



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA TÉCNICO SUPERIOR DE INGENIEROS  
AGRÓNOMOS

Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias

TRABAJO FIN DE CARRERA

VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA EN LA  
CUENCA DEL GUADALQUIVIR

Ganem Salameh Durán

Tutora: Eva Iglesias Martínez

Cotutora: Carmen Marín Ferrer

Febrero, 2010

En primer lugar quiero dar las gracias a mis tutoras Eva y Carmen, por haberme enseñado tanto y por su paciencia conmigo.

También quiero agradecer al Centro de Estudios e Investigaciones para la Gestión de los Riesgos Agrarios y Medioambientales la financiación de este trabajo y la comprensión que mostraron ante las dificultades que surgieron durante su realización, especialmente a Esperanza Luque por su ánimo.

Muchas gracias a todos mis amigos que han estado cerca durante estos años, por vuestro apoyo y por saber escuchar cuando hacía falta.

A mi familia, gracias por todo.

## Contenido

1	Introducción .....	6
2	Caracterización de la sequía en la cuenca del Guadalquivir .....	8
2.1	Descripción del fenómeno de la sequía .....	8
2.2	Caracterización de la cuenca del Guadalquivir.....	10
2.3	Estudios sobre gestión de aguas.....	15
3	Marco institucional.....	18
3.1	Introducción.....	18
3.2	Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo .....	19
3.2.1	Objeto (medidas).....	20
3.2.2	Definiciones:.....	20
3.2.3	Coordinación en las demarcaciones hidrográficas.....	21
3.2.4	Objetivos medioambientales.....	21
3.3	Planes especiales de sequía (PES) .....	22
3.3.1	Objetivos Específicos .....	22
3.3.2	Indicadores y umbrales .....	24
4	Tratamiento y análisis de datos .....	27
4.1	Caracterización de las fuentes de datos .....	27
4.2	Operaciones realizadas en la base de datos.....	28
5	Definición del escenario .....	36
6	Construcción de indicadores.....	37
6.1	Descripción general de indicadores.....	37
6.2	Indicador económico .....	38
6.3	Indicador Ambiental .....	43
6.4	Indicador social.....	46
7	Análisis de resultados.....	48
7.1	Indicador económico .....	48
7.2	Indicador Ambiental .....	51
7.3	Indicador social.....	54
7.4	Indicador sintético.....	57
8	Conclusiones.....	61
9	Bibliografía.....	64
	Anexo de tablas y cálculos.....	66

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Las diez sequías más costosas del período 1974-2003 .....	8
Ilustración 2: Distribución del estado hidrológico de España.....	10
Ilustración 3: Habitantes pertenecientes a la cuenca.....	11
Ilustración 4: Usos del agua en Andalucía.....	13
Ilustración 5: Distribución del agua según técnicas de riego.....	14
Ilustración 6: Vista de programación SQL de ACCESS .....	28
Ilustración 7: Vista de diseño de ACCESS .....	28
Ilustración 8: Dotación total recibida por las comarcas.....	29
Ilustración 9: Curva de Lorenz de dotación por hectárea para las comarcas pertenecientes a la cuenca del Guadalquivir.....	30
Ilustración 10: Promedio del porcentaje de los sistemas de riego.....	35
Ilustración 11: Porcentajes de riego en las comarcas .....	36
Ilustración 12: Evolución del valor medio de precipitación para Andalucía .....	37
Ilustración 13: Diagrama de flujo del cálculo de los costes de los cultivos.....	40
Ilustración 14: Curva de Lorenz de rentabilidad del agua en las comarcas .....	41
Ilustración 15: Espacios Naturales Protegidos de Andalucía por provincias .....	44
Ilustración 16: Origen del agua .....	46
Ilustración 17: Mapa de vulnerabilidad económica .....	51
Ilustración 18: Mapa de vulnerabilidad ambiental .....	54
Ilustración 19: Mapa de vulnerabilidad social .....	57
Ilustración 20: Histograma de vulnerabilidad sintética.....	59
Ilustración 21: Mapa sintético de vulnerabilidad .....	60

## Índice de tablas

Tabla 1: Unidades estructurales de la cuenca.....	11
Tabla 2: Obstáculos fluviales del río Guadalquivir .....	16
Tabla 3: Objetivos del PES.....	23
Tabla 4: Demandas garantizadas y aportaciones probables por umbrales y tipo de sistemas.....	25
Tabla 5: Situaciones de sequía en función del valor del indicador hidrológico.....	25
Tabla 6: Cuadro resumen de medidas en las distintas fases de alerta.....	26
Tabla 7: PIB agrario por provincias .....	42
Tabla 8: Superficie de espacios naturales .....	43
Tabla 9: Relación de humedales en Andalucía .....	45
Tabla 10: Vulnerabilidad de los acuíferos.....	45
Tabla 11: Porcentaje de empleo agrario .....	47
Tabla 12: Indicador de vulnerabilidad económica .....	50
Tabla 13: Indicador de vulnerabilidad ambiental.....	53
Tabla 14: Indicador de vulnerabilidad social.....	56
Tabla 15: Indicador sintético de vulnerabilidad.....	58
Tabla 16: Clases y frecuencias de vulnerabilidad sintética .....	59
Tabla 17: Equivalencias de numeración entre 1T e IR .....	66
Tabla 18: Dotación por hectárea .....	67
Tabla 19: Eficiencia en el uso del agua .....	69
Tabla 20: Porcentaje de métodos de riego por comarca.....	70
Tabla 21: Rentabilidad por metro cúbico de agua.....	72
Tabla 22: Relación de espacios naturales protegidos en Andalucía .....	73
Tabla 23: Origen del agua por comarcas.....	78
Tabla 24: Relación entre jornales y dotación por comarca .....	80
Tabla 25: Cálculos del indicador económico .....	81
Tabla 26: Cálculos del indicador ambiental.....	83
Tabla 27: Cálculos del indicador social.....	84

## 1 Introducción

El agua es un recurso natural limitado, con una presión creciente debido al aumento de la demanda por parte de la población para distintos usos. Por otro lado, los estudios sobre cambio climático predicen una disminución y una mayor variabilidad de precipitaciones en la región mediterránea (Agencia Estatal de Meteorología, 2009). La sequía es un fenómeno frecuente en la cuenca del Guadalquivir, considerando su localización en la cuenca mediterránea. Esto ocasiona una insuficiencia de los recursos hídricos disponibles para atender las demandas y unos efectos medioambientales negativos. El fenómeno de la sequía se debe tanto a la falta de precipitación (sequía meteorológica) como al estricto equilibrio de recursos disponibles y demandas atendidas (sequía hidrológica) que presenta esta cuenca. (Iglesias & Garrido, 2003)

El fenómeno de la sequía se debe tanto a la falta de precipitación (sequía meteorológica) como al estricto equilibrio de recursos disponibles y demandas atendidas (sequía hidrológica) que presenta esta cuenca. (Iglesias & Garrido, 2003). La sequía es un fenómeno frecuente en la cuenca del Guadalquivir, considerando su localización en la cuenca mediterránea. Esto ocasiona una insuficiencia de los recursos hídricos disponibles para atender las demandas de la población y unos efectos medioambientales negativos.

Esta circunstancia motiva la intervención de la administración, desarrollando planes y estudios para prevenir y mitigar su impacto. Los estudios de gestión de recursos hídricos constituyen actualmente una valiosa herramienta para la planificación de la economía andaluza, pero en los próximos años su utilización será aún más importante, ya que se prevé una disminución de los recursos pluviométricos para la región.

A su vez las disposiciones normativas sobre aguas otorgan una importancia central al aspecto ambiental en el marco de su gestión, estableciendo la conveniencia de trasladar los costes de infraestructuras y servicios al precio del agua, e imponiendo criterios de bienestar de cursos fluviales y aguas costeras, entre otras medidas. (Unión Europea, 2000)

Por supuesto, los usos económicos del agua se ven también afectados por las restricciones en la dotación, con vínculos a su vez en la demanda de empleo. El regadío consume gran cantidad de agua (alrededor de un 75% del agua disponible se destina a este fin), por lo que la agricultura de regadío es un sector muy vulnerable a la sequía en términos económicos. La influencia social de la agricultura se fundamenta en la mano de obra dependiente de este sector, por lo que los efectos económicos negativos en la agricultura redundarán también negativamente en la tasa ocupación de la población.

El estudio del agua adquiere así una dimensión global, apoyada en ejes económicos, sociales y ambientales, cada uno de ellos con un importante peso específico en la sociedad actual.

El objetivo de este trabajo consiste en la elaboración de mapas de vulnerabilidad a la sequía, en base a la información extraída de datos que recogen información sobre los regantes de la cuenca del Guadalquivir. Para ello se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Estudio de la sensibilidad ambiental, rentabilidad económica y social del agua en el regadío andaluz.
- Elaboración de indicadores que integren aspectos hidrológicos y socioeconómicos, y reflejados a través de un Sistema de Información Geográfica.

El estudio gira en torno a la sensibilidad ambiental y agrícola a la sequía, a través de la influencia social y económica del agua en el sector. El ámbito de aplicación del trabajo se centra en los regantes de la cuenca del Guadalquivir.

En los primeros apartados del trabajo se caracteriza la sequía y la región objeto de estudio, considerando sus singularidades estructurales, dando paso después al estudio normativo que afecta al objeto del trabajo.

En los siguientes apartados se describirán la naturaleza de los datos utilizados, el tratamiento al que se someten y los supuestos operativos requeridos en los cálculos. Seguidamente se procede a establecer los criterios y definir el escenario de sequía, en base al cual se construirán los indicadores económico, ambiental y social de vulnerabilidad a la sequía.

Cada indicador se elaborará determinando la sensibilidad por cada unidad territorial de estudio, para después establecer una clasificación en función de la distinta magnitud de la vulnerabilidad. Se obtendrán tres mapas parciales (económico, social y ambiental) de vulnerabilidad, que después se agregarán en un único indicador sintético que permitirá abarcar la dimensión total del agua y la vulnerabilidad a la sequía en la zona de estudio.

## 2 Caracterización de la sequía en la cuenca del Guadalquivir

### 2.1 Descripción del fenómeno de la sequía

La sequía es un fenómeno anómalo transitorio, de diversa duración, caracterizado por un periodo de tiempo con valores de las precipitaciones inferiores a los normales para una zona determinada. La causa inicial de toda sequía es la escasez de precipitaciones (sequía meteorológica) lo que deriva en una insuficiencia de recursos hídricos (sequía hidrológica) necesarios para abastecer la demanda existente. Se asocia con la ausencia de agua en sus distintas facetas: falta de lluvia, carencia de humedad del suelo, disminución de reservas en embalses y acuíferos, etc. (Iglesias & Garrido, 2003)

A su vez, cada una de estas manifestaciones tiene diversas consecuencias sobre distintas actividades:

- Agrícolas: falta de desarrollo de los cultivos.
- Forestales: estrés hídrico y enfermedades.
- Falta de garantía en los suministros de agua para los distintos usos.

