *Mapa de vulnerabilidad bruta (total) del sector de la agricultura en Andalucía frente al cambio climático.*



Fuente: Elaboración propia.

8 Identificación y valoración de impactos

8.1. Introducción

El cambio climático provocará la aparición de complejos efectos en los procesos biofísicos que sustentan los ecosistemas agrarios, lo que tendrá consecuencias negativas o positivas a escala regional.

Los impactos identificados serán valorados según su signo (+/-) y el tipo de efecto esperado (directo/indirecto), detallando igualmente el espacio geográfico en el que tendrán especial incidencia.

Los impactos evaluados en este trabajo se realizan a nivel autonómico, por lo que se trata de impactos regionalizados del cambio climático, fundamentalmente en lo que se refiere a su identificación, estando los mismos referenciados a un territorio concreto. No obstante, la respuesta del rendimiento de los cultivos al cambio climático, varía notablemente en función de distintos factores (especie, cultivares, condiciones edáficas, factores geográficos y territoriales, etc.).

Por este motivo, los impactos presentan un carácter específico desde el punto de vista climático-territorial, sin embargo, se tornan globales desde la óptica de las especies o sistemas de cultivo, siendo, en líneas generales, impactos aplicables a cualquier tipo de cultivo en el contexto de la agricultura andaluza.

8.2. Identificación de impactos

1. Posibles daños y/o pérdidas de cosechas por el incremento en la demanda de agua y la disminución de la disponibilidad del recurso en determinados sectores.

2. Los fenómenos meteorológicos extremos como las olas de calor y los períodos de sequía,

pueden ocasionar importantes perturbaciones de la producción, especialmente durante las fases críticas del desarrollo vegetativo. El aumento de la temperatura, por ejemplo, provocará la disminución en la productividad de los cultivos de secano, debido al aumento de la demanda evapotranspirativa y al estrés hídrico.

3. Pérdidas y/o daños de cultivos y cosechas por un aumento de las lluvias torrenciales, que es probable que sean más frecuentes y violentas.

4. Dificultad de planificación de cultivos debido a la mayor frecuencia e intensidad de años extremos (más secos, más lluviosos, más tormentosos...).

5. Mayor variabilidad de la producción de la agricultura y menor estabilidad del sector debido a la oscilación en las condiciones del clima.

6. Cambios en el comportamiento de plagas y enfermedades.

7. Erosión de la tierra y degradación del suelo por mayor torrencialidad de las precipitaciones y por el aumento de los episodios de precipitaciones intensas.

8. Aumento de la vulnerabilidad de los suelos agrarios y los sistemas de la agricultura de regadío a la salinización: las intrusiones de agua de mar salina en acuíferos costeros, debido al aumento del nivel del mar, con consecuencias negativas para los cultivos de regadío.

9. Probable reducción del área cultivable por efecto de la subida del nivel medio del mar en determinadas zonas.

10. Desplazamiento septentrional de las zonas adecuadas para determinados cultivos (maíz, trigo, cebada y los hortícolas). En líneas generales, se producirá una alteración de las zonas de crecimiento óptimo debido, fundamentalmente, al aumento global de las temperaturas.

11. Mayor competitividad de algunas zonas de agricultura en detrimento de otras debido a la existencia de zonas nuevas potencialmente aptas para unos cultivos, y decadencia de otras áreas por nuevos procesos climáticos.

12. Existencia de un mayor número de eventos climáticos extremos, de estrés hídrico y del aumento de temperaturas con incidencia negativa sobre determinados grupos de cultivo, afectará indirectamente sobre el sector de los seguros agrarios.

13. Aumento de la superficie apta cultivable por desaparición de heladas o aumento del periodo libre de heladas.

14. Aumento de los daños a determinados grupos de cultivo por un incremento del número de olas de calor, así como su frecuencia, persistencia y crudeza.

15. Posible aumento de las tasas fotosintéticas de los cultivos debido al incremento de la concentración de CO_2.

16. Acortamiento de los ciclos vegetativos de los cultivos y cambios en las fechas de las distintas fases de dichos ciclos (germinación, maduración, floración, etc.).

8.3. Valoración de impactos

En este apartado se acomete una valoración de los impactos identificados, en el que se describe, de manera sintética, la zonificación de los impactos, su signo (positivo o negativo), y el efecto (directo o indirecto).

Impacto	Causa	Zonificación	Signo	Efecto
Daños y pérdidas en cosechas	Incremento de la demanda y disminución del recurso agua	Andalucía Occidental, norte y suroeste de Jaén, sur de Córdoba y noroeste de Granada	-	Directo
Disminución de la productividad en secano	Aumento de la temperatura, de la demanda evapotranspirativa, del estrés térmico y las sequías	Norte y mitad occidental de Jaén, Córdoba, Sevilla, mitad septentrional de Huelva, y noroeste de Granada	-	Directo
Daños a cultivos y pérdidas de cosechas	Aumento de lluvias torrenciales en número, frecuencia e intensidad	Provincia de Cádiz, oeste de Málaga, mitad norte de Huelva, nordeste de Sierra de Segura y noreste de Almería	-	Directo
Cultivos de secano afectados	Variabilidad de las precipitaciones y aumento de episodios climáticos extremos	La mayor parte del territorio andaluz, a excepción de las provincias de Granada y Málaga, la Campiña-Sierra Sur de Sevilla y el litoral de Almería	-	Directo
Dificultad en la planificación de los cultivos	Mayor frecuencia e intensidad de años extremos	La mayor parte del territorio andaluz, a excepción de las provincias de Granada y Málaga, la Campiña-Sierra Sur de Sevilla y el litoral de Almería	-	Indirecto
Cambio en los patrones de las plagas y las enfermedades	Cambio en el régimen de temperaturas y precipitación	Todo el territorio	- +	Indirecto
Erosión de la tierra y degradación del suelo	Mayor torrencialidad de las precipitaciones y aumento de episodios de lluvias intensas	Provincia de Cádiz, oeste de Málaga, mitad norte de Huelva, noreste de Sierra de Segura, noreste de Almería	-	Directo
Vulnerabilidad del regadío por salinización	Intrusiones agua marina en acuíferos por aumento del nivel del mar	Todas las áreas costeras de Andalucía	-	Indirecto

Impacto	Causa	Zonificación	Signo	Efecto
Cambio en la localización de las zonas aptas de cultivos	Aumento de las temperaturas	Todo el territorio	- +	Directo
Aumento y disminución de la competitividad entre zonas en las que se practica la agricultura	Desplazamiento de las zonas potenciales para determinados cultivos	Todo el territorio	- +	Indirecto
Afección al sector del seguro agrario y al campesinado	Aumento del número e intensidad de los eventos climáticos extremos	La mayor parte del territorio andaluz, a excepción de las provincias de Granada y Málaga, la Campiña-Sierra Sur de Sevilla y el litoral de Almería	- +	Directo
Reducción del área cultivable	Inundación de tierras por aumento del nivel del mar	Áreas costeras y marismas del Guadalquivir	-	Indirecto
Aumento de la superficie apta cultivable	Reducción del número y la frecuencia de episodios de heladas	Todo el territorio	-	Indirecto
Daños a cultivos y pérdida de cosechas	Aumento de la frecuencia, persistencia e intensidad de las olas de calor	Este de la provincia de Sevilla, la provincia de Córdoba excepto el extremo norte y sur, y la mitad septentrional de Jaén	+	Directo
Variabilidad e inestabilidad en la producción derivada de la agricultura	Oscilación de las condiciones del clima y mayor variabilidad de temperaturas y precipitaciones	Todo el territorio	-	Directo
Incremento de la productividad	Aumento de las tasas fotosintéticas debido al incremento de CO_2	Todo el territorio	+	Directo
Acortamiento de ciclos de cultivo y cambio en las fechas de las fases	Aumento de las temperaturas	Todo el territorio	- +	Indirecto

Fuente: Elaboración propia.

9 Opciones y medidas adaptación

9.1. Introducción

La agricultura va a enfrentarse, en los próximos años, a muchos desafíos (competencia internacional, descenso población…) y el cambio climático va a sumarse a esas presiones. Los cambios previstos van a afectar al rendimiento de los cultivos y a la ubicación de la producción, con graves riesgos de abandono de tierras, así como a la renta agraria en algunas partes de Europa.

Lo que parece claro es la necesidad de establecer una política de adaptación del sector de la agricultura al cambio climático, debido a la prioridad que representa la alternativa de adelantarse a los problemas y solucionarlos a tiempo, frente a la posibilidad de reacción desesperada, espontánea y brusca que se puede convertir en situación de crisis y generar numerosas pérdidas económicas, ambientales, materiales y humanas.

En determinados aspectos es difícil y complicado establecer medidas de adaptación, debido a la incertidumbre de los impactos, e incluso a la propia evolución del clima, que imposibilitan la adecuación de unos u otros tipos de medidas o estrategias.

Las estrategias de adaptación a corto plazo pueden centrarse en sencillas prácticas en agricultura relacionadas con cambios en las fechas de siembra o en las variedades. Sin embargo, a largo plazo, es necesario adaptar los sistemas de la agricultura a las nuevas condiciones climáticas.

La planificación de la adaptación no puede basarse exclusivamente en los conocimientos sobre los patrones climáticos mundiales; sino que requiere de información detallada sobre las repercusiones regionales y una valoración significativa de las opciones de adaptación y de su viabilidad a escala local y en las explotaciones.

Ante este panorama, es imprescindible la definición de toda una serie de medidas de adaptación frente al cambio climático, específicas para cada sector de actividad o recurso ambiental. Debido a las incertidumbres intrínsecas al proceso de cambio, el enfoque más rentable consistirá en otorgar prioridad a las soluciones adaptativas de resultados garantizados. Se trata de opciones que permiten hacer frente a un amplio abanico de cambios probables y que, como efecto secundario, aportan ventajas socioeconómicas o medioambientales. Tal y como recoge la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC Secretariat, 2005), una de las características de las opciones adaptativas debe ser la flexibilidad de las mismas, *"...La flexibilidad es un instrumento valioso. Una forma práctica de planificación por adelantado en el sector de la agricultura, por ejemplo, consiste en cultivar distintos productos, algunos de los cuales pueden resultar viables en momentos de flujo climático, en vez de invertir en un único cultivo que puede ser destruido por una sequía o una ola de calor".*

Por otra parte, las medidas deben contemplar las peculiaridades sociales y ambientales de cada zona. A este respecto, tal y como establece el Plan Andaluz de Adaptación al Cambio Climático, basado en los Estudios de Evaluación Sectorial de los Efectos del Cambio Climático en el Sector de la Agricultura, donde se ofrece una propuesta de medidas de adaptación con carácter general, la Consejería con competencias en la materia (Consejería de Agricultura y Pesca) deberá definir, en el futuro, las medidas de adaptación específicas que regirán a dicho sector.

En definitiva, la adaptación es un dilatado proceso que habrá de evolucionar en las próximas décadas, en función de la evolución del propio clima y de la acumulación de una masa creciente de conocimientos y experiencias prácticas.

9.2. Principales medidas y opciones de adaptación

De forma general y en una primera aproximación, las medidas de adaptación del sector de la agricultura abarcan desde soluciones tecnológicas hasta cambios políticos (como pueden ser los planes de adaptación) pasando por reajustes de la gestión o las estructuras de las explotaciones.
A continuación, se detallan las principales medidas u opciones a tener en cuenta para una mejor adaptación al cambio climático en este sector Andalucía:

1. Diseño de Regadíos y Planificación de Riegos

Debido a la menor disponibilidad de recursos hídricos en la zona de Andalucía Occidental, así como a la mayor frecuencia e intensidad de episodios de sequía o estrés hídrico, será imprescindible establecer un Programa de Diseño de Regadíos y Planificación de Riegos para cada comarca agraria de la Comunidad de Andalucía.

Sería conveniente la realización de estos Programas en base a un estudio detallado y exhaustivo de las precipitaciones totales anuales y estacionales, de la evapotranspiración potencial y de la capacidad de retención de agua en los suelos.

2. Estrategias de adaptación para cultivos

2.1. Seguimiento de los cultivos, los usos del suelo y las secuencias de manejo

Esta medida se basa en la importancia que presenta el factor climático para el adecuado desarrollo de los cultivos y para la propia sostenibilidad del sector de la agricultura. Sería conveniente ajustar el calendario a los trabajos en el sector de la agricultura, así como las fechas de siembra o la cosecha o de aplicación de tratamientos, para poder hacer frente a los cambios.

2.2. Realización de estudios para cada sistema de cultivo con objeto de evaluarlos

Esta medida se ha definido a partir de la idea de que la respuesta de los cultivos es muy compleja, no es lineal. Las adaptaciones que se realicen para la optimización de los recursos necesitan ser analizadas para cada sistema de cultivo y para cada zona. Por lo tanto, se hace necesaria la elección de cultivos y variedades mejor adaptados a la duración esperada de la temporada vegetativa y a la disponibilidad de agua, y más resistentes a las nuevas temperaturas y a los nuevos niveles de humedad.

Bajo esta medida, se propone la realización de un conjunto de actuaciones que analicen la evolución y la respuesta de cada tipo de cultivo frente a diferentes opciones de adaptación (introducción de variedades de ciclo largo, planificación riego, etc.), tanto en fincas públicas como privadas (a través de acuerdos de colaboración) situadas en diferentes zonas climáticas.

En definitiva, se trata de minuciosos trabajos de campo basados en la investigación y la experimentación, ya que como se mencionó al inicio de este apartado, las situaciones climáticas en el siglo XXI y los impactos derivados del cambio climático son probables, pero no presentan una certeza absoluta, puesto que los resultados se basan en modelos.

2.3. A partir del seguimiento y evaluación de las medidas anteriores, realizar propuestas para:

- **Introducir cambios en las rotaciones de los cultivos:**

Al inicio del apartado se habló de la importancia del concepto de la flexibilidad en cualquier política o programa de adaptación. Esta medida se relaciona íntimamente con esta idea, puesto que en zonas donde el agua sea un impedimento o actúe como limitante, o en aquellas en las que la variabilidad en las temperaturas o en las precipitaciones sea un factor restrictivo, es necesario establecer secuencias en los cultivos que minimicen la vulnerabilidad y optimicen los recursos tales como el agua. En definitiva, se trata de una medida con potenciales ventajas en general para el medio y para el sector de la agricultura, ya que con este tipo de iniciativas se potencia la sostenibilidad y el equilibrio de los sistemas.

- **Introducir variedades y especies de ciclo más largo, más resistentes a la sequía y más tolerantes a las altas temperaturas**

Debido al aumento de temperaturas y a la disminución del número, frecuencia y duración de las heladas, debe llevarse a cabo la introducción de variedades o cultivares de ciclo más largo en función de los rendimientos. También sería conveniente optar por especies más resistentes a la sequía para reducir la demanda de agua. Generalmente, las variedades de ciclo más largo se introducen para compensar la prontitud del desarrollo debido a temperaturas elevadas.

- **Rediseñar los sistemas de control de plagas y enfermedades**

Debido a los cambios de comportamiento de las plagas y enfermedades que se propagan en los cultivos, es necesario realizar estudios que, por una parte, analicen los posibles cambios en las plagas y enfermedades bajo los diferentes escenarios de clima futuro y que, por otra parte, diseñen un plan para el control y seguimiento de las mismas en función de los resultados obtenidos en la primera parte del estudio, de manera que se mejore la eficacia de las actividades de control de las plagas y las enfermedades mediante, por ejemplo, la intensificación de los controles, la diversificación de la rotación de los cultivos o la incorporación de métodos integrados de gestión de plagas.

3. Establecimiento de un sistema de indicadores para analizar la evolución del sector de la agricultura 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 cuantificara los beneficios o perjuicios de las actuaciones llevadas a cabo.

Todavía cobra más importancia, si cabe, 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.

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

Para la creación de capacidad de adaptación mediante actividades de sensibilización y facilitación de información relevante y asesoría en materia de gestión de las explotaciones agrarias.

5. Dotar de mayor protagonismo a los sistemas de incentivos a las prácticas agrarias más sostenibles y a las que contemplen la adopción de medidas básicas de adaptación desde el aspecto agronómico.

Actualmente, para que un agricultor o ganadero pueda recibir íntegramente las ayudas directas de la PAC debe cumplir un conjunto de disposiciones que constituyen la llamada condicionalidad. El incumplimiento de estas disposiciones o requisitos se puede traducir en una reducción de los pagos directos e incluso su exclusión.

La condicionalidad está constituida por dos pilares: los denominados Requisitos Legales de Gestión y las Buenas Condiciones Agrarias y Medioambientales, conjunto de prácticas agronómicas que se deben respetar para proteger los suelos, las superficies ocupadas por la agricultura, incluyendo los pastos permanentes y los hábitats.

Ésta 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 de la agricultura.

El objetivo principal y final pasa por la progresiva adaptación al cambio climático en una sucesión de fases, en las cuales, determinadas prácticas agrarias tienen su papel fundamental para el cumplimiento de dicho objetivo final: manejo correcto de suelos, buenas prácticas en la gestión de residuos generados por la agricultura, eficiencia en la utilización del agua de riego, reducción del empleo de pesticidas y productos químicos, etc.

Se trata de buenas prácticas agrarias 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.

6. Potenciación de los cultivos energéticos en el marco de coordinación entre las políticas de mitigación de GEI y las de Adaptación

El actual modelo energético es insostenible, puesto que además de los efectos negativos que su uso produce en el medio ambiente, existe el problema de la dependencia de un

recurso “no renovable” cada vez más escaso. Por ello, cada vez se hace más necesario el desarrollo de nuevas fuentes de energía, menos agresivas con el medio ambiente y que contribuyan a romper la dependencia del petróleo.

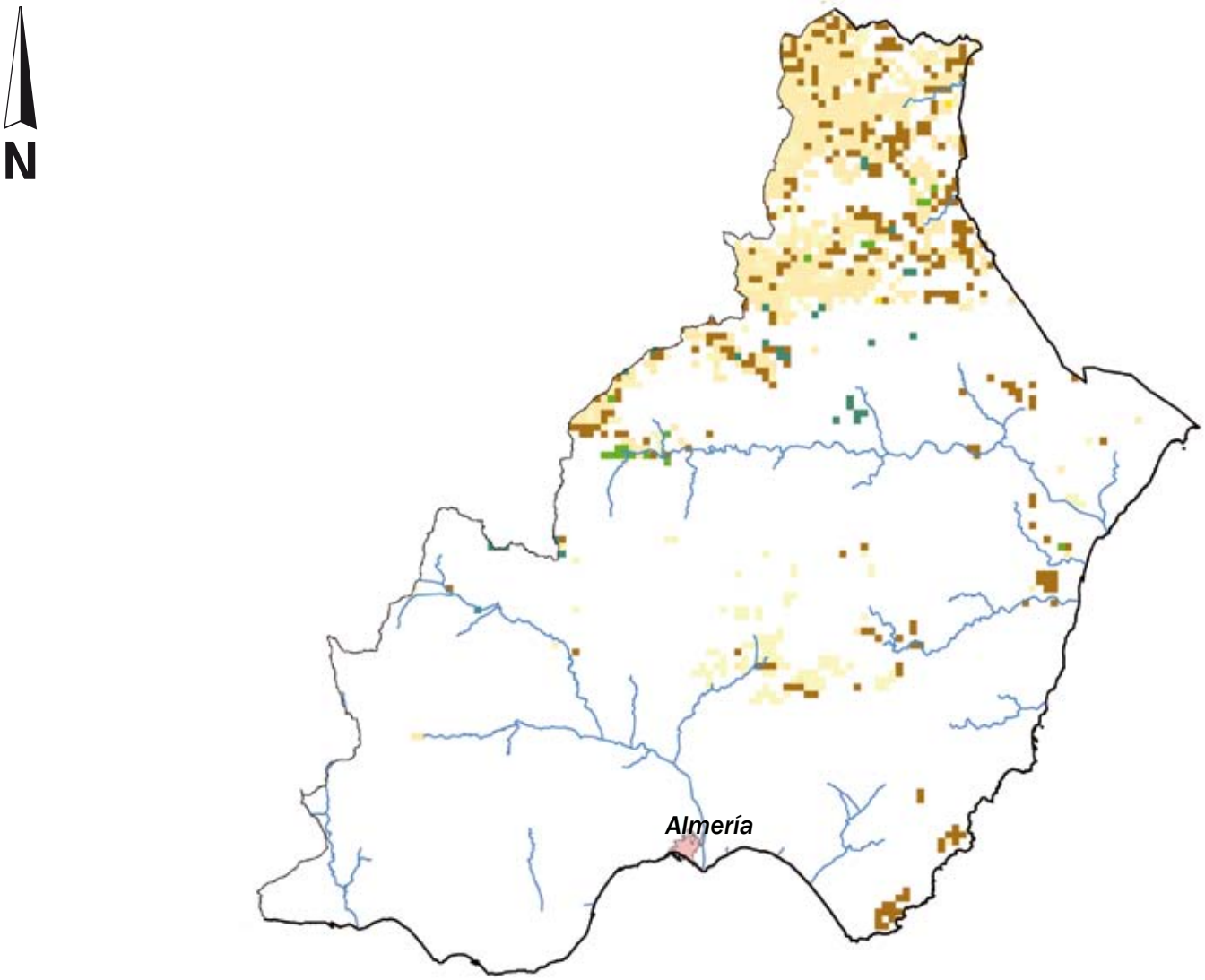
Para poder llevar a cabo esta medida, será necesario que se utilicen cultivos energéticos. Dichos cultivos deben de ser especies perennes y vivaces, con capacidad rebrotadora, con una alta resistencia, soportando con mínimos cuidados la competencia de malas hierbas y el ataque de plagas, y que posean una alta eficiencia fotosintética y un ciclo vegetativo largo. Estas características hacen que los cultivos energéticos contribuyan de manera muy positiva a frenar el cambio climático.

Para potenciar el uso de cultivos energéticos, se desarrollarán medidas para fomentar los cultivos energéticos y la valorización de la biomasa procedente de ellos.

7. Control de la erosión del suelo en las áreas más vulnerables

Se llevarán a cabo prácticas agronómicas para el adecuado control de la erosión a través del manejo de las secuencias de los cultivos en estas áreas vulnerables, para proveer al suelo de la máxima protección mediante la extensión de la cubierta de vegetación, las prácticas que faciliten la filtración óptima del agua de precipitación, la utilización de residuos para la protección del suelo frente a los impactos de las gotas de lluvia, etc.

10 Anejo 1: Cartografía

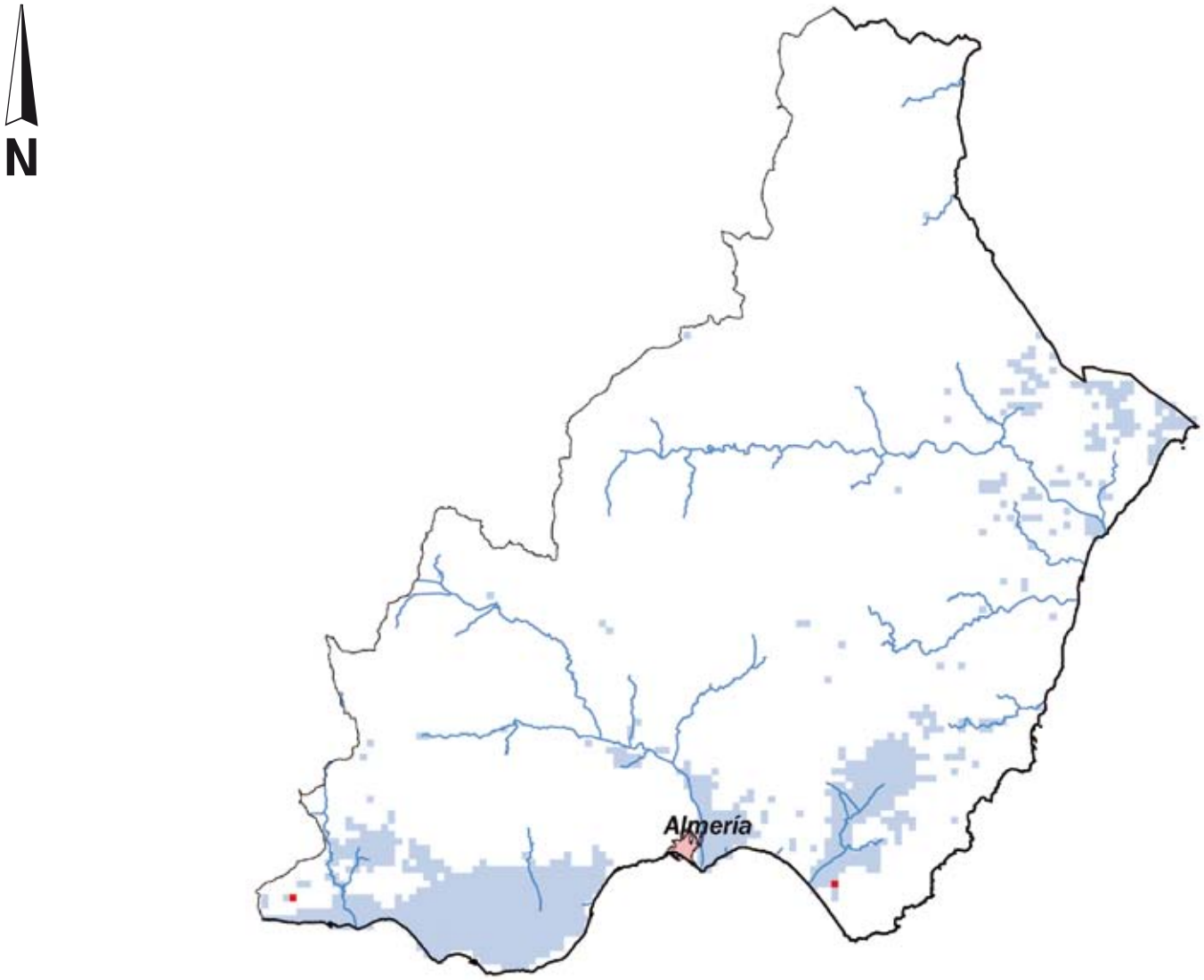


Trigo
Sorgo
Otros
Maíz
Girasol
Cebada
Avena
Arroz
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 1: Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Almería en 2006.

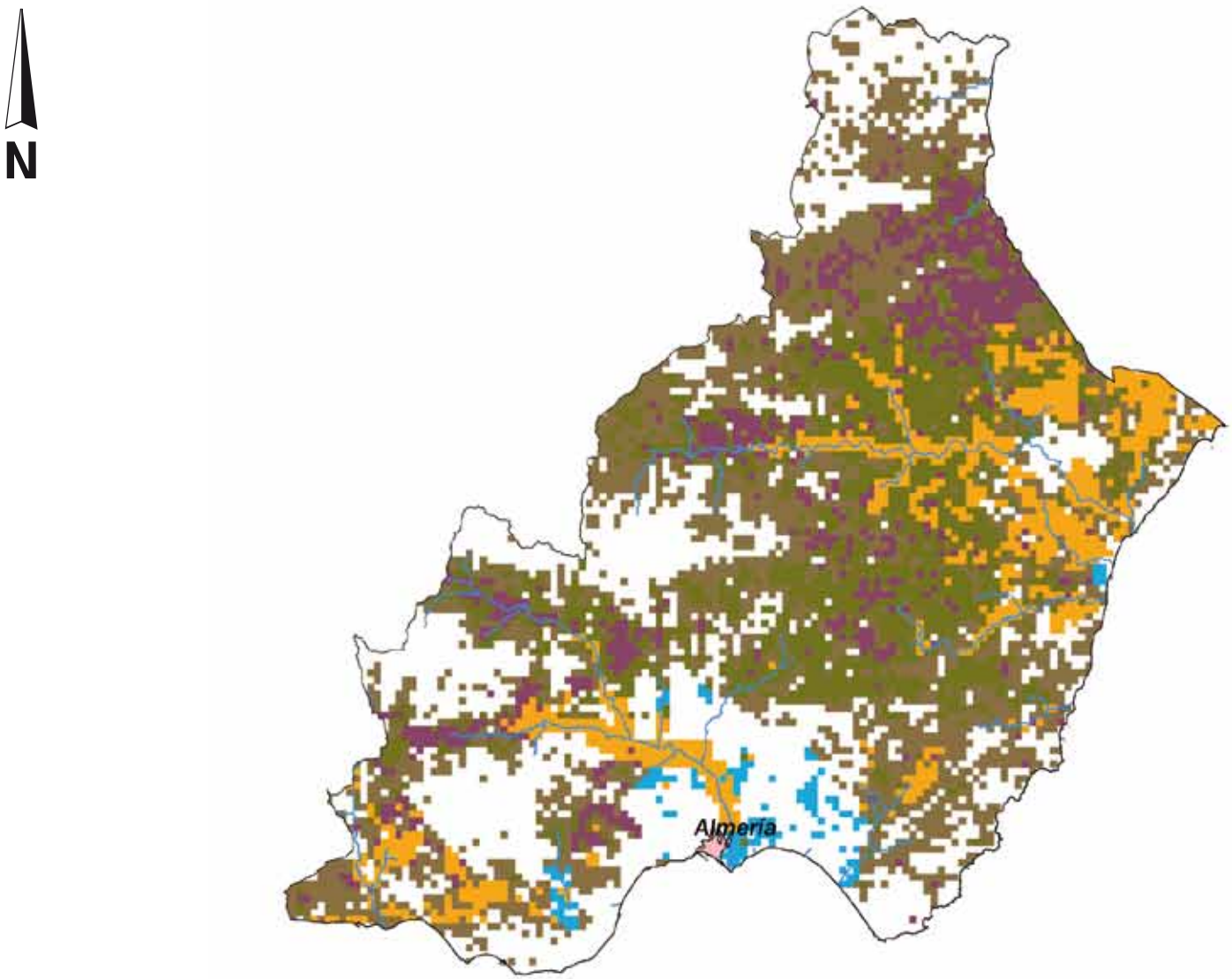


Invernadero
Algodón
Fresa
Remolacaha
Tomate
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 2: Cultivos herbáceos en la provincia de Almería en 2006.

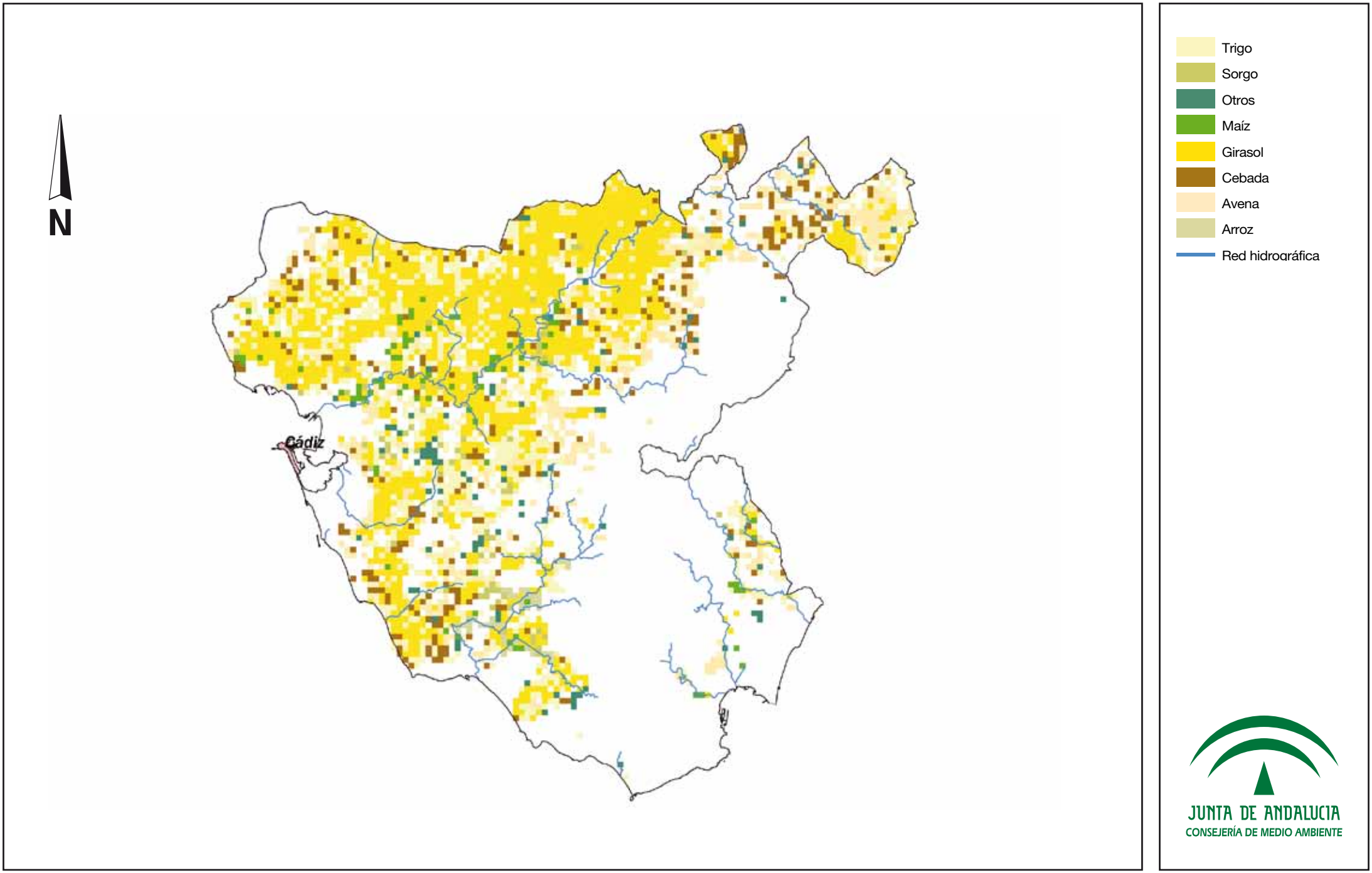


Frutos secos
Frutales
Viñedos
Olivar secano
Olivar regadio
Cítricos
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

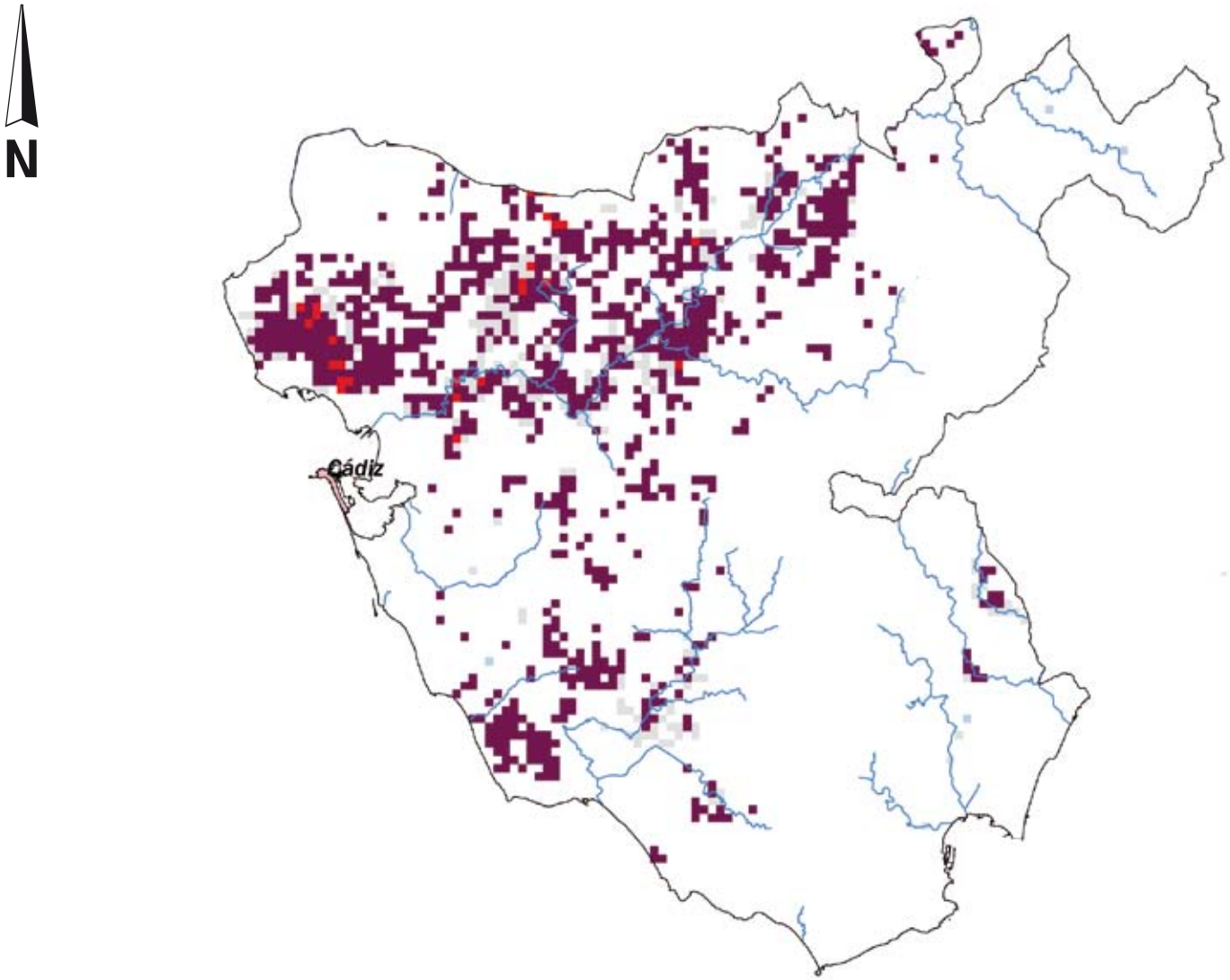
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 3: Cultivos leñosos en la provincia de Almería en 2006.



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 4: Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Cádiz en 2006.

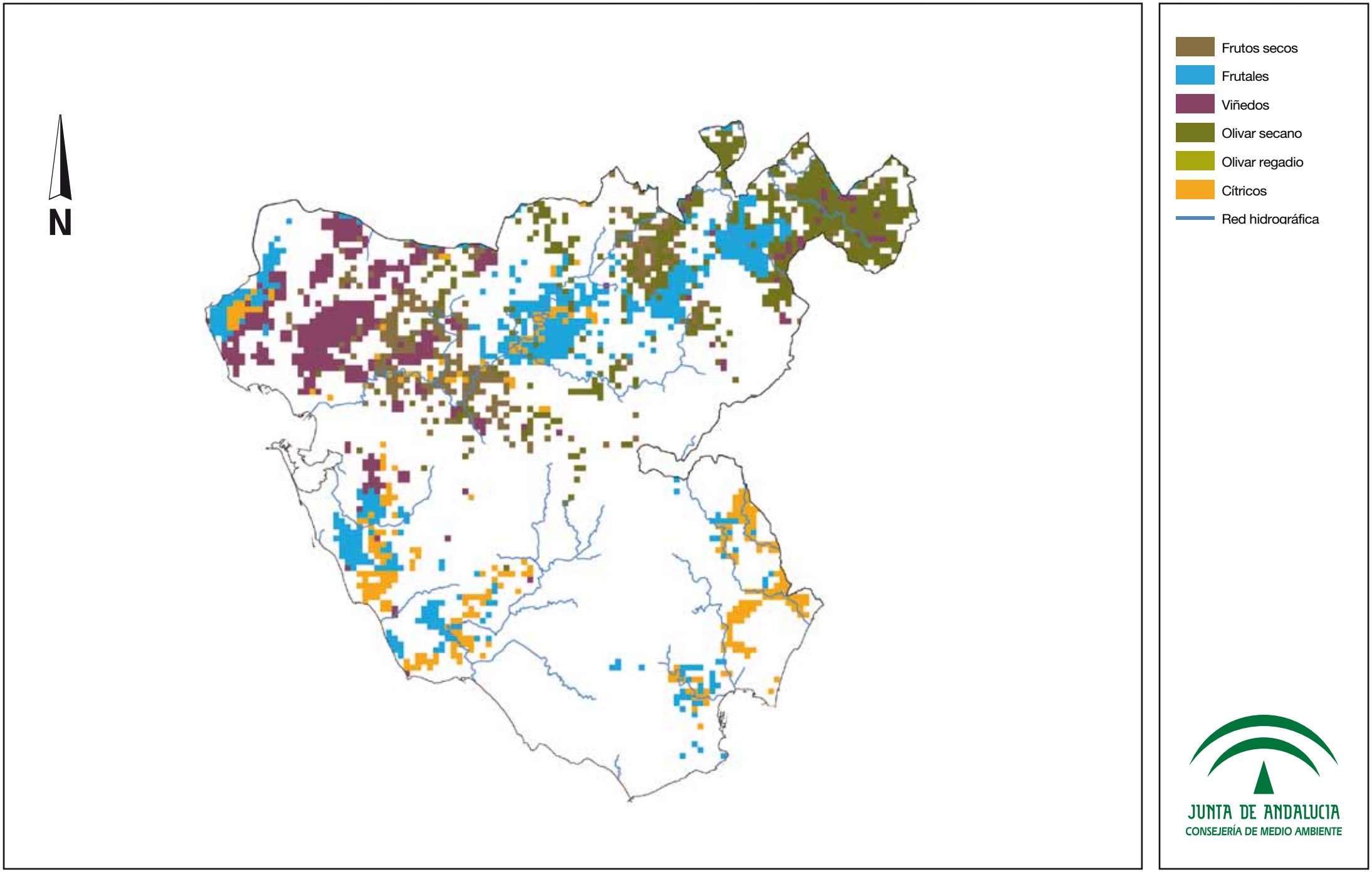


Invernadero
Algodón
Fresa
Remolacaha
Tomate
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

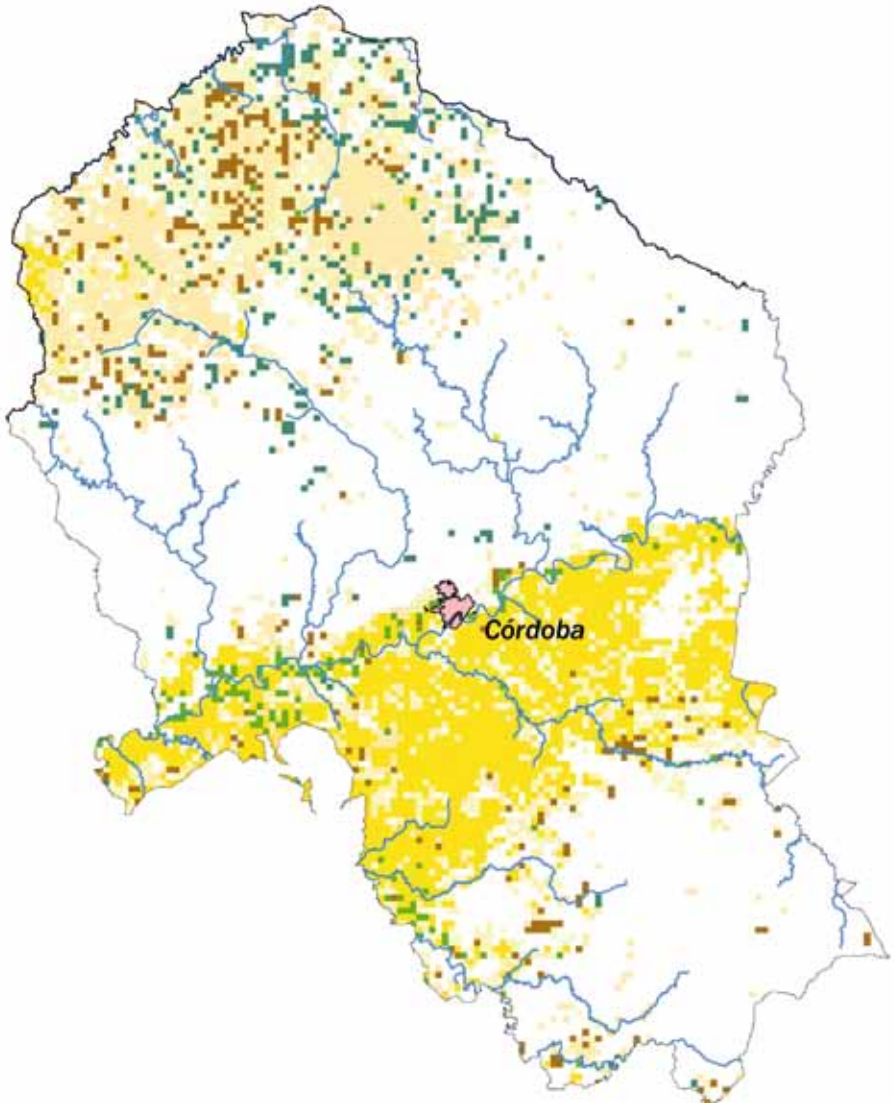
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 5: Cultivos herbáceos en la provincia de Cádiz en 2006.