Por tanto la sequía tiene graves consecuencias ambientales y socioeconómicas para las regiones que la padecen. Durante el período comprendido entre los años 1.974 a 2.003 España ha sufrido cuatro de las diez sequías con mayor impacto económico en el mundo. La más costosa fue la sequía del año 1.995 que supuso unos 5,45 billones de dólares en pérdidas económicas. (Guha\_Sapir & Hargit, 2004)

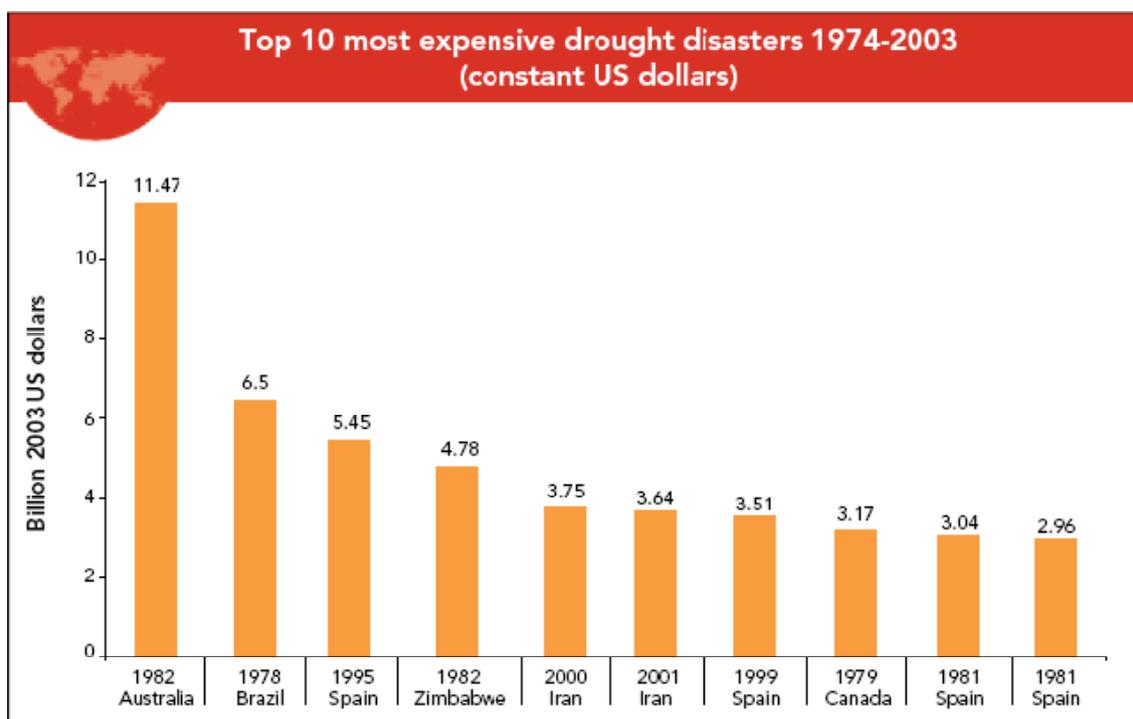


Ilustración 1: Las diez sequías más costosas del período 1974-2003

Fuente: Guha-Sapir & Hargit, 2004

En estas circunstancias para evitar el déficit los sistemas de explotación deben estar adecuadamente diseñados y explotados, y las demandas dentro de límites razonables, acordes con las características climáticas de la región. Ello precisa actuaciones planificadas a medio y largo plazo. Los daños más destacados que puede producir la sequía pueden ser:

- Problemas de abastecimiento a la población.
- Problemas de suministro a otros usos, como regadío, industria, etc.
- Impacto sobre la agricultura.
- Impacto sobre las masas forestales.

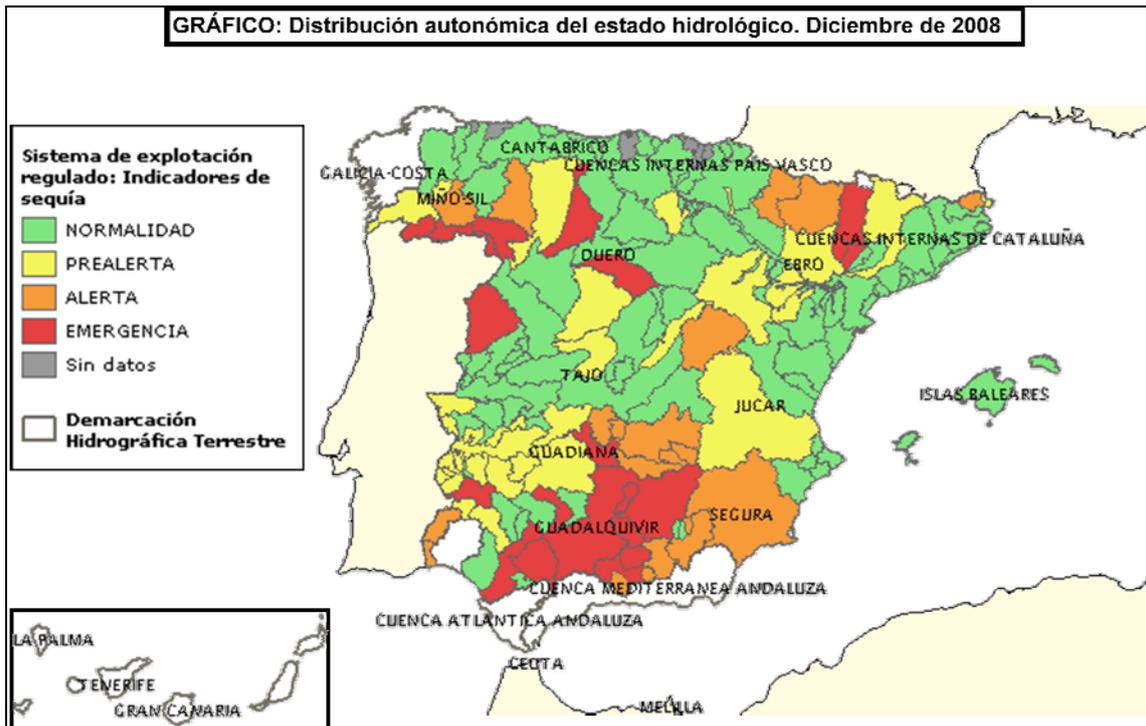
Como se señala anteriormente, España es un país especialmente afectado por el fenómeno de la sequía, en la década de los 80 siete años se han considerado secos o muy secos y en la de los 90 cinco años han merecido el mismo calificativo.

Las sequías afectan a todas las regiones de España, aunque son aquellos territorios en los que las precipitaciones anuales no superan los 600 mm los que sufren en mayor medida sus consecuencias.

Según el Libro Blanco del Agua (2000) las sequías más graves del período 1940/41 a 1995/96 se concentran en tres periodos: la de octubre de 1941 a septiembre de 1945, la de octubre de 1979 a septiembre 1983 y la de octubre de 1990 a septiembre de 1995, siendo esta última, con diferencia, la más aguda en intensidad. Estas tres sequías fueron muy generalizadas, afectando a la mayor parte del territorio español y dando lugar, en cuencas como el Guadiana, el Guadalquivir o el Sur, a porcentajes de disminución de la precipitación entre el 23 y el 30%.

Durante la última sequía se produjeron reducciones muy importantes, superiores al 40%, en la esorrentía generada en la mayor parte del territorio español. Estas reducciones supusieron más de un 70% de la aportación media interanual de las cuencas del Guadiana y Guadalquivir.

Por estos motivos los organismos públicos han desarrollado una actividad específica para la implantación de protocolos de actuación e indicadores que permitan identificar las situaciones de riesgo. La Unión Europea (UE) recoge en su Directiva Marco del Agua (DMA) medidas concretas para situaciones de sequía. Por su parte la legislación española cuenta con los Planes de Especiales para la Sequía (PES) aprobados para cada cuenca hidrográfica del territorio español, además de otras leyes y reales decretos relacionados con la sequía que se tratarán en este documento.



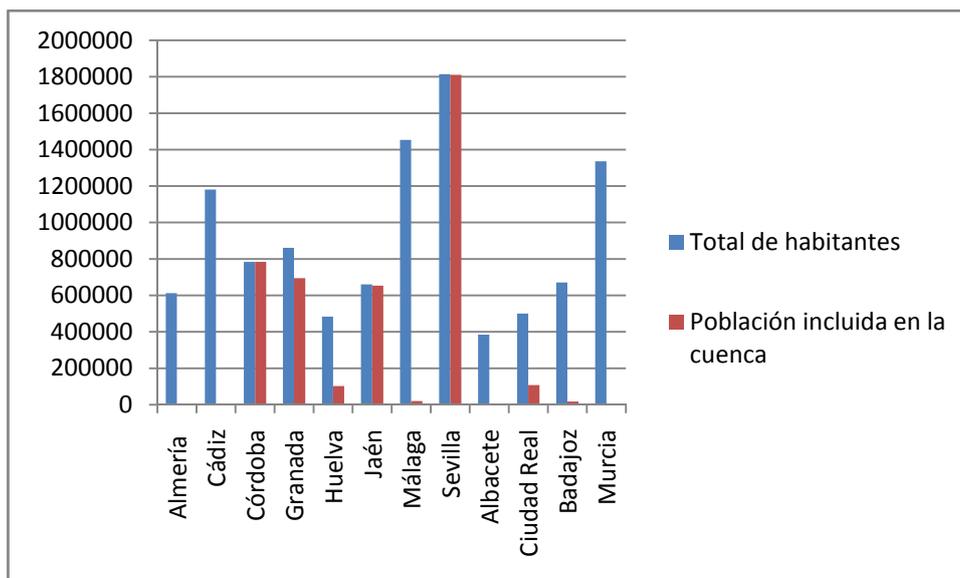
**Ilustración 2: Distribución del estado hidrológico de España**

**Fuente: Anuario de estadística 2008. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino**

Se cuenta además con el Observatorio Nacional de la Sequía (ONS), una iniciativa del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino que aglutina a todas las administraciones hidráulicas españolas con competencias en materia de aguas, para constituir un Centro de conocimiento, anticipación, mitigación y seguimiento de los efectos de la sequía en el territorio nacional.

## ***2.2 Caracterización de la cuenca del Guadalquivir***

La cuenca del río Guadalquivir tiene una extensión de 57.527 km<sup>2</sup>, y su curso discurre en un 90% por territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía. La población de la cuenca del Guadalquivir es 4.196.988 habitantes, según el padrón del Instituto Nacional de Estadística referido al año 2005. Las ciudades de Ceuta y Melilla, también incluidas en la cuenca tienen una población de 75.276 y 65.488 habitantes. La proporción sobre el total de los habitantes de la Comunidad Autónoma de Andalucía es del 52%. Es importante considerar este dato para significar la importancia de la cuenca para la población andaluza. (Confederación hidrográfica del Guadalquivir, 2007)



**Ilustración 3: Habitantes pertenecientes a la cuenca**

Fuente elaboración propia a partir de datos del Plan Especial para la sequía

En la cuenca del Guadalquivir existen tres unidades geomorfológicas estructurales: Sierra Morena, Cordilleras Béticas y Valle del Guadalquivir, que a su vez determinan seis áreas espaciales:

UNIDAD ESTRUCTURAL	ÁREA ESPACIAL
Sierra Morena	Sierra Morena
Cordilleras Béticas	Cabecera del Guadalquivir
	Guadiana Menor y Alto Genil
	Campiñas
Valle del Guadalquivir	Tronco del Guadalquivir
	Campiñas

**Tabla 1: Unidades estructurales de la cuenca**

Fuente elaboración propia a partir de datos del Plan Especial para la sequía

### ***Sierra Morena***

En esta zona predominan los usos ganaderos del suelo, lo que unido a la escasa presencia de suelos cultivables y una baja densidad de población da como resultado una baja demanda de agua. El régimen de precipitaciones y las características morfológicas de los cauces posibilitan la regulación de 837 hm<sup>3</sup> anuales. El volumen regulado, la escasa demanda y las características del agua permiten su integración en el Sistema de Explotación de Regulación General del Guadalquivir.

### ***Las Cordilleras Béticas***

La cabecera del Guadalquivir discurre por terrenos prebéticos donde la baja densidad de población y la limitada implantación de regadíos hacen que los recursos que se producen en el área superen a la demanda de agua. Estos recursos están regulados en el embalse de Tranco de Beas, integrado en el sistema de regulación general, desde la que se van abasteciendo las necesidades que se presentan a lo largo del valle.

En las áreas internas del ALTO GENIL y GUADIANA MENOR las precipitaciones provocan una escorrentía superficial que se regula en los embalses de Bermejales, Cubillas, Quéntar, Canales y Colomera en la cabecera del Genil que son utilizadas para el abastecimiento de poblaciones y para el regadío. El embalse de Iznájar, situado aguas abajo de Granada, cierra el área espacial y regula, además de las escorrentías de las intercuenas, todos los excedentes y retornos de aguas arriba.

### ***Depresión del Guadalquivir***

El tronco del Guadalquivir lo constituye el cauce del propio río que actúa como colector, de las escorrentías no reguladas en los afluentes marginales y de los retornos procedentes de las distintas utilidades del agua, y como distribuidor de los recursos a lo largo de su recorrido. Por su propia morfología no permite establecer el aprovechamiento de las aguas superficiales mediante embalses de regulación en su propio cauce pero, por su naturaleza aluvial, dispone de una gran reserva de aguas subterráneas.

Las demandas de este espacio se cubren con los recursos de la margen derecha fundamentalmente. La regulación que se produce en los embalses de Guadalmena, Guadalén, Jándula y Sistema Guadiato se adiciona a la de la propia cabecera del río: Tranco de Beas y Negratín en el Guadiana Menor, e incluso Iznájar en el Genil. La función recolectora distribuidora del tronco se cumple en todo su recorrido.

Por su parte, las campiñas se distribuyen entre la margen izquierda del tronco del río y las estribaciones béticas. De altitud intermedia, poseen suelos muy fértiles y profundos y aptos para el cultivo extensivo de secano -cereal y olivar-. Su morfología, ausente en cerradas técnicamente aprovechables, no permite establecer estructuras de regulación; sólo se han construido Quiebrajano, Torre del Águila y Puebla de Cazalla. La salinidad litológica de las aguas de esta área espacial motiva que, el abastecimiento de poblaciones se produzca a través de acuíferos de cabecera o de agua regulada, ya sea en la propia zona - Quiebrajano e Iznájar-, o en la margen opuesta de mucha mejor calidad. Por su parte, los regadíos se abastecen de los regímenes de base de los ríos que tienen concentraciones salinas tolerables: Guadalbullón, Cabra, Guadajoz, cabecera del Corbones, etc.

### ***Condicionantes de la demanda***

La distorsión espacial que existe entre las zonas productoras de recursos y las consumidoras del motiva que la gestión del recurso se organice por Sistemas de Explotación.

El concepto en el Artículo 73.3. del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica define el Sistema de Explotación de Recursos (SER) como “... *el que está constituido por elementos naturales obras e instalaciones de infraestructura hidráulica, normas de utilización del agua derivadas de las características de las demandas y reglas de explotación que, aprovechando los recursos*

naturales, permiten establecer los suministros de agua que configuran la oferta de recursos disponibles del sistema de explotación...”.

En la cuenca del Guadalquivir la distribución espacial de los recursos naturales se concentra en la franja perimetral que está formada por el área de Sierra Morena, la cabecera del Guadalquivir y las cordilleras Béticas, Sin embargo, las demandas más voluminosas se localizan en el Valle del Guadalquivir donde es más abundante la superficie agrícola y donde se han asentado las mayores poblaciones de la cuenca. Con este condicionante natural, la explotación y gestión de los recursos hidráulicos de la cuenca se ha organizado en catorce Sistemas de Explotación.

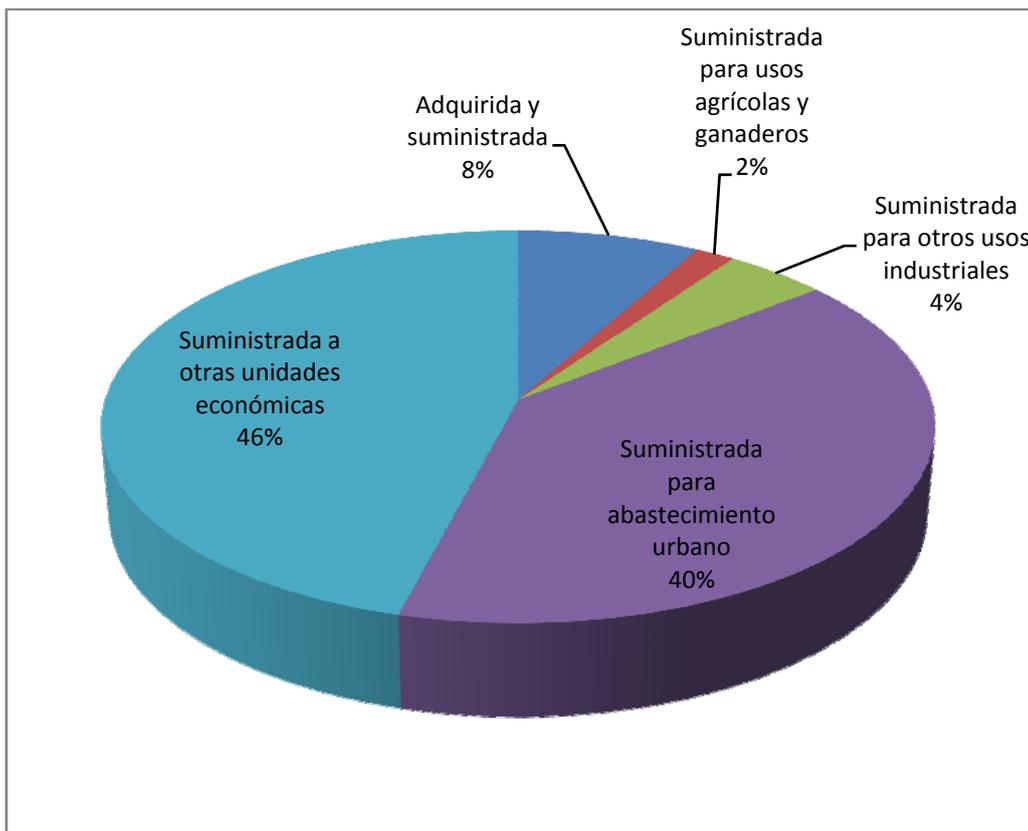


Ilustración 4: Usos del agua en Andalucía

Fuente elaboración propia a partir de datos del Plan Especial para la sequía

### **Importancia del regadío**

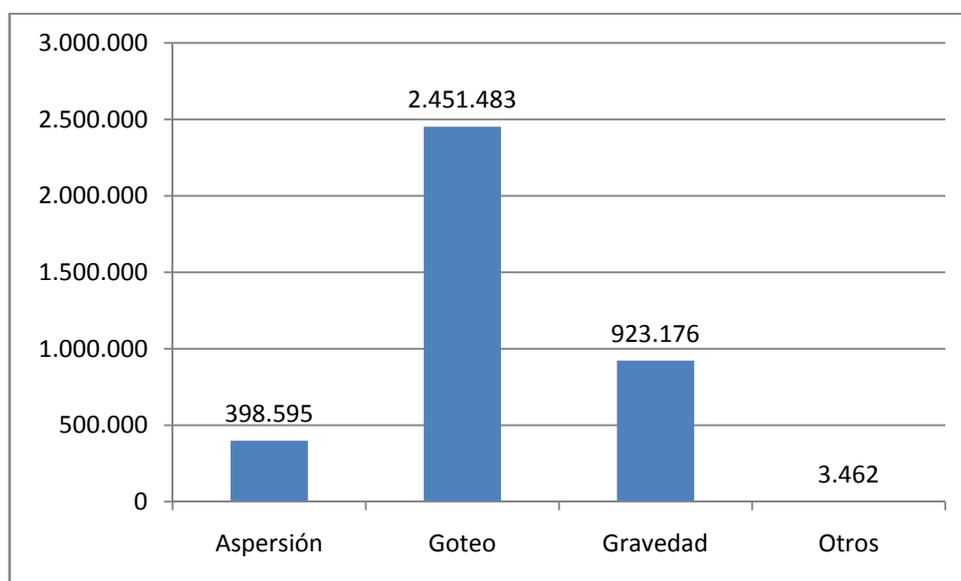
Los cultivos en regadío son una práctica muy extendida en España. Juan Manuel García Bartolomé comenta en La Historia de los regadíos españoles (García Bartolomé, 1991), que esta técnica de cultivo ya se practicaba antes de la llegada de romanos y musulmanes, alcanzándose con éstos una época de florecimiento. Las conquistas árabes trajeron consigo una aportación determinante a la cultura del agua, con la implantación de sus técnicas de riego y sistemas institucionales y jurídicos.

En periodos históricos posteriores reyes de la casa de Austria y después de la casa de Borbón continuaron dando importancia a la política hidráulica de los cursos fluviales, a fin de hacerlos navegables. Desde la época de la Ilustración hasta el momento

presente se han desarrollado políticas para gestionar y optimizar el uso del agua en la agricultura. En la actualidad la práctica eficiente de la agricultura pasa por mejorar las técnicas de cultivo y la puesta en riego de los cultivos más rentables.