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 6: Cultivos leñosos en la provincia de Cádiz en 2006.

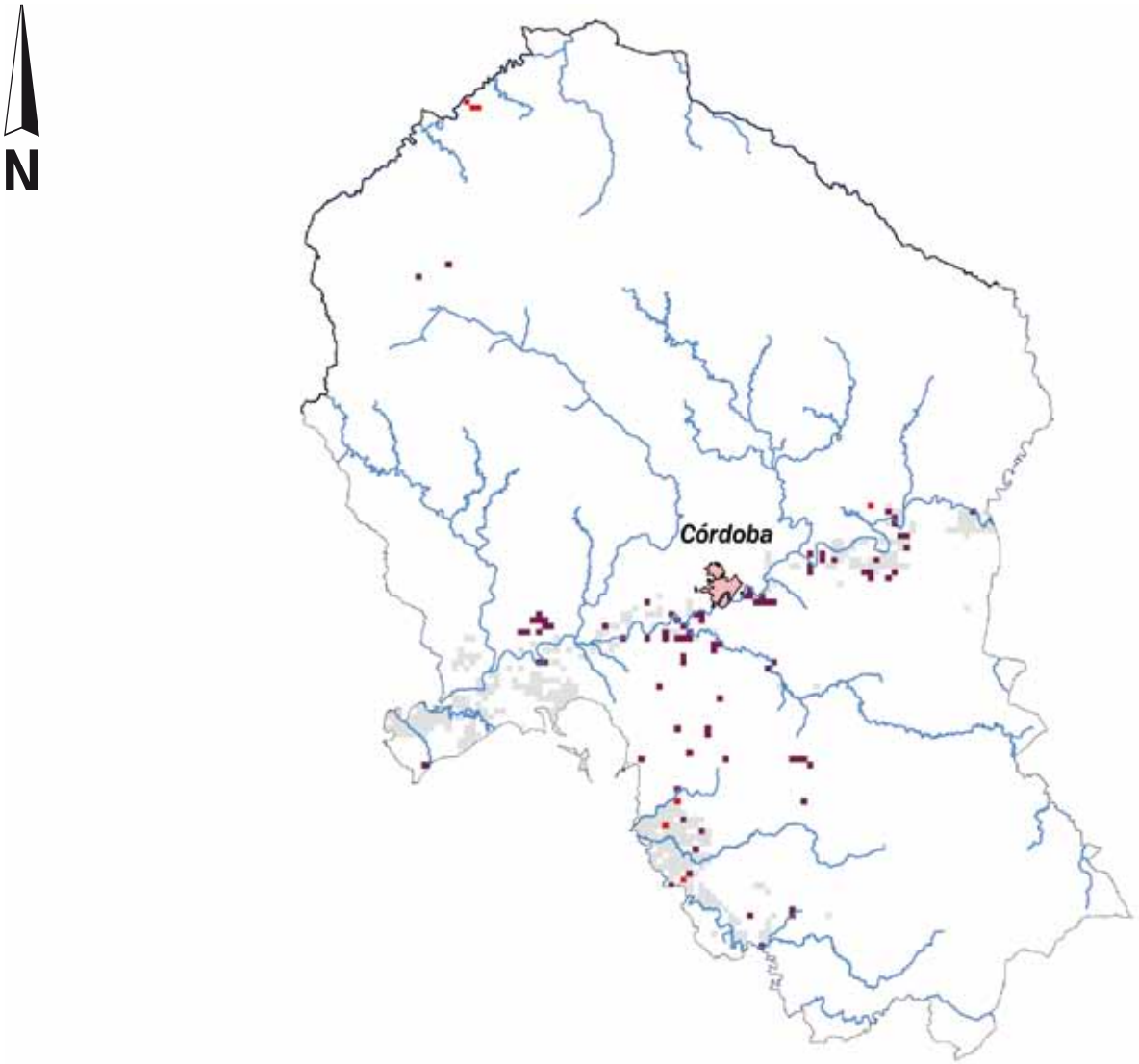


Trigo
Sorgo
Otros
Maíz
Girasol
Cebada
Avena
Arroz
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 7: Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Córdoba en 2006.

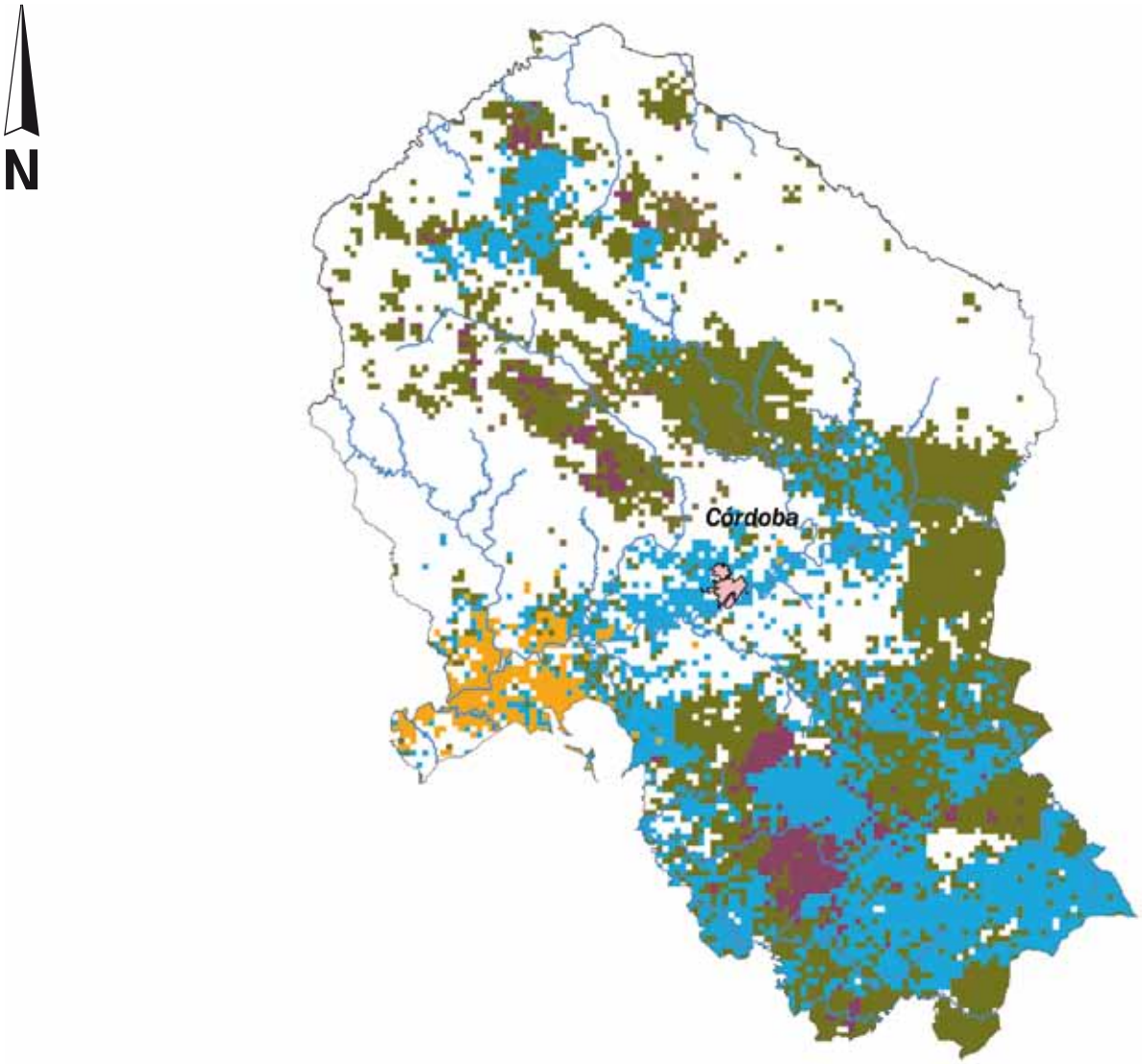


Invernadero
Algodón
Fresa
Remolacaha
Tomate
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 8: Cultivos herbáceos en la provincia de Córdoba en 2006.

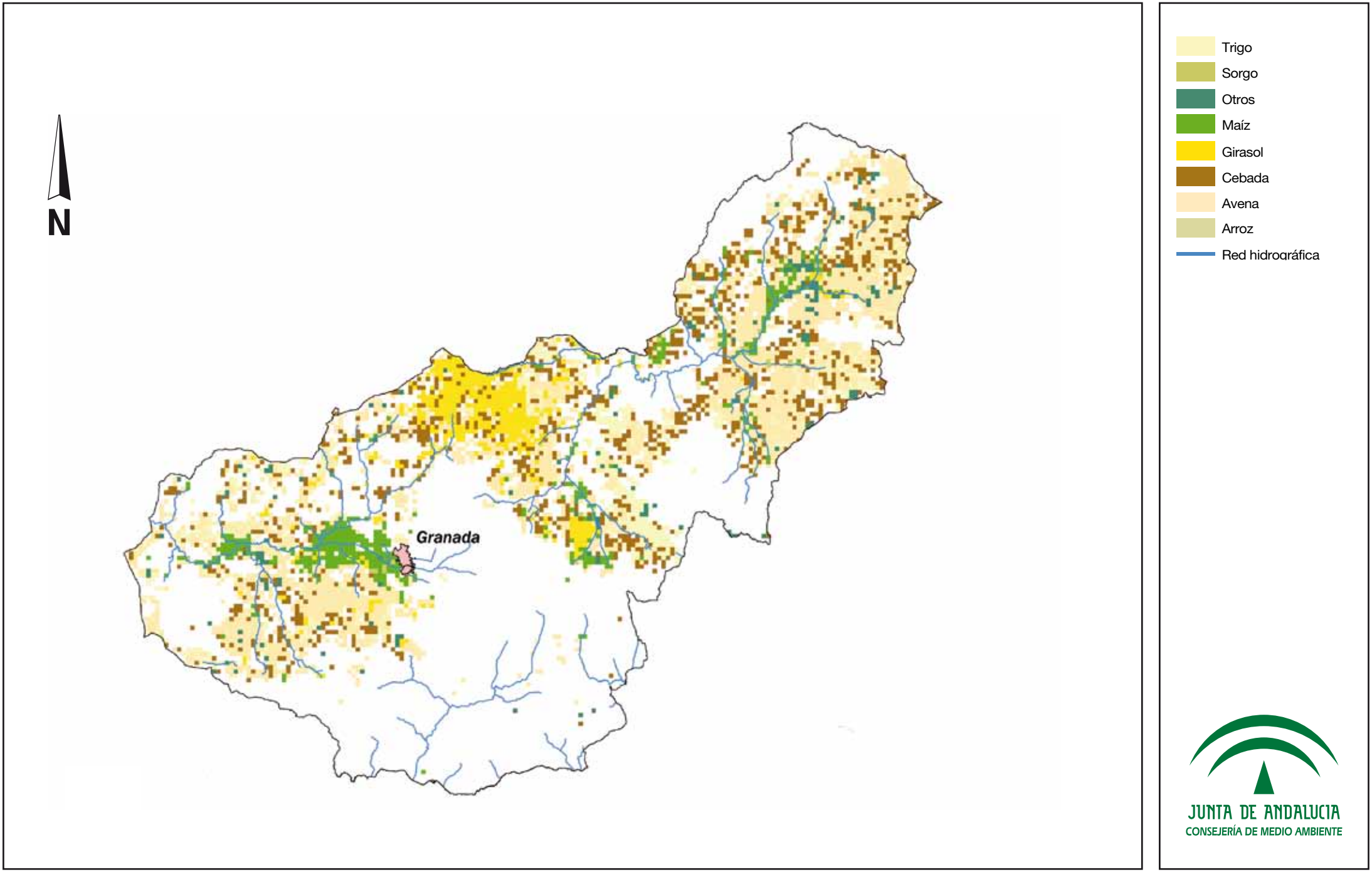


Frutos secos
Frutales
Viñedos
Olivar secano
Olivar regadio
Cítricos
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

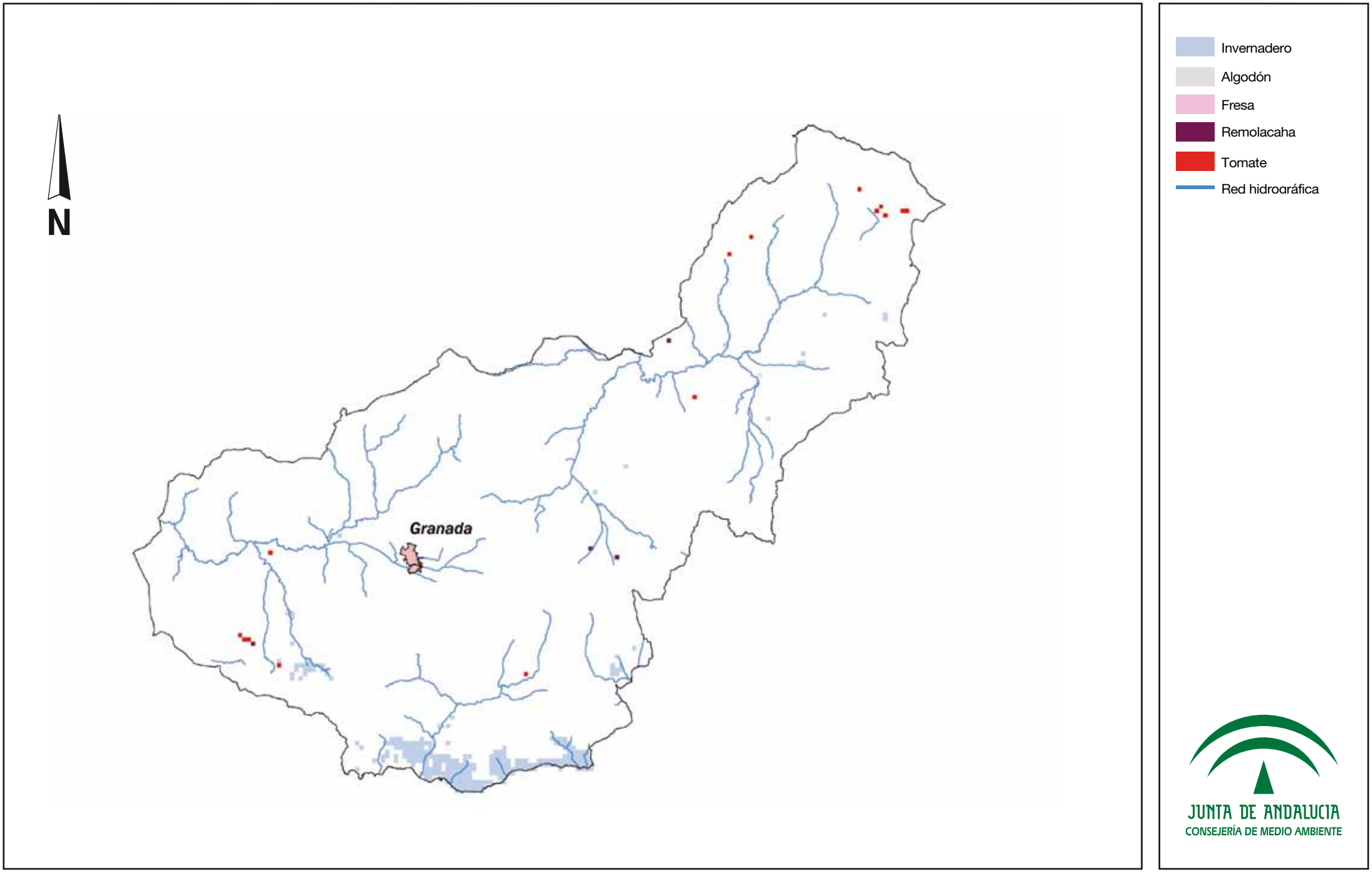
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 9: Cultivos leñosos en la provincia de Córdoba en 2006.



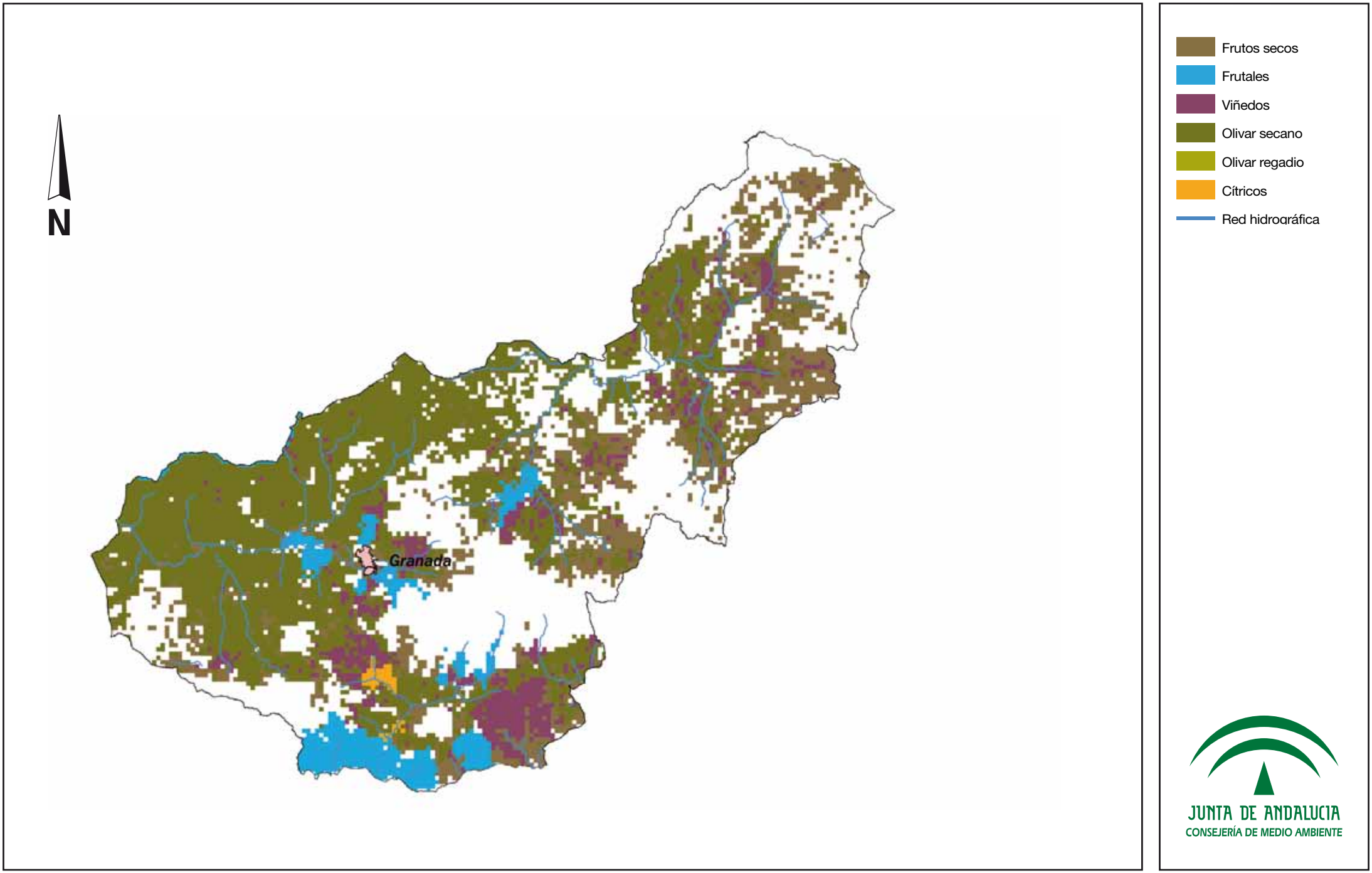
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 10: Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Granada en 2006.



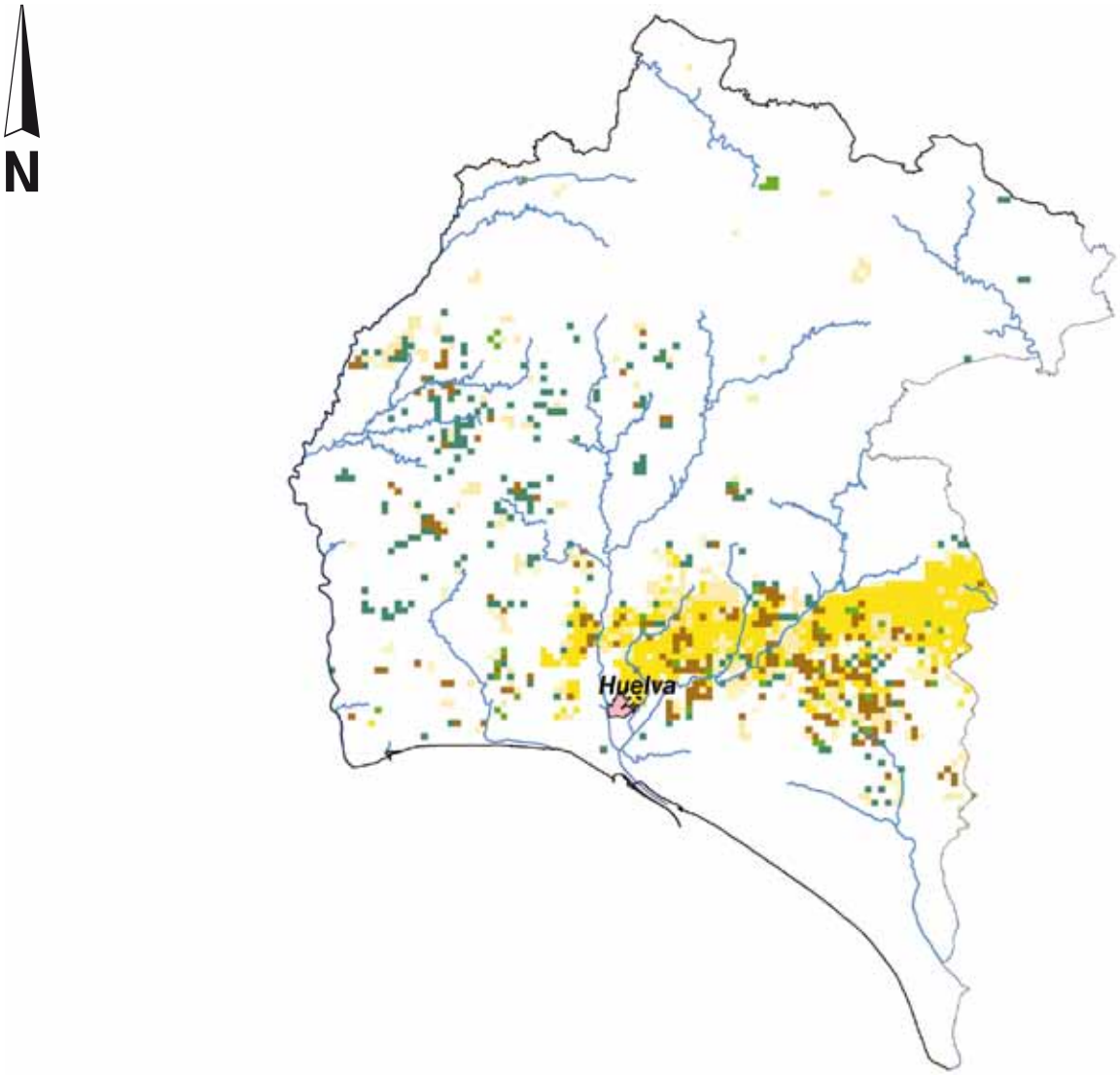
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 11: Cultivos herbáceos en la provincia de Granada en 2006.



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

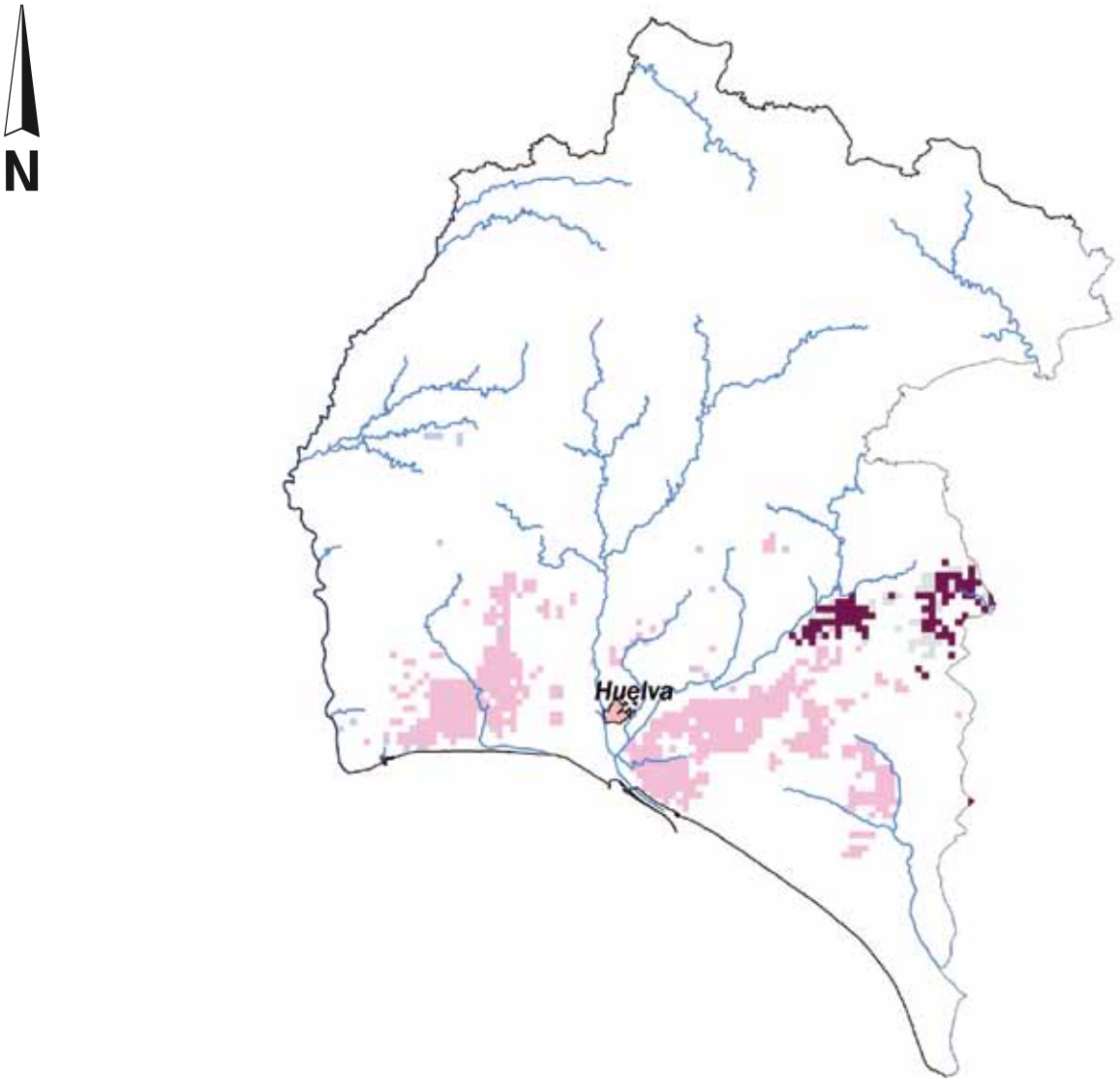
Mapa 12: Cultivos leñosos en la provincia de Granada en 2006.



Trigo
Sorgo
Otros
Maíz
Girasol
Cebada
Avena
Arroz
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Mapa 13: Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Huelva en 2006.

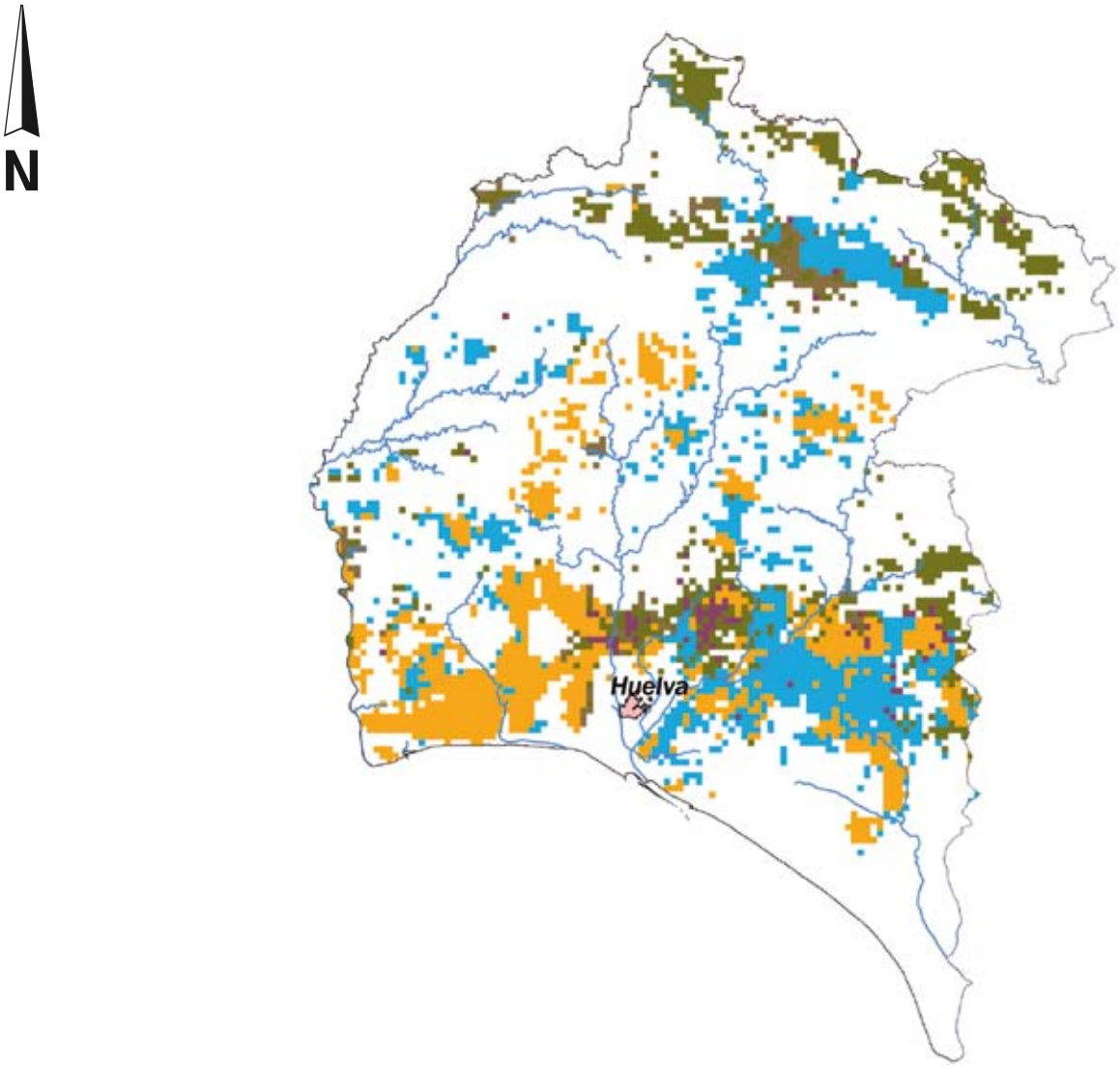


Invernadero
Algodón
Fresa
Remolacaha
Tomate
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 14: Cultivos herbáceos en la provincia de Huelva en 2006.

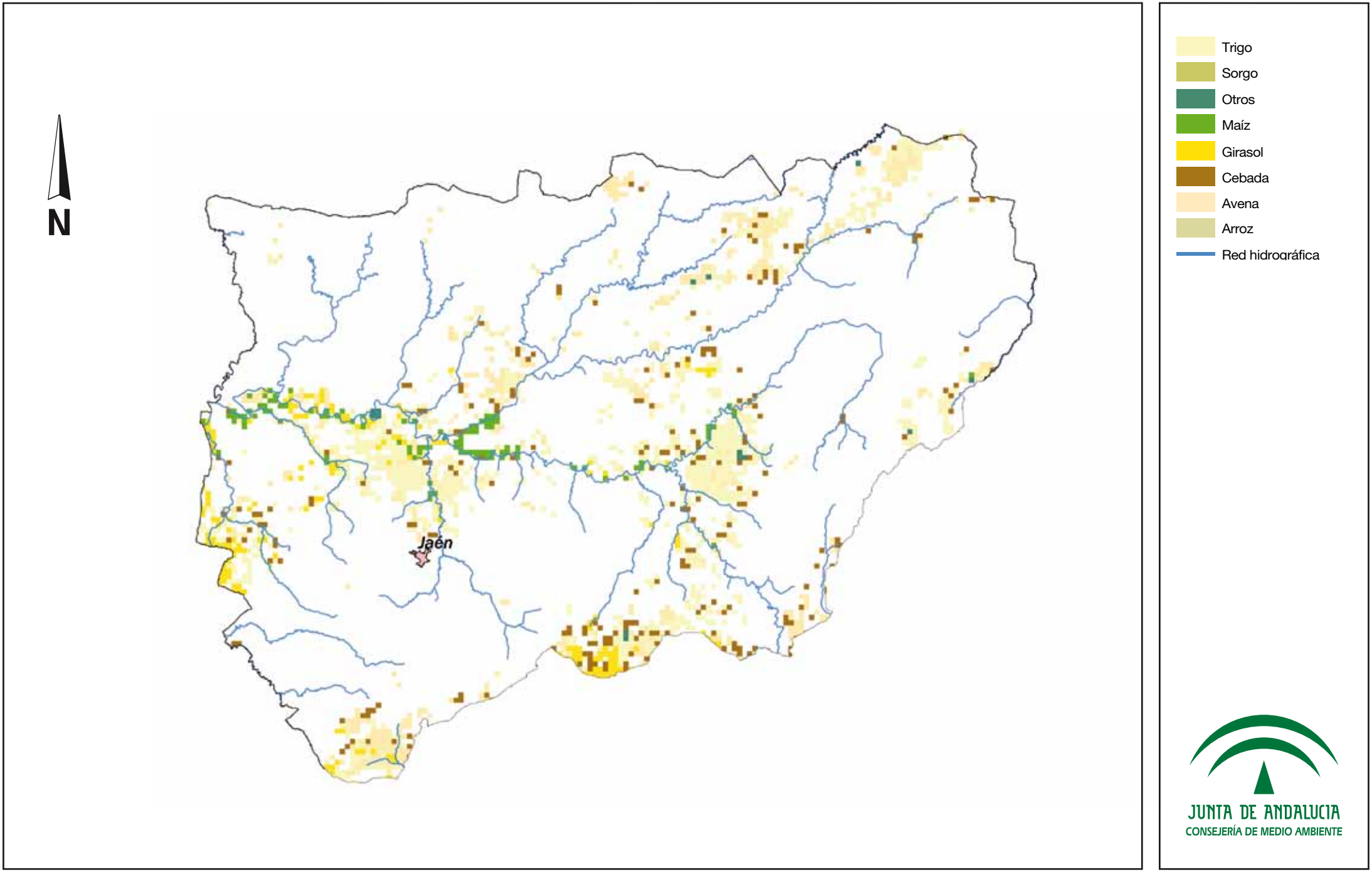


Frutos secos
Frutales
Viñedos
Olivar secano
Olivar regadio
Cítricos
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

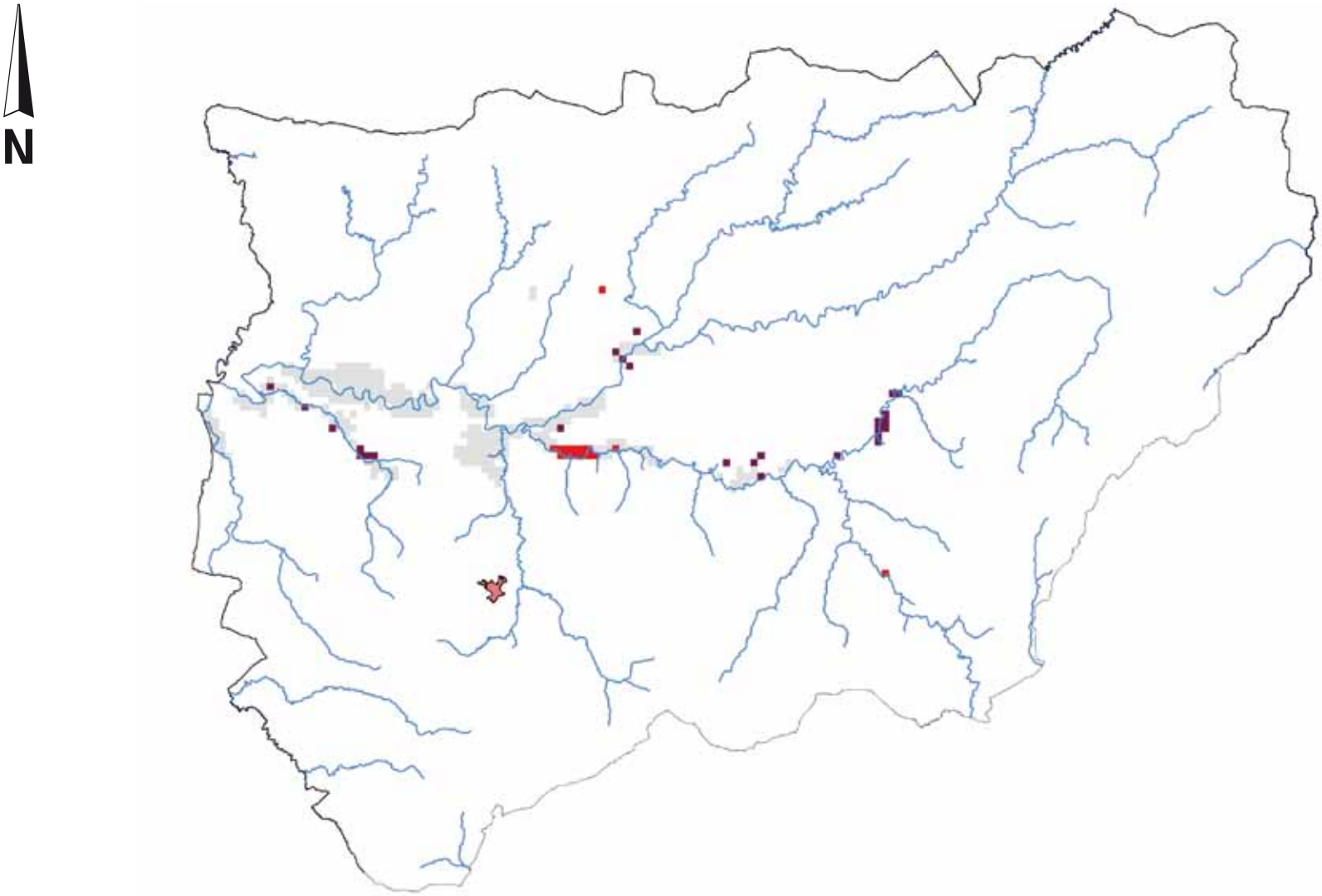
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 15: Cultivos leñosos en la provincia de Huelva en 2006.



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 16: Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Jaén en 2006.