Actualmente, la superficie agraria útil (SAU) de Andalucía supera los 4,9 millones de hectáreas, lo que representa el 64% del territorio andaluz, siendo el 70% de la superficie agraria tierras labradas, y el resto pastos permanentes. En los últimos años, el número de explotaciones se ha reducido pero se ha incrementado la superficie cultivada total en un 5% y un 25% la de regadío, lo cual nos indica que está desarrollándose un proceso de aumento del tamaño para adaptarse a los métodos y tecnologías actuales, con un importante aumento de la productividad del trabajo. (Confederación hidrográfica del Guadalquivir, 2007)

Andalucía es la Comunidad Autónoma con mayor superficie de regadío en España, que según datos del Inventario de Regadíos de Andalucía del 2002 se extiende en 893.000 hectáreas. Eso supone que el regadío ocupa el 18% de la superficie agraria útil en Andalucía, pero aporta el 60% de la PFA. Se pone de manifiesto así una productividad del regadío 6 veces superior a la del secano como media. Sólo tres años antes, la superficie de regadío era de 815.000 ha según la misma fuente, lo que ha supuesto un aumento del 9,5%. Las inversiones en infraestructura que cuentan con apoyo público, vienen a ser la tercera parte de las inversiones, aunque cada vez se tiende más a la subvención en modernización de regadíos que a la puesta en riego de nuevas zonas debido al déficit hídrico de la cuenca. (Confederación hidrográfica del Guadalquivir, 2007)



**Ilustración 5: Distribución del agua según técnicas de riego**

**Fuente elaboración propia**

Existen cultivos en los que el margen bruto es bastante más elevado que la media, como los frutales y las hortalizas. Se dan otros dos condicionantes para estos cultivos, como son el periodo improductivo de las plantaciones hasta su madurez y las

limitaciones del mercado para las hortalizas, que puede hacer que en un año en el que la producción aumente mucho sin hacerlo la demanda caigan los precios, y así caiga también el margen bruto de las explotaciones de este tipo.

La limitación del mercado es un factor importante a la hora de explicar las posibles consecuencias de la reducción en las ayudas del algodón. La mayor parte del precio percibido por el agricultor viene de la percepción de la ayuda asociada al cultivo. La desmotadora recibe las ayudas que se traslada al agricultor cuando le compra la cosecha de algodón. Si esa ayuda desapareciera, el cultivo del algodón sería totalmente inviable en la Cuenca del Guadalquivir. Automáticamente, la desaparición del algodón conllevaría un aumento en la superficie cultivada de otros cultivos, y debido a las limitaciones del mercado antes mencionadas, esto provocaría una caída generalizada de precios percibidos por los agricultores y por tanto de la renta agraria. Conviene tener esto en cuenta, dado que en el año de referencia del estudio aún se percibía ayuda por el cultivo del algodón.

### ***2.3 Estudios sobre gestión de aguas***

Los organismos públicos no sólo han desarrollado normativas para la gestión de la sequía, como se ha visto anteriormente. Existen otras corrientes sociopolíticas que abogan por la reducción y adecuación de la demanda a la oferta de agua. Esta reducción está en la relación con los objetivos de sostenibilidad de la DMA, de tal forma que se abandonen las fuentes de agua no renovables, como los acuíferos, reservándolos para situaciones de emergencia. A continuación se citan documentos interesantes por su relación con la disminución de la oferta de agua.

La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) confirma que en numerosos lugares de Europa el uso que se hace del agua es insostenible, y brinda recomendaciones para un nuevo enfoque en la gestión de los recursos hídricos. En su informe, “Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought” [Recursos hídricos en Europa – afrontar el desafío de la escasez de agua y la sequía en la Unión Europea] pone de relieve que, si bien el sur del continente sigue experimentando los mayores problemas de escasez, el estrés hídrico está aumentando también en lugares del norte de Europa. Además, el cambio climático incrementará la gravedad y la frecuencia de las sequías en el futuro, agravando el estrés hídrico, especialmente durante los meses de verano.

La profesora Jacqueline McGlade, directora Ejecutiva de la AEMA, declara: “Por lo que al agua se refiere, estamos viviendo por encima de nuestras posibilidades. La solución a corto plazo para la escasez de agua ha consistido en extraer volúmenes cada vez mayores de agua superficial y subterránea. La sobreexplotación no es sostenible. Tiene un gran impacto sobre la calidad y cantidad del agua restante así como sobre los ecosistemas que de ella dependen.” Se concluye por tanto con la necesidad de reducir

la demanda, disminuir la captación de agua e implantar sistemas eficientes para su uso.

En relación con los criterios ambientales resulta interesante citar el informe de WWF España, titulado “Liberando ríos”. En dicho artículo se describe como la alteración del caudal de los cauces deteriora los ríos, pues modifica el movimiento de los sedimentos, tiene consecuencias también para los humedales costeros y crea barreras que dividen comunidades biológicas. Según el informe, en España existen 8.500 obstáculos fluviales de ellos 1.231 son grandes presas. Su finalidad es controlar la irregularidad de las precipitaciones y así almacenar agua, para regar campos, producir energía hidroeléctrica y abastecimiento. En este informe la organización WWF España cita varios ejemplos de presas susceptibles de ser desmanteladas, de las cuales cuatro están ubicadas en la cuenca del Guadalquivir:

Nombre	Ubicación	Tipo	Aprovechamiento
Presas de Alcalá del Río y Cantillana	Sevilla	Presas	Hidroeléctrico
Azud del Nacimiento	Granada	Azud	Hidroeléctrico
Presa del Portillo	Granada	Presa	Hidroeléctrico Riego
Presa de San Clemente	Granada	Presa	Hidroeléctrico Riego

**Tabla 2: Obstáculos fluviales del río Guadalquivir**

**Fuente elaboración propia a partir de datos del informe “Liberando ríos”**

Como puede verse dos de las presas propuestas para ser desmanteladas tienen aprovechamientos de riego. Esta iniciativa tiene una clara relación con la Directiva Marco del Agua, pues su objetivo es recuperar el buen estado ecológico del río. También se sugiere la disminución de la oferta de agua y la inclusión de los costes ambientales como elemento decisor en la construcción de infraestructuras.

Considerando la información antes señalada y la disponibilidad real de recursos hídricos en la cuenca del Guadalquivir, se manifiestan los problemas de déficit y falta de garantías del recurso. Como solución los organismos públicos abogan por la reducción de la oferta de agua al considerar que el sistema actual de suministro es insostenible. Se impondrá una limitación a las dotaciones de agua para riego independientemente del estado de sequía. Así, respecto al análisis ambiental se destaca la situación de sobreexplotación de recursos hídricos, las soluciones que se apuntan para solventar esta contingencia pasan por mejorar la regulación de las infraestructuras y la modernización de los riegos.

Desde una perspectiva socio-económica Julio Berbel en su “Estudio de sostenibilidad del regadío del Guadalquivir” editado por FERAGUA y patrocinado por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, analiza la aportación del regadío andaluz a factores socioeconómicos. Entre estos factores se encuentran el empleo, su relación con la agroindustria y con el asentamiento de la población en el medio rural, así como su impacto ambiental. En el análisis socioeconómico se refleja la importancia de la

agricultura para Andalucía, pues el sector supone un 10 % del Valor Añadido Bruto de la comunidad. Destaca la aportación del regadío dentro de la Producción Final Agraria por su alta productividad, aproximadamente el 60 % de la producción final, con una superficie cultivada muy inferior a la del secano. A su vez en el estudio se señala la relación con la creación de empleo directo e indirecto de la actividad económica agrícola. En general, el empleo total en el sistema agroalimentario dependiente del regadío del Guadalquivir se estimamos en 128.000 personas.

De nuevo Berbel trata en “Escenarios de evolución. Análisis económico del regadío” (Berbel, Gutiérrez-Martín, & Martín-Ortega, 2006) el análisis de las tendencias y evolución de los cultivos y sistemas de regadío. Prevé una mayor demanda de recursos y una orientación de la producción hacia cultivos leñosos intensivos de frutales y olivar. Esta orientación conllevará un mayor valor añadido del riego, pero generará una mayor dependencia de recursos hídricos al volverse más rígida la demanda de agua.

Para el estudio del impacto económico de la sequía cabe mencionar varios trabajos. En “Índice de gestión económica de la sequía para evaluar la actuación de las instituciones del agua en condiciones de incertidumbre” (Economic drought management index to evaluate water institutions’ performance under uncertainty) (Iglesias, Garrido, & Gómez-Ramos, 2007), se plantea la elaboración de un índice que compare los beneficios marginales actuales con los de un futuro incierto, fácilmente interpretables para los tomadores de decisiones. El índice opera bajo unas condiciones preestablecidas, obteniendo un resultado adimensional en base al cual se puede reaccionar ante una situación de sequía. La aplicación del índice a dos sistemas de riego, uno gestionado por la administración y otro de gestión privada, permite observar la mayor eficacia en la gestión de las sequías del sistema de gestión privada.

En el trabajo “Impactos económicos de sequías hidrológicas en escenarios de cambio climático” (Economic impacts of hydrological droughts under climate change scenarios” (Iglesias Martínez, Gómez Ramos, & Garrido Colmenero), se plantea una metodología para evaluar el impacto económico del cambio climático en un modelo estocástico que recupera resultados de una serie histórica. En el estudio se destaca una pérdida de beneficio considerable (reducción del 24%) para el caso de cambio climático más desfavorable. Otra conclusión destacable es que las pérdidas causadas por la disminución de la dotación de riego no son lineales, de tal forma que una reducción del 40% es tres veces mayor que la causada por la reducción del 20%.

En el estudio “Nuevos enfoques metodológicos para caracterizar la demanda de agua en la agricultura” (Iglesias Martínez & Blanco Fonseca, 2004) se emplea la programación matemática positiva para la elaboración de un modelo que simula la toma de decisiones del agricultor ante una eventual subida de la tasa del agua. En este trabajo se observa como ante un aumento del precio unitario del agua se favorecen las explotaciones dedicadas a cítricos y hortícolas.

Otro aspecto a considerar es la productividad del agua, desde esta perspectiva pueden destacarse varios estudios. En “Eficiencia económica de las nuevas obras del plan hidrológico para el regadío en la Cuenca del Guadalquivir” (López Unzu & Rodríguez Ferrero, 2005) se plantea el análisis de la productividad del agua, medida tanto en términos monetarios y de generación de empleo. Se expone un método para valorar las inversiones en regadío y sus transformaciones, que considere la función de cohesión social y territorial que esta actividad realiza. En el estudio se revela el uso de subvenciones encubiertas a los regantes, para lograr una mayor eficiencia económica deberían aplicarse en función de las rentas agrarias.

El trabajo “Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español” (Garrido, Gil, & Gómez-Ramos, 2008), estudia los factores involucrados en la variación de la productividad que se han producido en el regadío español. Se observa que en las cuencas donde predominan cultivos de alto valor añadido hay un aumento significativo de la productividad. Se refleja también en el estudio la mejora de rendimientos y productividades de viñedos y olivar para aquellas zonas que han introducido el regadío. Otra importante conclusión es la dependencia entre el agua y la productividad de la tierra en los regadíos abastecidos con aguas subterráneas.

Por su parte en el estudio “Un análisis de la eficiencia socioeconómica del agua en el regadío andaluz” (Rodríguez Ferrero, Sánchez Martínez, & López Martos, 2008) se obtiene una gran variación de la productividad del agua en la comunidad andaluza, oscilando entre los 0,01 y 3,31 euros por metro cúbico de agua. Los cultivos hortícolas, frutales y olivar son los más productivos y con un uso más eficiente del agua. En cambio los extensivos y el arroz dan un uso menos eficiente al agua.