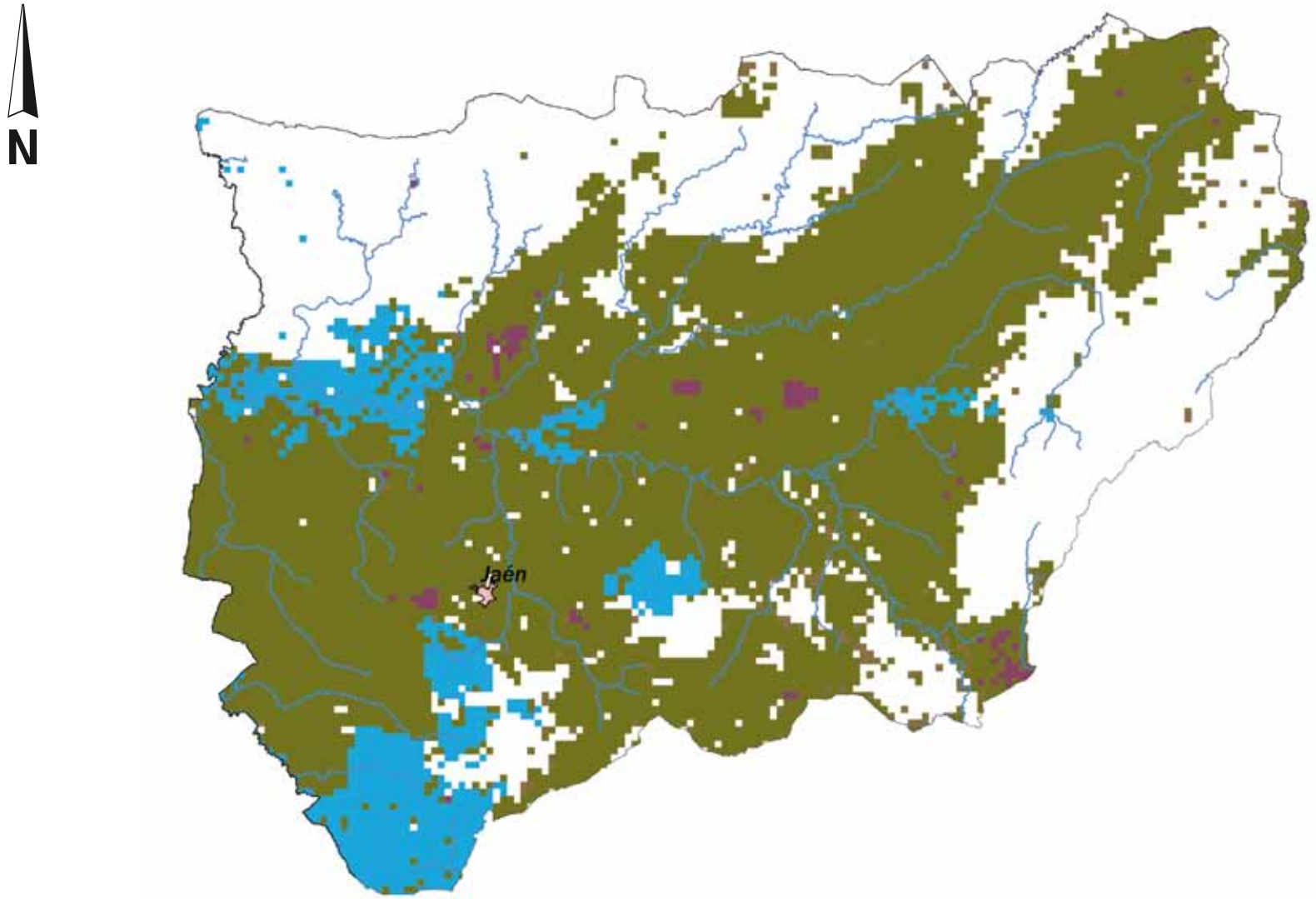


Invernadero
Algodón
Fresa
Remolacaha
Tomate
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 17: Cultivos herbáceos en la provincia de Jaén en 2006.

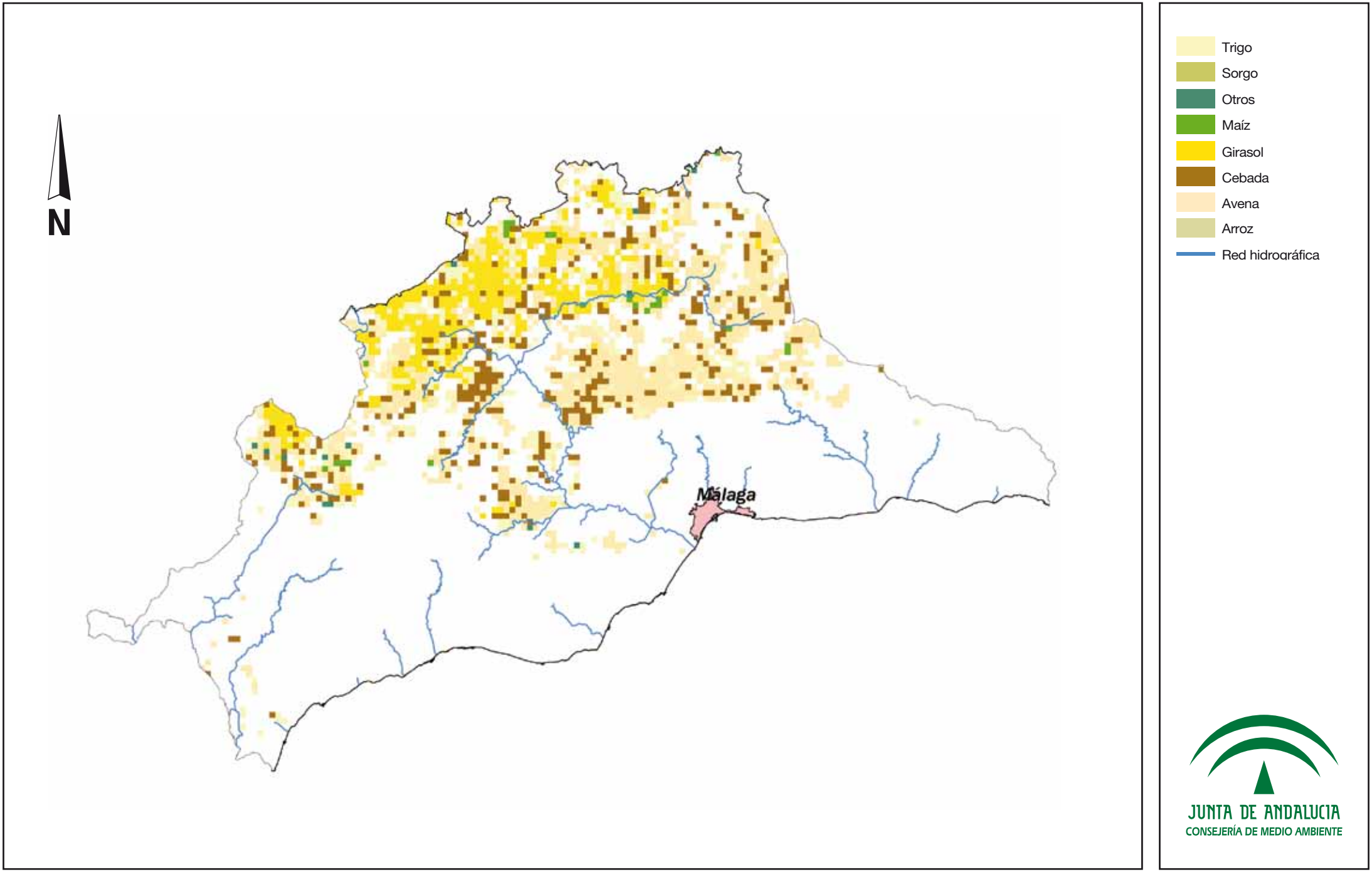


Frutos secos
Frutales
Viñedos
Olivar secano
Olivar regadio
Cítricos
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

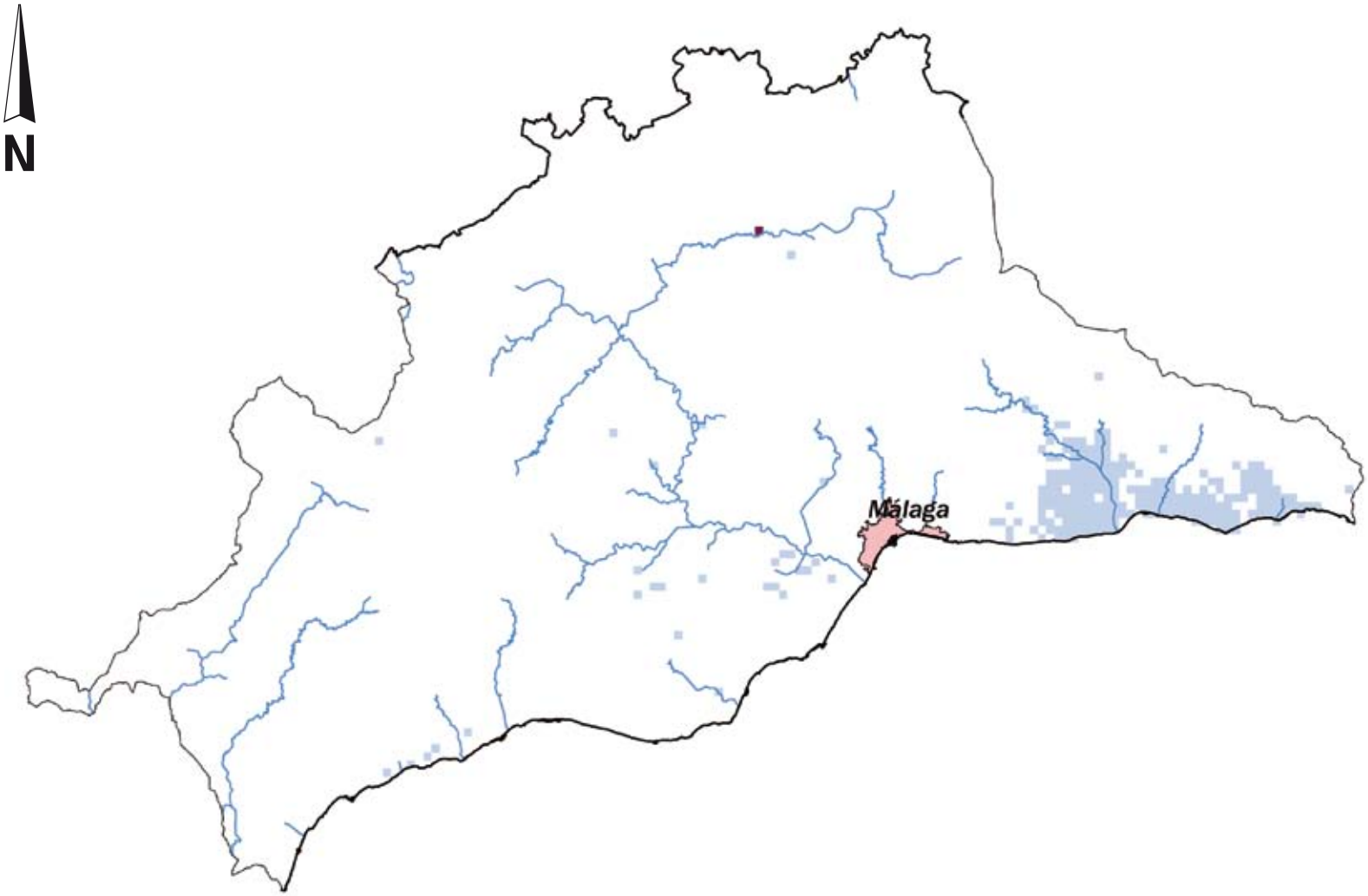
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 18: Cultivos leñosos en la provincia de Jaén en 2006.



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 19: Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Málaga en 2006.

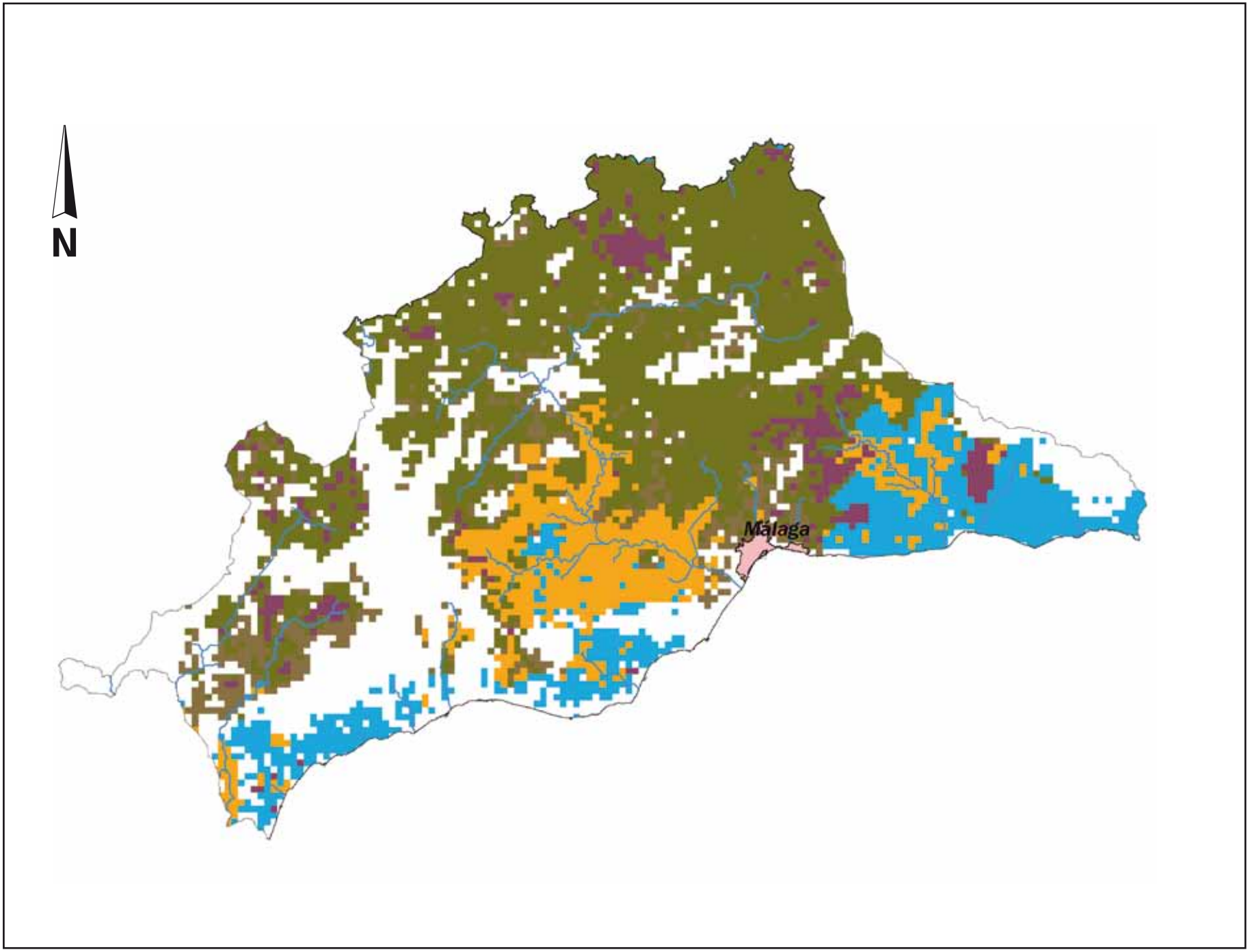


Invernadero
Algodón
Fresa
Remolacaha
Tomate
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

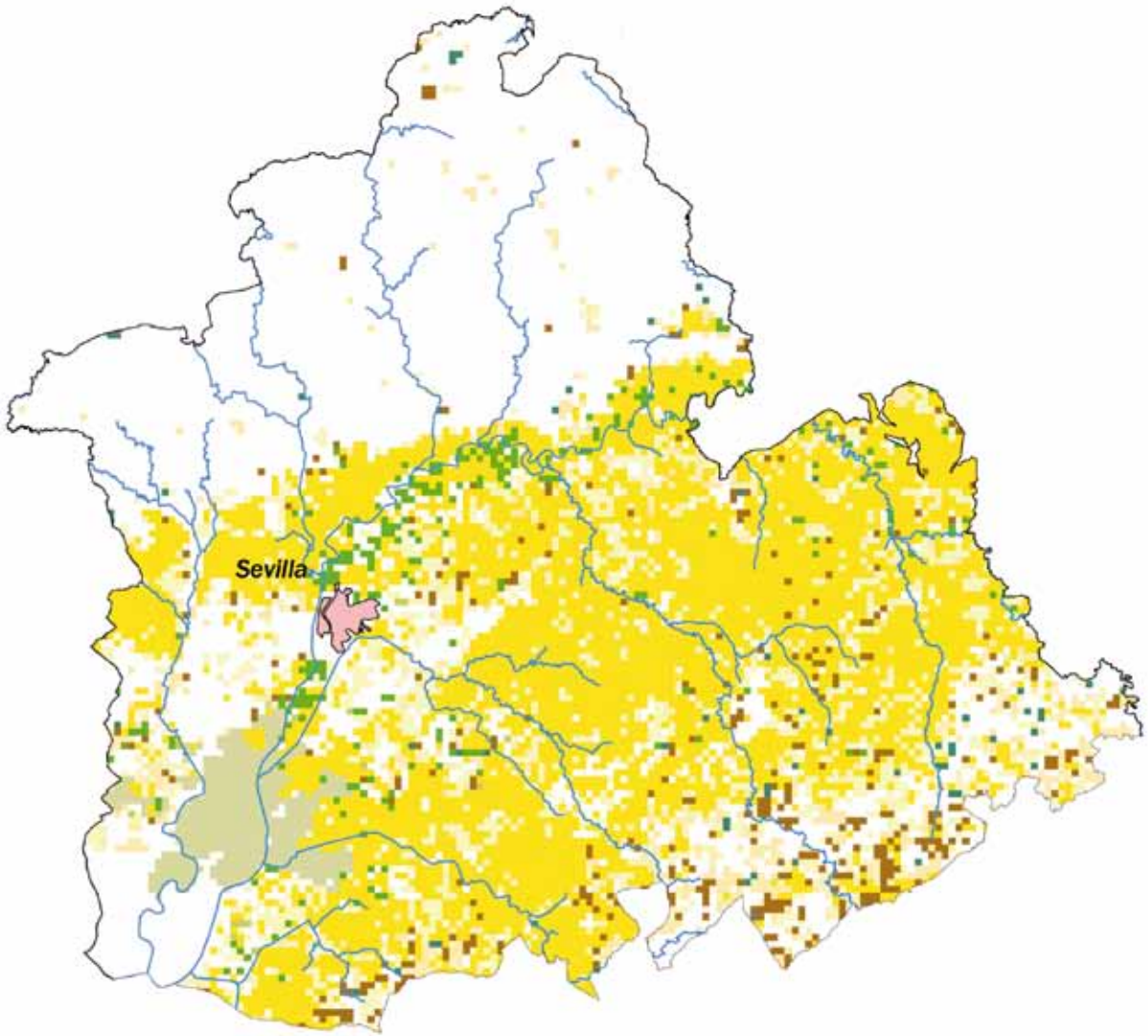
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 20: Cultivos herbáceos en la provincia de Málaga en 2006.



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 21: Cultivos leñosos en la provincia de Málaga en 2006.

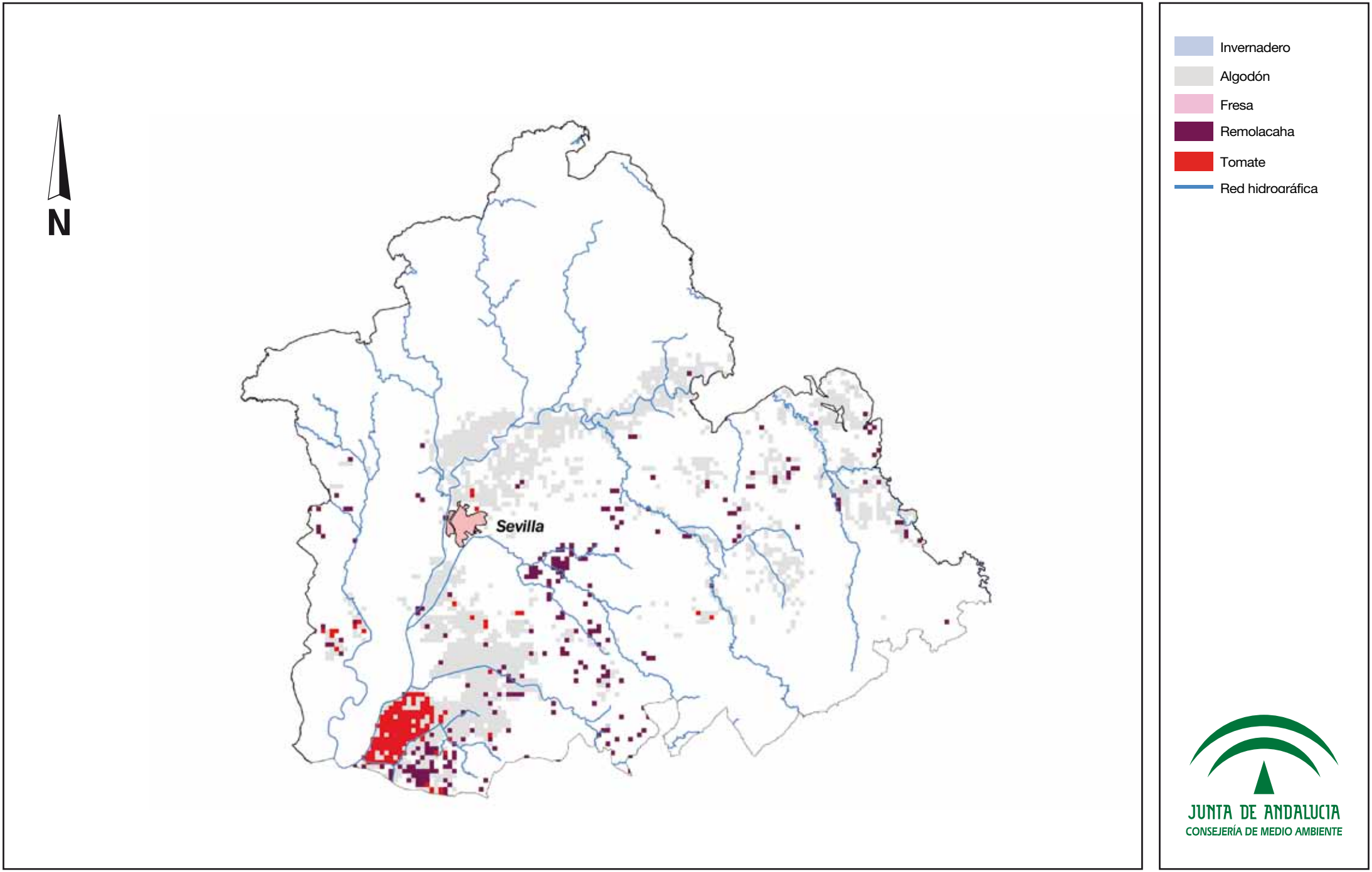


Trigo
Sorgo
Otros
Maíz
Girasol
Cebada
Avena
Arroz
Red hidrográfica

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

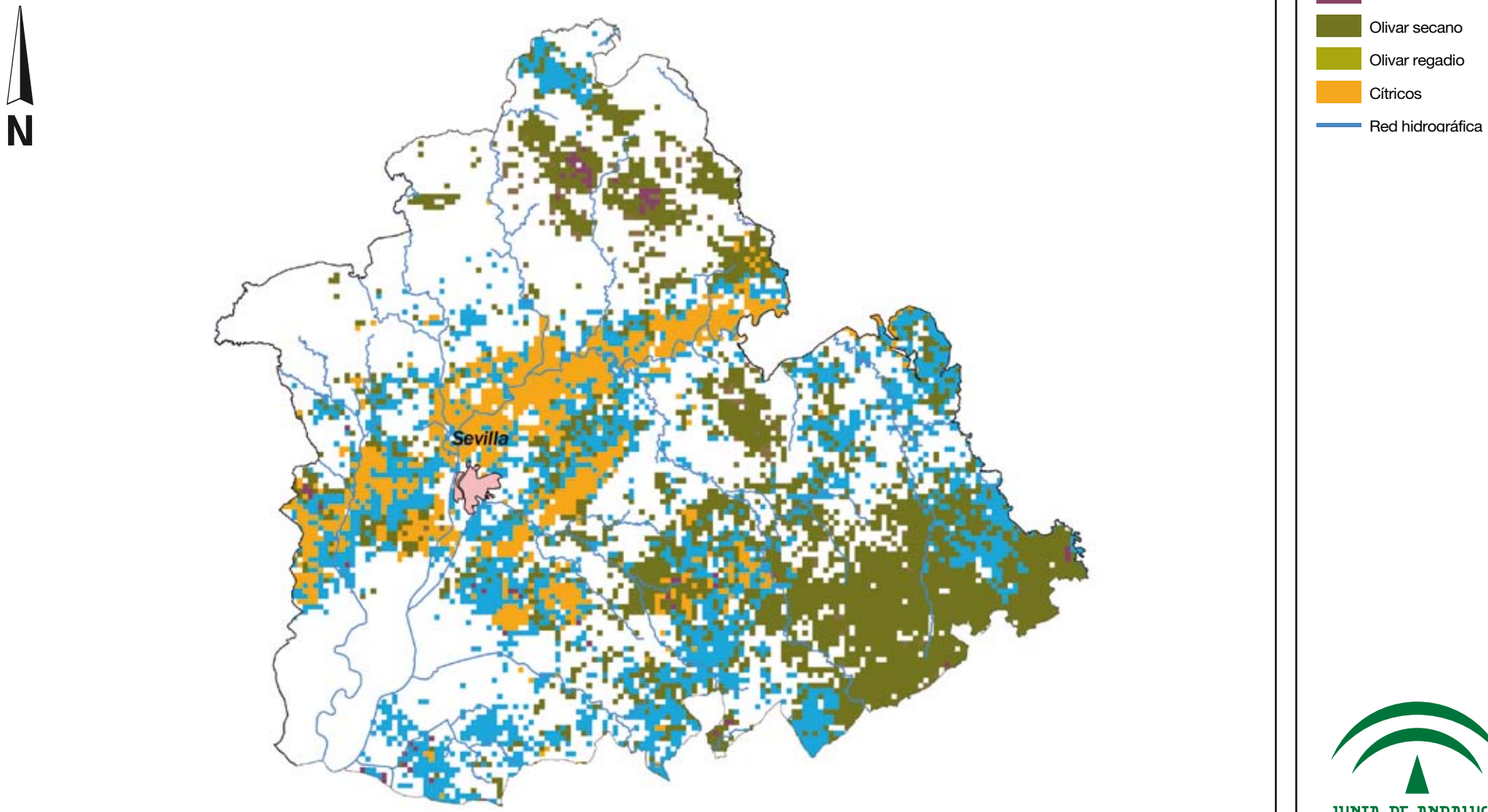
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 22: Cultivos herbáceos (grupo de cereales, oleaginosas y proteaginosas) en la provincia de Sevilla en 2006.



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

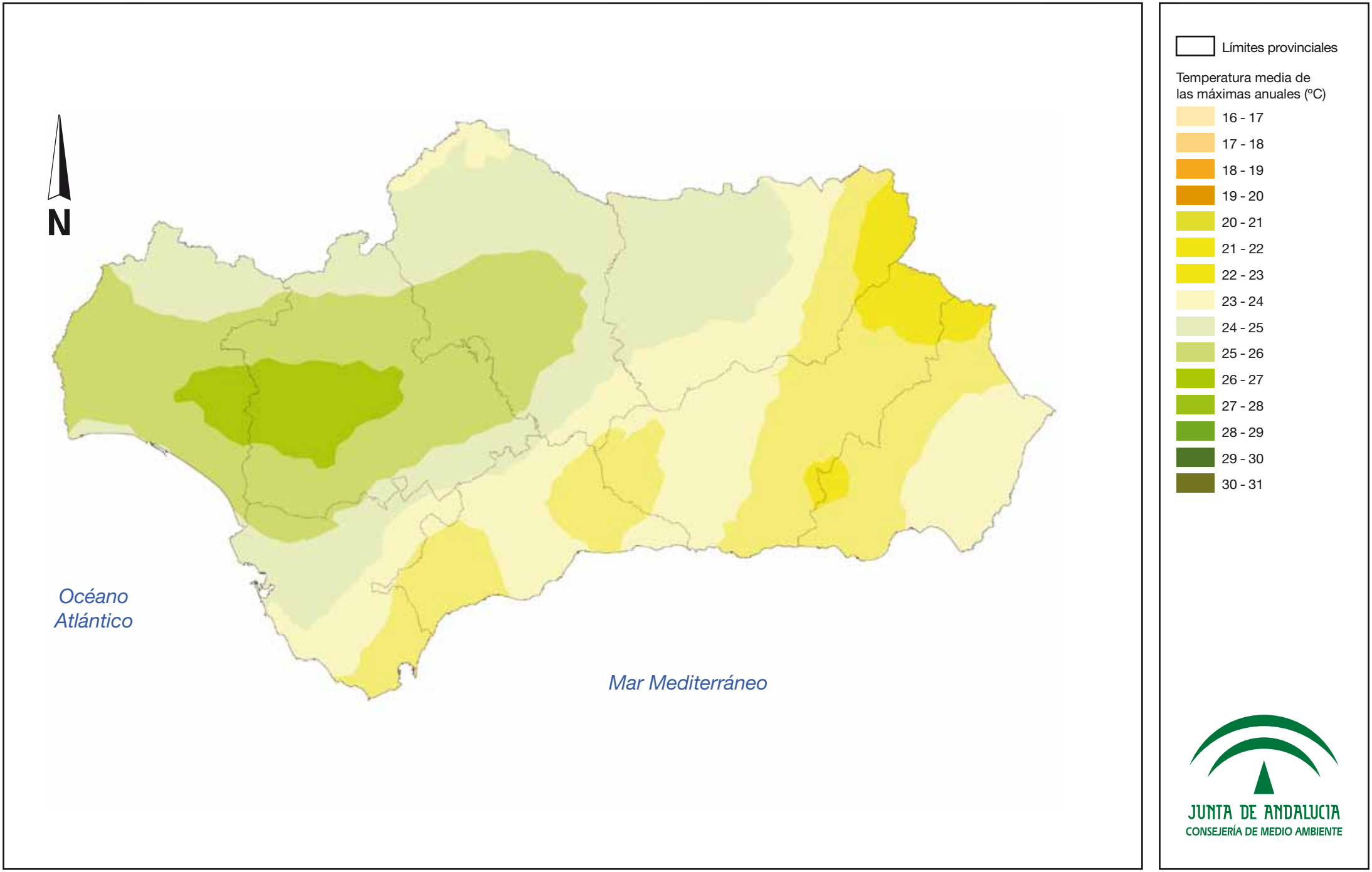
Mapa 23: Cultivos herbáceos en la provincia de Sevilla en 2006.



JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

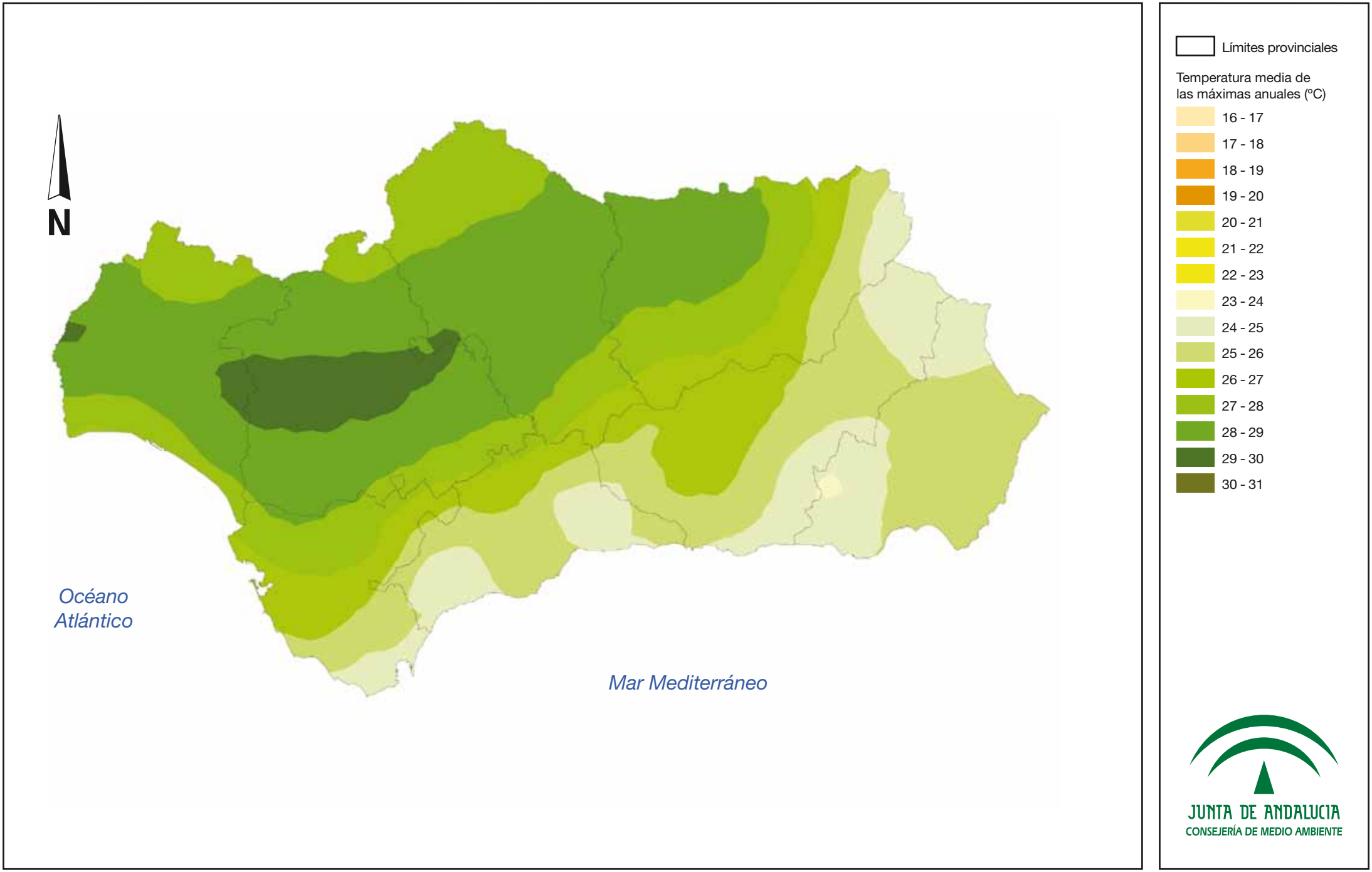
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 24: Cultivos leñosos en la provincia de Sevilla en 2006.



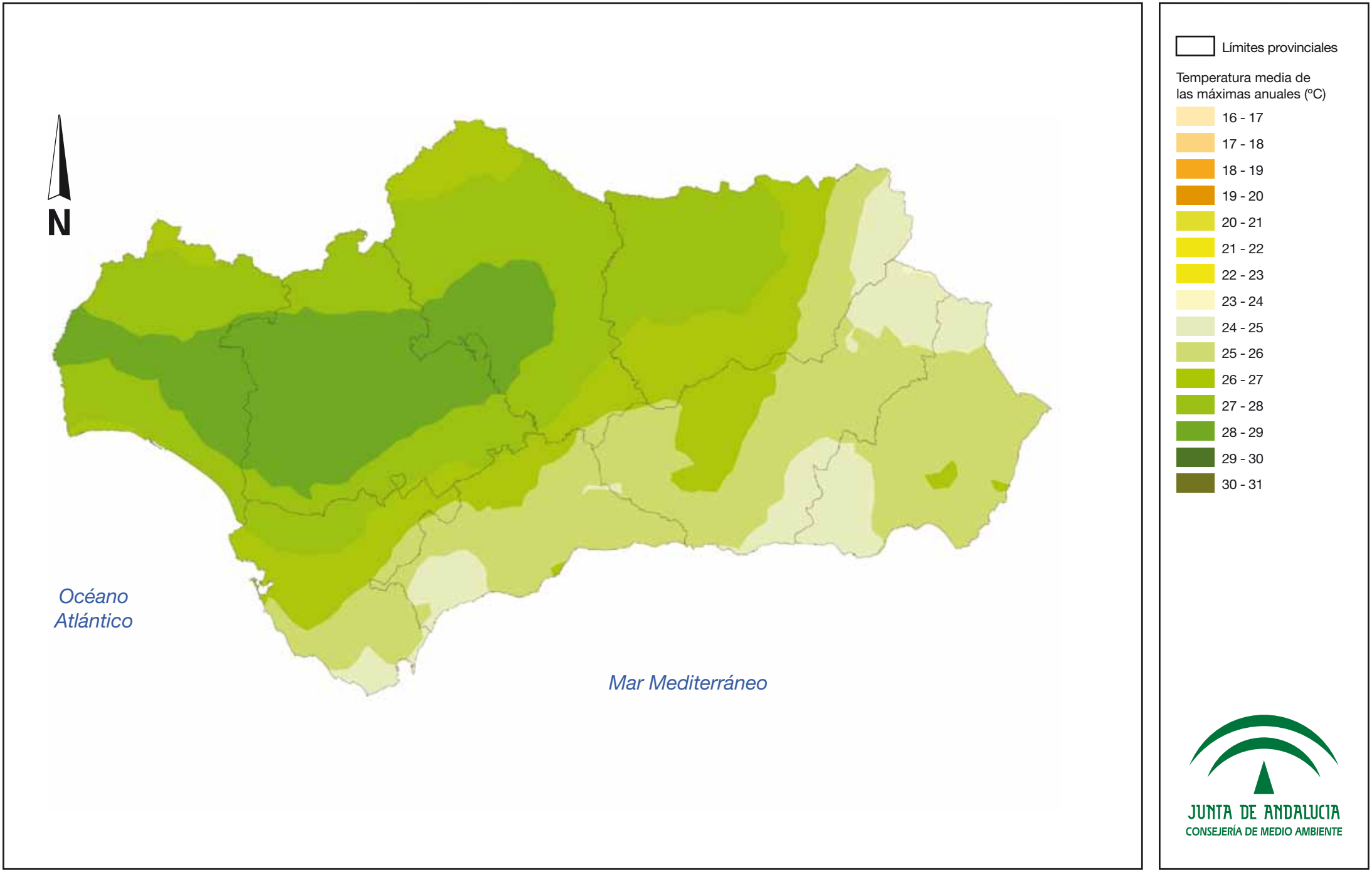
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 25: Temperatura media de las máximas anuales del periodo 1961-90.



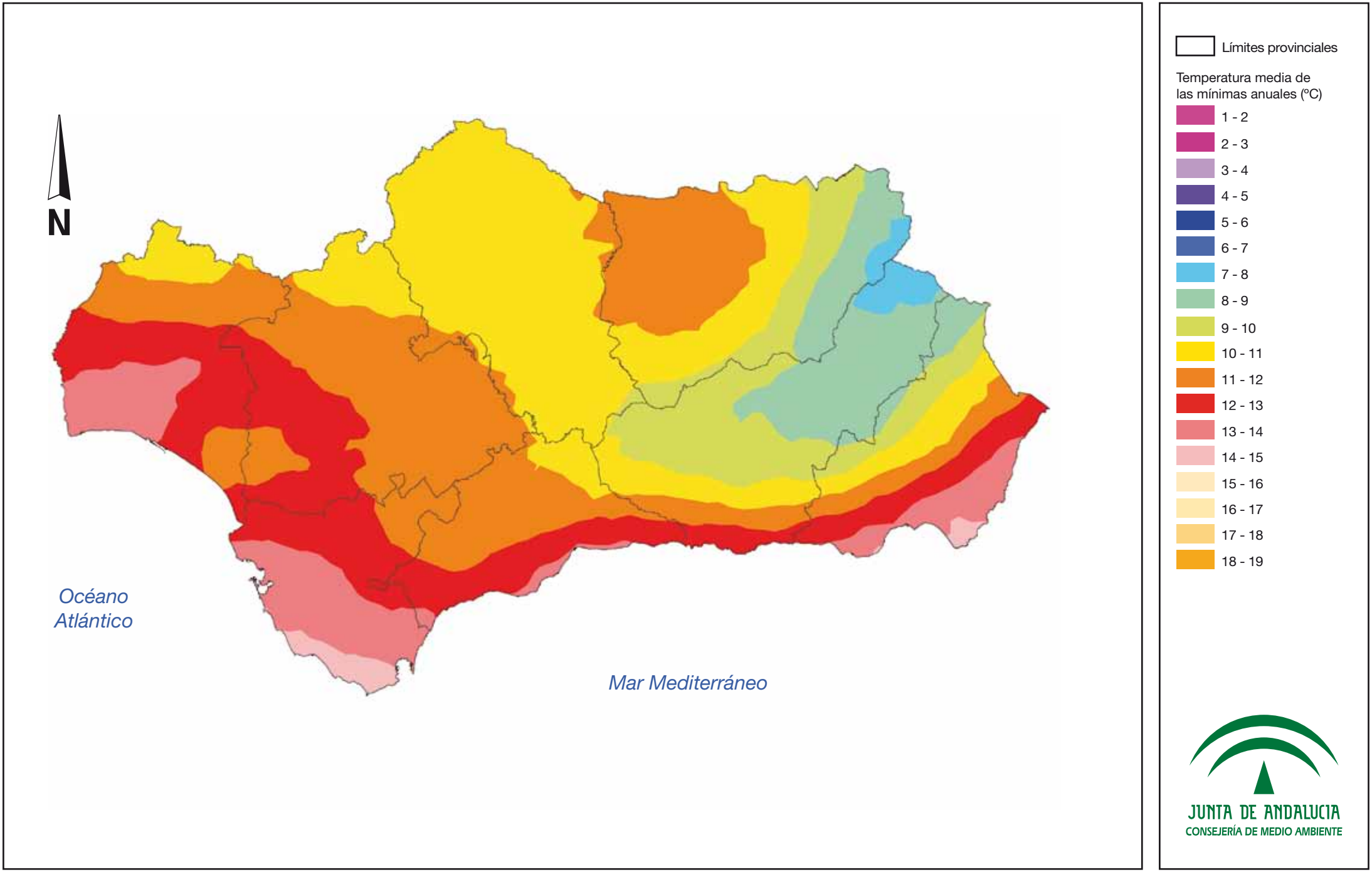
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 26: Temperatura media de las máximas anuales modelizada para el año 2050 bajo el escenario de emisiones A2



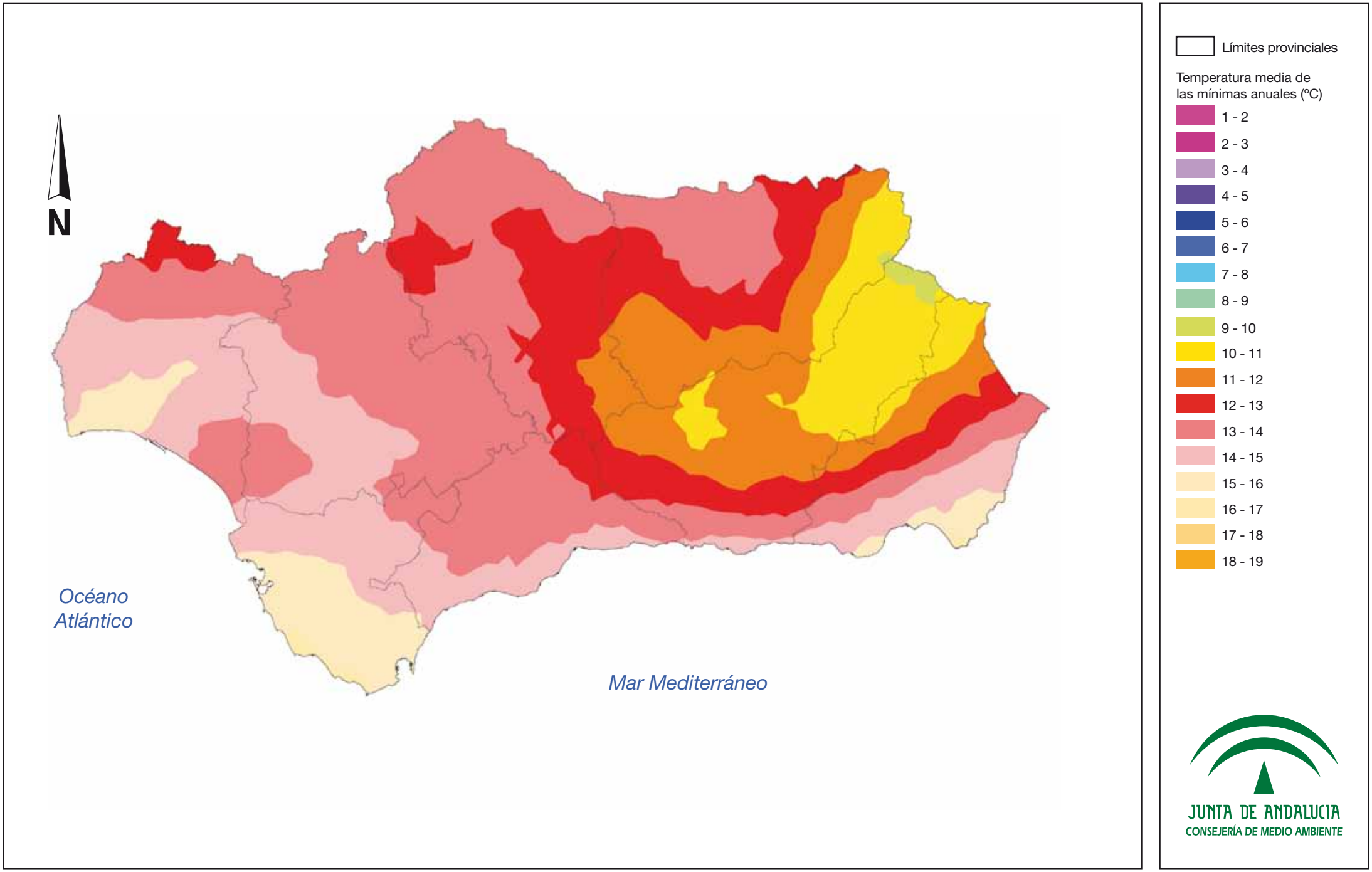
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 27: Temperatura media de las máximas anuales modelizada para el año 2050 bajo el escenario de emisiones B2.



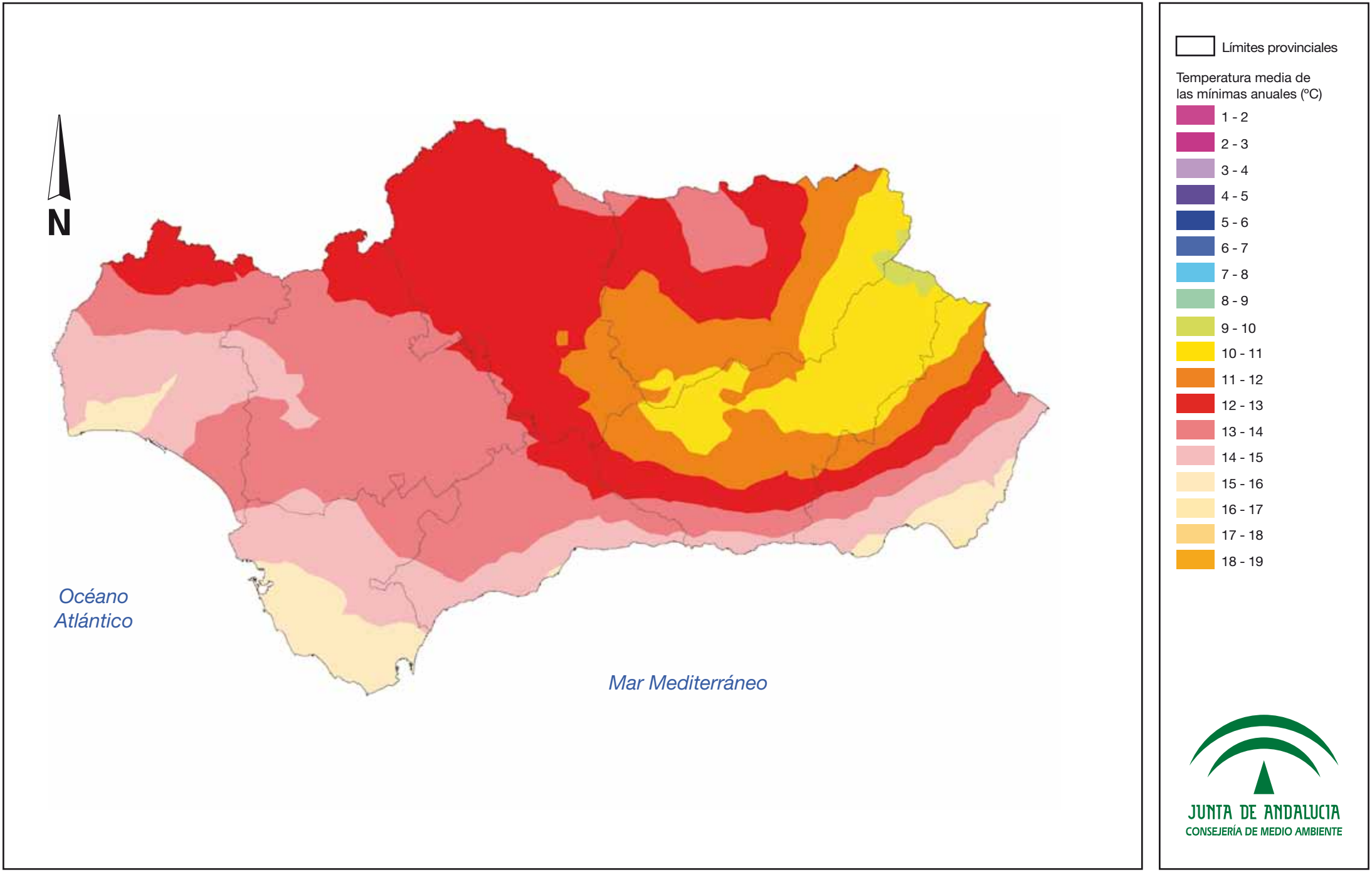
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 28: Temperatura media de las mínimas anuales del periodo 1961-90.



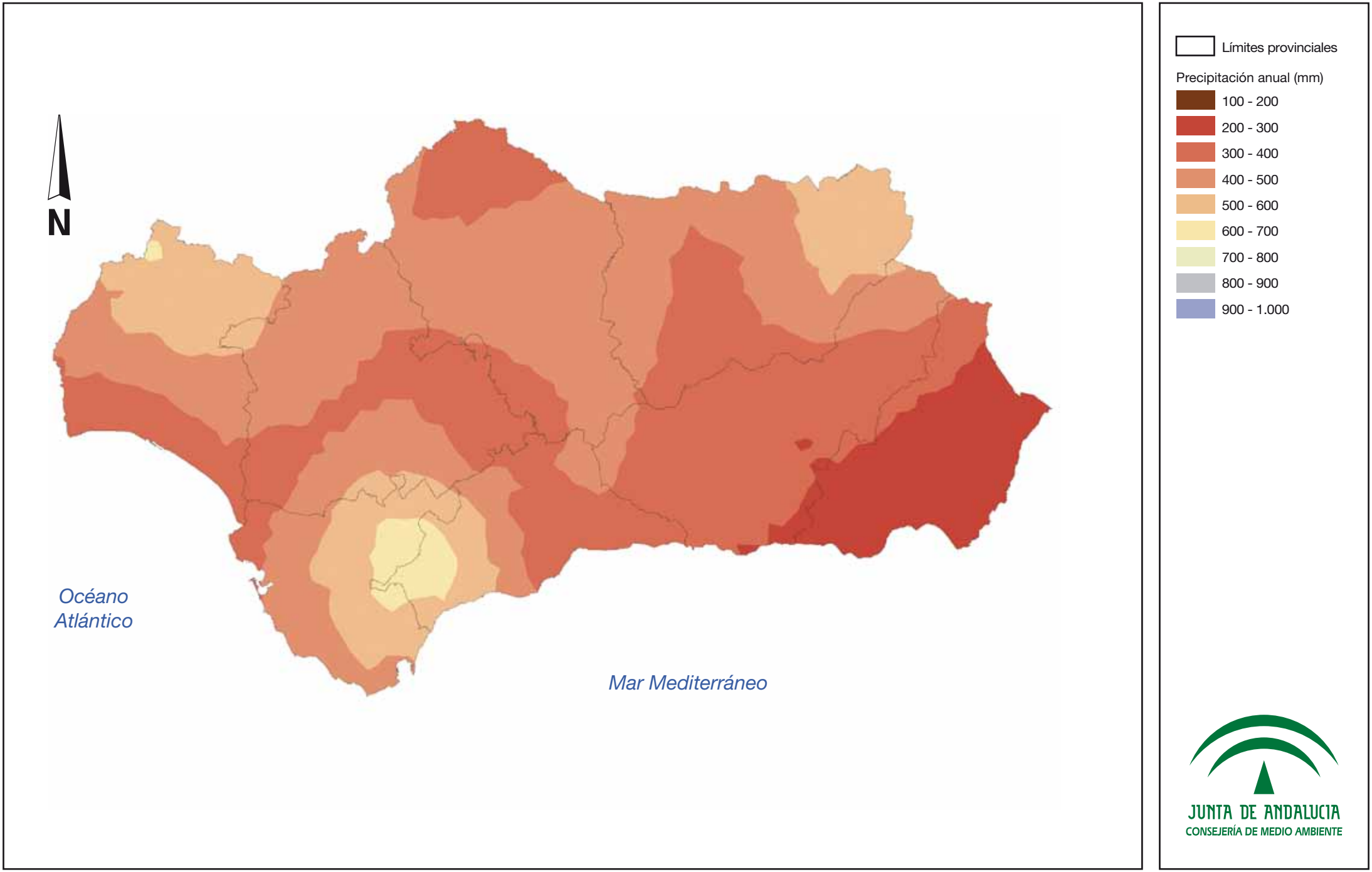
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 29: Temperatura media de las mínimas anuales modelizada para el año 2050 bajo el escenario de emisiones A2.



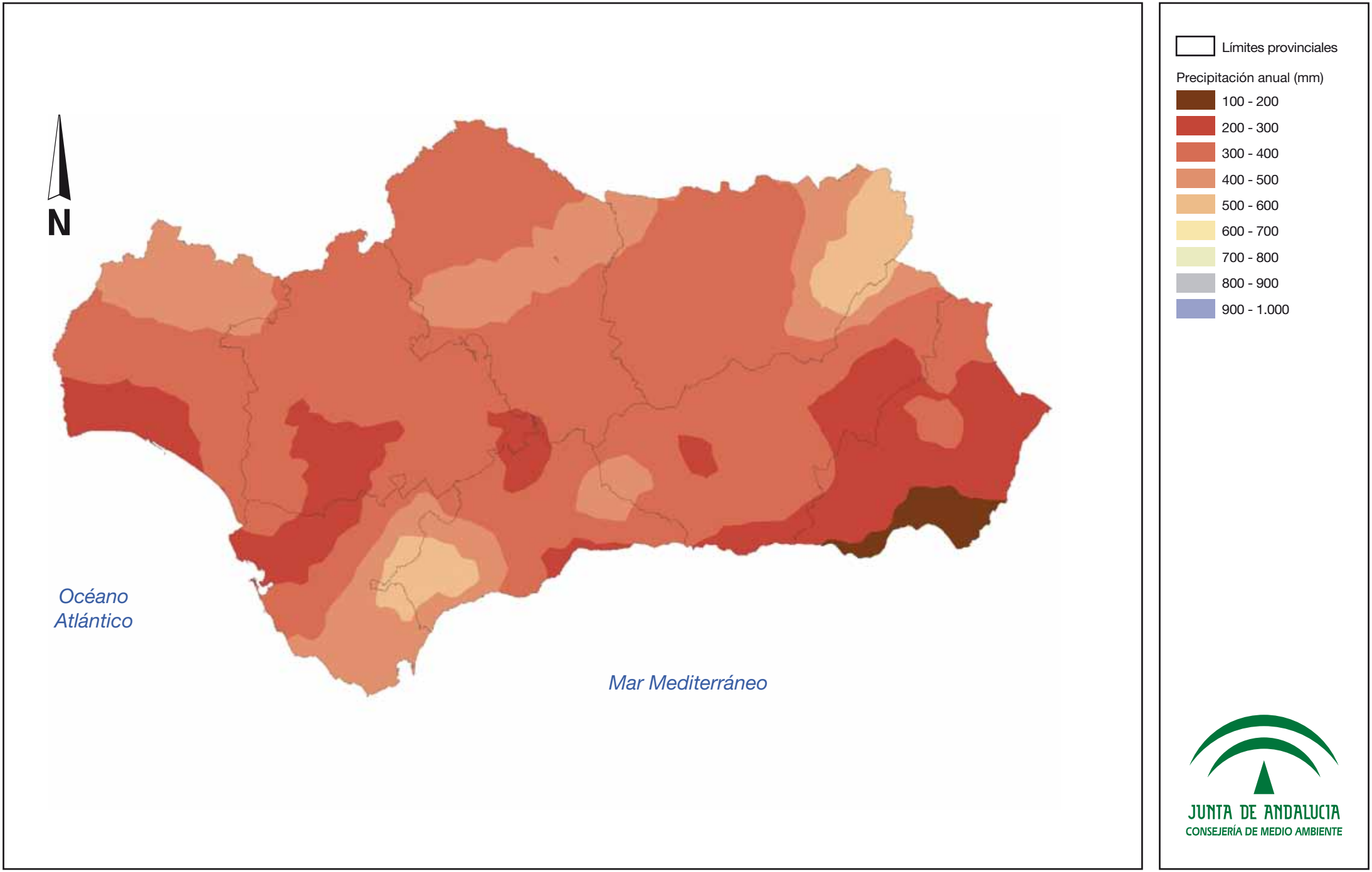
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 30: Temperatura media de las mínimas anuales modelizada para el año 2050 bajo el escenario de emisiones B2.



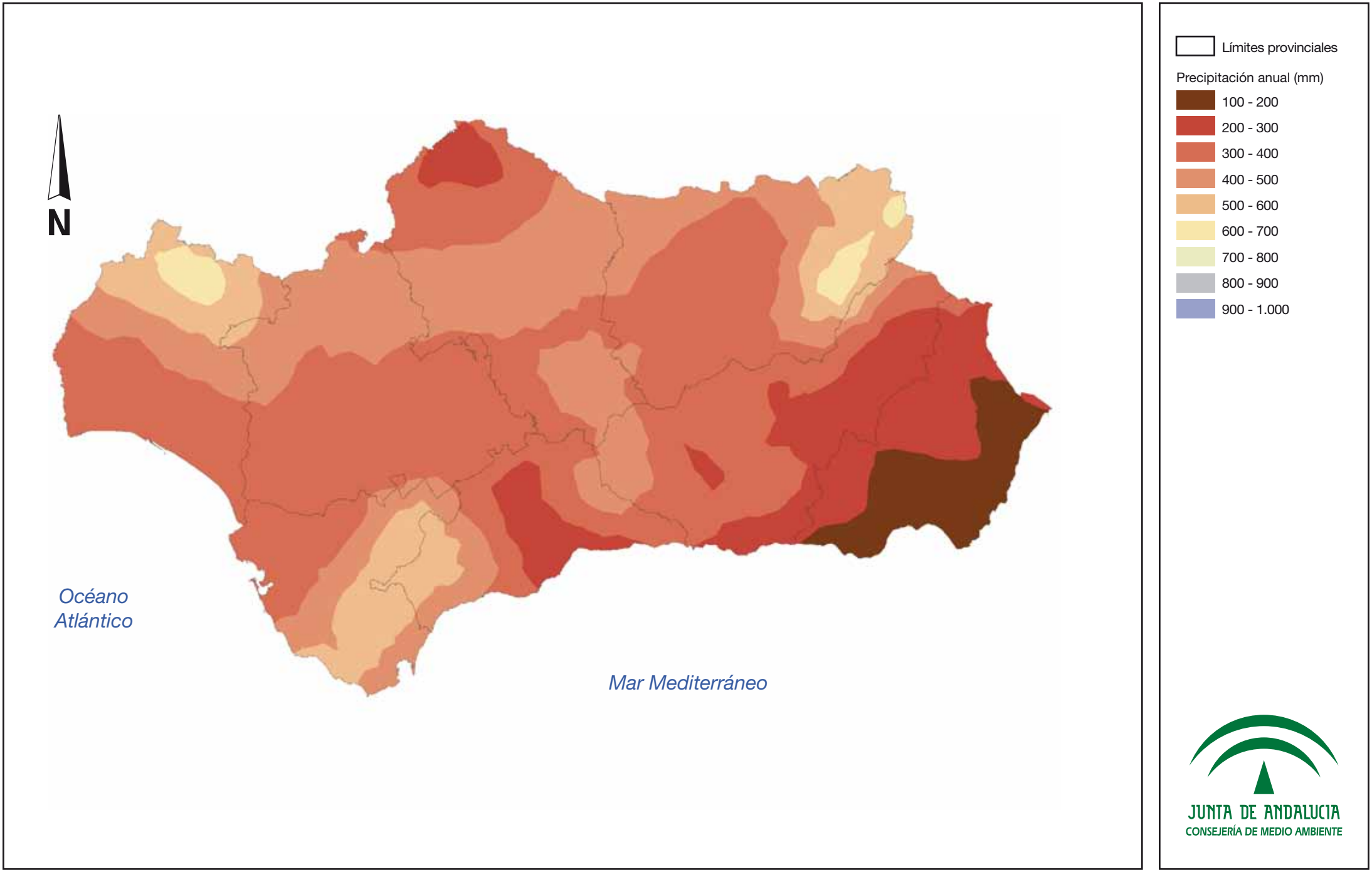
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 31: Precipitación anuales durante el periodo 1961-90.



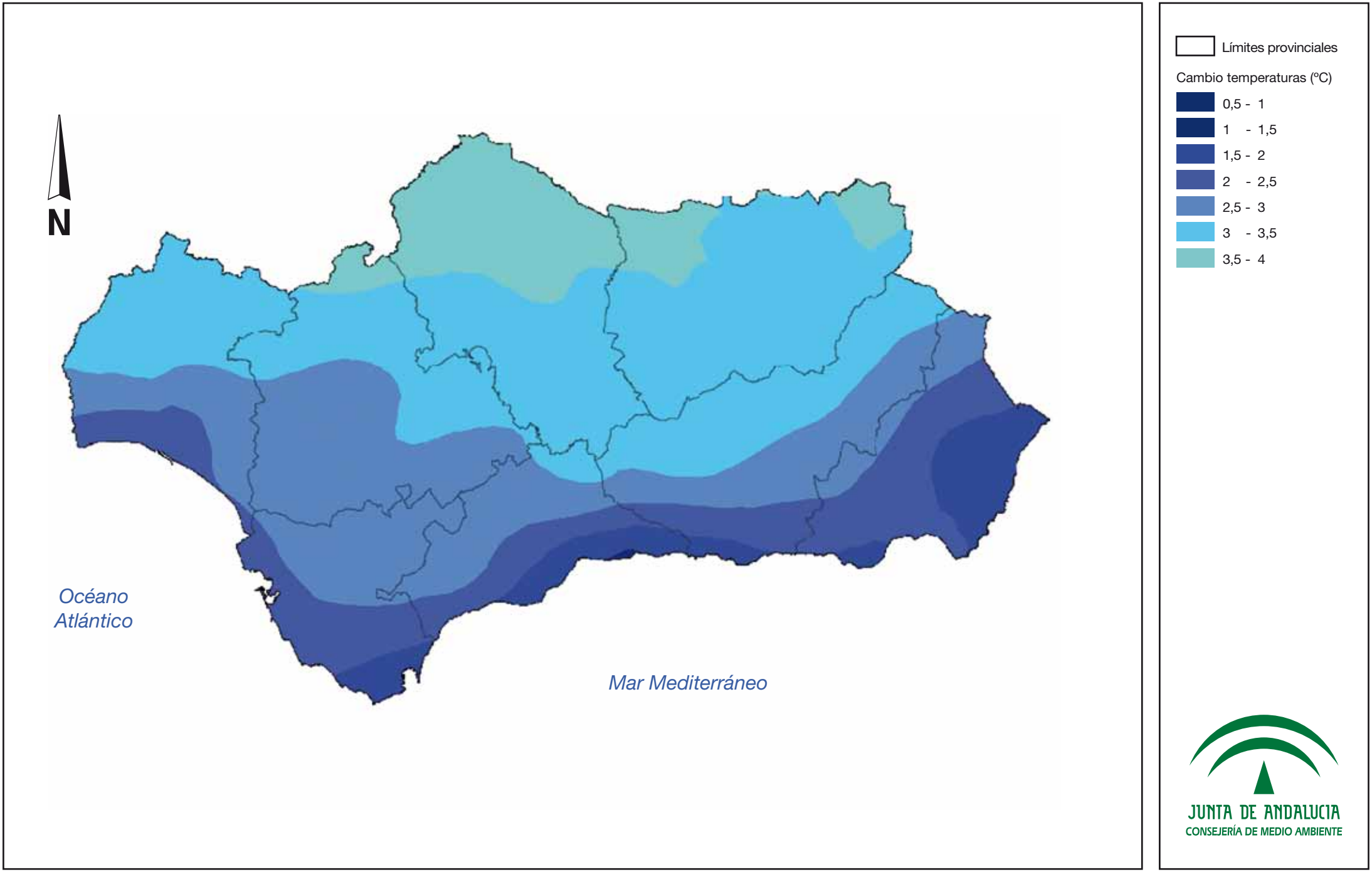
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 32: Precipitación anual modelizada para el año 2050 bajo el escenario de emisiones A2.



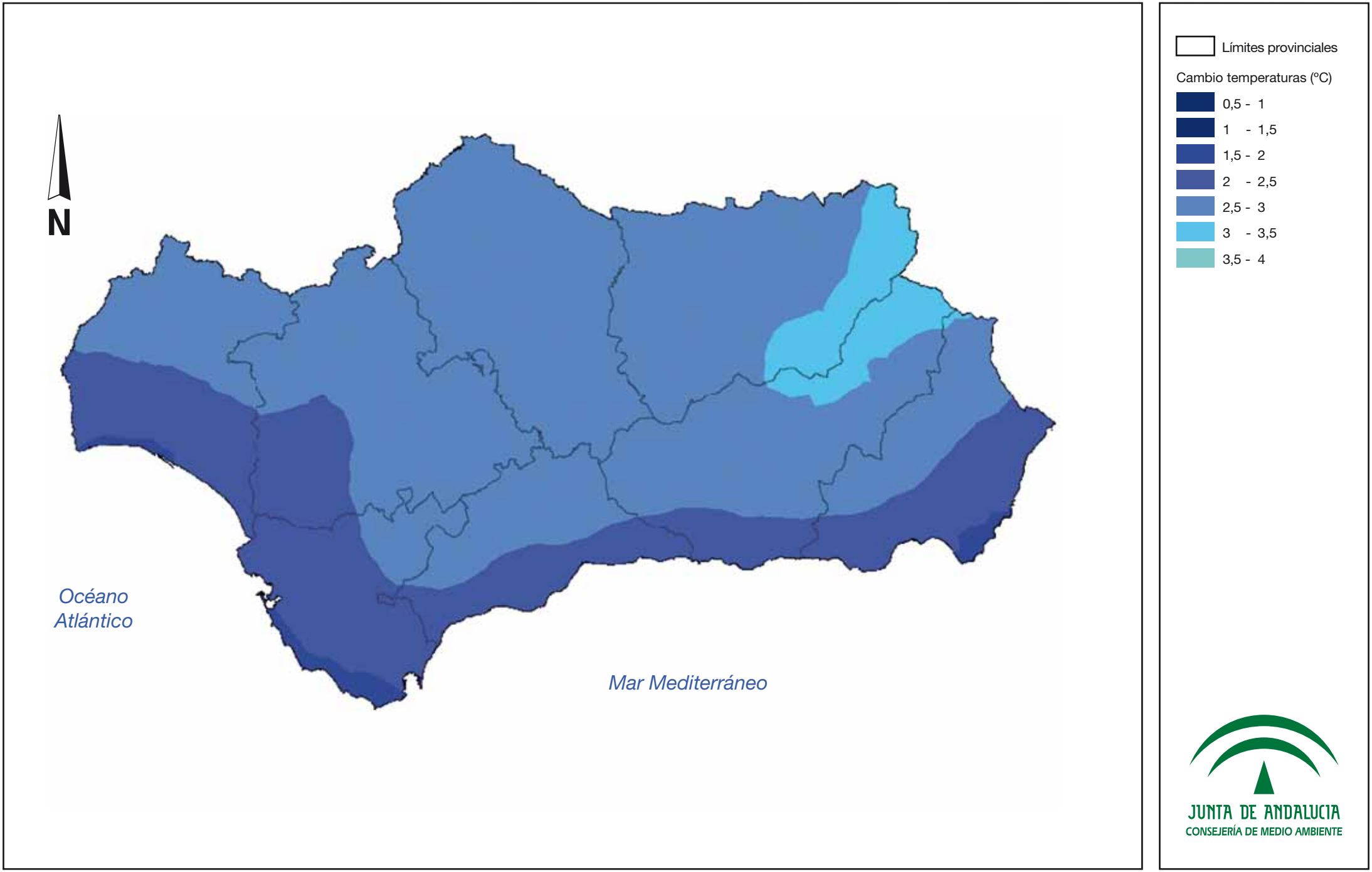
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 33: Precipitación anual modelizada para el año 2050 bajo el escenario de emisiones B2.



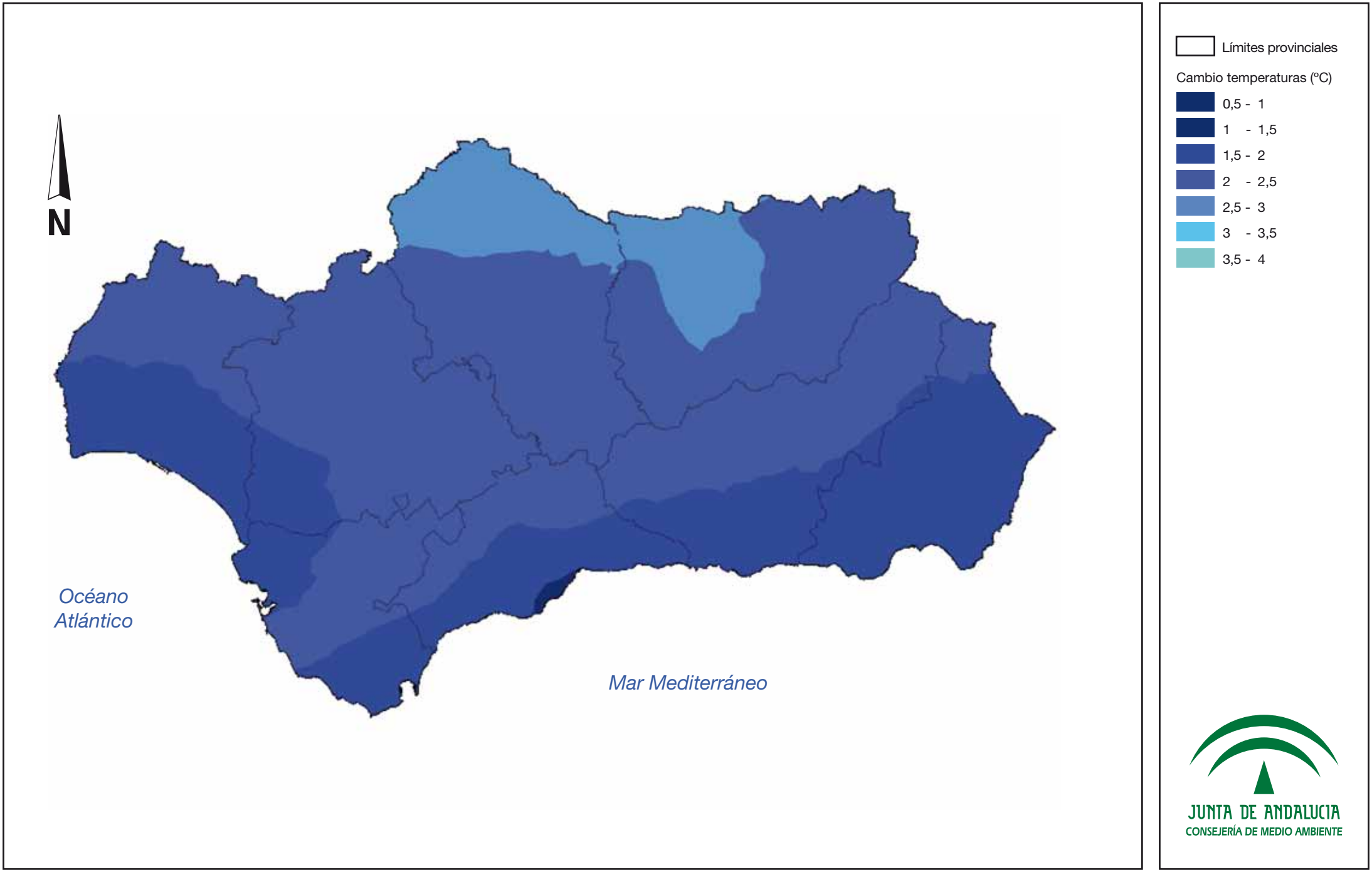
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 34: Aumento de temperaturas máximas en 2050 bajo el escenario A2 respecto a 1961-90.



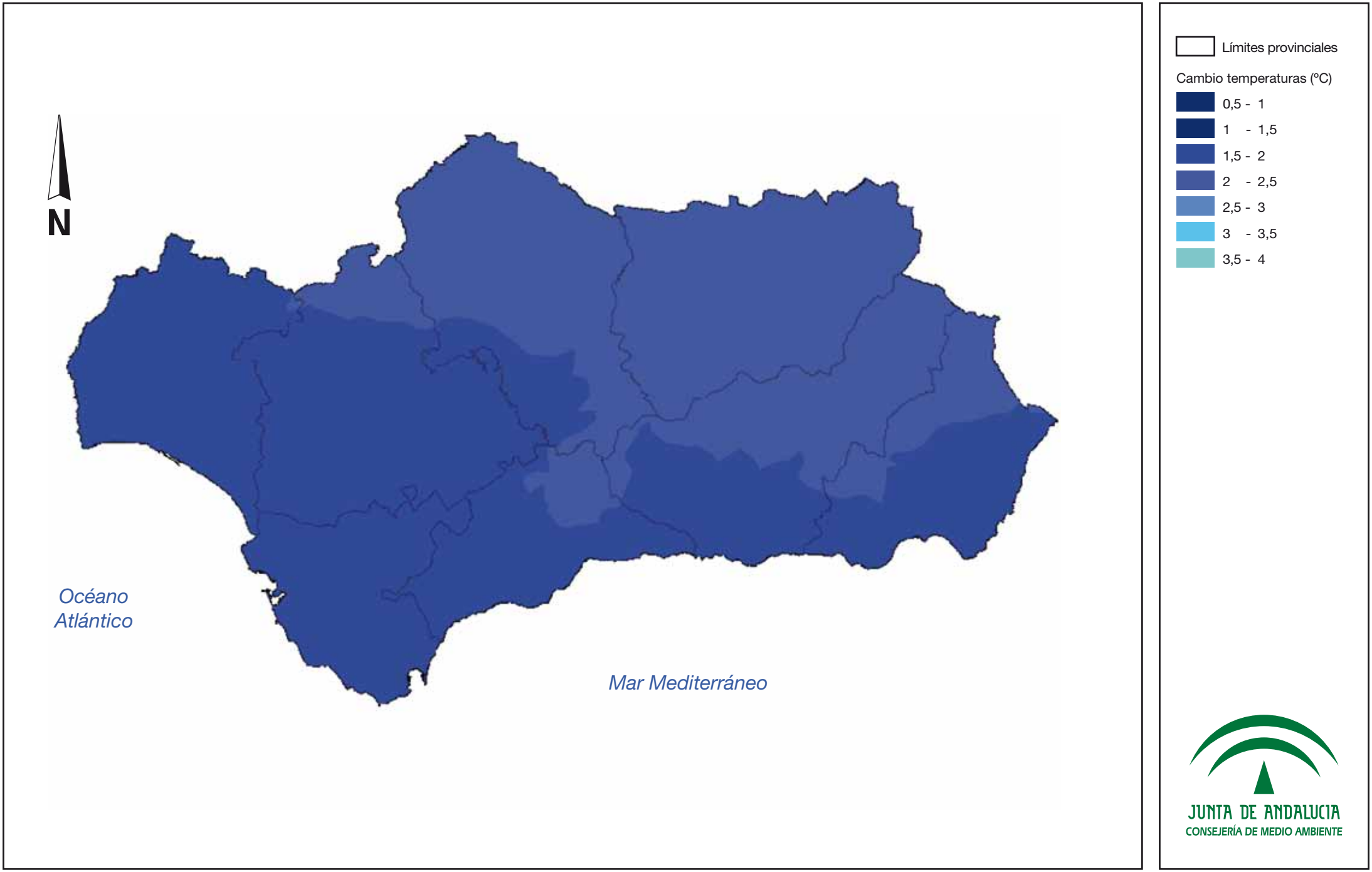
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 35: Aumento de temperaturas máximas en 2050 bajo el escenario B2 respecto a 1961-90.



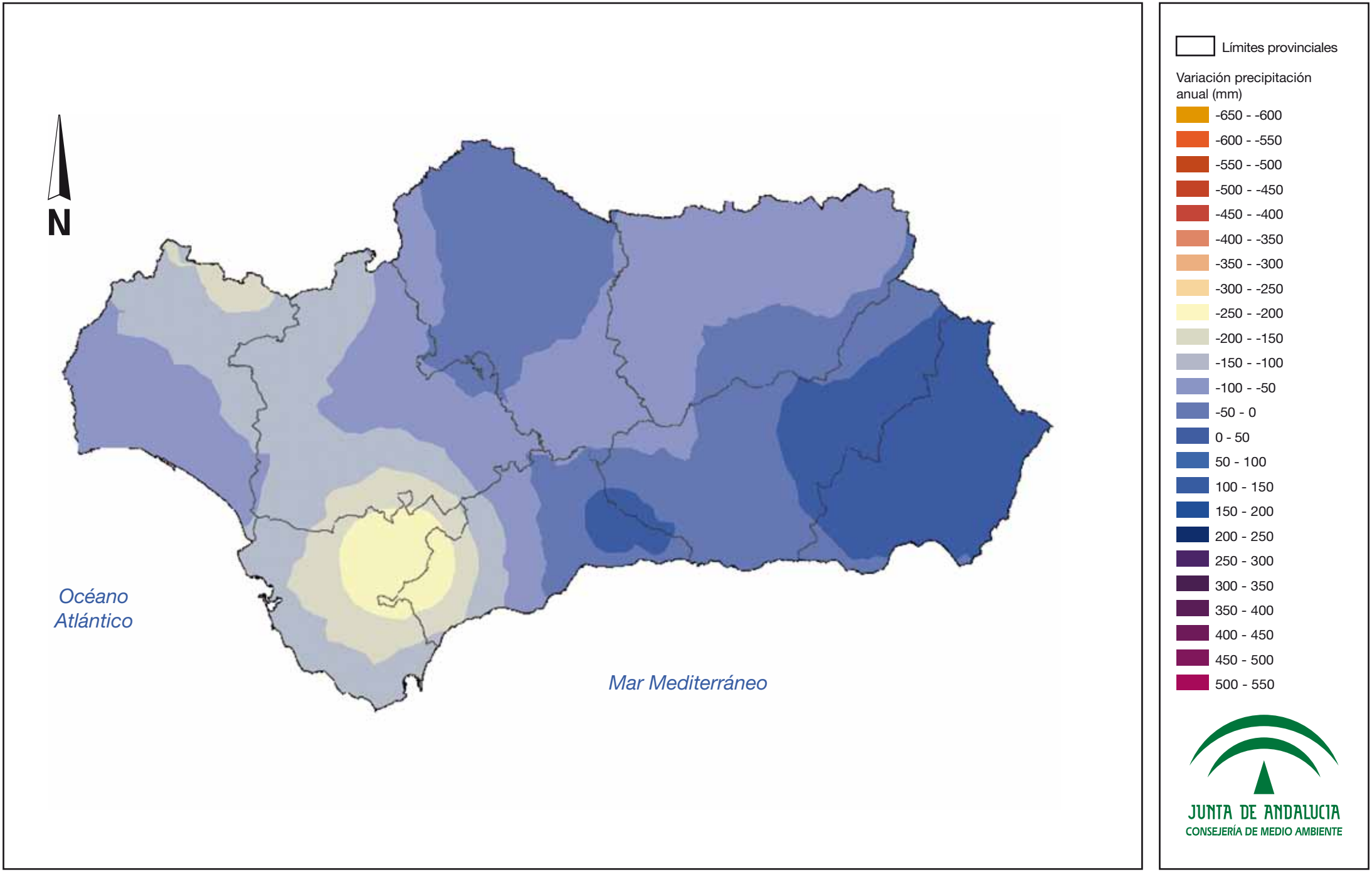
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 36: Aumento de temperaturas mínimas en 2050 bajo el escenario A2 respecto a 1961-90.



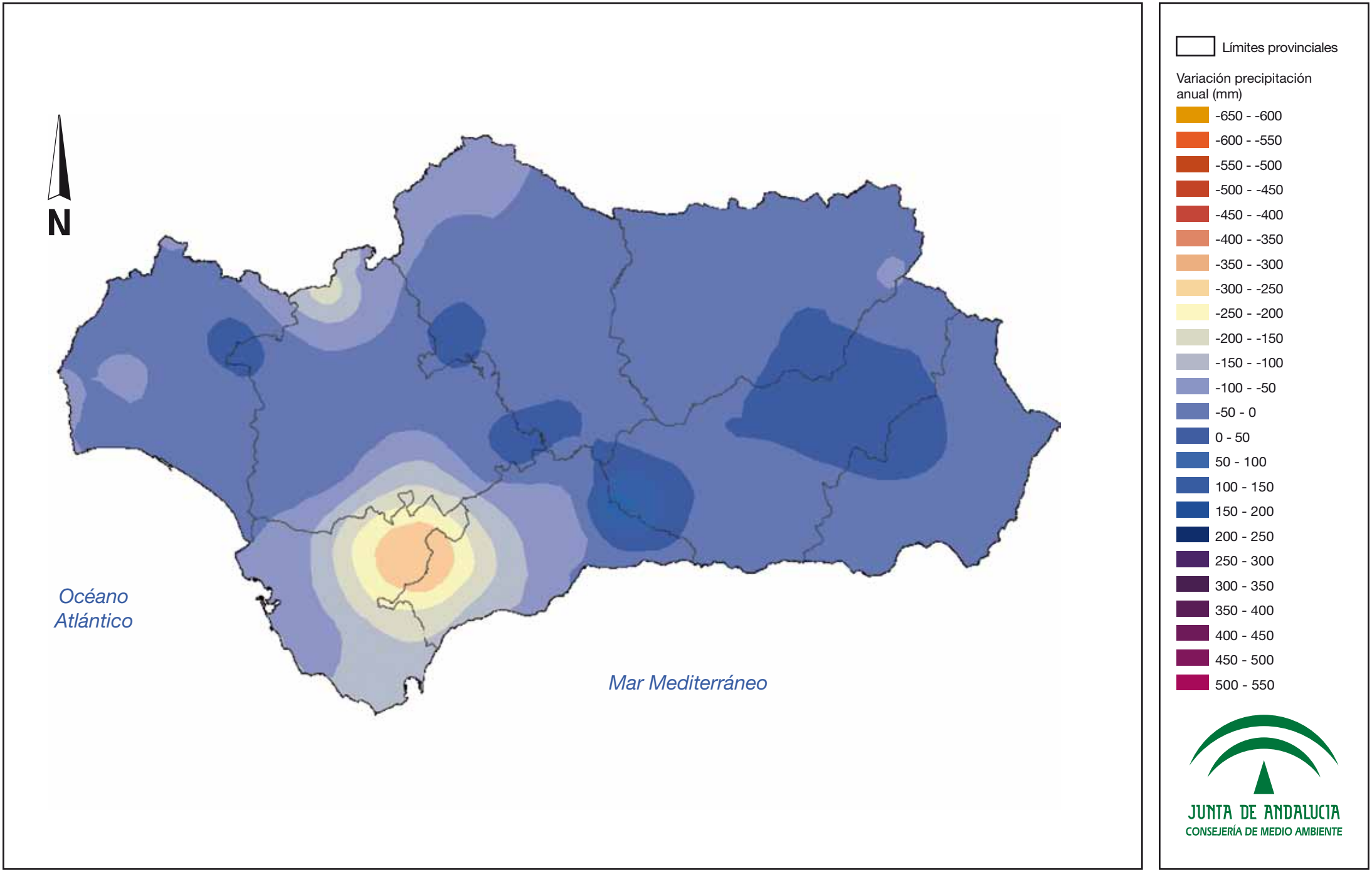
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 37: Aumento de temperaturas mínimas en 2050 bajo el escenario B2 respecto a 1961-90.