Finalmente, en “Debilidades del regadío en la cuenca del Guadalquivir” (Camacho, Rodríguez, Pérez, & Parias, 2007) se recogen la amenazas que suponen la dependencia de las ayudas de la PAC y la disminución de los recursos hídricos. La dotación media para las zonas de riego se reduce a la vez que aumenta la superficie en regadío. El aumento de la demanda acompañado de la disminución de los recursos disponibles, debidos al cambio climático, determinan la importancia de la eficiencia del agua de riego. Se apunta que el objetivo de la modernización del regadío es tratar el uso del agua como un proceso industrial, controlando la gestión de dicho recurso, de forma que las infraestructuras se planifiquen para alcanzar los objetivos trazados por la estrategia de gestión.

### **3 Marco institucional**

#### ***3.1 Introducción***

La gravedad del fenómeno de la sequía se refleja en los documentos legales redactados, tanto a nivel internacional como estatal, emanados con el objetivo prever su aparición y atenuar sus efectos.

La sequía tiene efectos ambientales, sociales y económicos como se ha visto anteriormente. Tradicionalmente los planes para el tratamiento de la sequía se centraban en los aspectos económicos y sociales, sin embargo actualmente las actuaciones ambientales están tomando un papel relevante. De este modo, tanto la legislación europea como en la española, se fijan objetivos ambientales para la gestión de las aguas, que se tratarán en los siguientes apartados.

En relación con esta motivación ambiental se sugiere el traslado de los costes reales del agua a su precio, de forma que se produzca una adecuación de la demanda a la disponibilidad de este recurso.

Otro aspecto novedoso en la gestión de la sequía es la adopción de medidas de control y prevención de los aspectos negativos de la sequía. La finalidad de esta regulación es adelantarse al fenómeno de la sequía combinándose con las tradicionales disposiciones para su paliación una vez se produce el fenómeno.

Para centrar el estudio sobre la vulnerabilidad económica de los regantes de la cuenca del Guadalquivir a continuación se comentan los documentos normativos y fundamentos legislativos que establecen el contexto de la gestión de sequías.

### ***3.2 Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo***

La directiva 2000/60/CE determina que el agua es un patrimonio que hay que proteger y defender, considerando como criterios de conservación los aspectos cualitativos y cuantitativos del estado de las aguas. La Directiva 2000/60/CE de 23 de octubre de 2000 establece un conjunto de disposiciones de acción en el ámbito de la política de aguas. La Directiva determina un marco comunitario para la protección y gestión de aguas, para lo cual se deberán definir las cuencas y demarcaciones hidrográficas, y planes de gestión y programas de medidas para cada masa de agua. (Unión Europea, 2000)

De forma sintética la Directiva Marco del Agua (DMA) organiza la gestión de las aguas comunitarias, para lograr su uso sostenible, reducir la contaminación, mejorar la situación de los ecosistemas y paliar los efectos de inundaciones y sequías.

Se establecen definiciones comunes del estado del agua en términos cualitativos y cuantitativos. Se conmina además a los Estados miembros a fijar objetivos mínimos del estado de las aguas y en base a las definiciones anteriores imponer plazos para su consecución. Dichos plazos están condicionados por razones de causa mayor, entre ellas situaciones extraordinarias como la sequía. Se hace especial énfasis en la vinculación de aspectos cualitativos y cuantitativos de aguas subterráneas y superficiales. En este sentido se hace necesario el seguimiento y control de la evolución del estado de las aguas, estableciendo un procedimiento sistemático que permita su evaluación. Esta información sirve de base para establecer las medidas que satisfagan los objetivos fijados.

Como aspectos cuantitativos del agua se precisa establecer principios generales de control de captación y almacenamiento, para garantizar la sostenibilidad medioambiental de los sistemas acuáticos afectados.

En cuanto a los aspectos cualitativos se considera la reducción progresiva de la contaminación por vertido, emisión o pérdida de sustancias peligrosas prioritarias. Los Estados miembros deben adoptar medidas para erradicar la contaminación de las aguas superficiales por aquellas sustancias más dañinas y la reducción progresiva del resto de contaminantes.

Un eje crucial en la Directiva es establecer estrategias integradoras para la gestión del agua, con la figura de la Demarcación hidrográfica nacional y transfronteriza, fijando principios comunes.

La DMA tiene también como objetivo clave la recuperación de los costes de los servicios relacionados con el agua, combinando con el principio ambiental de cautela y de quién contamina paga. Estos aspectos económicos asociados al uso del agua, se basan en el análisis de las características de cada cuenca fluvial, de las repercusiones de la actividad humana y la evaluación económica del uso del agua.

El principio de recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua, incluye los medioambientales relativos a los recursos que puedan sufrir daños o a los efectos adversos que causen en el medio acuático. El análisis económico de los servicios del agua estará basado en previsiones a largo plazo de la oferta y la demanda de agua en la demarcación hidrográfica.

### **3.2.1 Objeto (medidas)**

- Prevenir el deterioro adicional y mejorar la protección del estado de los ecosistemas acuáticos.
- Promover el uso razonable del agua.
- Medidas específicas para la reducción progresiva de los vertidos.
- Paliar los efectos de inundaciones y sequías.

Se persigue pues:

- Garantizar el suministro suficiente de agua superficial o subterránea en buen estado
- Reducir de forma significativa la contaminación de las aguas.

### **3.2.2 Definiciones:**

La Cuenca hidrográfica es la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura, estuario o delta.

Demarcación hidrográfica es la zona marina y terrestre compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas subterráneas y costeras asociadas, designada como principal unidad a efectos de gestión de las cuencas hidrográficas.

El Estado de las aguas superficiales es la expresión general del estado de una masa de agua superficial, determinado por el peor valor de su estado ecológico y de su estado químico.

Servicios relacionados con el agua son los servicios en beneficio de los hogares, las instituciones públicas o cualquier actividad económica consistentes en:

- a) La extracción, el embalse, el depósito, el tratamiento y la distribución de aguas superficiales o subterráneas.
- b) Recogida y depuración de aguas residuales, que vierten posteriormente sobre aguas superficiales.

### **3.2.3 Coordinación en las demarcaciones hidrográficas**

Los Estados miembros especificarán las cuencas hidrográficas situadas en su territorio nacional y, a los efectos de la DMA, se incluirán en demarcaciones hidrográficas. Los Estados miembros adoptarán las disposiciones administrativas adecuadas, incluida la designación de la autoridad competente apropiada, para la aplicación de las normas de la DMA en cada demarcación hidrográfica de su territorio. Los Estados miembros obrarán de igual modo para dotar a las demarcaciones hidrográficas internacionales de los recursos y mecanismo precisos para cumplir las especificaciones de la DMA.

### **3.2.4 Objetivos medioambientales**

La DMA fija el plazo de quince años después de la entrada en vigor de la directiva para alcanzar un buen estado químico y ecológico de las aguas superficiales, subterráneas y zonas protegidas. Este plazo se prorrogará en caso de limitaciones técnicas, económicas o que las condiciones naturales requieran un mayor tiempo.

El deterioro temporal de las aguas no será infracción de las disposiciones de la DMA si se debe a causas naturales o de fuerza mayor que sean excepcionales o no hayan podido preverse razonablemente. En particular se refiere a inundaciones o sequías prolongadas, o bien al resultado de accidentes, contemplados estos eventos como racionalmente imprevistos o excepcionales en el plan hidrológico de cuenca.

Tampoco se considera infracción si el cambio de estado hidrológico es consecuencia de modificaciones físicas de una masa de agua superficial o a alteraciones del nivel de las aguas subterráneas. El estado del agua se condiciona al desarrollo de nuevas actividades humanas, cuyos beneficios supongan una mejora social superior a la consecución de los objetivos de la DMA.

Cada Estado miembro debe analizar cada demarcación hidrográfica evaluando las características de la demarcación, las repercusiones de la actividad humana en el estado de las aguas y su uso económico. Estos análisis se actualizarán cada cuatro años.

### 3.3 Planes especiales de sequía (PES)

La gestión del agua cuenta con una larga tradición y una enorme relevancia en España. Recientemente la orientación de la política de gestión de riesgos en materia de aguas aboga por la planificación y prevención de los eventos en lugar de medidas de crisis expost. En este sentido se están desarrollando planes específicos para la sequía y ha comenzado a trabajar el Observatorio Nacional para la sequía. Se han realizado diversos estudios sobre el valor estratégico de las reservas de agua para regadío en escenarios de incertidumbre climática. En ellos se refleja que los impactos de la sequía dependen de los criterios de gestión de embalses y reservas de agua. (Iglesias, Garrido, & Gómez-Ramos, 2003 y 2007), (Beare, Bell, & Fisher, 1998)

En este documento se analiza el contenido del Plan Especial para la Sequía en la cuenca del Guadalquivir, Plan Especial de actuación en situaciones de alerta y eventual Sequía (PES). Se especificarán los objetivos específicos del plan, así como las características de la cuenca que determinan la demanda.

El PES tiene como antecedentes la ley 10/2001 de 5 de julio del Plan Hidrológico Nacional (PHN) que establece en su artículo 27 sobre gestión de sequías la necesidad de elaborar ese documento. Las características del texto son las siguientes:

#### 3.3.1 Objetivos Específicos

El objetivo general del plan es “minimizar los aspectos ambientales, económicos y sociales de eventuales situaciones de sequía”. Este objetivo general se canaliza a través de los siguientes objetivos específicos:

Entre los objetivos se observa la priorización del abastecimiento humano en situaciones de sequía, garantizando en primer término el consumo de la población. Es destacable el objetivo ambiental que aparece en segundo término, en concordancia con la actual Directiva Marco del Agua que por primera vez establece la protección del estado ecológico de las aguas como meta fundamental de un documento legislativo. Finalmente se señalan el abastecimiento urbano y con fines económicos, atendiendo la prioridad a la legislación y planes hidrológicos establecidos. Se definen también objetivos instrumentales u operativos, mediante los cuales se alcanzarán los objetivos específicos.

OBJETIVOS DEL PES	
Tipos	Descripción
General	Minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de las situaciones de sequía
Específicos	Garantizar la disponibilidad de agua requerida para asegurar la salud y la vida de la población
	Evitar o minimizar los efectos negativos de las sequías sobre el estado ecológico de las masas de agua, en especial sobre el régimen de caudales ecológicos, evitando, en todo caso, efectos negativos permanentes sobre dicho estado.