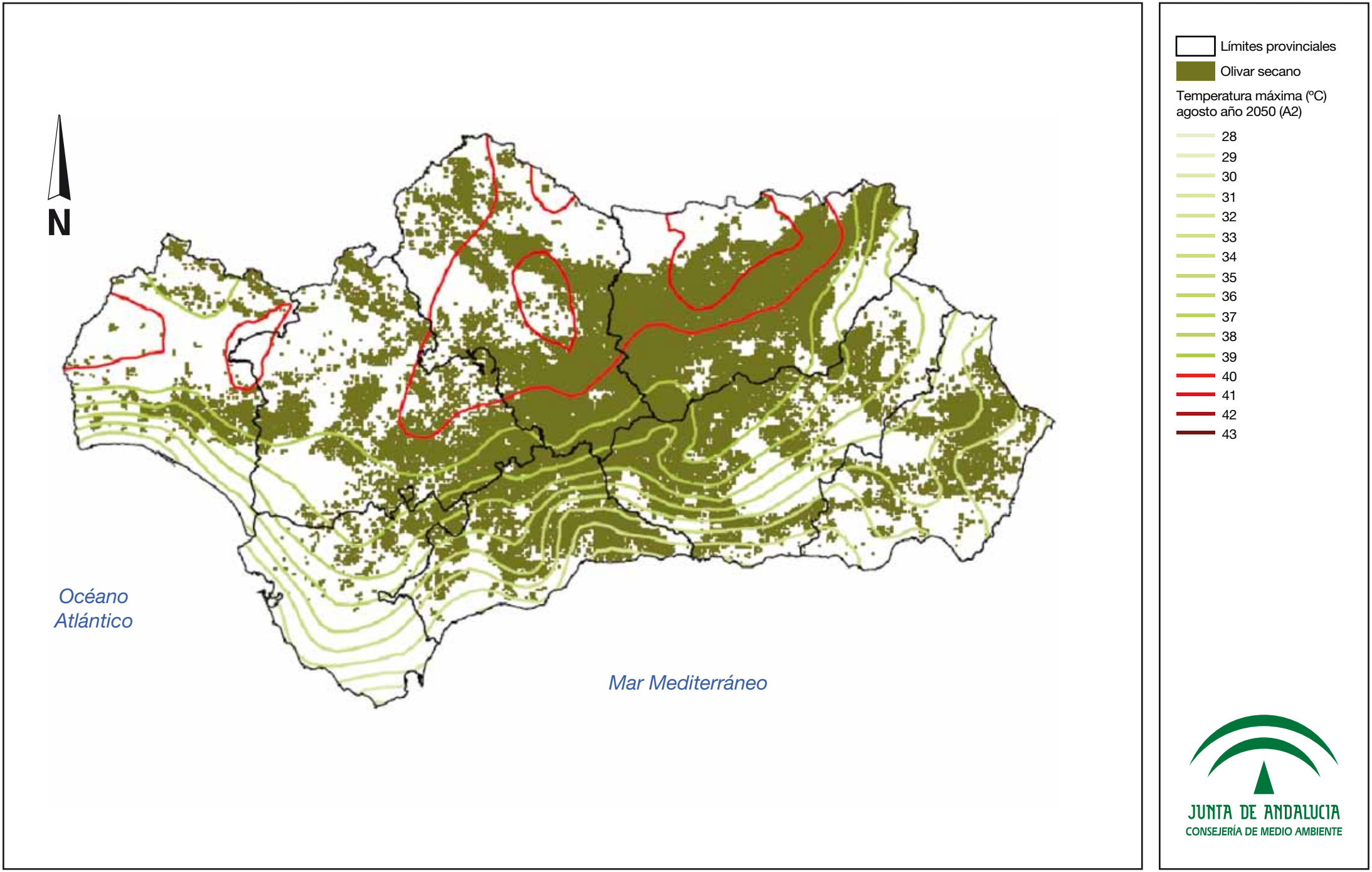
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 38: Variación de la precipitación en 2050 bajo el escenario A2 respecto a 1961-90.



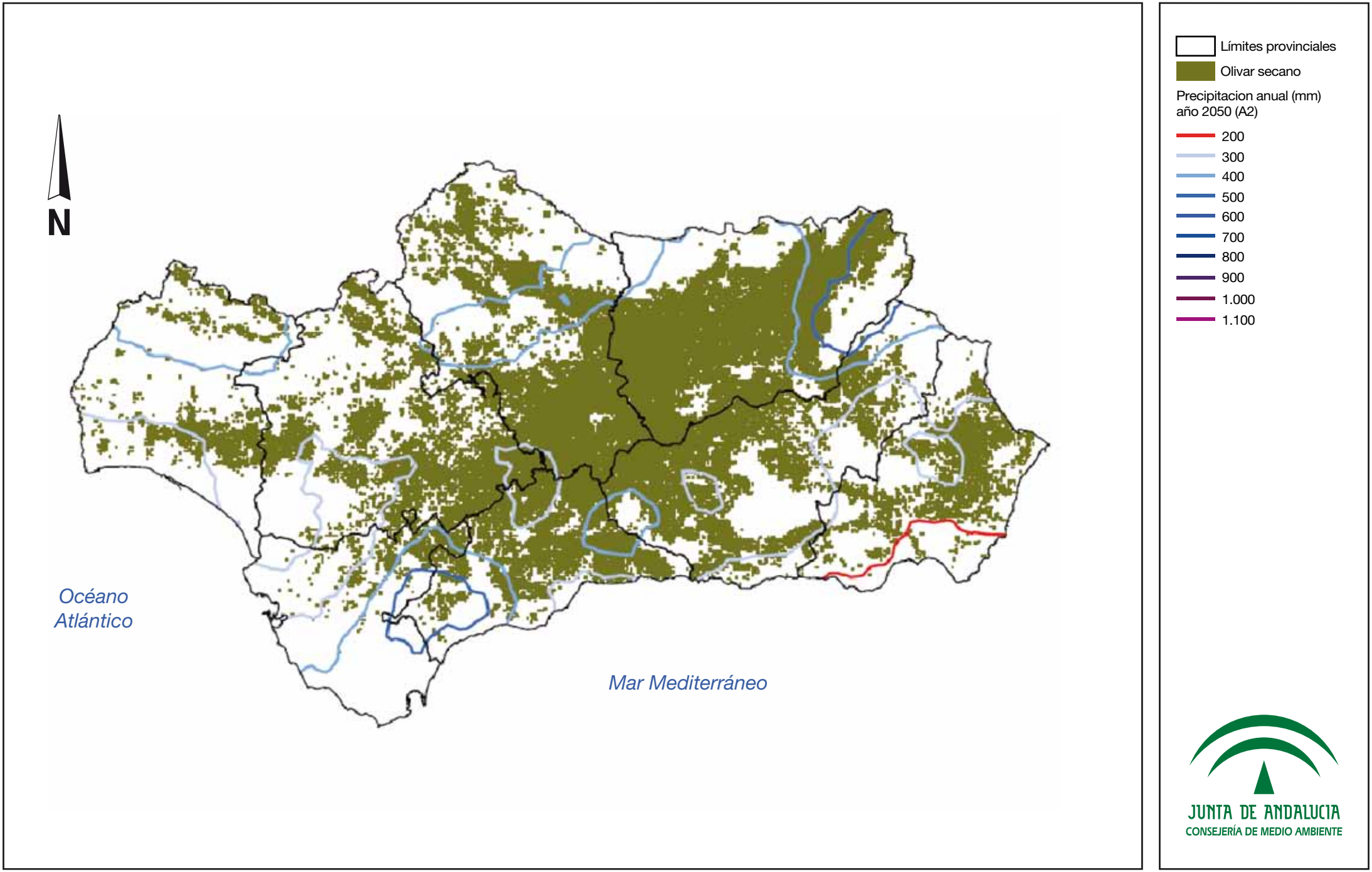
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 39: Variación de la precipitación en 2050 bajo el escenario B2 respecto a 1961-90.



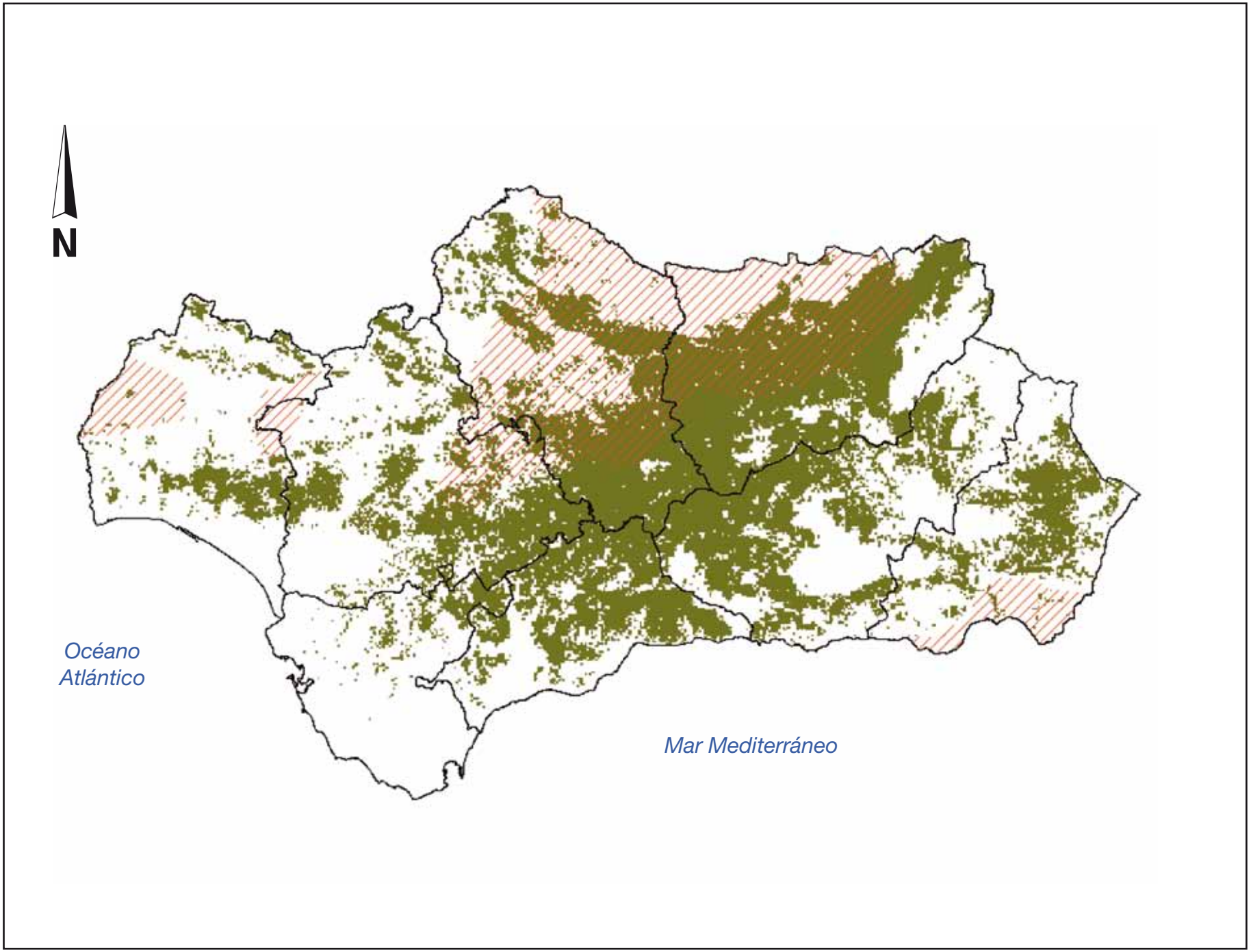
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 40: Vulnerabilidad del olivar por temperaturas máximas en 2050 (A2).



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

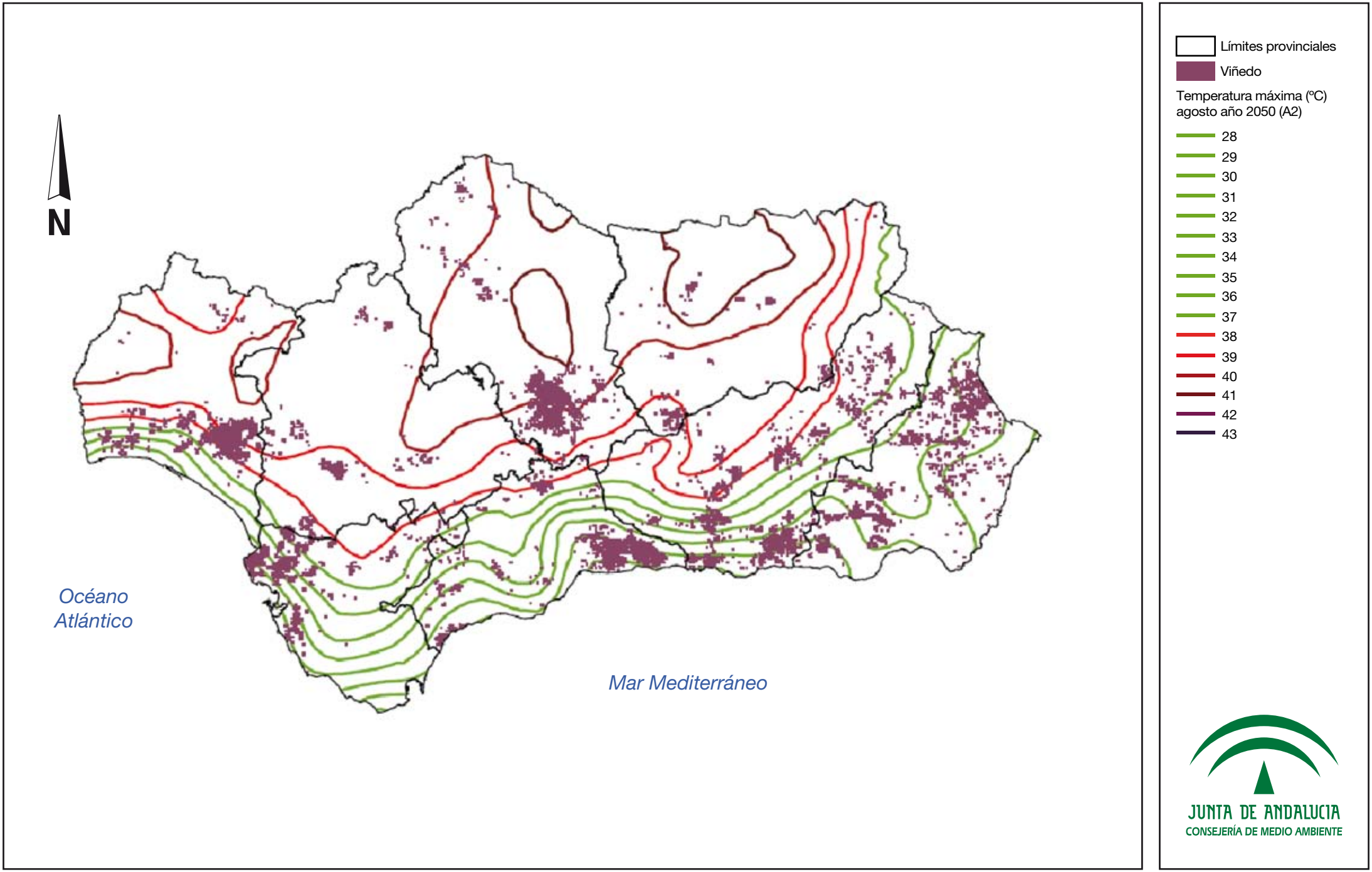
Mapa 41: Vulnerabilidad del olivar por precipitación en 2050 (A2).



JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

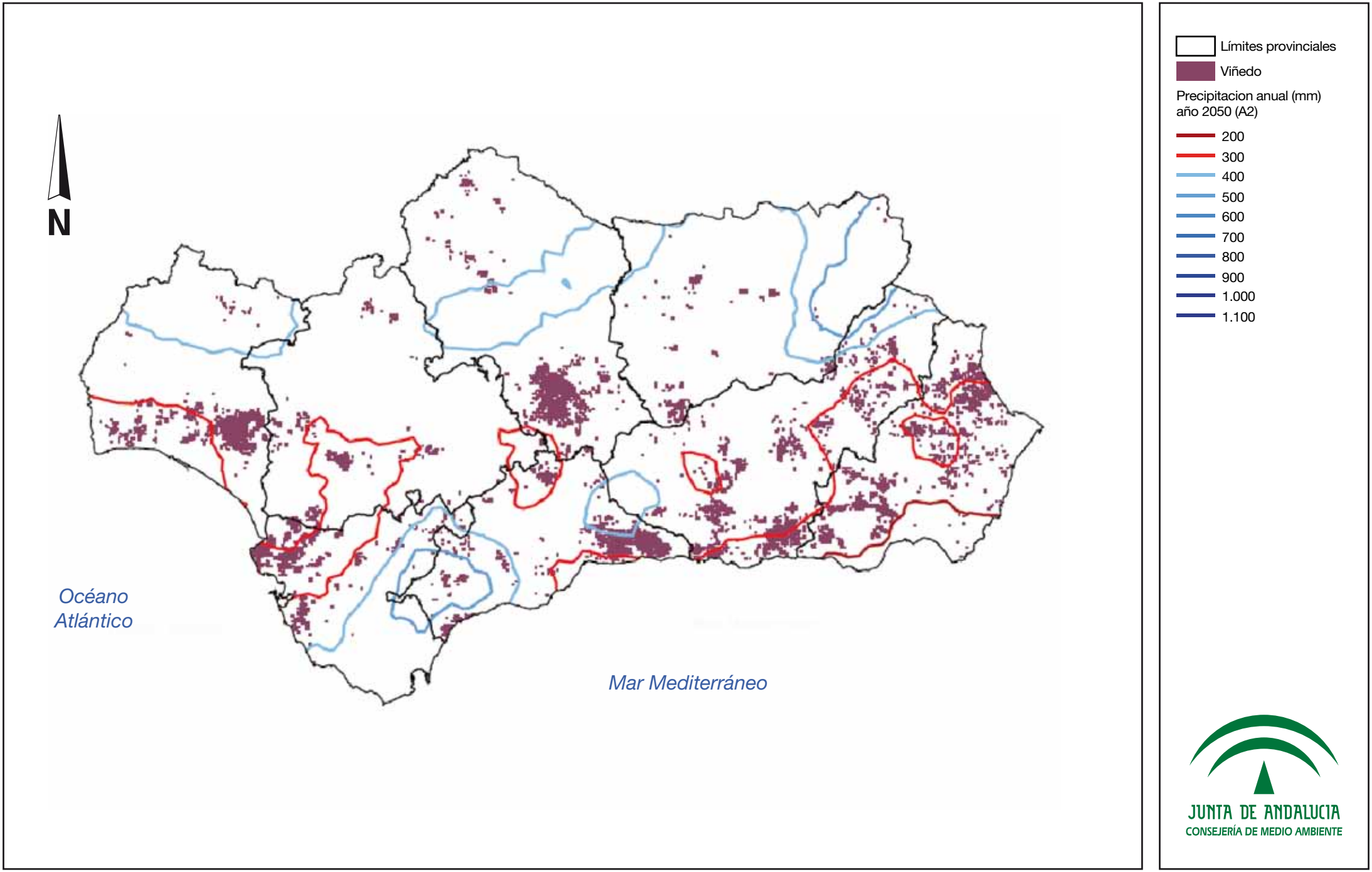
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 42: Vulnerabilidad global del olivar en 2050 (A2).



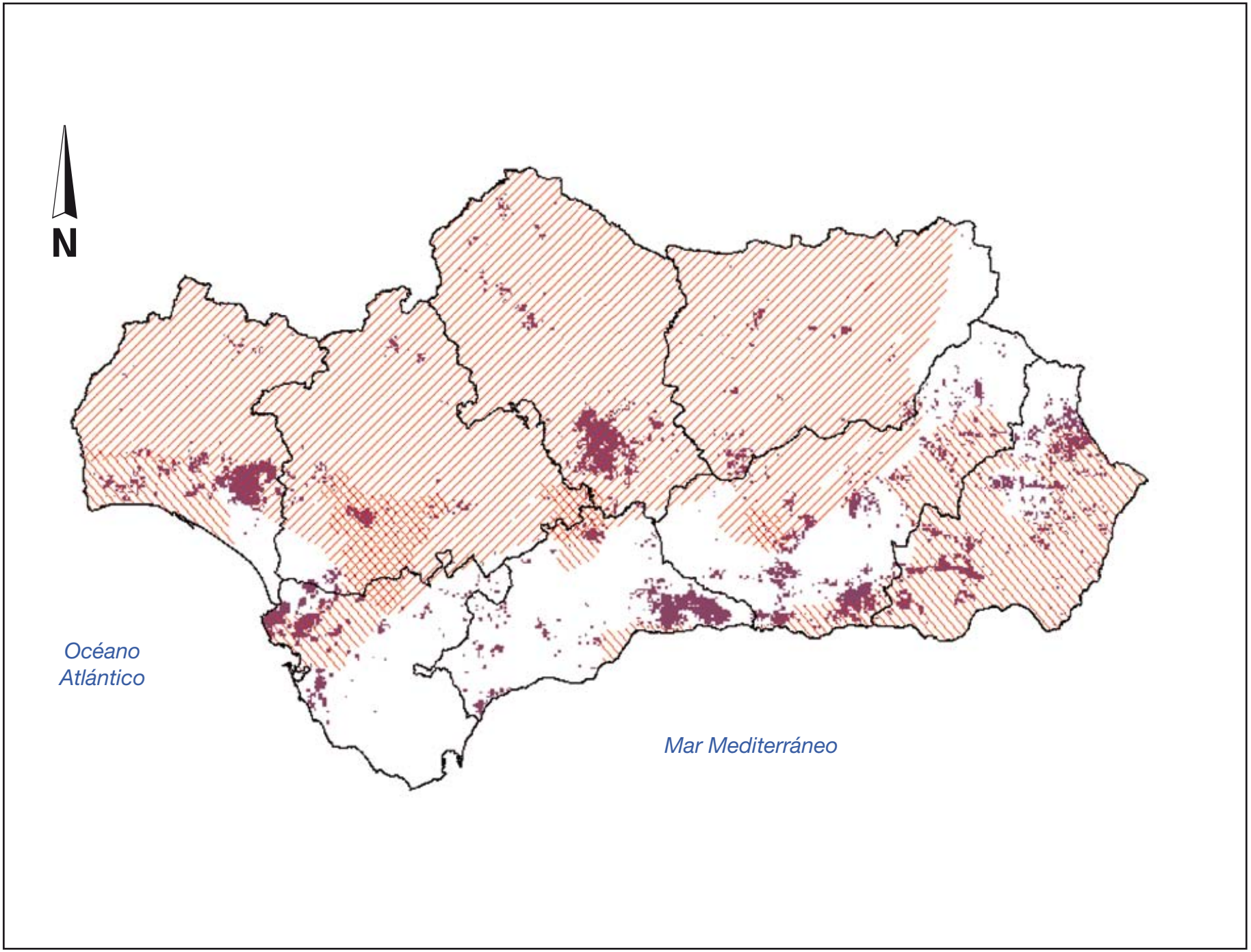
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 43: Vulnerabilidad del viñedo por temperaturas máximas en 2050 (A2).



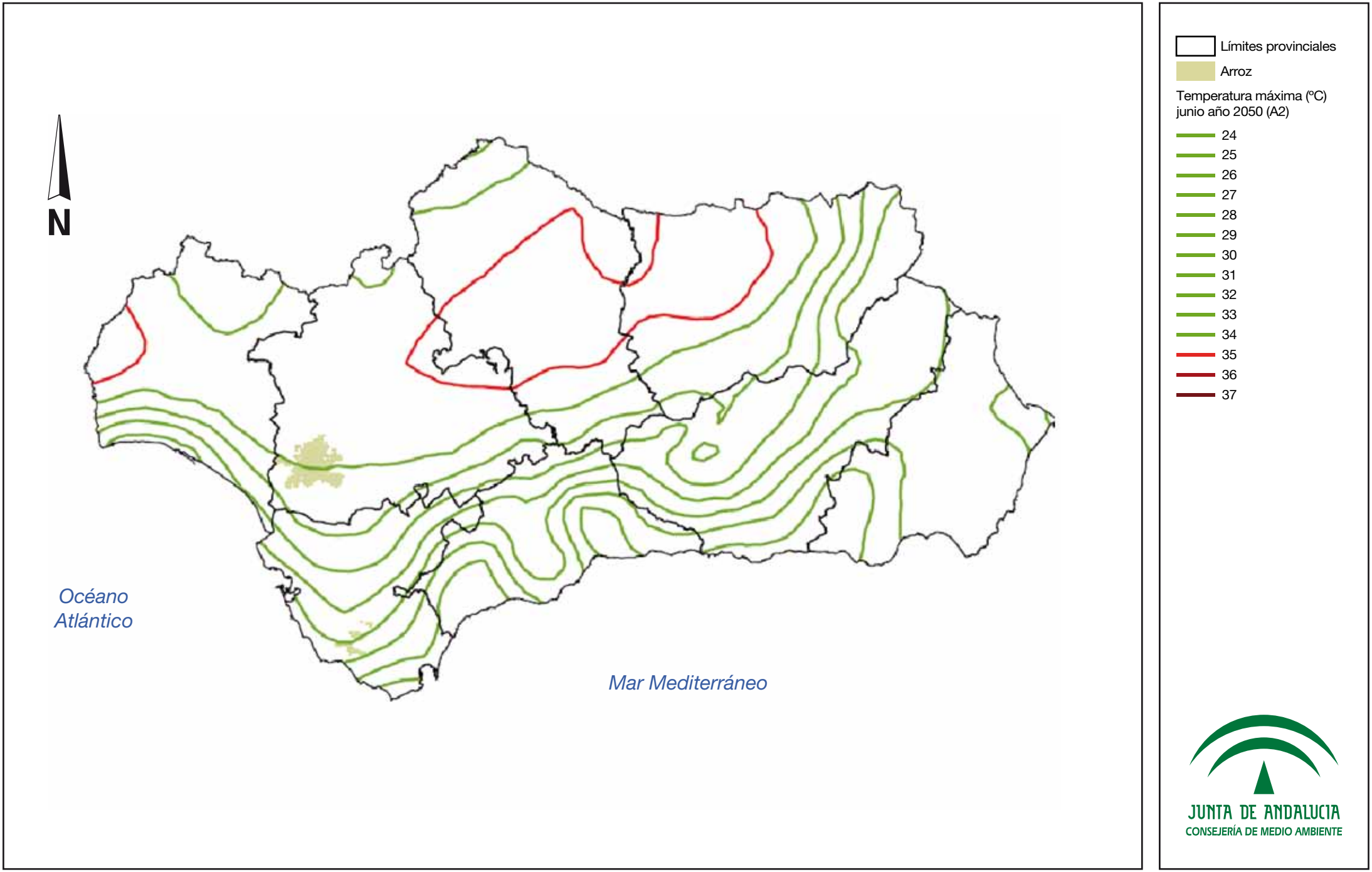
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 44: Variación del viñedo por precipitación en 2050 (A2).



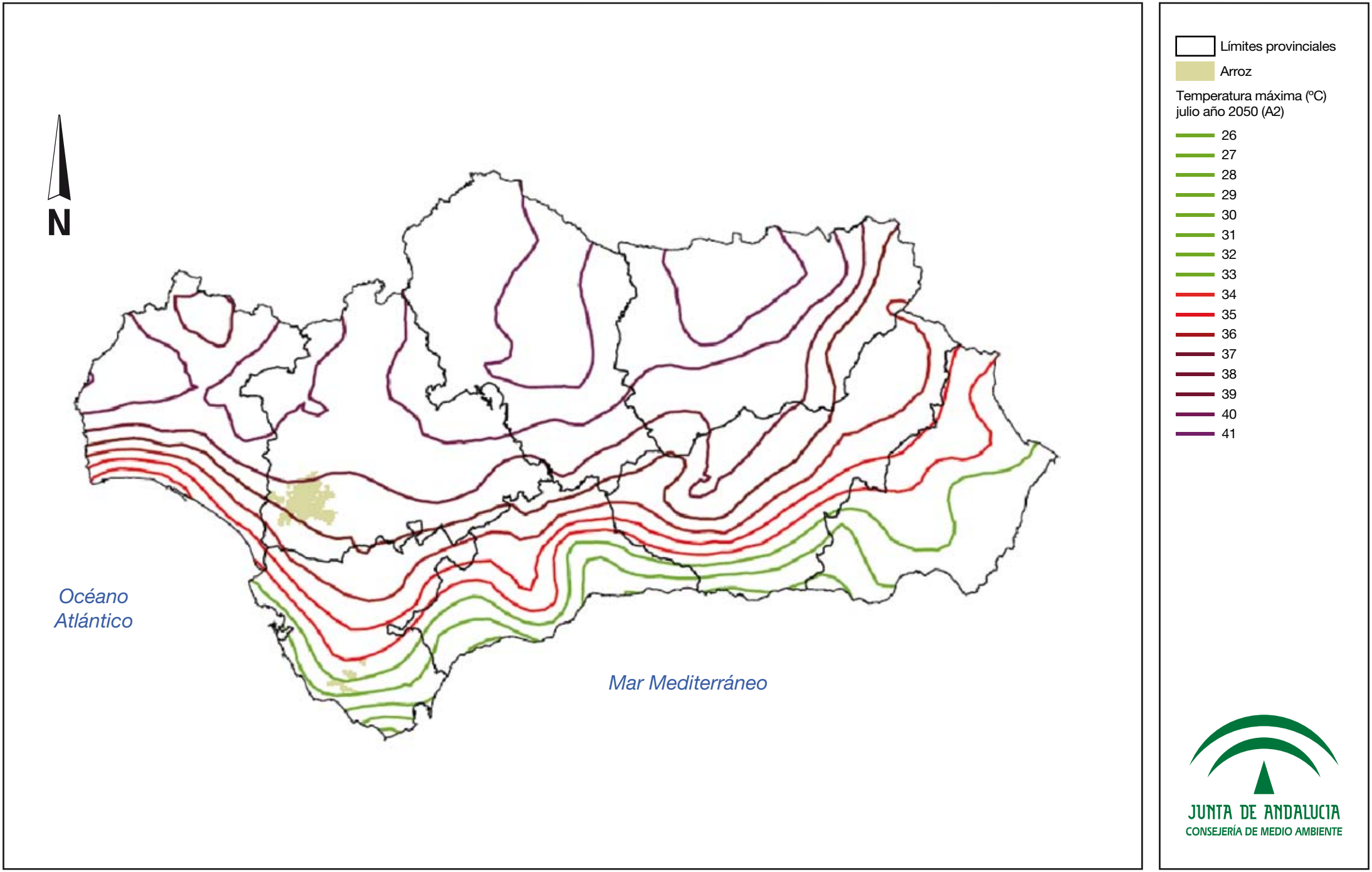
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 45: Vulnerabilidad global del viñedo en 2050 (A2).



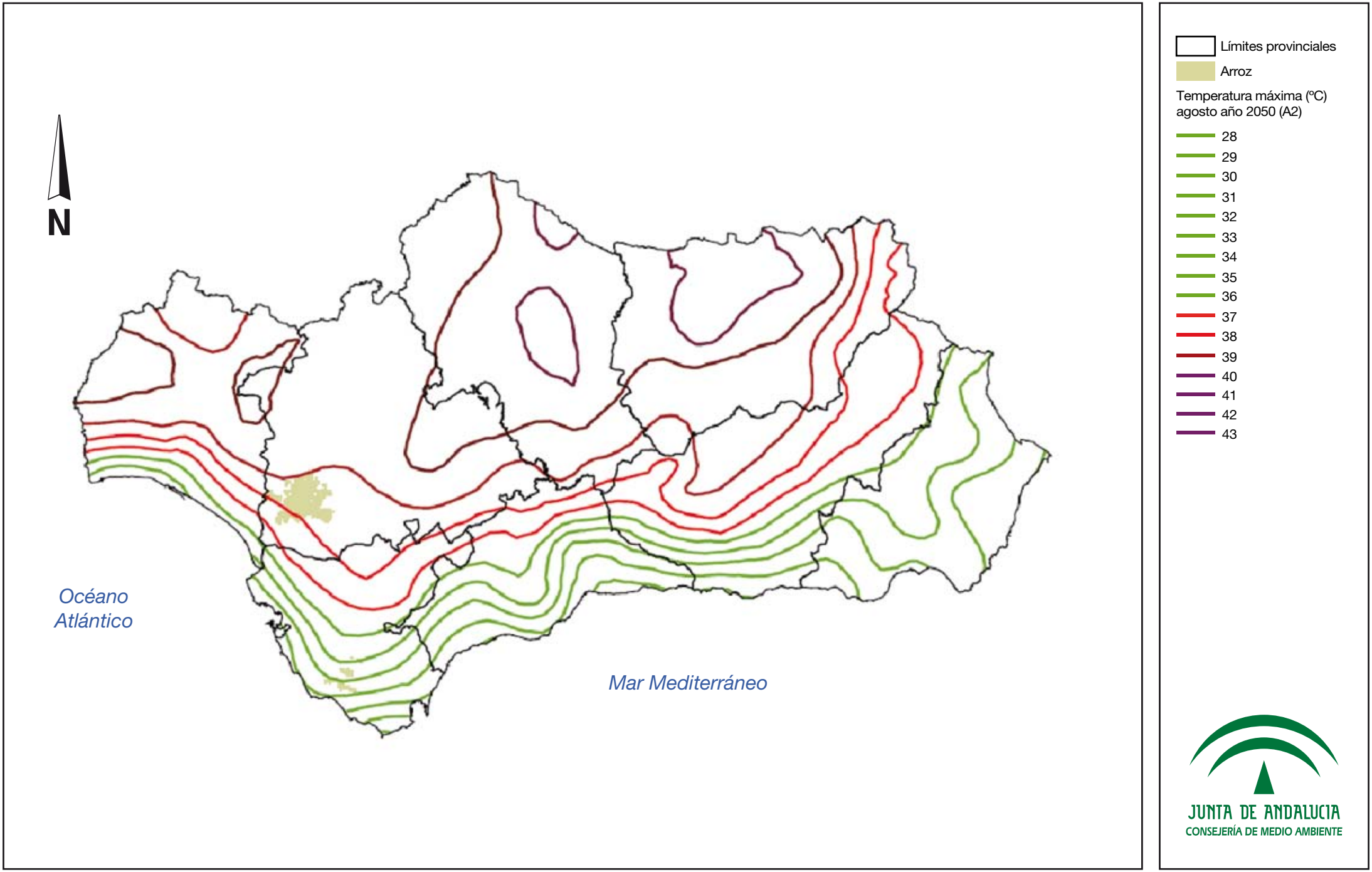
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 46: Vulnerabilidad del arroz por temperaturas máximas en junio - 2050 (A2).



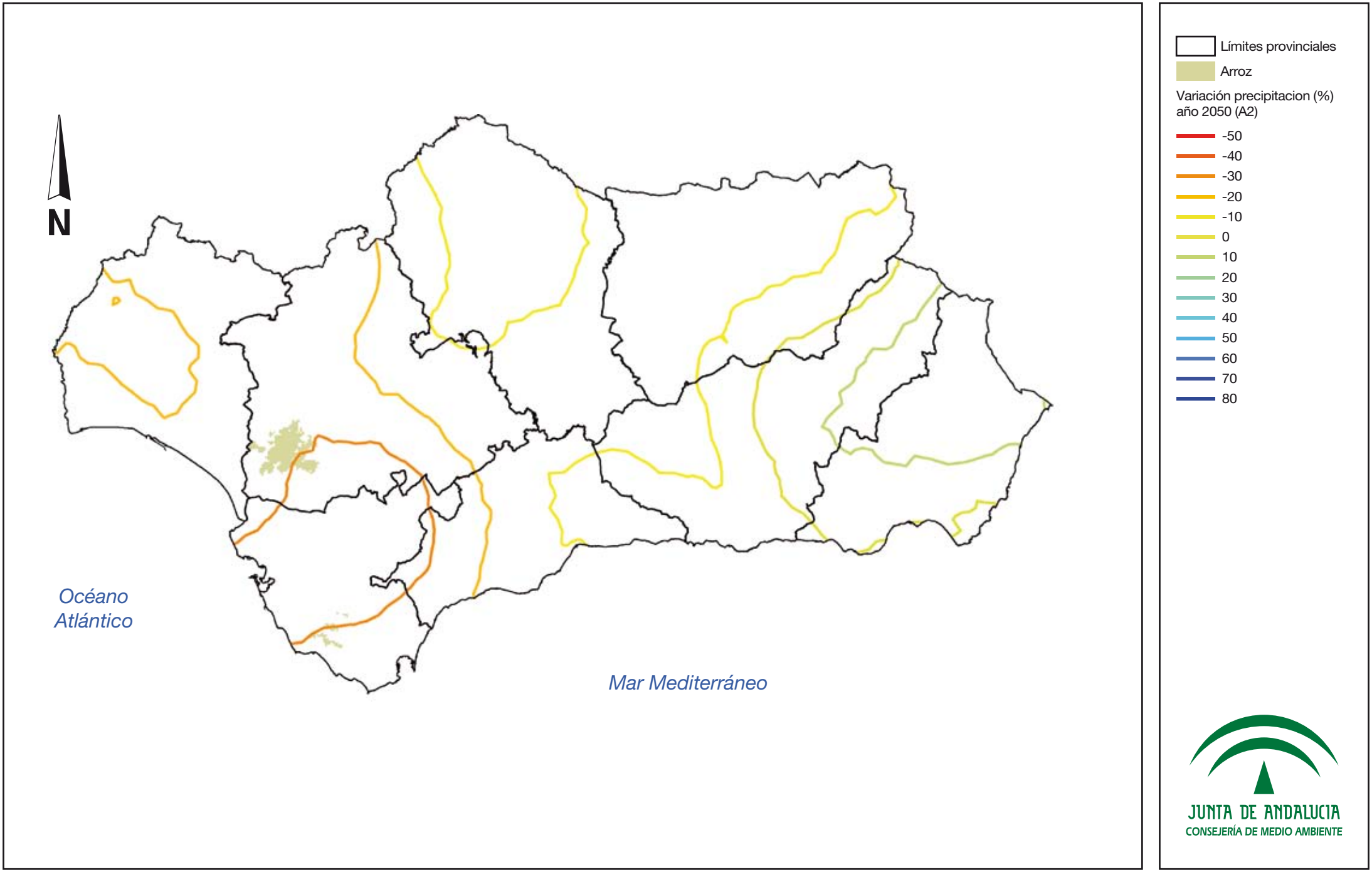
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 47: Vulnerabilidad del arroz por temperaturas máximas en julio - 2050 (A2).



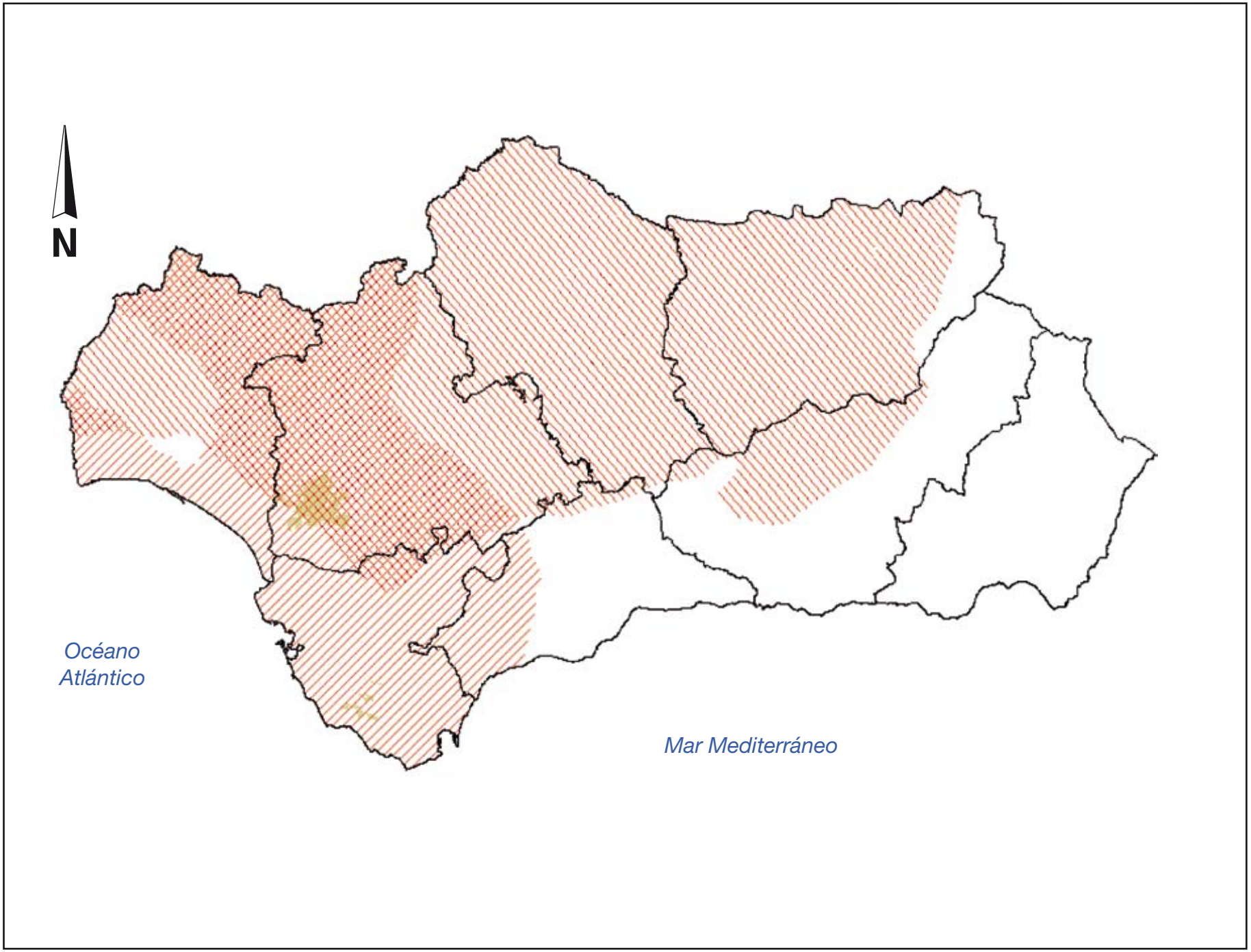
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 48: Vulnerabilidad del arroz por temperaturas máximas en agosto - 2050 (A2).



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

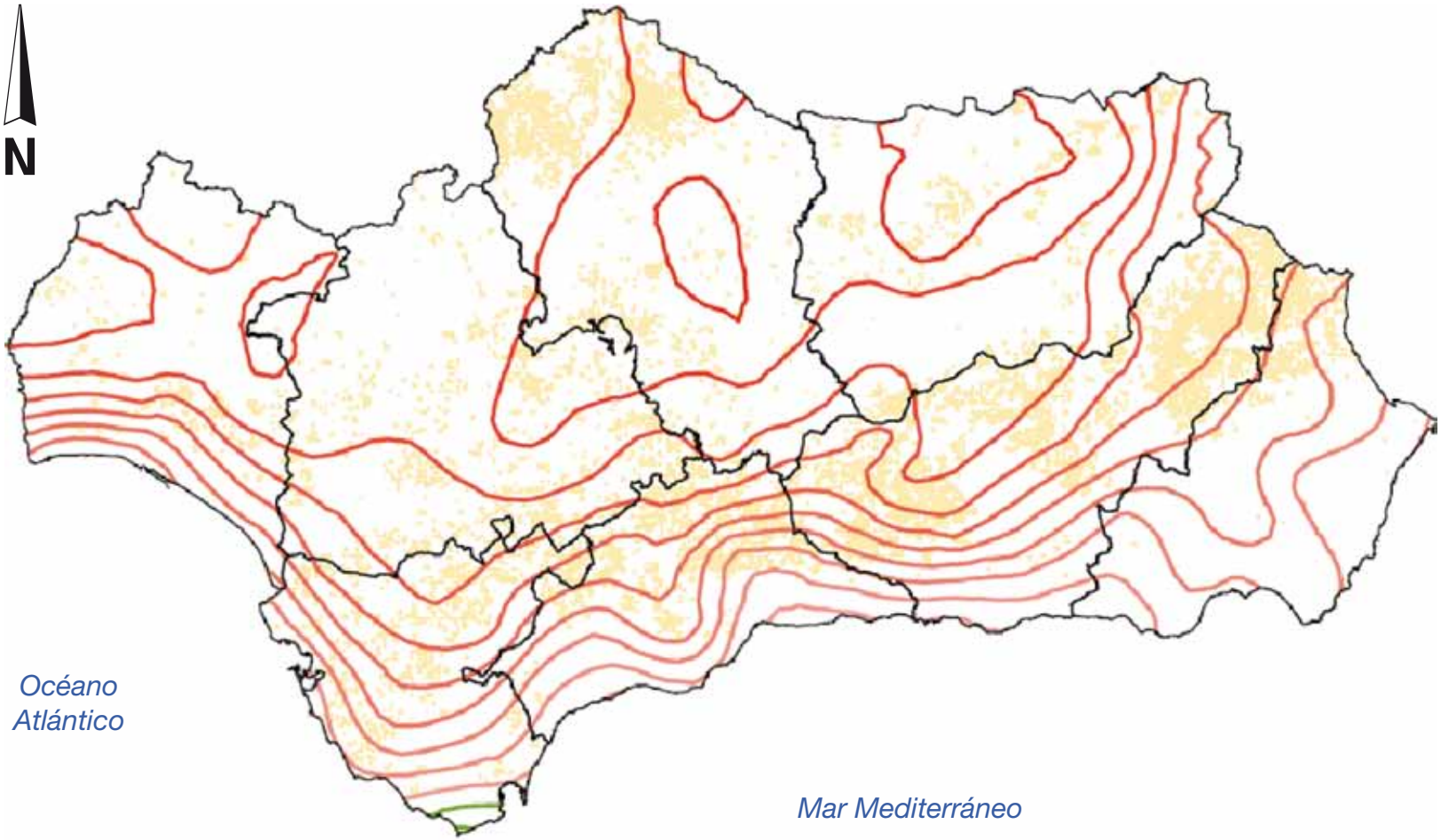
Mapa 49: Vulnerabilidad del arroz por variación de precipitación anual en 2050 (A2).



JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 50: Vulnerabilidad global del arroz en 2050 (A2).



Límites provinciales

Avena

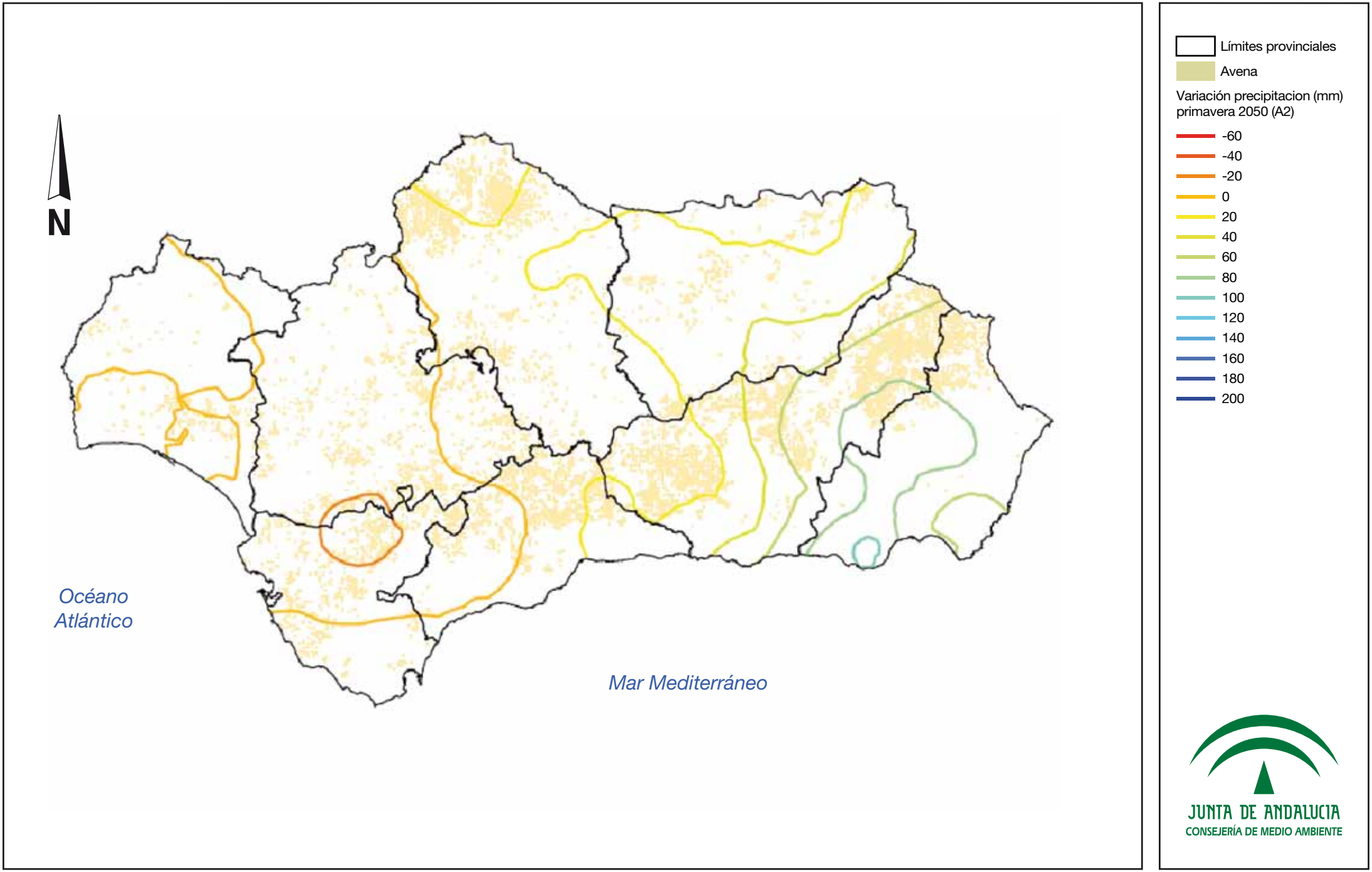
Temperatura máxima (ºC)
agosto año 2050 (A2)

- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37
- 38
- 39
- 40
- 41
- 42
- 43

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

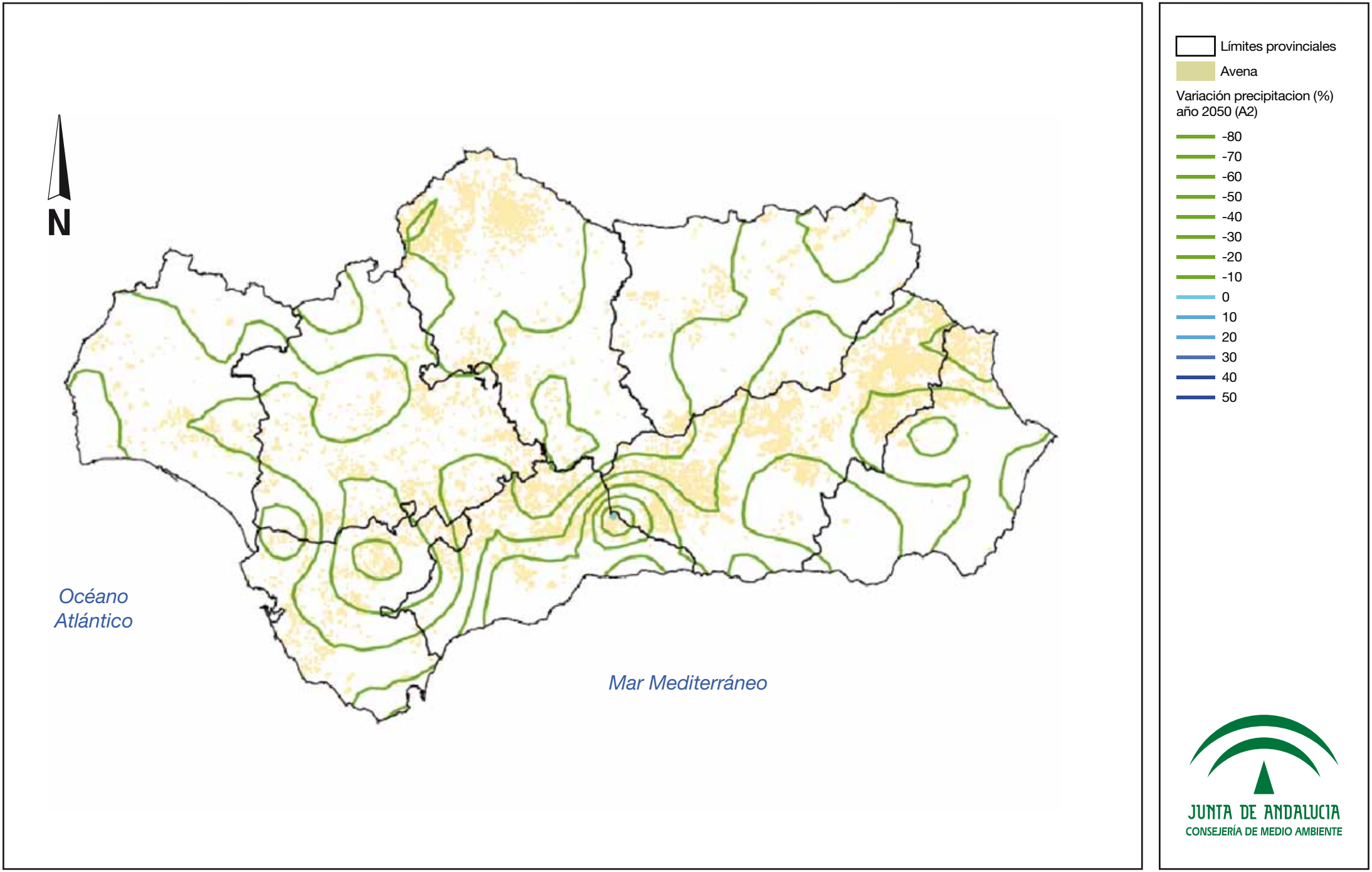
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 51: Vulnerabilidad de la avena por temperaturas máximas en 2050 (A2).



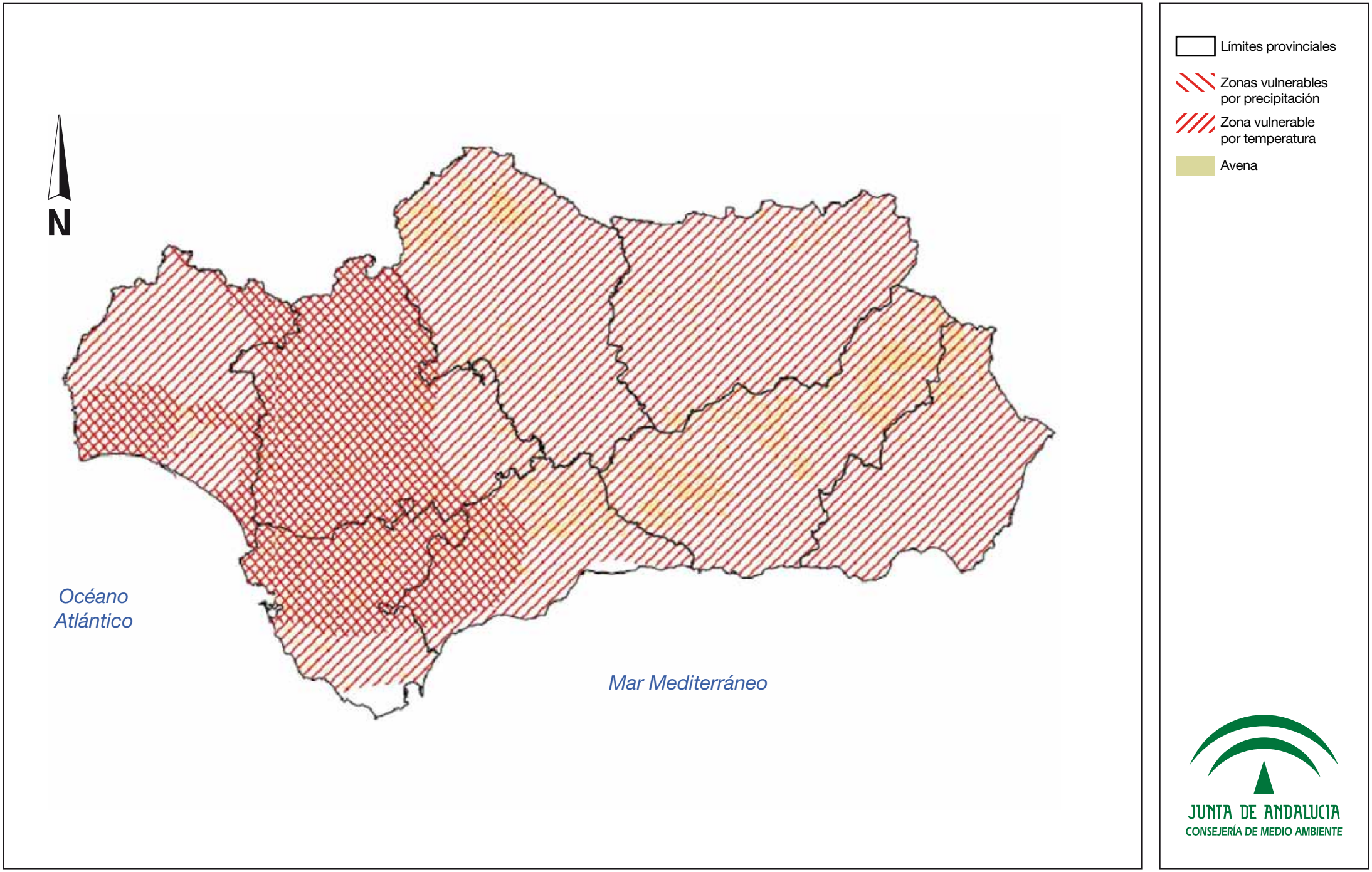
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 52: Vulnerabilidad de la avena por disminución de la precipitación en primavera de 2050 (A2).



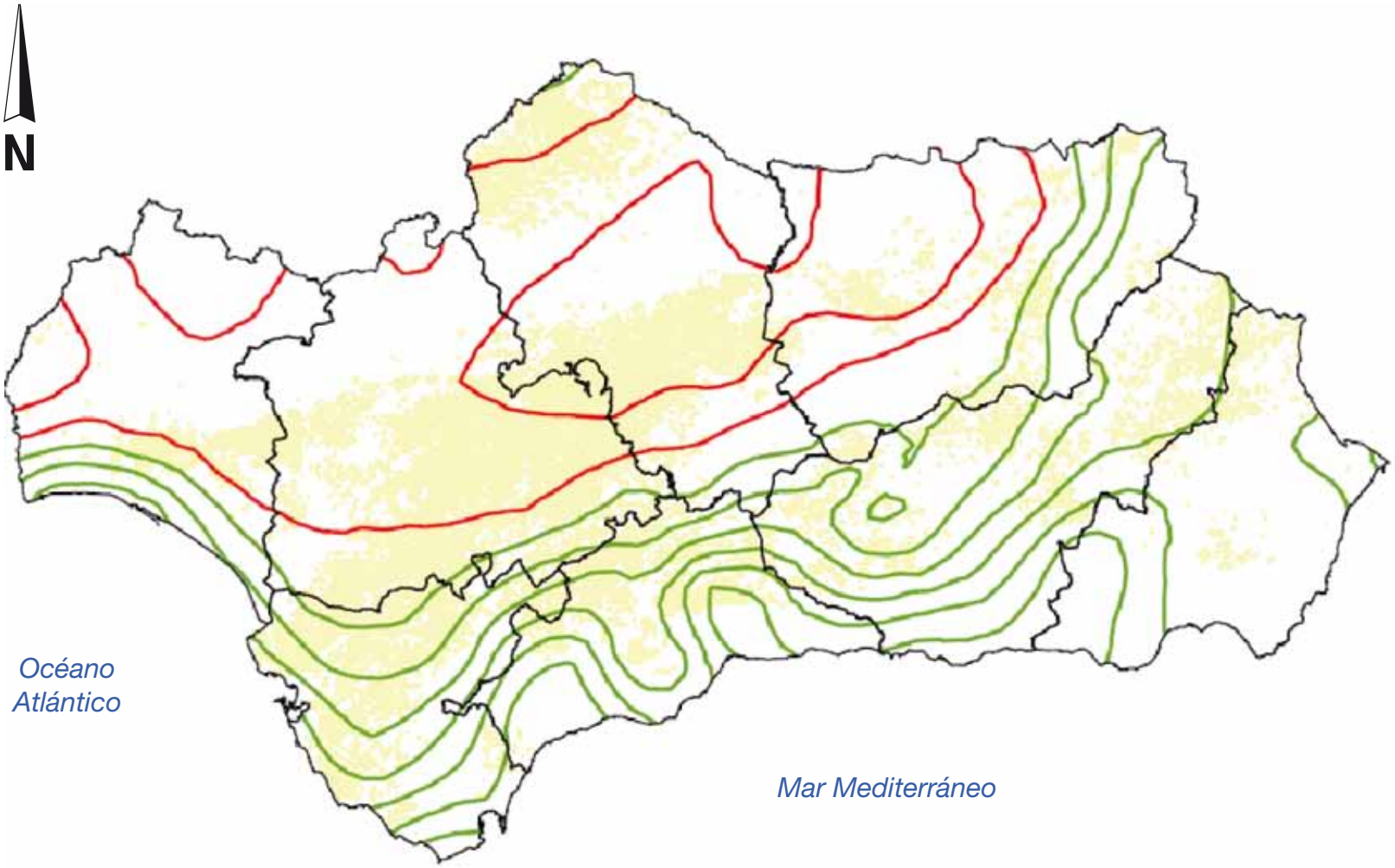
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 53: Vulnerabilidad de la avena por aumento de la precipitación en otoño de 2050 (A2).



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 54: Vulnerabilidad global de la avena en 2050 (A2).



Límites provinciales

Trigo

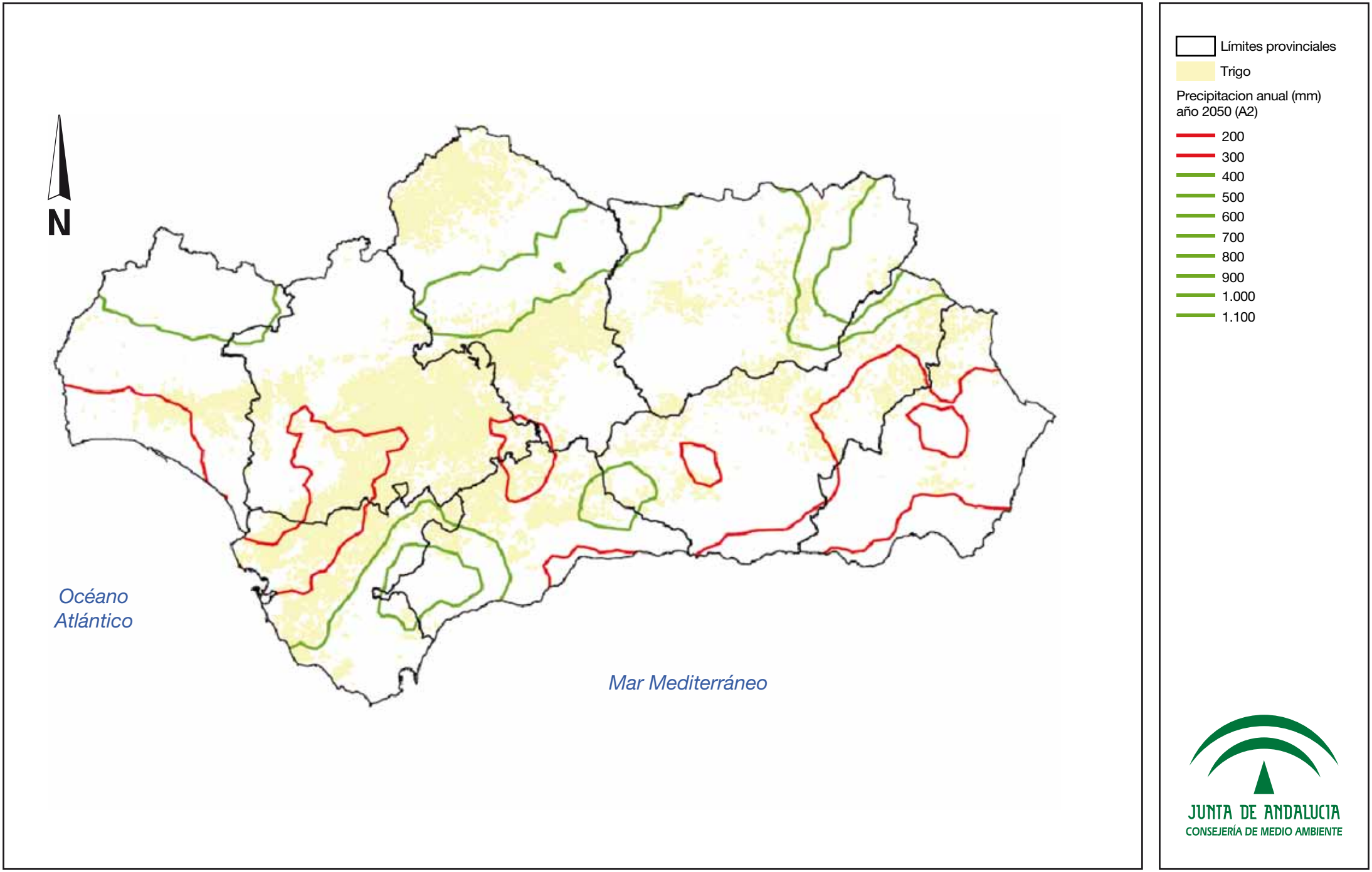
Temperatura máxima (ºC)
junio año 2050 (A2)

- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

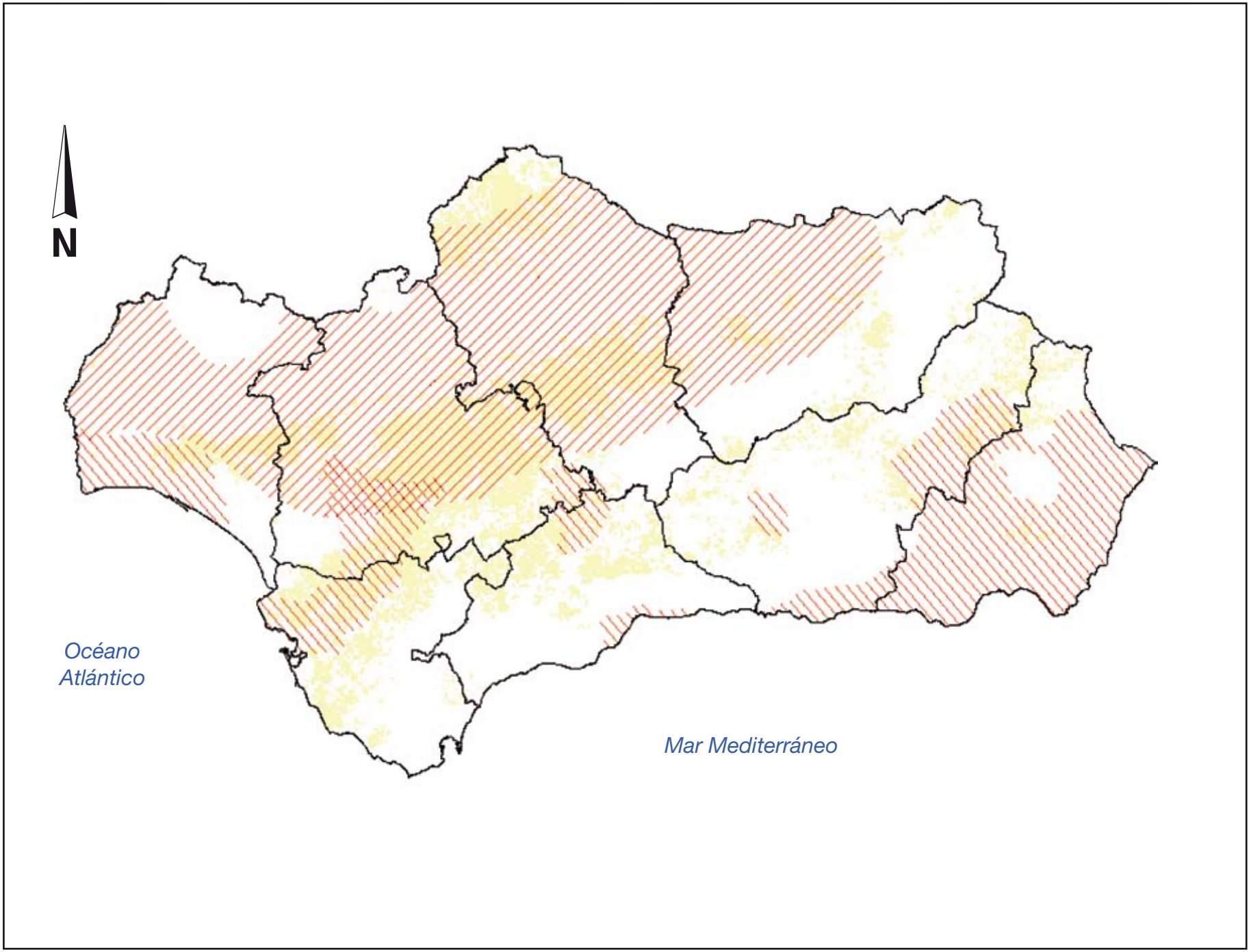
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 55: Vulnerabilidad del trigo por temperaturas máximas en junio - 2050 (A2).



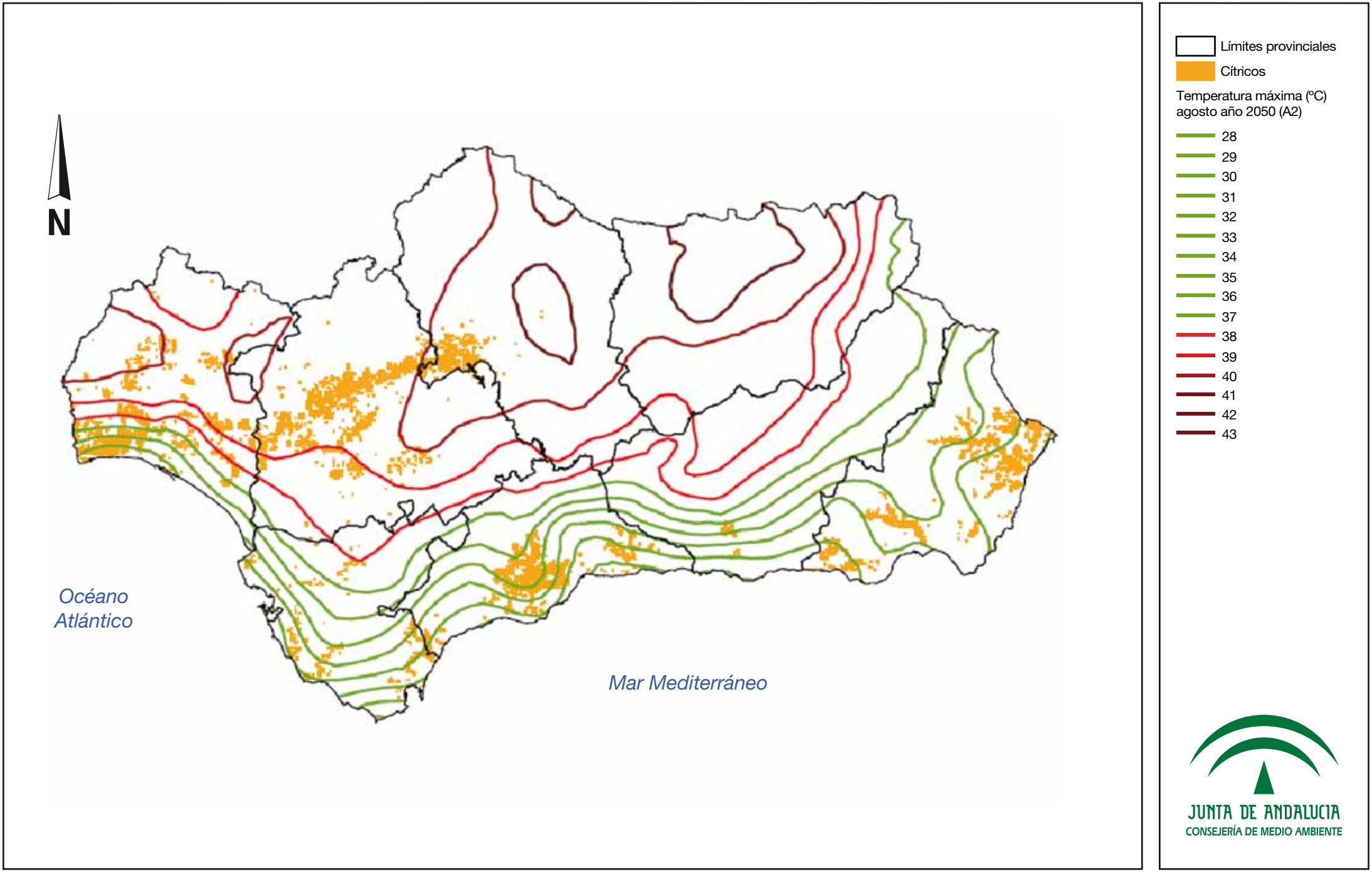
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 56: Vulnerabilidad del trigo por precipitación en 2050 (A2).



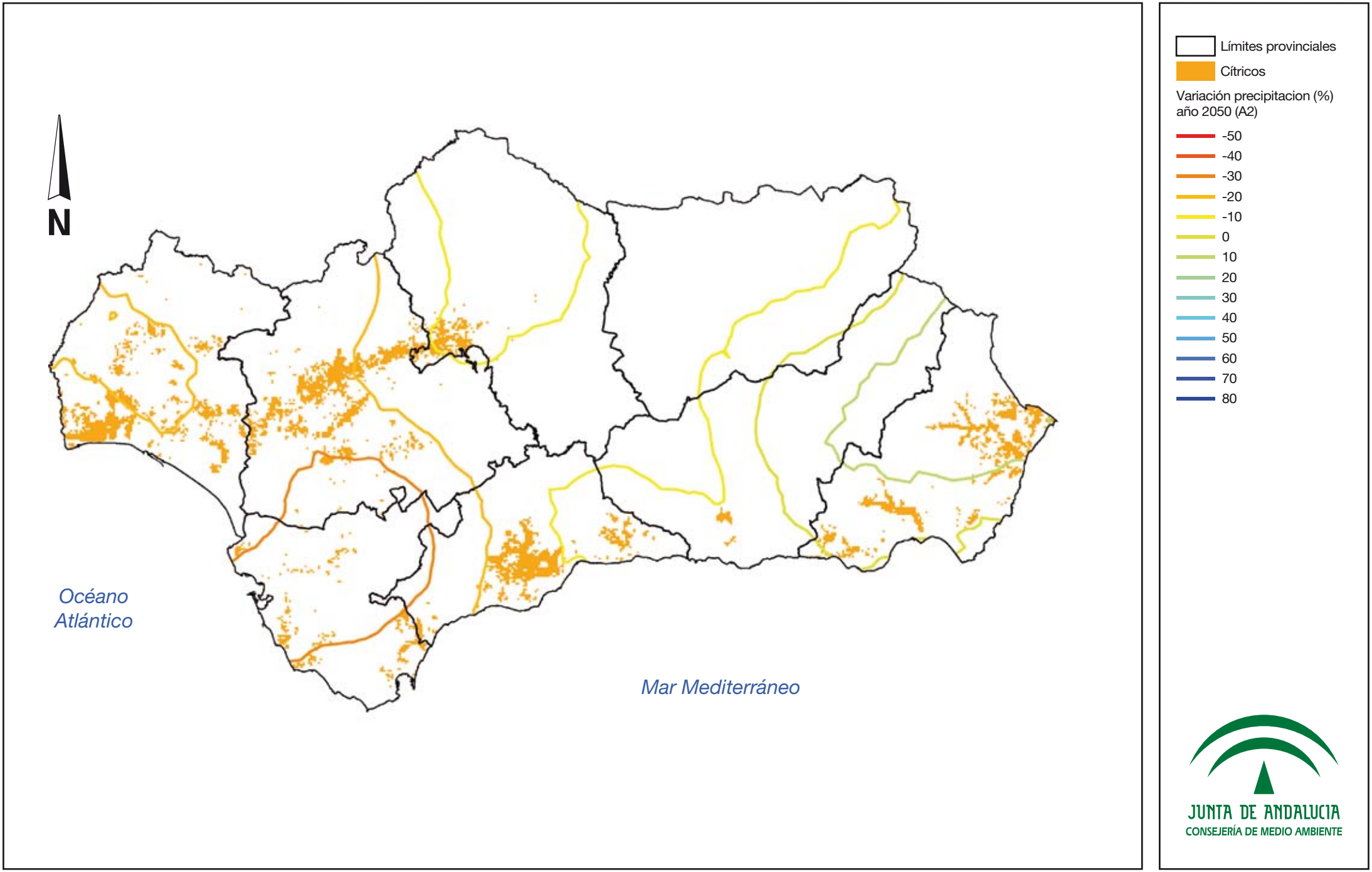
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 57: Vulnerabilidad global del trigo en 2050 (A2).



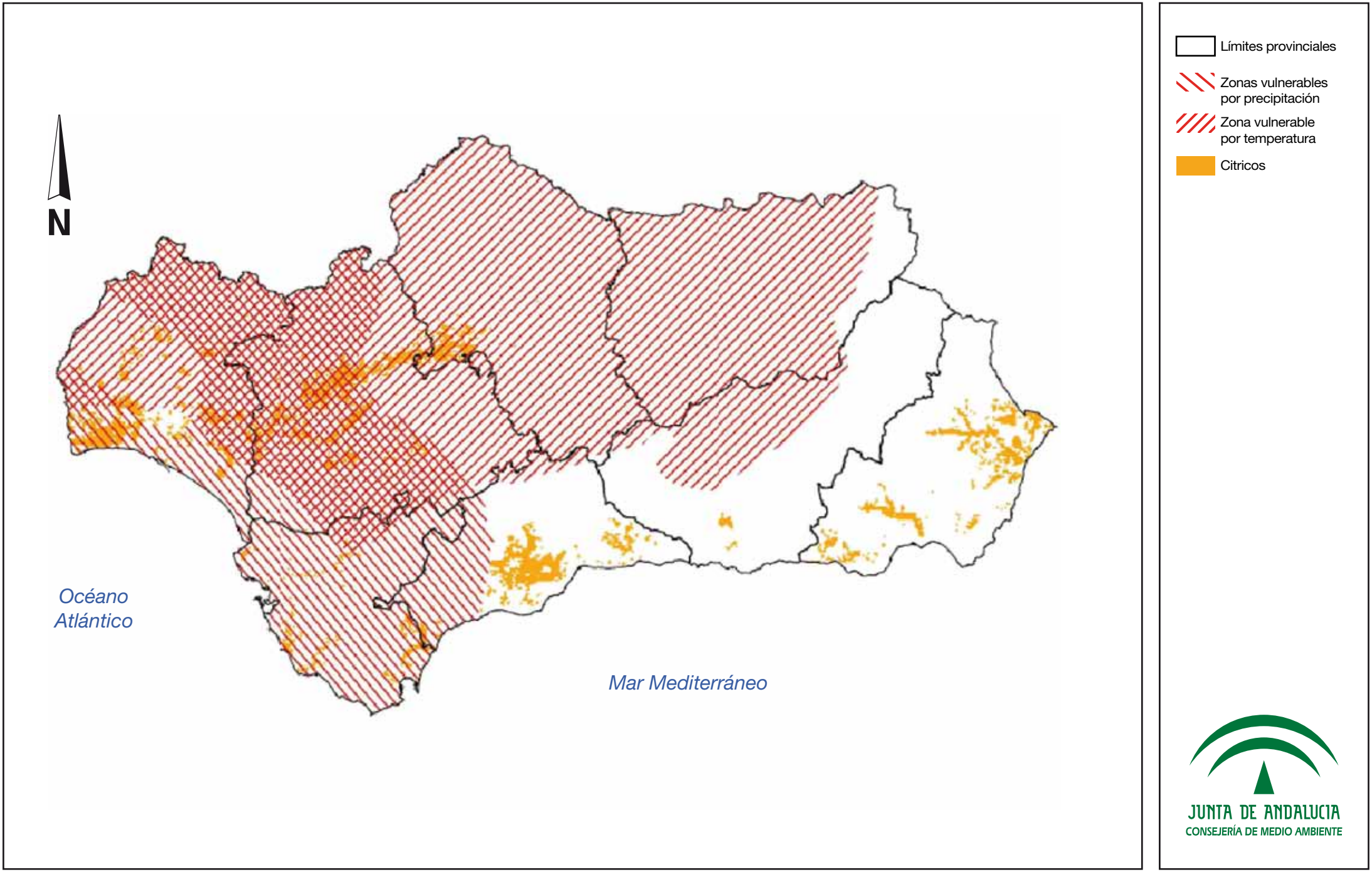
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 58: Vulnerabilidad de los cítricos por temperaturas máximas - 2050 (A2).



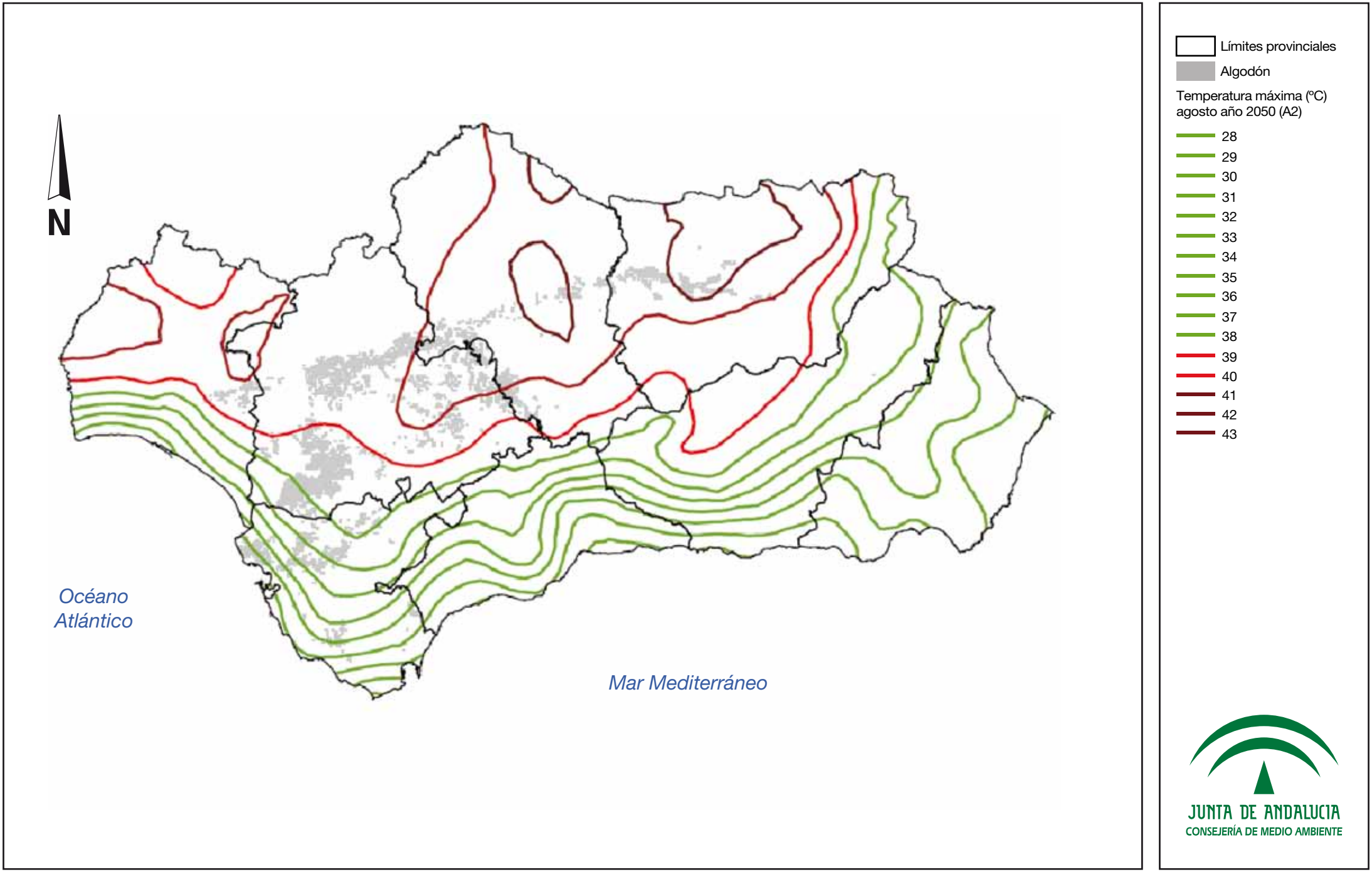
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 59: Vulnerabilidad de los cítricos por variación de la precipitación anual en 2050 (A2).