	Minimizar los efectos negativos sobre el abastecimiento urbano
	Minimizar los efectos negativos sobre las actividades económicas, según la priorización de usos establecidos en la legislación de aguas y en los planes hidrológicos
<b>Instrumentales</b>	Definir mecanismos para la previsión y detección de situaciones de sequía
	Fijar umbrales de fases de gravedad progresiva de las sequías
	Definir medidas para conseguir los objetivos específicos en cada fase de sequía
	Asegurar la transparencia y participación pública en la elaboración y aplicación de los planes

**Tabla 3: Objetivos del PES**

Fuente elaboración propia a partir de datos del Plan Especial para la sequía

### **Marco normativo**

La elaboración de los PES se hace al amparo de la Ley 10/2001 de 5 de julio del Plan Hidrológico Nacional artículo 27 sobre gestión de sequías. Dicho documento establece la necesidad de elaborar:

- Indicadores hidrológicos para prever situaciones de sequía
- Planes especiales de alerta con reglas de explotación en estas situaciones
- Planes de emergencia de las administraciones públicas en poblaciones de más de 20.000 habitantes.

A su vez los PES obedecen también al marco normativo de la política de aguas de la Unión Europea definida en la Directiva 2000/60/CE Directiva Marco del Agua (DMA), transpuesta al derecho español por la modificación del Texto Refundido de la Ley de Aguas realizada por el artículo 129 de la Ley 62/2003 de 30 de diciembre. En el artículo 4.6 de la DMA se señalan las circunstancias extraordinarias, como las sequías, en las que el incumplimiento de las disposiciones de la directiva no supone una infracción.

### **Prescripciones y guías**

La base para la elaboración del Plan es el “Pliego de prescripciones técnicas” relativo al contrato de Asistencia Técnica. Otro documento de interés es la “Guía para la redacción de planes de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía”, redactado por la Dirección General del Agua el 11/01/2005. Posteriormente se elaboraron las “Propuestas de índice de los planes especiales” que sin tener carácter oficial señalaron aspectos complementarios.

### **Criterios generales**

Además de los criterios antes mencionados, la redacción del PES pretende seguir las siguientes premisas:

- Principio de eficacia, primando la obtención de resultado
- Principio de solidaridad, territorial dentro de la cuenca y entre los distintos usos

- Principio de coordinación, del trabajo interno dentro del propio organismo confederal, y colaboración con las administraciones, empresas y usuarios.

### **Consideraciones específicas de la Cuenca del Guadalquivir**

Existe amplia experiencia de gestión en situaciones de escasez de agua en los regadíos. Las características climáticas de la cuenca, que sufre con frecuencia sequías, han obligado a construir embalses para ciclos hiperanuales.

El balance hídrico se caracteriza por presentar una oferta deficitaria, lo que dificulta el cumplimiento de los objetivos del Plan.

La estructura lineal de la cuenca, que concentra los recursos en cabecera estando los mayores consumos de riegos en la parte baja precisa la introducción del concepto de Regulación General. Cabe considerar la reutilización de los recursos, pues los retornos procedentes de consumos se reincorporan aguas abajo.

Los usos urbanos a nivel cuantitativo son moderadamente exigentes, pero representan el sector más frágil, por lo que en ocasiones de dificultad ha sido preciso asignarles recursos para regadío. En este sentido la DMA en su artículo 7 señala que las aguas de mayor calidad deberán destinarse para el abastecimiento humano, si esto es posible, por lo que el PES deberá hacer un análisis de las masas de agua existentes en la cuenca.

El ámbito territorial del PES es el de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG), que incluye las cuencas del río Guadalquivir y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla.

### **Informe de sostenibilidad ambiental**

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) es un instrumento de prevención para integrar los aspectos ambientales en la toma de decisiones de planes y programas públicos, que pueden tener efectos significativos en el medio ambiente. Este instrumento está previsto por la Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, transpuesto al derecho español por la Ley 9/2006 de 28 de abril.

La EAE es un proceso de evaluación ambiental que debe efectuarse en paralelo y de forma interactiva con el proceso de desarrollo y toma de decisiones del PES. Consta de un documento inicial, un documento de referencia, un informe de sostenibilidad ambiental y una memoria ambiental.

### **3.3.2 Indicadores y umbrales**

La elaboración de indicadores se ha basado en parámetros hidrológicos que evalúan la proximidad, presencia y gravedad de las sequías. Los indicadores de estado considerados son los siguientes:

- Volumen almacenado en embalses
- Caudales fluyentes

- Niveles piezométricos en acuíferos
- Pluviometría
- Calidad del agua

La metodología para el establecimiento de los umbrales consiste en enfrentar los recursos disponibles y las previsiones de su incremento respecto a las demandas requeridas. La imposibilidad de atender la demanda mediante los recursos existentes y la aportación probable fijada determina los umbrales de sequía.

La definición de los umbrales (prealerta, alerta y emergencia) distingue entre los distintos usos del agua: abastecimiento urbano, riego o mixto. La elaboración de umbrales para uso de abastecimiento es más conservadora en cuanto a la consideración de las situaciones antes mencionadas.

Tipo de sistema			
Umbral	Abastecimiento	Mixto	Riego
Prealerta	100 % Demanda de 3 años	100 % Demanda de 3 años + Demanda de riego 100% a un año, 80 a dos	Demanda de riego 100% a un año, 80 a dos
	Aportación percentil 1%	Aportación percentil 5%	Aportación percentil 5%
Alerta	100 % Demanda de 2 años	100 % Demanda de 2 años + Demanda riego un año 80%, 60% siguiente	Demanda riego un año 80%, 60% siguiente
	Aportación percentil 1%	Aportación percentil 5%	Aportación percentil 5%
Emergencia	100 % Demanda de 1 año	100 % Demanda de 1 año + Demanda de riego a un año 60%	Demanda de riego a un año 60%
	Aportación percentil 1%	Aportación percentil 1%	Aportación percentil 5%

**Tabla 4: Demandas garantizadas y aportaciones probables por umbrales y tipo de sistemas**

**Fuente elaboración propia a partir de datos del Plan Especial para la sequía**

Tipo de sistema			
Umbral	Abastecimiento	Mixto	Riego
	Normalidad		
Prealerta	Prealerta		
Alerta	Alerta		
Emergencia	Emergencia		

**Tabla 5: Situaciones de sequía en función del valor del indicador hidrológico**

**Fuente elaboración propia a partir de datos del Plan Especial para la sequía**

MEDIDAS			FASE DE APLICACIÓN				
			Normalidad	Prealerta	Alerta	Emergencia	Post-sequia
TIPO	REFERENTES						
<b>DE PREVISION</b>							
PRESENTACION DE LA SEQUIA	1	Indicadores y umbrales	X	X	X	X	
	2	Seguimiento	X	X	X	X	
ESTABLECIMIENTO DE RESERVAS	3	Embalses	X	X	X	X	
	4	Acuíferos	X	X	X	X	
	5	Recursos no convencionales				X	
<b>OPERATIVAS</b>							
RELATIVAS A LA ATENUACION DE LA DEMANDA	6	Reducción de consumos		X	X	X	
	7	Penalización excesos			X	X	
	8	Información y sensibilización	X	X	X	X	
	9	Regimen hidroeléctrico			X	X	
	10	Orientacion Riegos		X	X	X	
	11	Abastecimientos urbanos		X	X	X	
RELATIVAS A LA DISPONIBILIDAD DE AGUA	12	Activación de reservas		X	X	X	
	13	Medidas excepcionales			X	X	
	14	Sustitución de caudales				X	
RELATIVAS A GESTION COMBINADA DE DISPONIBILIDADES Y NECESIDADES DE AGUA Y DE PROTECCION AMBIENTAL	15	Prioridades de uso			X	X	
	16	Restricciones de usos		X	X	X	
	17	Centro de intercambio			X	X	
	18	Requerimientos hídricos medioambientales			X	X	
	19	Humedales			X	X	
	20	Parque Natural de Doñana			X	X	
	21	Vertidos			X	X	
	22	Activación Planes de Emergencia		X	X	X	
<b>ORGANIZATIVAS Y DE GESTION</b>							
RELATIVAS A LA ORGANIZACIÓN	23	Declaración		X	X	X	
	24	Unidad Administrativa de seguimiento	X	X	X	X	
	25	Oficina Técnica	X	X	X	X	
	26	Protocolo	X	X	X	X	
	27	Resoluciones administrativas			X	X	
RELATIVAS A LA COORDINACION Y PARTICIPACION	28	Colaboración y coordinación		X	X	X	
	29	Planes de Emergencia	X	X	X	X	
	30	Participación	X	X	X	X	
<b>SEGUIMIENTO DEL PES</b>							
	31	Informe post-sequia					X
	32	Actualización	X				X
	33	Mejora del conocimiento	X				X
<b>RECUPERACION</b>							
	34	Desactivación		X	X	X	
	35	Ecosistemas		X	X	X	

Tabla 6: Cuadro resumen de medidas en las distintas fases de alerta

Fuente Plan Especial para la sequía

## 4 Tratamiento y análisis de datos

### 4.1 Caracterización de las fuentes de datos

La información de partida del estudio está integrada por datos de las siguientes fuentes: el Informe de Regadíos (IR) de los años 1998 y 2002, Censo Agrario de 1998 y 1999, Encuesta de Rendimientos y Superficies de 2002 a 2005, las Encuestas 1T de 1993 a 2003 y datos del CEDEX. Además se ha utilizado información sobre costes elaborada por la Agencia Andaluza del Agua (AAA) y las consultoras agrarias CTEC y TEPRO. Dada la diversidad de las fuentes y las diferencias en las reseñas temporales se eligió el año 2002 como año de referencia para el estudio. La elección de este año se debe a que es la referencia temporal con mayor vigencia que está disponible en la mayoría de las fuentes consultadas.

La información suministrada por estas fuentes se encuentra integrada en la base de datos Access ICEAGA<sup>1</sup>. Cada una de estas fuentes posee sus propias clasificaciones de cultivos y utilizan unidades de referencia espacial distintas, lo que hace necesario la creación de “tablas llave” para relacionar estas variables. En la base de datos se encuentran además consultas realizadas con esta información original por combinación de los datos originales.

La unidad territorial elegida para el estudio es la comarca, pues la amplitud de la muestra ofrece un número suficiente de datos para observar variabilidad y ser a la vez manejable desde el punto de vista operativo. Hay un total de 55 comarcas pertenecientes a las 8 provincias andaluzas, dos de las cuales no tienen datos disponibles para el estudio. Se emplea pues la información perteneciente a 53 comarcas de la base de datos, que se extienden por toda la comunidad autónoma, si bien en el estudio se destacan las comarcas pertenecientes a la cuenca del Guadalquivir.

Para la realización del estudio se precisó agrupar la información de estas fuentes al nivel comarcal programando para ello la base de datos empleando el programa ACCESS. Las tablas procedentes del Inventario de Regadíos y de las Encuestas 1T presentaban diferencias en la numeración de las comarcas, tras consultar con el registro de la Junta de Andalucía se comprobó que la numeración de las Encuestas 1T era la correcta, procediéndose a la corrección de las tablas del Inventario de Regadíos. Tabla incluida en el anexo “Equivalencias de numeración entre 1T e IR”.

Los códigos de identificación de las comarcas se componen de cuatro dígitos, donde los dos primeros números identifican la provincia a la que pertenece la comarca, con la siguiente relación:

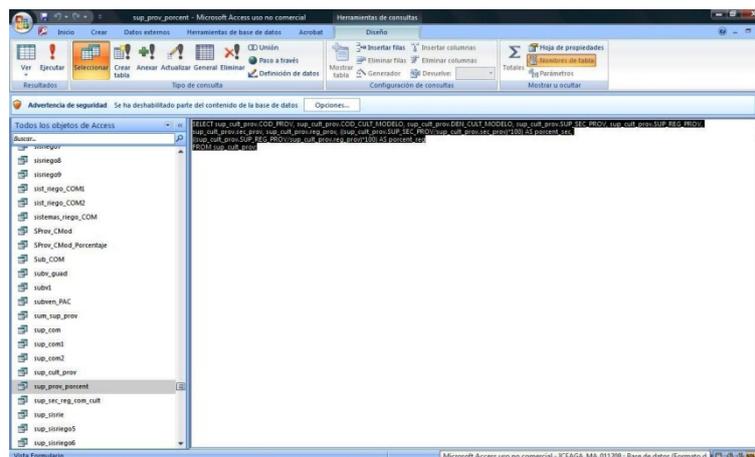
- Almería: 04
- Cádiz: 11

---

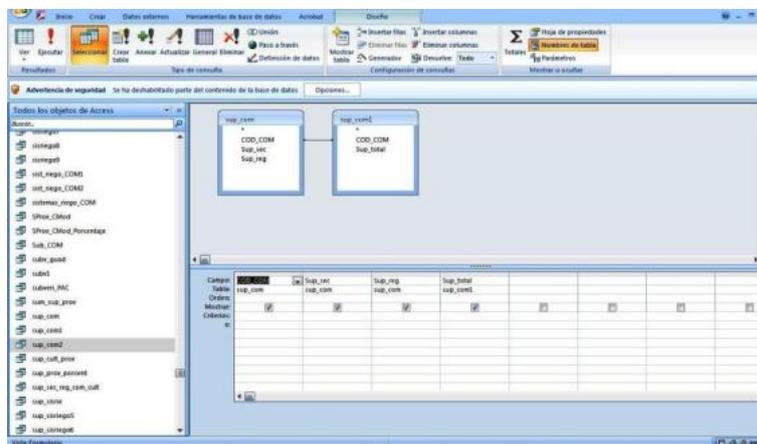
<sup>1</sup> ICEAGA: Integración de criterios económicos y ambientales en la gestión del agua 2004-2008. Plan nacional I+D

- Córdoba: 14
- Granada: 18
- Huelva: 21
- Jaén 23:
- Málaga: 29
- Sevilla: 41

Las consultas realizadas en la base de datos incluyen operaciones de combinación, agrupación, actualización y de cálculos aritméticos, todos ellos programados en lenguaje SQL o bien operados desde la vista de diseño.



**Ilustración 6: Vista de programación SQL de ACCESS**



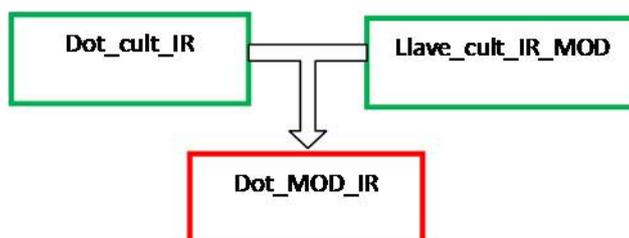
**Ilustración 7: Vista de diseño de ACCESS**

## 4.2 Operaciones realizadas en la base de datos

En los siguientes párrafos se muestran las distintas operaciones llevadas a cabo para elaborar las tablas con las que construir los indicadores. Se indica la descripción de las operaciones acompañadas de un esquema que muestra el origen y pasos intermedios en la elaboración de las consultas. Los recuadros en color negro son tablas originales de la base de datos, el color verde representa las consultas intermedias y las tablas

recuadradas en rojo son el resultado final. Junto con los esquemas y descripción de las consultas se añaden también las líneas de programación en lenguaje SQL empleadas.

**Consumo de agua por cultivo y comarca:** este conjunto de datos refleja la dotación de cada cultivo según la comarca en la que se halle. Los datos se han extraído de las tablas del Inventario de Regadíos (IR), siendo necesario la generación de una llave que ligue la denominación de los cultivos del IR y la denominación de los cultivos del modelo.

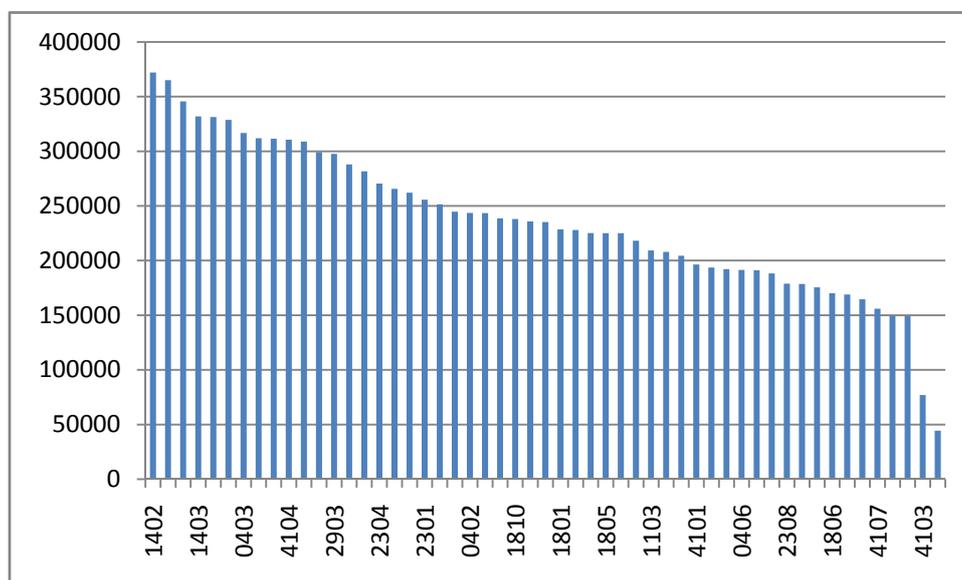


Sentencias de programación:

```

SELECT Dot_cult_IR.COD_COM, Llave_cult_IR_MOD.DEN_CULT_MODELO,
Llave_cult_IR_MOD.Cultivo_IR, Dot_cult_IR.Dotacion

FROM Dot_cult_IR INNER JOIN Llave_cult_IR_MOD ON Dot_cult_IR.Cultivo_IR =
Llave_cult_IR_MOD.Cultivo_IR;
  
```



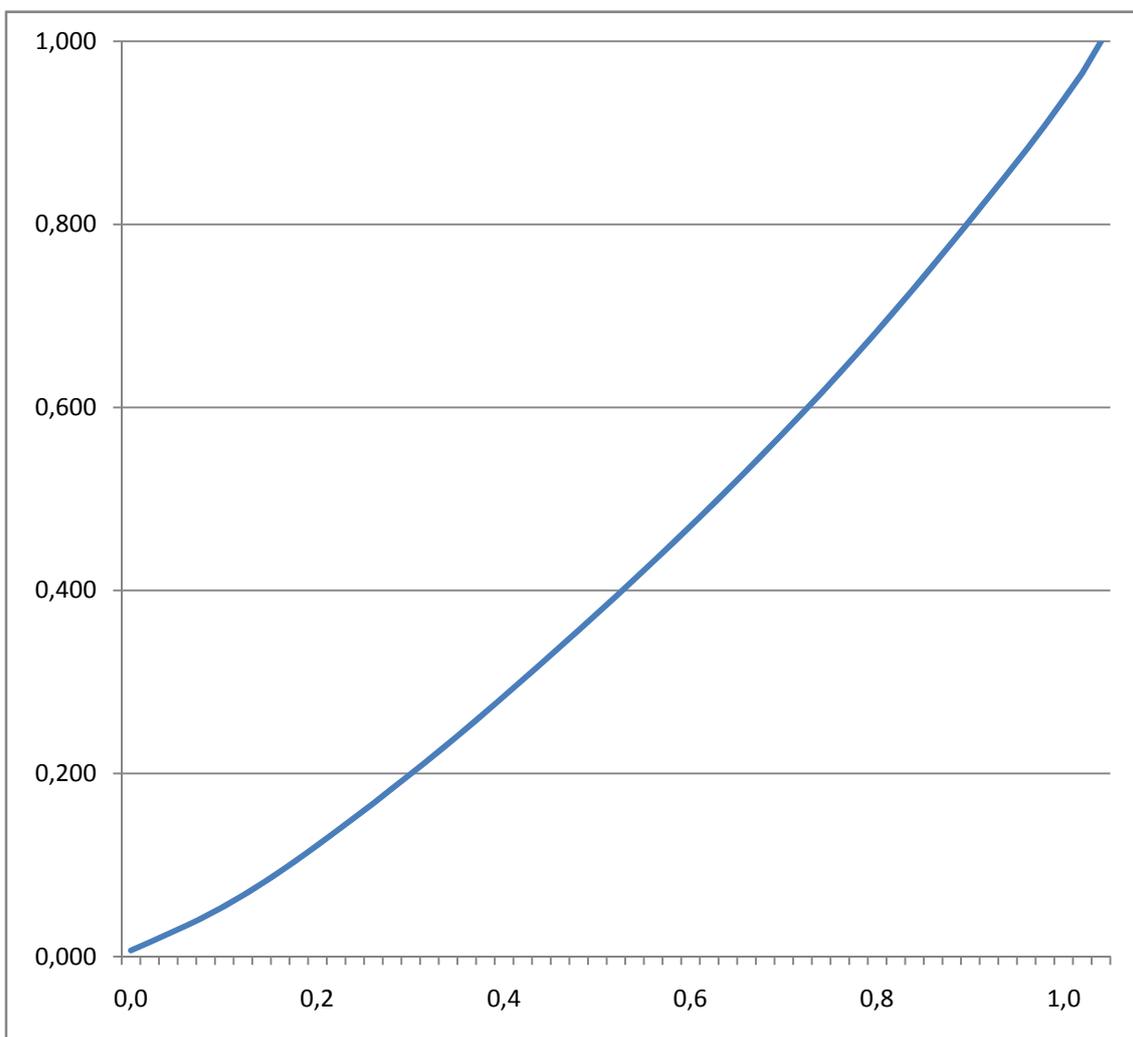
**Ilustración 8: Dotación total recibida por las comarcas**

**Fuente: elaboración propia**

El volumen total de agua recibido en la cuenca asciende a casi nueve mil hectómetros cúbicos, situándose la media por comarca en 4.892 m<sup>3</sup> con una desviación estándar de 1.465 m<sup>3</sup>. En base a la información obtenida se elaborará el mapa de vulnerabilidad económica.

Promedio	4892,157
1 cuartil	3974,395
2 cuartil	4796,210
3 cuartil	5816,180
Valor máximo	8961,419
Valor mínimo	1730,197
Desviación estándar	1465,127

La curva de Lorenz permite analizar la distribución de la dotación de las comarcas. Para ello previamente se han dividido los metros cúbicos entre la superficie en regadío de cada comarca, resultando un ratio  $m^3/ha$  correspondiente a cada comarca.