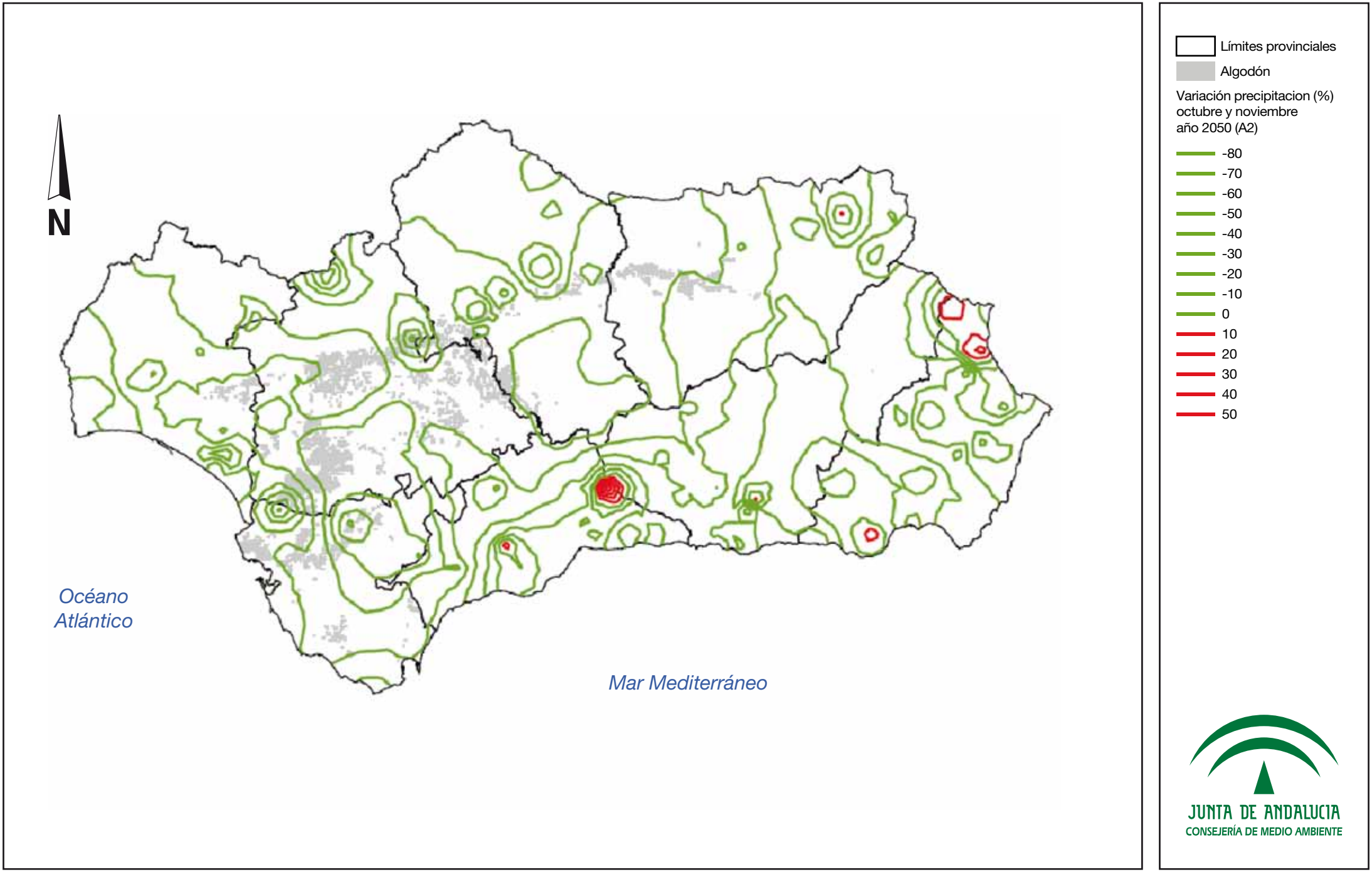
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 60: Vulnerabilidad global de los cítricos en 2050 (A2).



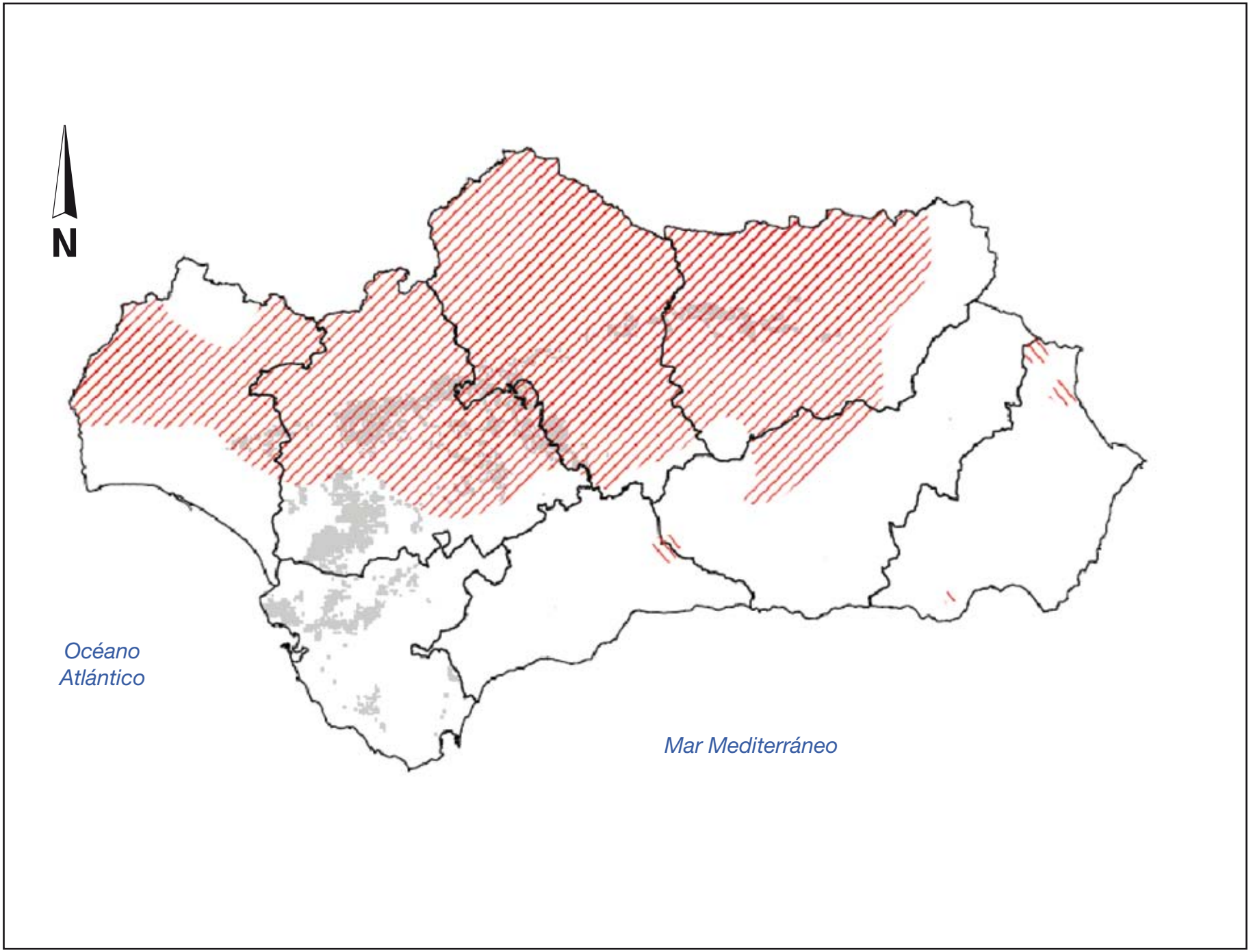
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 61: Vulnerabilidad del algodón por temperaturas máximas 2050 (A2).



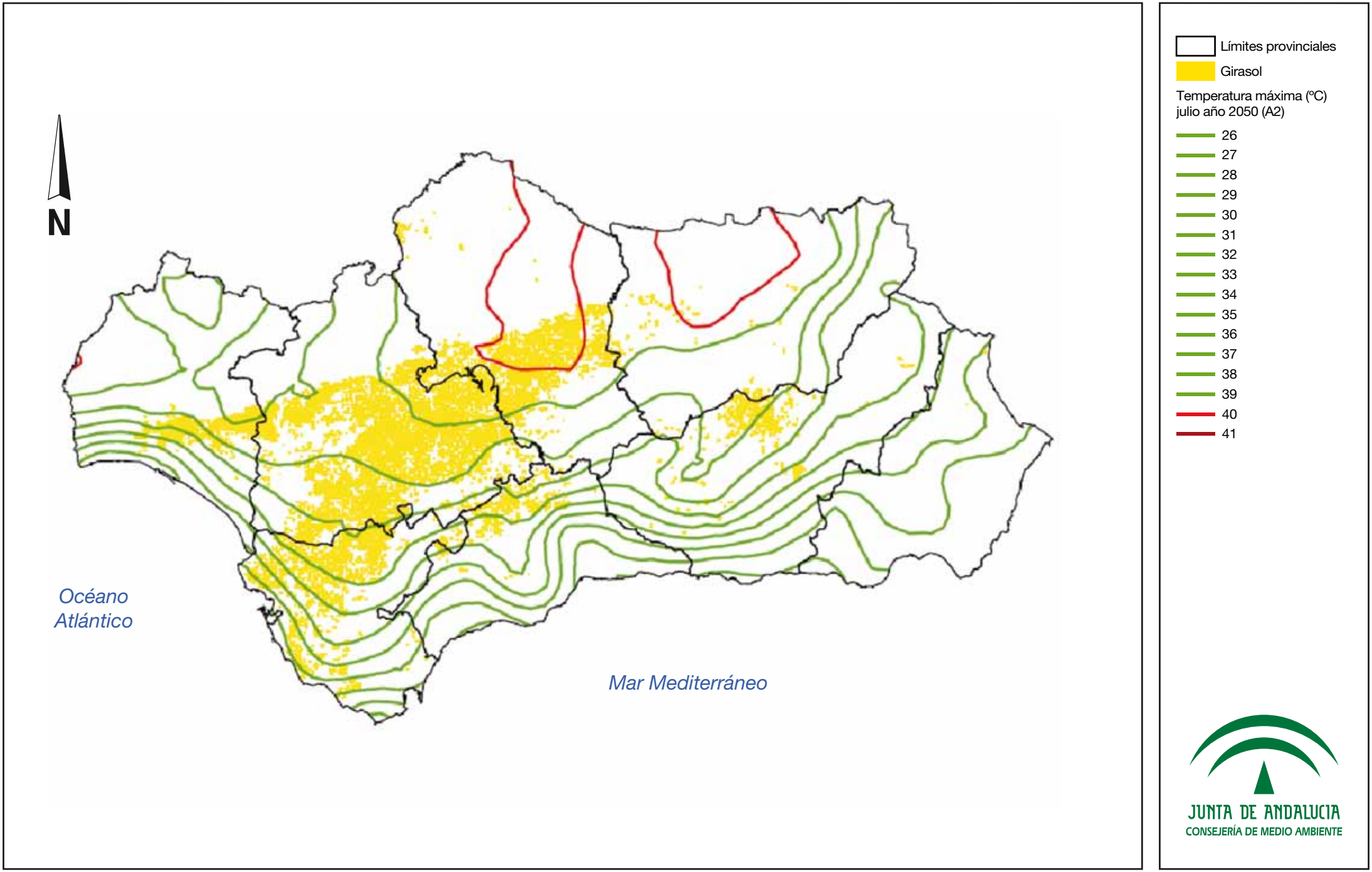
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 62: Vulnerabilidad del algodón por aumento de la precipitación en octubre y noviembre en 2050 (A2).



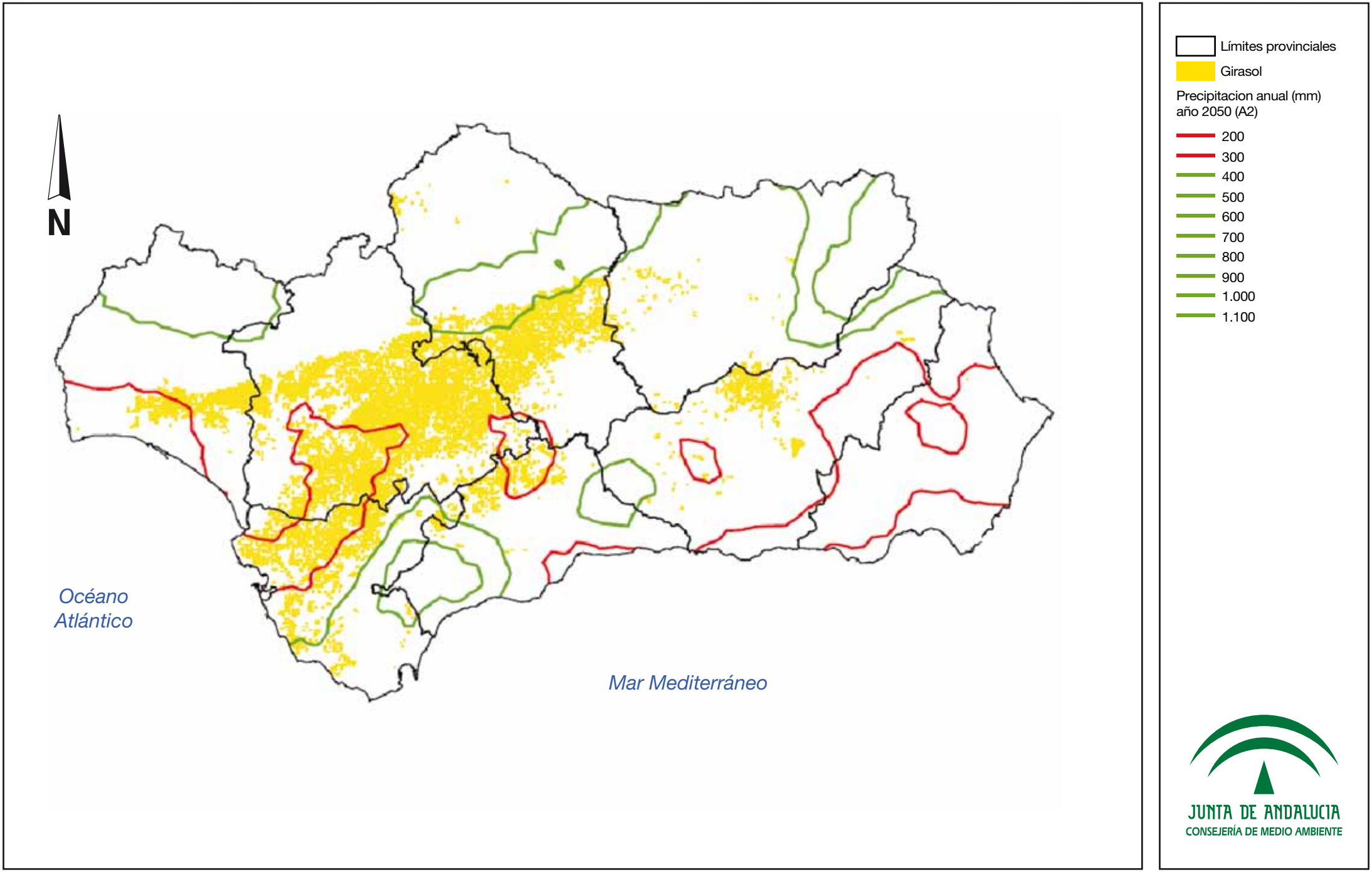
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 63: Vulnerabilidad global del algodón en 2050 (A2).



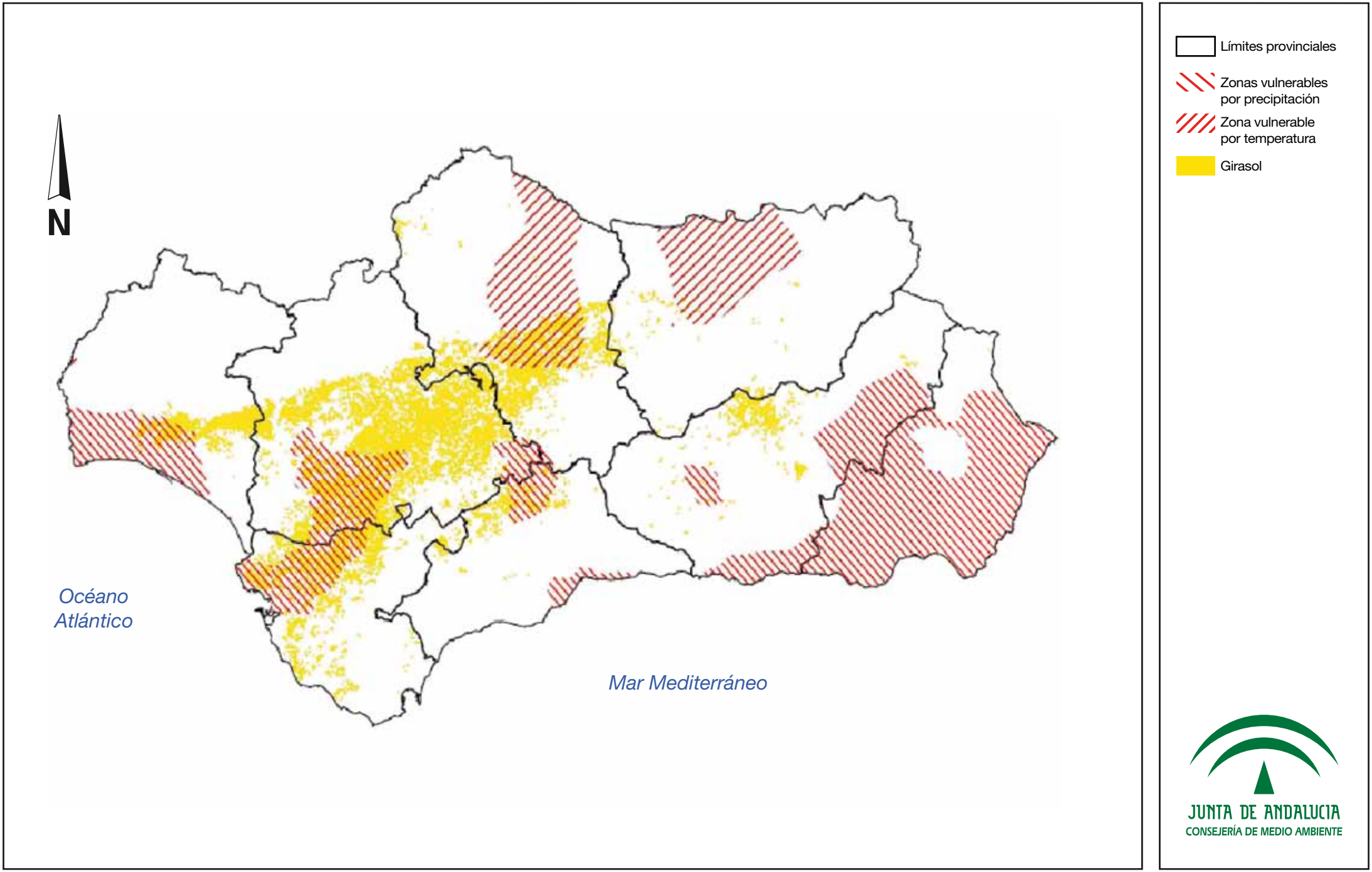
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 64: Vulnerabilidad del girasol por temperaturas máximas en julio - 2050 (A2).



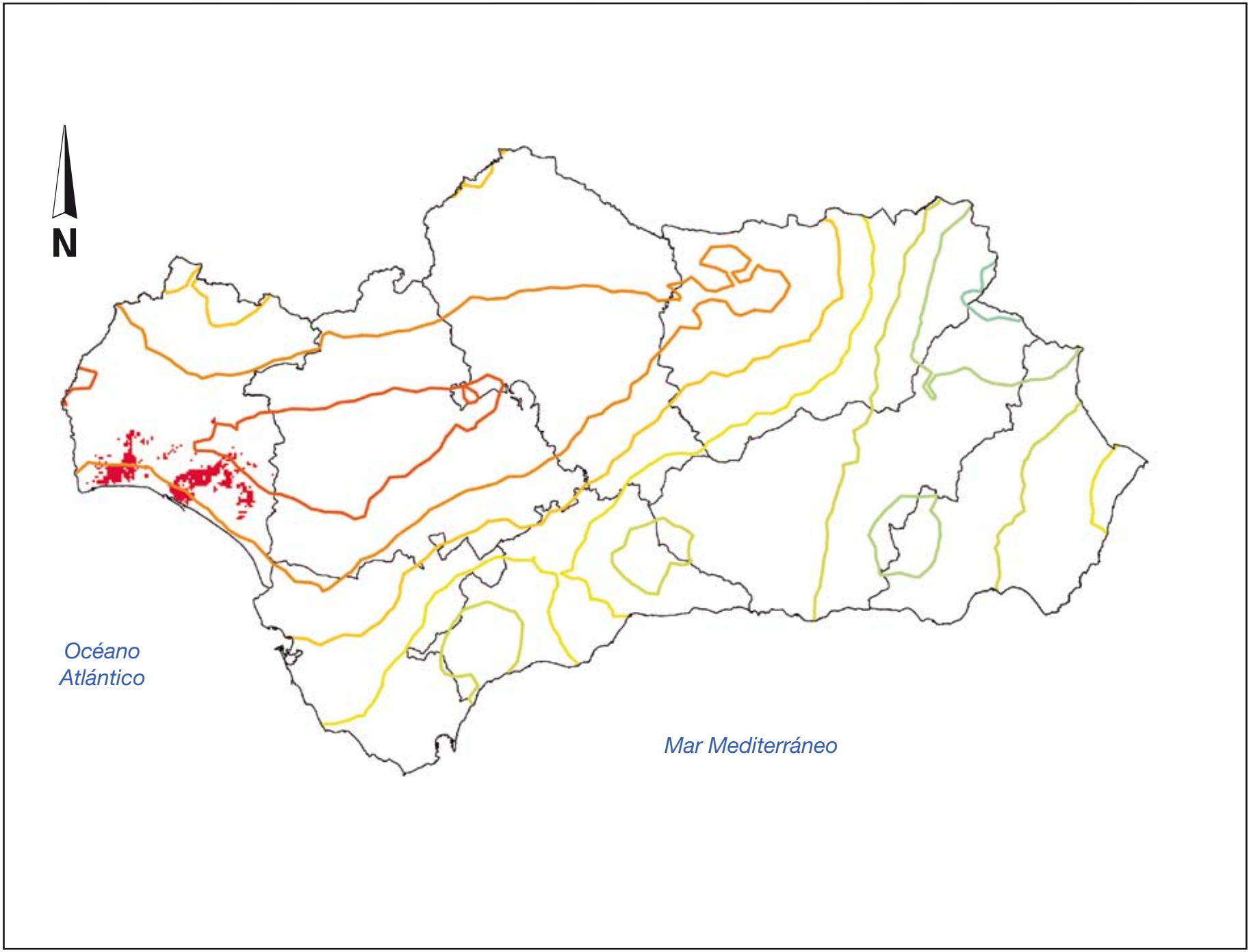
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 65: Vulnerabilidad del girasol por precipitación en 2050 (A2).



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

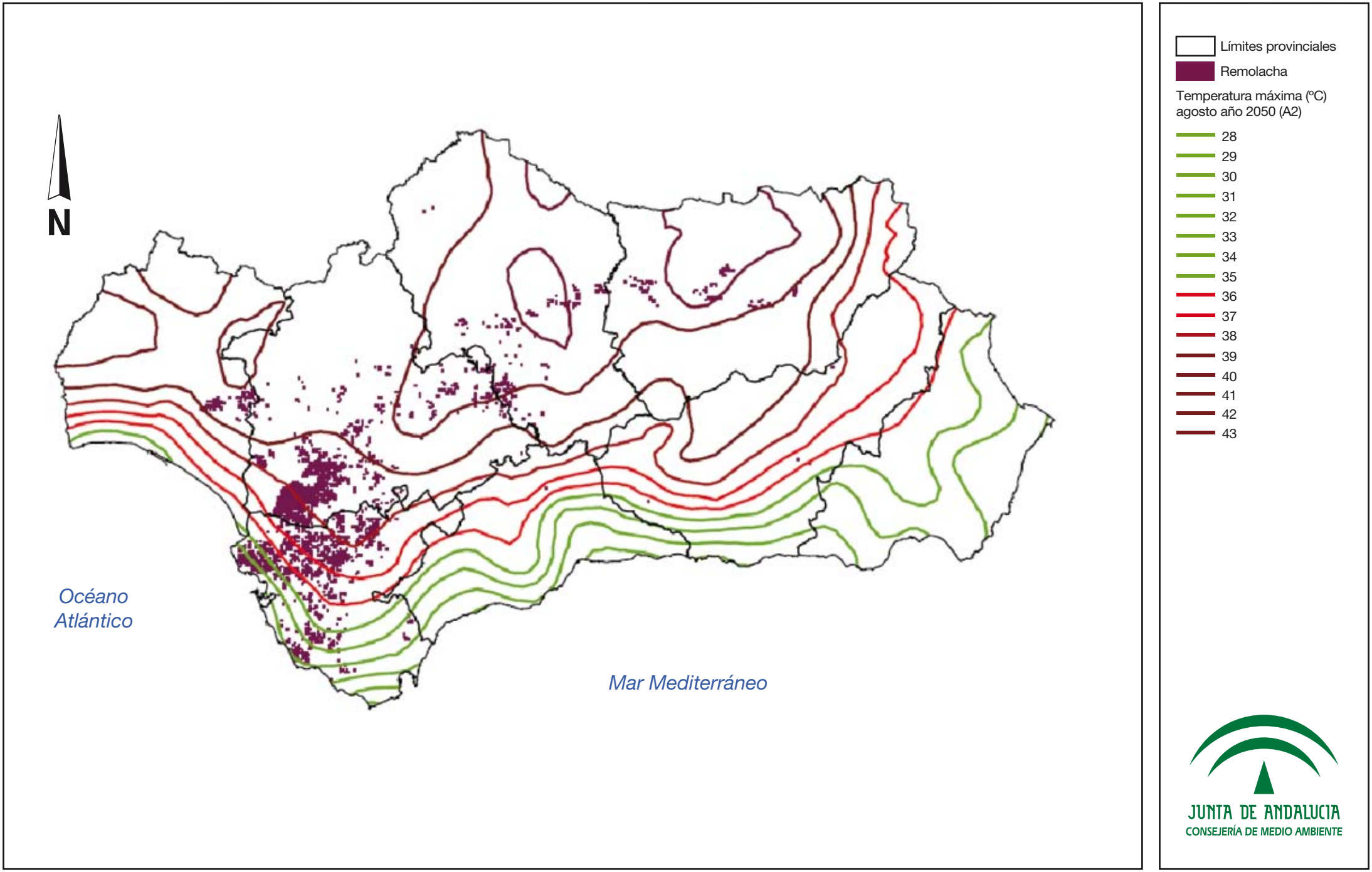
Mapa 66: Vulnerabilidad global del girasol en 2050 (A2).



JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

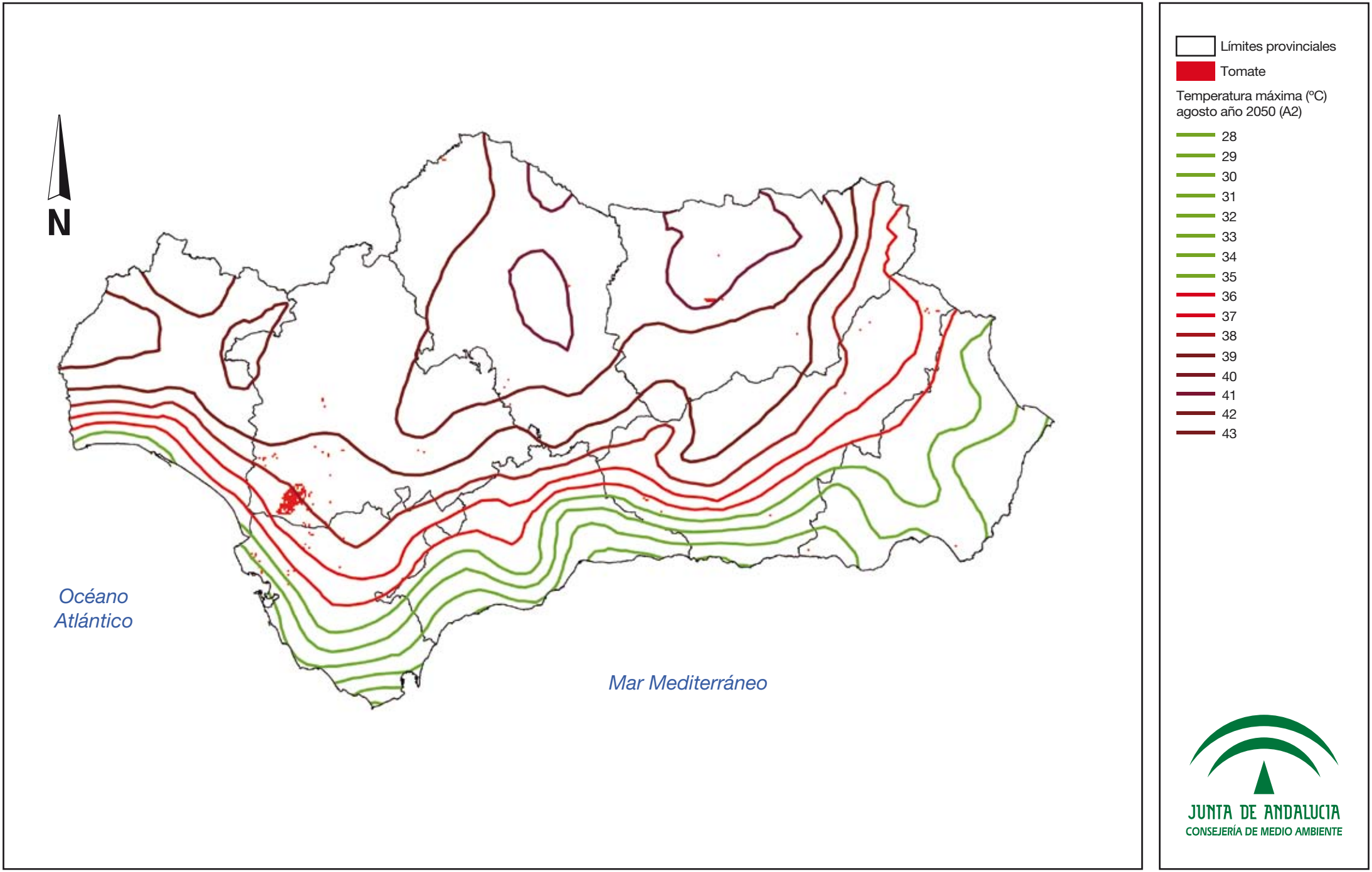
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 67: Vulnerabilidad de la fresa por temperaturas máximas en abril 2050 (A2).



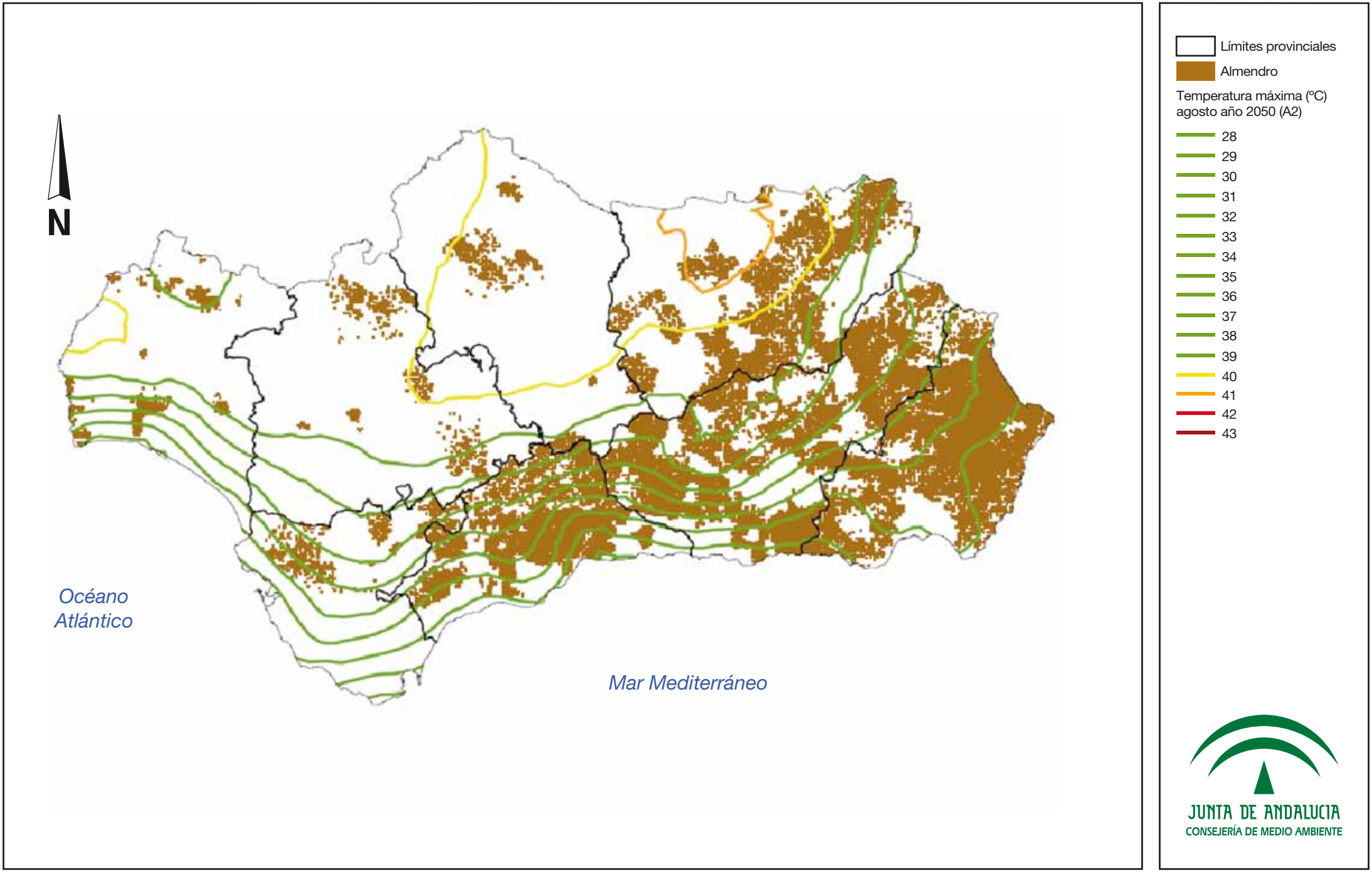
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 68: Vulnerabilidad de la remolacha por temperaturas máximas en 2050 (A2).



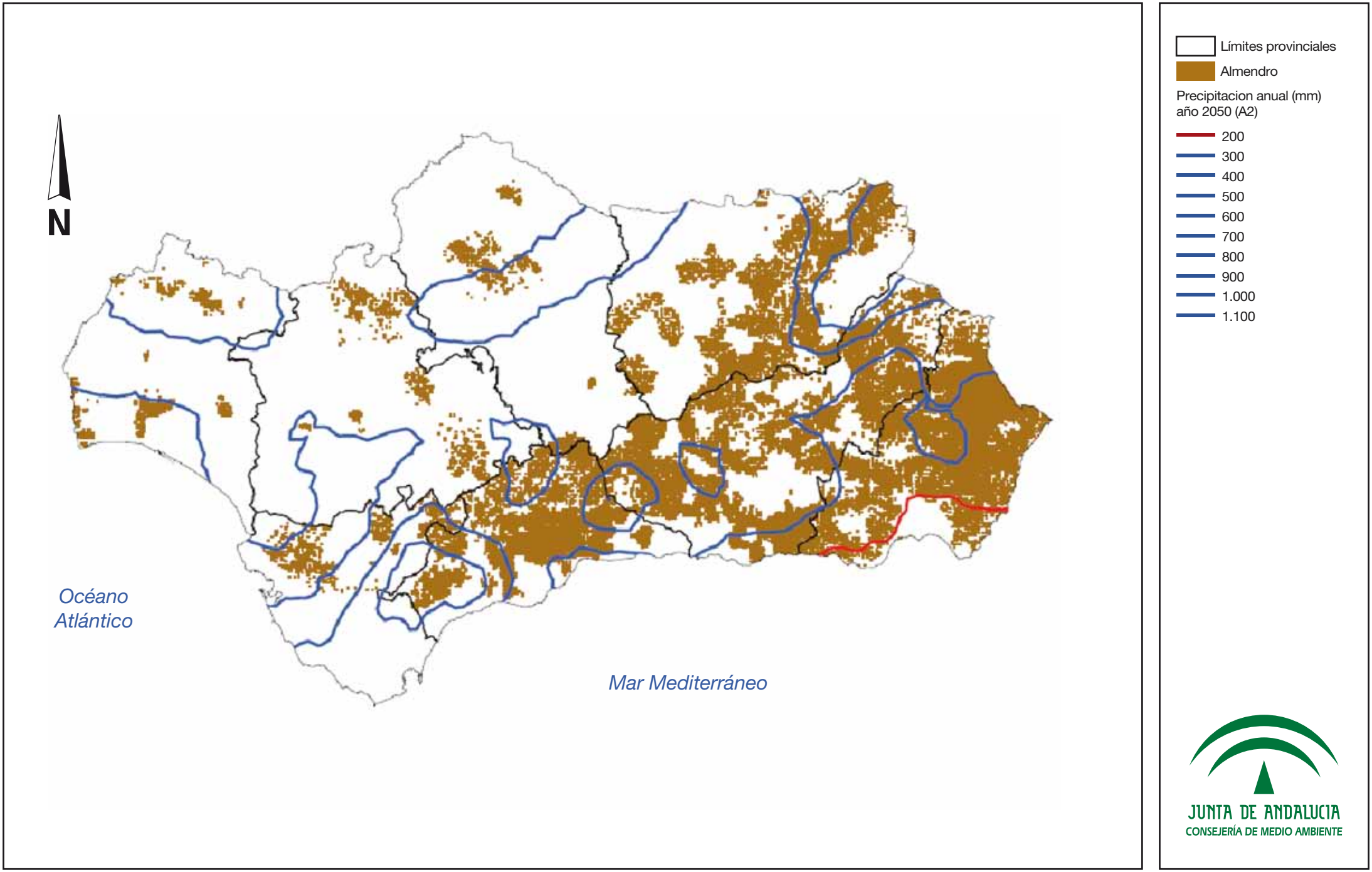
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 69: Vulnerabilidad del tomate por temperaturas máximas en 2050 (A2).



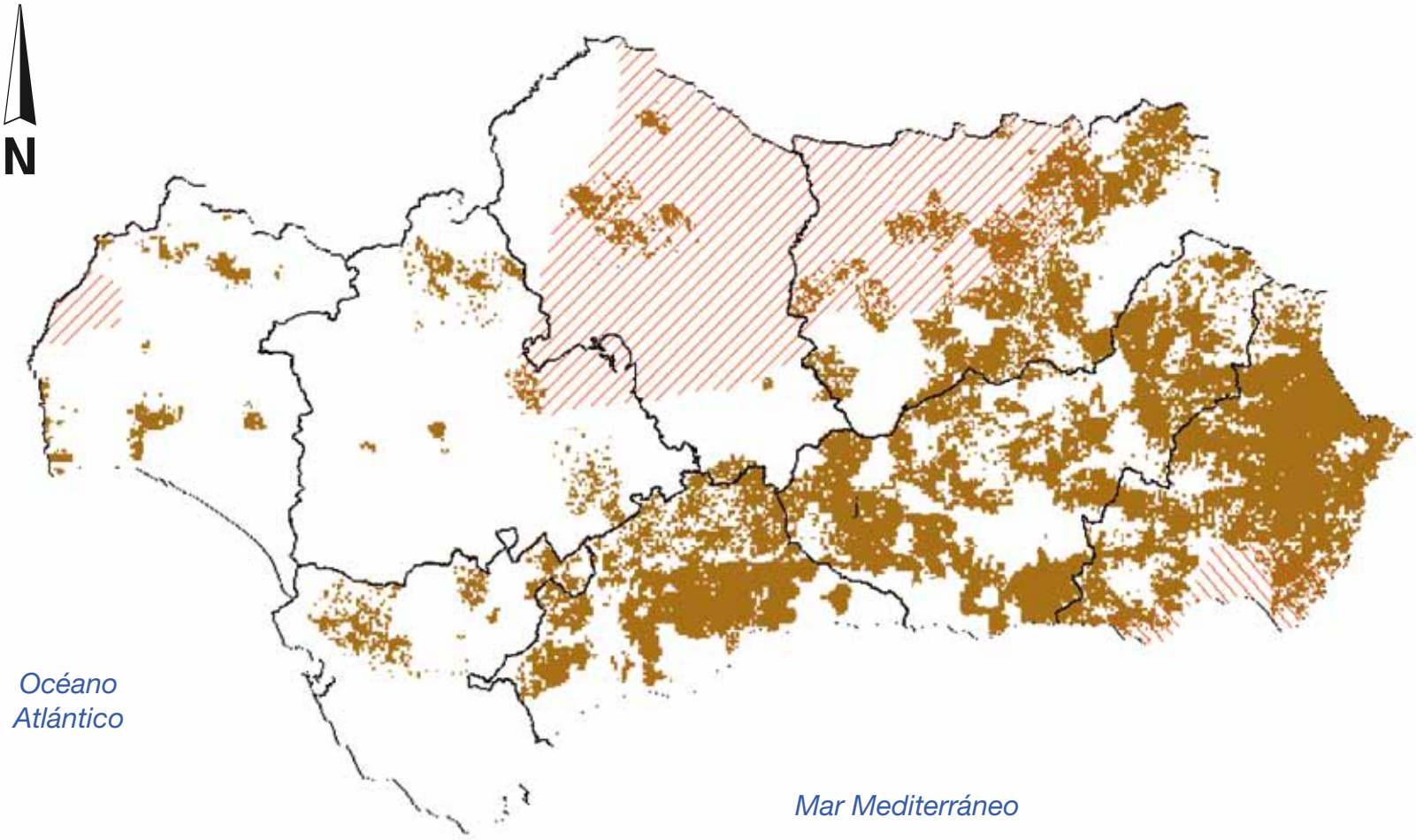
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 70: Vulnerabilidad del almendro por temperaturas máximas en 2050 (A2).



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 71: Vulnerabilidad del almendro por precipitación en 2050 (A2).



Límites provinciales

Zonas vulnerables por precipitación

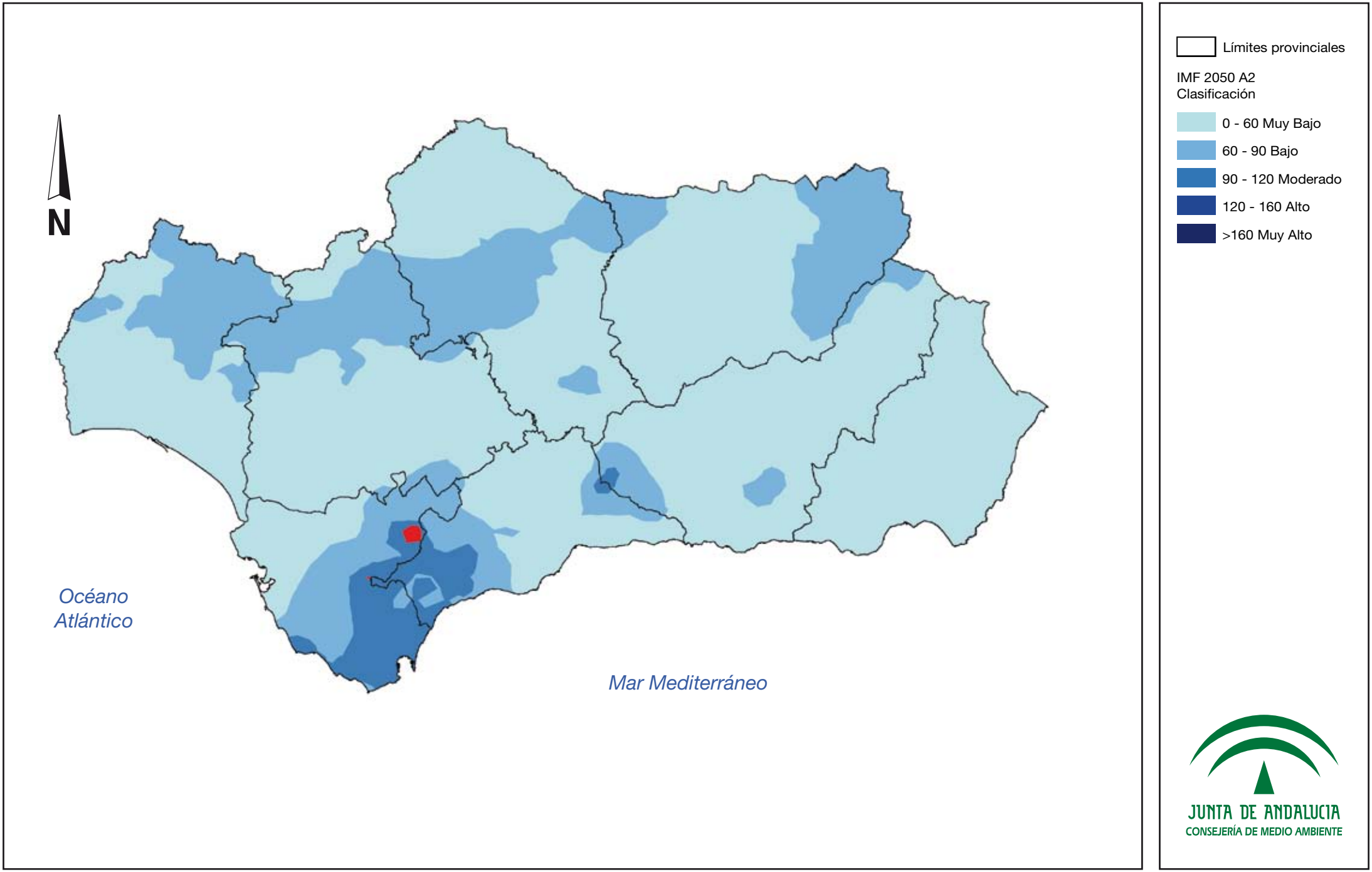
Zona vulnerable por temperatura

Almendro

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

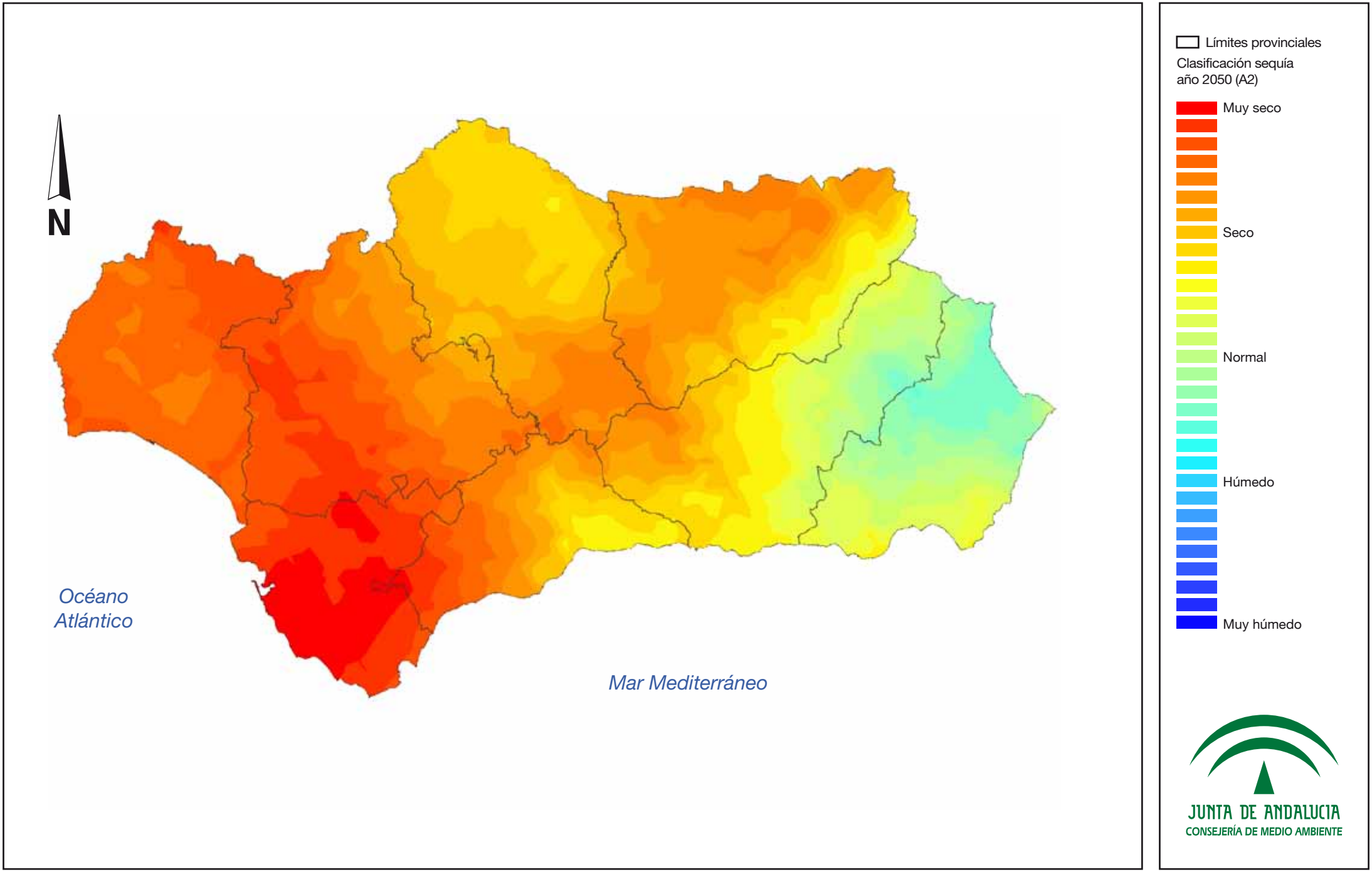
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 72: Vulnerabilidad global del almendro en 2050 bajo el escenario A2.



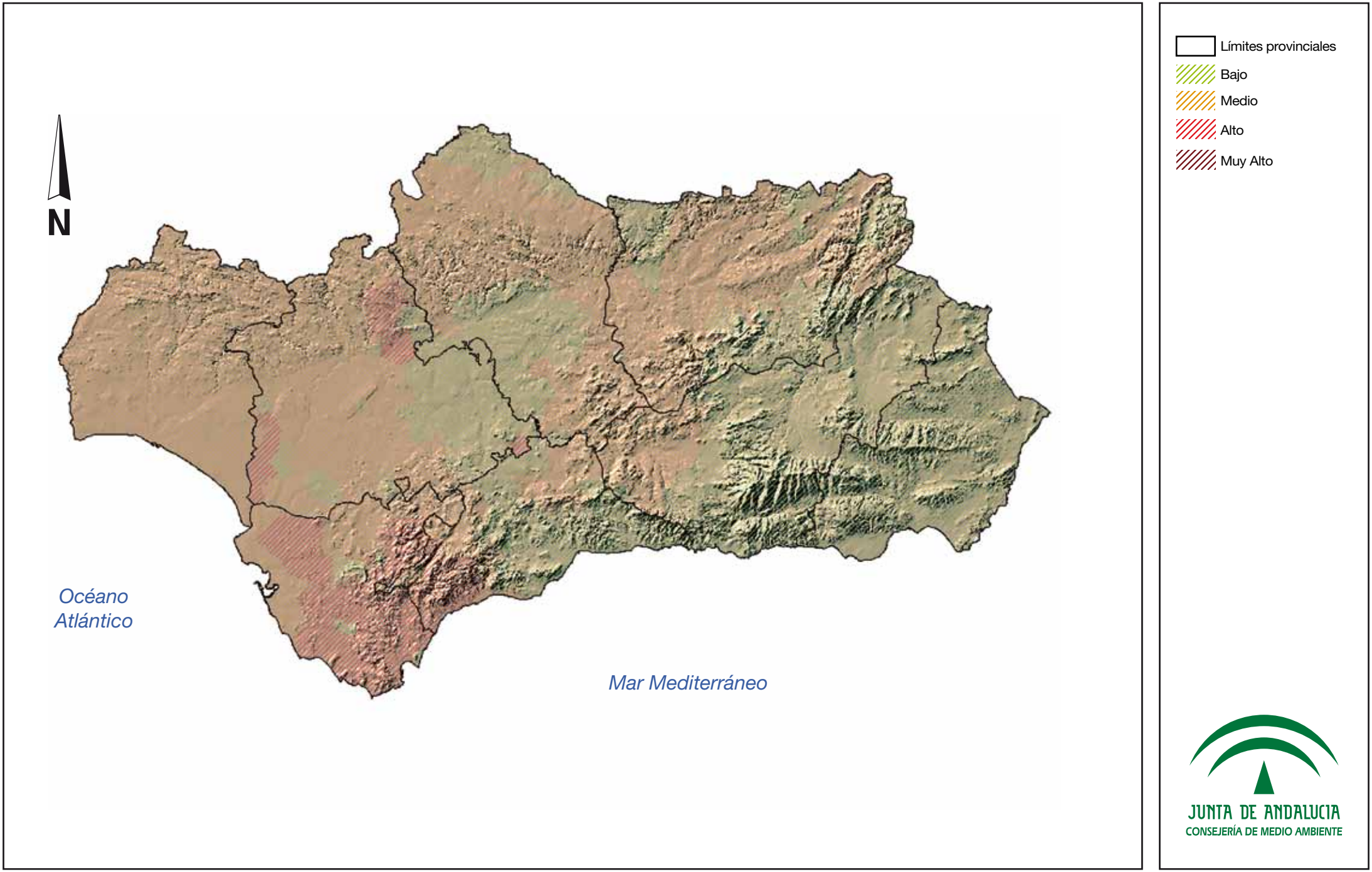
Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 73: Agresividad climática (Índice de Fournier modificado) según datos climáticos modelizados para 2050 (A2).



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 74: Análisis de la sequía: carácter de la precipitación del año 2050 respecto a la del periodo 1061-90.



Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático. Sector Agricultura

Mapa 75: Vulnerabilidad global del sector agrícola por efecto del cambio climático.

11 Anejo 2: Documentación complementaria

1. Red de estaciones meteorológicas: códigos y coordenadas

La siguiente tabla hace referencia a la red de estaciones meteorológicas que se han empleado en este trabajo y son las utilizadas para las modelizaciones regionales del clima, tanto por la AEMET (datos del periodo 1961-90) como por la FIC (datos modelizados para 2050).

Código observatorio	UTM-X	UTM-Y
4638	160.426,3	4.144.212
5038	499.841,8	4.195.866
5060	567.893,1	4.190.754
4556	192.685,2	4.196.694
4558	186.477,9	4.200.075
4575	114.023,3	4.169.752
4589	136.330,9	4.168.342
4620	180.707,6	4.148.170
4622	185.291,1	4.143.705
4274	326.921,7	4.258.324
4275	337.996,2	4.249.433
4287	352.273,6	4.260.260
4515	173.877,5	4.203.813
5220	457.794,6	4.211.231
5252	441.812,7	4.208.400
5366	378.539,0	4.209.563
5403	403.508,6	4.144.189
5461	331.018,1	4.217.347
5495	302.573,9	4.180.045
5514	443.953,5	4.110.224
5515	446.587,3	4.116.531
5598	361.839,8	4.121.802
4544E	109.175,9	4.145.722
4546I	122.573,8	4.130.542

Código observatorio	UTM-X	UTM-Y
4546M	121.939,4	4.129.491
4549S	122.202,4	4.144.165
6322	554.178,3	4.100.970
6327	570.806,2	4.091.541
6339	594.048,5	4.114.257
6342	582.901,6	4.119.078
6356	556.475,0	4.133.648
5671	295.263,9	4.121.773
5733	231.898,0	4.186.985
5783	243.685,5	4.145.561
5826	197.599,2	4.163.622
5858	193.287,7	4.099.261
5900	216.836,5	4.085.319
5911	288.568,4	4.070.743
5947	270.668,4	4.060.256
5976	218.697,0	4.028.320
6031	315.926,7	4.061.940
6050	292.639,3	4.043.976
6077	331.180,9	4.042.047
6106	346.415,5	4.100.338
6114	328.996,4	4.094.812
6162	377.712,5	4.077.324
6165	376.250,0	4.078.577
6168	375.910,8	4.072.423
6170	372.164,3	4.070.781
6246	463.855,0	4.090.546
6247	462.223,0	4.083.930

Código observatorio	UTM-X	UTM-Y
6268	449.371,7	4.066.890
6295	530.536,7	4.080.506
6308	508.983,9	4.097.873
6309	509.975,4	4.094.324
6370	599.305,6	4.128.499
7045	528.866,4	4.219.096
7054	547.745,4	4.230.126
7194	573.565,8	4.174.192
4286	346.357,5	4.254.820
4532	140.971,7	4.195.792
4541U	100.568,7	4.166.195
4605	149.768,5	4.131.064
4606	199.714,0	4.184.541
4607E	192.533,5	4.186.040
4608E	183.125,3	4.175.902
4614	174.849,5	4.166.340
4621	174.979,4	4.157.229
4638A	160.427,7	4.144.246
5006	506.433,8	4.197.255
5044E	525.312,1	4.131.344
5071E	539.942,0	4.184.102
5112B	488.087,8	4.127.897
5138E	483.562,6	4.174.624
5139	479.079,0	4.192.963
5154A	469.038,1	4.188.846
5180E	511.019,4	4.237.948
5391A	357.662,5	4.242.735

Código observatorio	UTM-X	UTM-Y
5399	345.189,7	4.196.096
5207A	495.221,9	4.232.860
5238	455.658,3	4.221.784
5250	448.439,9	4.215.291
5264B	446.030,4	4.182.329
5270	428.974,6	4.181.538
5330A	415.669,3	4.180.121
5426A	382.894,5	4.163.874
5428A	369.170,8	4.172.559
5459U	329.495,2	4.220.465
5468E	319.490,1	4.180.745
5524A	438.968,8	4.119.811
5524O	429.353,9	4.120.197
5536I	448.205,8	4.138.555
5545E	436.754,6	4.136.781
5555O	418.475,1	4.129.239
5868I	255.002,9	4.119.930
5873A	238.408,8	4.118.420
5771A	216.068,1	4.200.474
5562E	420.404,6	4.124.283
5578U	409.878,8	4.131.014
5603E	356.992,0	4.131.018
5604E	381.253,8	4.143.556
5606E	378.996,1	4.131.869
5608I	360.966,8	4.142.937
5612O	338.136,4	4.126.488
5619E	329.197,8	4.153.085

Código observatorio	UTM-X	UTM-Y
5624I	349.758,5	4.149.247
5651O	286.014,7	4.174.295
5682A	285.712,1	4.134.049
5697E	261.005,2	4.165.873
5702B	259.535,4	4.161.506
5802A	274.435,6	4.126.938
5725E	256.477,4	4.215.691
5739O	242.964,9	4.161.792
5745A	236.531,5	4.152.728
5906O	196.295,3	4.072.604
5919U	298.940,3	4.089.654
6146I	350.543,0	4.063.730
6155A	367.026,7	4.058.996
6155E	367.542,1	4.060.531
5943B	287.545,3	4.062.641
5945B	281.161,5	4.062.335
5969E	220.388,9	4.061.293
5833O	212.124,3	4.135.946
5834A	213.052,8	4.130.670
5836A	207.363,5	4.133.800
5856I	187.544,4	4.111.508
5859I	158.575,8	4.119.892
5983U	238.032,9	4.033.112
6046I	306.813,5	4.054.281
6076O	324.692,5	4.039.779
6097E	376.654,2	4.106.313
6325O	554.576,7	4.077.709

Código observatorio	UTM-X	UTM-Y
6334I	570.589,5	4.117.423
6343	600.856,3	4.122.658
6348E	542.645,3	4.134.187
6357U	567.374,6	4.118.784
6367A	594.030,6	4.137.992
6118A	326.331,1	4.073.288
6119I	335.858,5	4.084.965
6171	372.609,6	4.065.314
6179	387.865,5	4.095.060
7062	536.776,3	4.241.631
7189A	581.249,5	4.167.362
6219	438.328,2	4.065.731
6277A	497.232,6	4.067.073
4642E	153.324,9	4.132.806
5393	353.339,0	4.211.519
6143	342.803,0	4.058.785
4258	275.953,4	4.245.055
4563	166.902,0	4.198.412
6120	339.528,5	4.089.056
6269	453.464,8	4.067.643
6307	507.745,4	4.100.179
4602	148.284,8	4.153.212
6150U	362.526,2	4.090.872
5856	183.498,2	4.115.672
6200	402.875,7	4.067.292
5468	320.143,8	4.188.469
4527E	150.697,8	4.211.199

Código observatorio	UTM-X	UTM-Y
6292O	526.356,3	4.071.872
6000A	504.065,1	3.904.246
4267E	314.320,3	4.263.513
4548C	114.613,0	4.124.729
4560	177.630,0	4.198.228
5641U	315.826,2	4.154.303
5972	212.737,6	4.040.437
5402	337.195,1	4.189.967
5796	270.661,0	4.115.146
4603	148.381,6	4.143.944
5960	226.414,4	4.070.852
5973	206.063,1	4.047.350
5000A	293.593,3	3.975.015
6258	456.540,7	4.086.109
5171A	436.133,9	4.199.510
5442E	331.702,0	4.197.283
6152E	373.192,1	4.089.419
4524	152.068,7	4.207.214
4528	154.131,1	4.202.244
4554E	134.546,4	4.127.542
4581	149.137,1	4.191.801
4599	137.067,3	4.152.370
4605B	149.262,8	4.130.873
5053E	523.359,0	4.186.068
5085	510.104,3	4.192.943
5112A	488.026,2	4.128.230
5202	510.053,8	4.233.786

Código observatorio	UTM-X	UTM-Y
5210	499.115,3	4.224.836
5279U	444.592,7	4.223.483
5298C	405.844,8	4.209.080
5346O	388.655,0	4.227.021
5366A	378.539,0	4.209.563
5429U	371.163,7	4.185.502
5530E	431.087,6	4.116.300
5562O	420.069,9	4.115.199
5611I	340.693,1	4.118.170
5623E	354.125,3	4.159.647
5625A	344.088,3	4.167.600
5693I	262.184,0	4.164.151
5729	240.760,4	4.207.910
5744S	233.416,7	4.154.438
5790	233.574,8	4.139.713
5813E	227.556,2	4.142.784
5818	215.484,9	4.136.909
5853E	183.658,2	4.123.235
5860G	182.767,4	4.106.173
5870A	245.004,1	4.116.062
5932	253.844,4	4.075.993
5988	241.643,7	4.020.509
5998A	313.295,0	4.122.897
6001	265.065,3	3.988.187
6006	279.640,9	4.000.654
6025U	281.745,9	4.011.703
6106B	344.020,4	4.099.772

Código observatorio	UTM-X	UTM-Y
6139	334.132,9	4.066.351
6199	401.432,7	4.071.469
6201	407.123,2	4.070.329
6249	444.245,3	4.097.897
6297	548.635,6	4.076.586
6328N	571.071,1	4.074.746
6364	575.291,9	4.156.920
6376E	340.900,2	4.109.386
7056	539.239,8	4.218.462

2. Procedimientos de cálculo

A continuación, se detalla el procedimiento seguido para la obtención de los diferentes grados de vulnerabilidad asociados al sector de la agricultura por efecto del cambio climático.

En el presente documento, se han obtenido diferentes grados de vulnerabilidad del sector de la agricultura frente al proceso del cambio climático. Estos grados o índices de vulnerabilidad se han determinado según los datos climáticos modelizados por la FIC para el año horizonte 2050, bajo el escenario de emisiones A2.

Los grados representados en el Mapa 75 “Identificación de zonas de vulnerabilidad”, se dividen en cuatro categorías:

Clasificación de la vulnerabilidad

- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

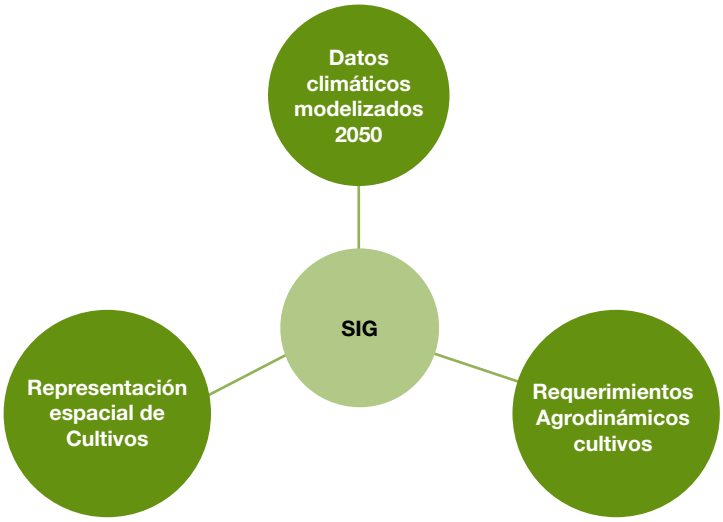
Estas categorías se definen a partir de los análisis previos de vulnerabilidad (V), que a su vez están determinados por la integración de diversas variables y datos y por la elaboración de distintos análisis. El esquema y la estructura de dichos trabajos es el siguiente:

- Evaluación de la vulnerabilidad (V) según cultivos, escenarios de emisiones y estaciones del año

La vulnerabilidad (V) se determina a partir de los limitantes agroclimáticos de las especies cultivares en Andalucía, de los cambios en las variables de precipitación y temperatura y de los propios cambios en el uso de la tierra.

Mediante un Sistema de Información Geográfica, se alcanzan los distintos grados de vulnerabilidad de cada tipo de cultivo frente al cambio climático, en función de los parámetros climáticos pronosticados para la década de 2050 y de los requerimientos agroclimáticos de los cultivos.

El esquema siguiente expresa los inputs que proporcionan los resultados en cuanto a la determinación de la vulnerabilidad de los cultivos analizados.



Fuente: Kovats *et al*., (2003).

Una vez introducidos estos inputs o datos de entrada, se realizan consultas en el SIG para la determinación, a nivel espacial, de los cultivos que se verán afectados por los cambios en la temperatura y la precipitación. Las consultas suministran información sobre aquellos territorios en los que se hallan: por una parte, el cultivo analizado y, por otra, esos mismos territorios que se encuentran en una zona climática no apta para dicho cultivo, debido a la existencia de unos parámetros climáticos en 2050 que se encuentran fuera de los umbrales de los requerimientos agroclimáticos del cultivo analizado.

A este nivel de análisis, la vulnerabilidad no presenta distintos grados. Únicamente se precisan como vulnerables los espacios geográficos en los que confluyen la existencia del cultivo analizado en la actualidad y las condiciones climáticas en 2050 no aptas para dicho cultivo.

- Elaboración del análisis de vulnerabilidad vinculada a eventos meteorológicos extremos para el sector de la agricultura

A través del análisis de vulnerabilidad vinculada a eventos meteorológicos extremos se identifican los eventos climáticos extremos que tienen un impacto negativo sobre la agricultura.

Mediante el análisis de los datos correspondientes a la modelización de escenarios en 2050 (A2), se definen las áreas con mayor peligrosidad o amenaza por eventos climáticos extremos asociadas a temperatura y precipitación en el año horizonte.

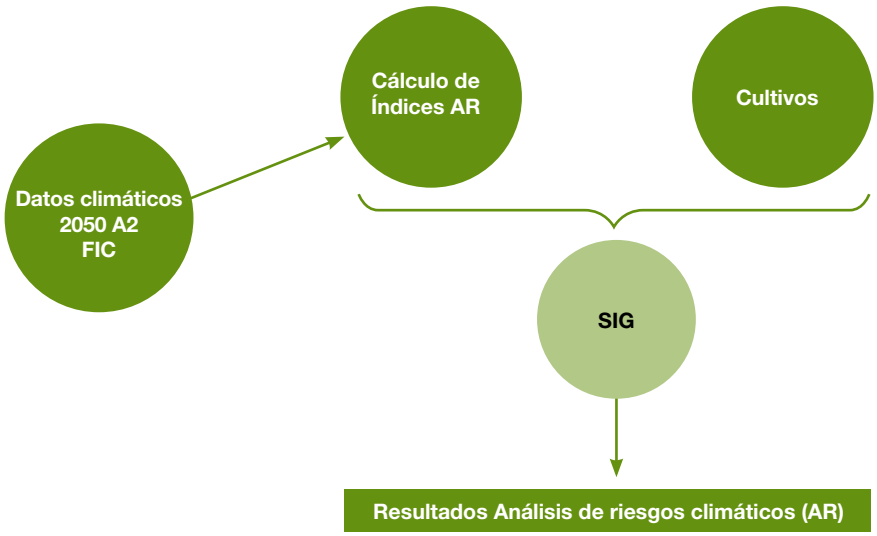
El análisis de vulnerabilidad vinculada a eventos meteorológicos extremos se define como la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de fenómenos extremos o sucesos desastrosos en una zona determinada.

Los datos que se emplean para obtener el análisis de vulnerabilidad vinculada a eventos meteorológicos extremos desde el punto de vista geográfico con incidencia en el sector de la agricultura, son básicamente las variables climáticas de temperatura y/o precipitación modelizadas para el año 2050 (A2) por la Fundación para la Investigación del Clima (FIC).

Con estas variables climáticas se han calculado diversos índices climáticos que son indicadores de los grados de vulnerabilidad vinculada a eventos meteorológicos extremos. Entre éstos, se encuentran los siguientes:

- Erosividad pluvial y/o factor de concentración de la precipitación *(Precipitaciones Máximas diarias).*

- Análisis de la sequía (Precipitaciones anuales).



- Vulnerabilidad bruta entendida como impacto potencial

Las zonas de vulnerabilidad bruta total se obtienen como resultado de integrar los dos índices: la vulnerabilidad agroclimática y la vulnerabilidad asociada a eventos climáticos extremos, estando en un 50% constituidas por el primero de los índices y en otro 50%, por el segundo.

$$V_{total} = V_{requerimientos\ agroclimáticos} + V_{eventos\ extremos}$$

La vulnerabilidad por requerimientos agroclimáticos constituye un 50% del total, por lo que los territorios vulnerables frente al cambio climático para alguno de los cultivos analizados, suponen un 50% del valor de vulnerabilidad bruta final.

En cuanto a la vulnerabilidad asociada a eventos meteorológicos extremos, que supone igualmente otro 50% del valor bruto total, se realiza una ponderación en función de los 2 aspectos analizados: la erosividad pluvial y la sequía.

Considerando estos dos factores, se otorga a cada uno de los mismos un valor del 25% respecto del total. Teniendo en cuenta este hecho, se obtiene la siguiente escala de valores para el cálculo del valor de *vulnerabilidad bruta total*:

Vulnerabilidad (V)	Peligrosidad o Amenaza Climática (PA)		Riesgo (R)
Vulnerabilidad Cultivo	**Erosividad Pluvial**	**Sequía**	**Riesgo Total**
50%	**25%**	**25%**	**100%**

Fuente: Ecocrop (FAO, 2000).

Según el porcentaje para cada uno de los factores de la tabla anterior, se establece una clasificación en función del grado de vulnerabilidad bruta.

Grado	Porcentaje
Bajo	0 – 24
Medio	25 – 49
Alto	50 – 74
Muy Alto	75 – 100

Fuente: Elaboración propia.

3. Inventario de fuentes

Título	Organismo	Descripción
www.fao.org/sd/climagrimed	FAO	El objetivo es el conocimiento de las consecuencias de las variaciones del clima en el sector de la agricultura de Italia. Su propósito es conocer a fondo la relación entre la agricultura y las variaciones del clima. Estas metodologías posteriormente se pueden adaptar y aplicar con buenos resultados en los países en desarrollo en la región del Mediterráneo.
www.fao.org/sd/EIdirect/climate/EIsp0002.htm	FAO	Serie de 53 mapas de Cambio Climático Global en formato digital y georreferenciados. Los datos se utilizan a través del programa informático WinDisp, disponible en la misma web.

Título	Organismo	Descripción
www.fao.org/tc/tca/esp/index_es.asp	FAO	Contribuir a la información agrícola, ganadera, forestal, pesquera, alimentaria y medioambiental en español en el ámbito de la FAO.
www.agridema.net/opencms/opencms/workshops/clirmed.html	UE	Aplicación de modelos climáticos y de cultivo. Participación y recopilación de estudios sobre el comportamiento del sector agrario ante el Cambio Climático. Participan distintos países de la región mediterránea, entre ellos, España.
www.dap.es	Junta de Andalucía	Empresa Pública de Desarrollo Agrario y Pesquero de Andalucía. En sus memorias anuales se describen las actuaciones y proyectos desarrollados.
www.espere.net	ESPERE	Enciclopedia del clima que contiene un capítulo denominado “Clima y Alimentos”. ESPERE es un proyecto iniciado por científicos investigadores en el campo del “sistema atmosférico terrestre” que comparten una preocupación común, la necesidad de dar a conocer y explicar al público general el funcionamiento del sistema climático terrestre y la influencia y efectos que sobre él tienen las distintas actividades humanas y viceversa.

Título	Organismo	Descripción
www.iamz.ciheam.org/mabde	IAMZ IRTA UB	Proyecto sobre la adaptación de la cebada a condiciones y ambientes de sequía. Participan el Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ), el Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (IRTA), y el Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Barcelona.
www.iamz.ciheam.org/medroplan	Water programmme of the European Commission	Proyecto que desarrolla directrices para la adaptación a la sequía en los países mediterráneos.
www.istas.net/webistas/index.asp?idpagina=753	ISTAS - Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud	Contiene un trabajo sobre los Impactos del Cambio Climático, la vulnerabilidad y la adaptación por sectores, entre los cuales hay un amplio capítulo dedicado al sector agrario.
Cambio climático [Recurso electrónico] : impactos, causas, soluciones : una exposición sobre cambio climático en CD-Rom / CLARITY ; idea y textos, Sandra Wilcken ... [et al.] ; versión española, coordinación, Francisco Heras ; traducciones y adaptación, Franciso Heras, Elisa Martínez, María Sintes	CLARITY Organismo Autónomo Parques Nacionales (España)	-
Climate change, climatic variability and agriculture in europe : an integrated assessment	Oxford: University of Oxford, Environmental Change Institute, 2000	-
Climate Change And Rice	Berlin, Heildelberg: Springer-Verlag, 1995	-

Título	Organismo	Descripción
Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century / Günter Fischer	Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis, 2001	-
Impacts of Europe's changing climate : an indicator-based assessment	Copenhagen: European Environment Agency, 2004	-
Simulación de impactos de cambio climático y estrategias de manejo en dos cultivos de referencia, trigo y maíz : análisis de alternativas	Ana Iglesias Picazo UPM	-
Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluviométricas para la España Peninsular	O. Sánchez Palomares, F. Sánchez Serrano, Mª P. Carretero Carrero INIA	-
El calentamiento global en España : un análisis de sus efectos económicos y ambientales	Félix Hernández Álvarez CSIC	-
Increasing climate variability and change : reducing the vulnerability of agriculture and forestry	James Salinger, M.V.K. Sivakumar, Raymond P. Motha. -- Dordrecht : Springer, [2005]	-
Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático : Proyecto ECCE, realizado al amparo del Convenio de colaboración entre el Ministerio de Medio Ambiente y la Universidad de Castilla-La Mancha	Ministerio de Medio Ambiente, 2005	-
Estudios de Caracterización del Territorio de cada una de las Oficinas Comarcales Agrarias (OCA)	Empresa Pública de Desarrollo Agrario y Pesquero de la Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía	Contienen datos sobre información geográfica básica de las Comarcas Agrarias, cartografía, distribución en el uso de la tierra, ayudas comunitarias y otras fuentes de información. Constituyen la principal fuente de información para la realización de la caracterización de la agricultura y el diagnóstico de Andalucía del presente trabajo.

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.

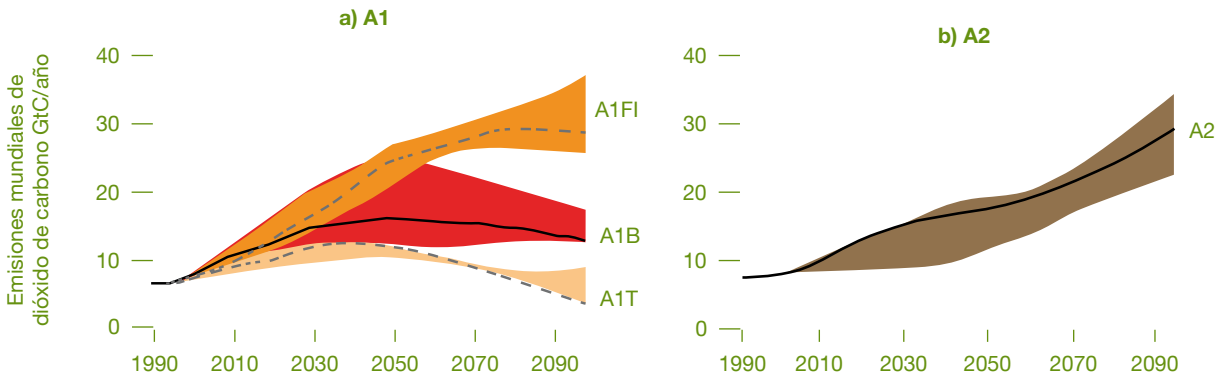
Los escenarios de cambio climático son proyecciones del clima del futuro obtenidas a partir de los denominados Modelos de Circulación General (MCG´s), que simulan flujos de energía, masa y movimiento en una retícula tridimensional que formaría la atmósfera, los océanos y las capas superiores de la litosfera 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.

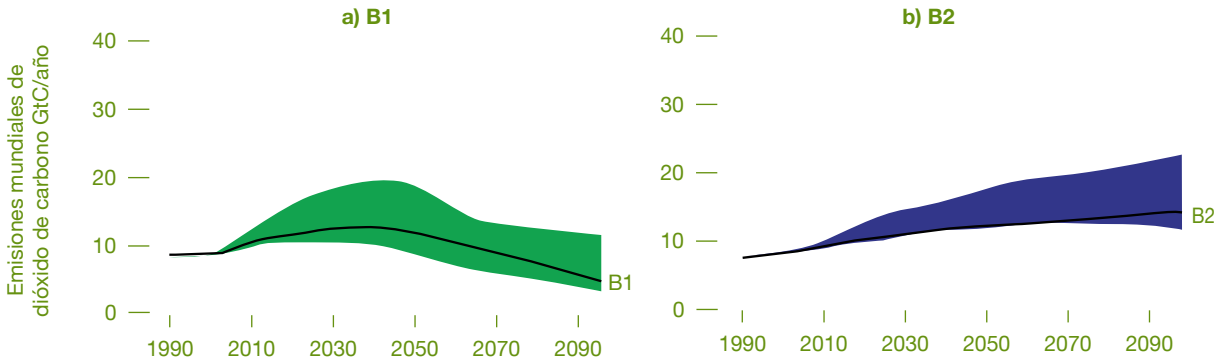
Se realizan entonces simulaciones del clima futuro para el siglo XXI en función de las proyecciones de las emisiones de GEI modelizadas, es decir, incluyendo los distintos escenarios de emisiones que se prevén según proyecciones realizadas en cuanto a evolución de las actividades humanas y el desarrollo 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

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**

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (1999). *Plan de Modernización de la Agricultura Andaluza 2000 – 2006*. Sevilla.

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (2006). *Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía.* 342 pp. Accesible en: **http://juntadeandalucia.es/opencms/opencms/system/bodies/contenidos/publicaciones/pubcap/2009/pubcap_3393/anuario2006_baja.pdf**

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (2008). *Potencial energético de la biomasa residual agrícola y ganadera en Andalucía*. 99 pp. Accesible en: **http://juntadeandalucia.es/opencms/opencms/system/bodies/contenidos/publicaciones/pubcap/2008/pubcap_2665/Potencial_energetico_de_la_biomasa.pdf**

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. (2007). *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 (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**

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). *El Calor aprieta. Medidas de Adaptación. La Adaptación y Planificación, requisitos necesarios, ¿Qué se puede hacer?.* Accesible en: **http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/feeling_the_heat/items/3390.php.** (Consulta: 30 de mayo de 2007).

CORINE-CEC. (1992). *Corine Soil Erosion Risk and Important Land Resources. An Assesment to Evaluate and Map the Distribution of Land Quality and Soil Erosion Risk.* Office for Official Publications of the European Communities. EUR 13233. Luxemburgo.

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

Empresa Pública de Desarrollo Agrario y Pesquero – Consejería de Agricultura y Pesca. (2001). *Caracterización del territorio de las OCA.* Sevilla.

FAO - Food and Agriculture Organization. (2000). Land and Use Water Development Division. Ecocrop Database. Accesible en: **http://ecocrop.fao.org.** Consultado mayo 2007.

Feenstra, J.F., Burton, I., Smith, J.B. and Tol, R.S.J. (1998). *Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies.* UNEP – Vrije Universiteit Amsterdam (Institute For Enviromental Studies). Amsterdam. 464 pp.

Fernández García, F. (1996). *Manual de Climatología Aplicada. Clima, Medioambiente y Planificación*. En: Riesgos Climáticos Asociados a la Precipitación. Editorial Síntesis S.A. Madrid. pp. 115-118.

FIC - Fundación para la Investigación del Clima. (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**

Hay, J.E. (2002). Seminario sobre Integración del Manejo del Riesgo de Desastres y Adaptación a la Variabilidad y Cambio Climáticos: Necesidades, Beneficios y Enfoques, desde una Perspectiva del Pacífico Sur. Instituto Internacional del Cambio Global, Universidad de Waikato, Hamilton, Nueva Zelanda. En: Un Enfoque de Manejo del Riesgo Climático para la Reducción de Desastres y Adaptación al Cambio Climático. Reunión del Grupo de Expertos del PNUD. Integración de la Reducción de Desastres con la Adaptación al Cambio Climático. La Habana, 17-19 de junio de 2002. pp. 75-99. Accesible en: **http://www.undp.org.cu/proyectos/riesgos/Reuni%F3n%20del%20Grupo%20de%20expertos%20CRMI%20(%20libro%20en%20espa%F1ol)%20.pdf**

Infoagro. (2007). *El Cultivo de la Fresa – The Strawberry Growing.* Accesible en: **http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/fresas.htm**

IPCC – OMM – PNUMA. (2000). *Informe Especial del IPCC: Escenarios de Emisiones.* Resumen para Responsables de Políticas. 27 pp.

IPCC – OMM – PNUMA. (2000). *¿Cuáles son las principales fuerzas determinantes de las emisiones de GEI en los distintos escenarios?.* En: Informe Especial del IPCC: Escenarios de Emisiones. Resumen para Responsables de Políticas. pp. 7-8.

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

López Bellido, L. (1991). *Cereales. Cultivos Herbáceos.* Vol. I. Madrid. Mundiprensa.

Mínguez Tudela, M.I., Ruiz Mantecón, A., Estrada Peña, A. (2005). Impactos sobre el Sector Agrario. En: Moreno Rodríguez, J.M. MMA-UCLM. *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático.* Proyecto ECCE – Informe Final. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente. pp. 437-467.

Mínguez Tudela, M.I., Ruiz Mantecón, A., Estrada Peña, A. (2005). *Impactos sobre el Sector Agrario. Sensibilidad al Clima Actual.* En: Moreno Rodríguez, J.M. MMA-UCLM. *Evaluación*

Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Proyecto ECCE – Informe Final. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente. pp. 445-445.

Ministerio de Medio Ambiente. (2006). *Primer Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Marco para la Coordinación entre Administraciones Públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.* Oficina Española de Cambio Climático. 16 pp. Accesible en: **www.mma.es/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/impactos_cc/pdf/1_prog_trabajo_v1.pdf**

Ministerio de Medio Ambiente – Ministerio de Fomento - CEDEX. *La Sequía.* Hispagua: Sistema Español de Información sobre el Agua. Accesible en: **http://hispagua.cedex.es/documentacion/especiales/sequia/index.htm.** (Consulta: 30 de abril de 2007).

Moreira Madueño, 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**

Moreno Rodríguez, J.M. MMA-UCLM (2003-2004). *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático.* Proyecto ECCE – Informe Final. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente. 846 pp.

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

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.* 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.

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.

UNEP-OMM. (1997). *Impactos Regionales del Cambio Climático: Evaluación de la Vulnerabilidad.* Informe Especial del IPCC. Resumen para Responsables de Políticas. Geneva, Switzerland. 27 pp.

UNFCCC Secretariat. (2005). *Compendium on Methods and Tools to Evaluate Impacts of, and Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Final Draft Report.* 155 pp.