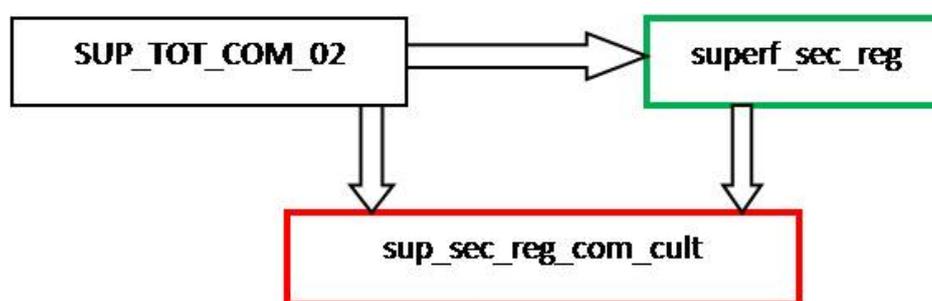
**Ilustración 9: Curva de Lorenz de dotación por hectárea para las comarcas pertenecientes a la cuenca del Guadalquivir**

**Elaboración propia**

Un reparto equitativo del agua da como resultado una línea próxima a 45 grados que pase por el origen de coordenadas. Como puede observarse, la curva se aproxima a este eje de 45 grados, lo que indica una distribución homogénea de la dotación para las comarcas. Las variables estadísticas significativas en cuanto al reparto de la

dotación, reflejadas anteriormente, apuntan también en este sentido. Vemos que la dotación media está comprendida entre el segundo y el tercer cuartil como cabría esperar para este caso-Estas observaciones señalan en la misma dirección que las conclusiones obtenidas por la curva de Lorenz, confirmando la homogeneidad de la distribución de la dotación por hectárea entre comarcas.

**Superficie de cultivo en secano y regadío:** esta tabla recoge la superficie cultivada en cada comarca, tanto en regadío como en secano. Se ofrece también el total de superficie cultivada en la comarca, pudiendo de esta forma observar la importancia de un cultivo en una determinada comarca.



Sentencias de programación:

```

SELECT SUP_TOT_COM_02.COD_COM, Sum
(SUP_TOT_COM_02.SumaDeSUP_SECANO) AS tot_sec, Sum
(SUP_TOT_COM_02.SumaDeSUP_REGADIO) AS tot_reg
  
```

```

FROM SUP_TOT_COM_02
  
```

```

GROUP BY SUP_TOT_COM_02.COD_COM;
  
```

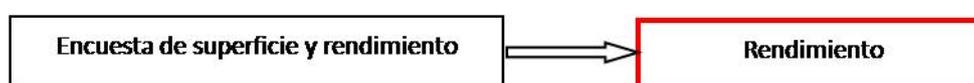
```

SELECT SUP_TOT_COM_02.COD_COM, SUP_TOT_COM_02.DEN_CULT_MODELO,
SUP_TOT_COM_02.SumaDeSUP_SECANO, SUP_TOT_COM_02.SumaDeSUP_REGADIO,
superf_sec_reg.tot_sec, superf_sec_reg.tot_reg
  
```

```

FROM superf_sec_reg INNER JOIN SUP_TOT_COM_02 ON superf_sec_reg.COD_COM =
SUP_TOT_COM_02.COD_COM;
  
```

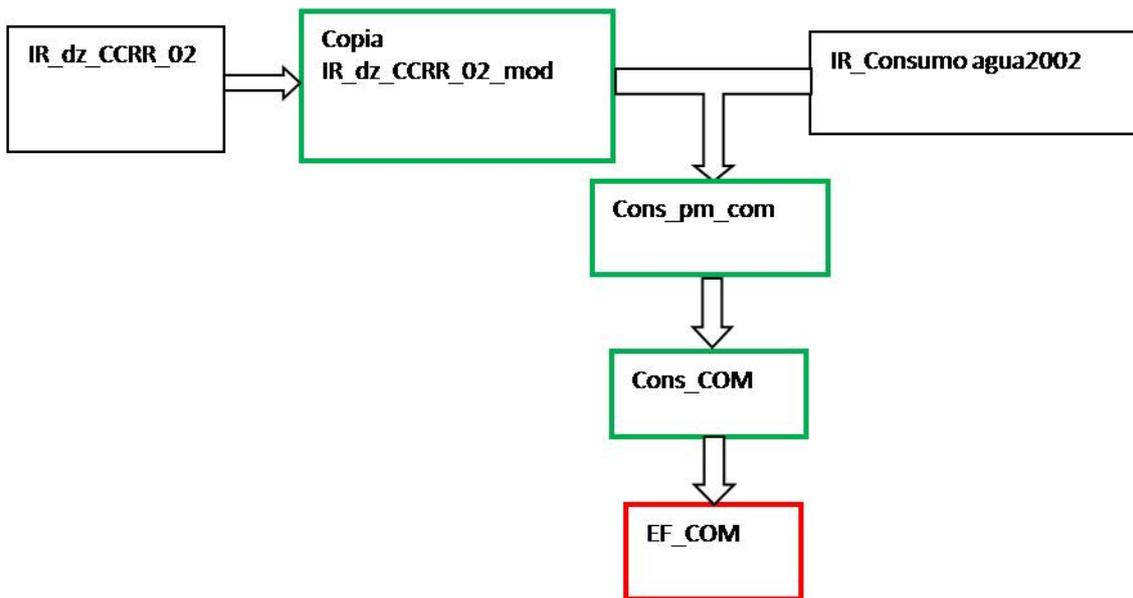
**Rendimiento:** en las tablas de rendimiento la información proviene de las “Encuestas de superficie y rendimientos”. Esta información está clasificada por provincias y diferencia entre cultivos en secano y regadío. En dicha encuesta la clasificación de los cultivos difiere de la empleada en el modelo por lo que se preciso establecer una relación entre cultivos.



Sentencias de programación:

```
SELECT Z_ESR_02.COD_PROV, Z_LLAVE_ESR_MODELO.COD_CULT_MODELO,  
Z_LLAVE_ESR_MODELO.DEN_CULT_MODELO, Z_ESR_02.CULTIVO,  
Z_ESR_02.RENDIMIENTO_SECANO, Z_ESR_02.RENDIMIENTO_REGADIO,  
Z_ESR_02.RENDIMIENTO_REG_AIRE_LIBRE,  
Z_ESR_02.RENDIMIENTO_REG_PROTEGIDO  
  
FROM Z_ESR_02 LEFT JOIN Z_LLAVE_ESR_MODELO ON Z_ESR_02.CULTIVO =  
Z_LLAVE_ESR_MODELO.DEN_CULT_ESR;
```

**Eficiencia en el uso del agua:** en la base de datos existían registros de necesidades hídricas de los cultivos y los consumos de agua, provenientes del Inventario de Regadíos (IR), tomados a nivel de municipio. Se agrupó la información a nivel de comarca, calculando el promedio de consumo y necesidades por hectárea. A continuación se dividieron las necesidades entre el consumo efectuado para así obtener la eficiencia.



Sentencias de programación:

```
SELECT [IR_Consumo agua_2002].COD_PMZ, [IR_Consumo agua_2002].[Consumo agua  
(m3/ha)], [IR_Consumo agua_2002].[Necesidades hídricas (m3/ha)], [Copia de  
IR_dz_CCRR_02_mod].COD_PMZ, [Copia de IR_dz_CCRR_02_mod].COD_COM  
  
FROM [IR_Consumo agua_2002] INNER JOIN [Copia de IR_dz_CCRR_02_mod] ON  
[IR_Consumo agua_2002].COD_PMZ = [Copia de IR_dz_CCRR_02_mod].COD_PMZ;
```

```
SELECT cons_pmz_com.COD_COM, SUM (cons_pmz_com.[Necesidades hídricas (m3/ha)]) AS Nec_COM, SUM (cons_pmz_com.[Consumo agua (m3/ha)]) AS Cons_COM
```

```
FROM cons_pmz_com
```

```
GROUP BY cons_pmz_com.COD_COM;
```

```
SELECT Cons_COM.COD_COM, (Cons_COM.Nec_COM / Cons_COM.Cons_COM) AS Eficiencia
```

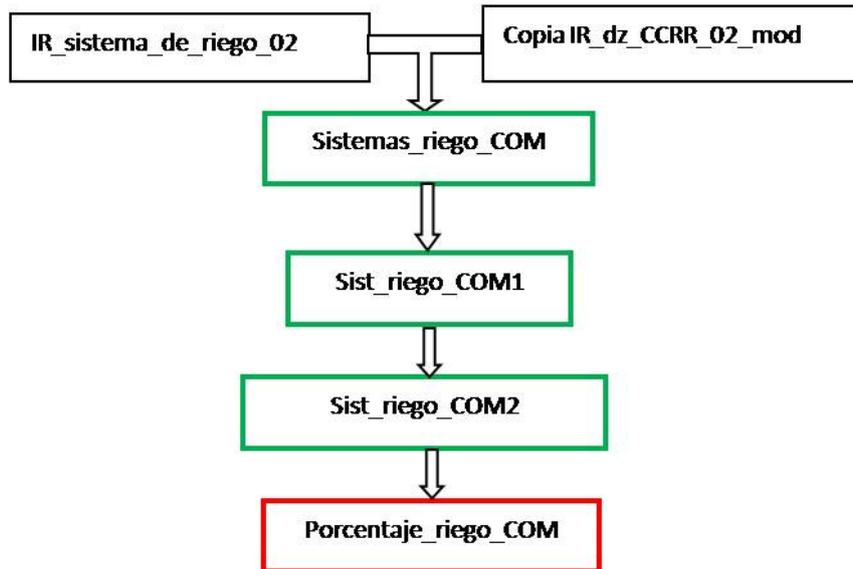
```
FROM Cons_COM;
```

A continuación se resume el resultado de las operaciones.

Promedio	0,660
1 cuartil	0,556
2 cuartil	0,650
3 cuartil	0,756
Valor máximo	0,958
Valor mínimo	0,343
Desviación estándar	0,145

Se observa que el promedio de la eficiencia en el uso del agua en las comarcas de la cuenca es del 66 %, con una desviación estándar del 14,5%. Casi la mitad de las comarcas estudiadas tienen una eficiencia inferior a esta media, puede concluirse por tanto que precisan mejorar sus métodos de riego a fin de lograr un uso más eficaz del agua. Al final del documento en el anexo de tablas y cálculos puede consultarse la tabla con los datos de todas las comarcas, titulada “Eficiencia en el uso del agua”.

**Métodos de riego:** se obtuvo a partir de información de los sistemas de riego recogida en las tablas del IR, procediéndose a agrupar la información por comarcas pues los datos están tomados a nivel de municipio. Se dividió el total de superficie regada por cada método (aspersión, gravedad y localizado) sobre el total de la superficie regada en la comarca. Por este motivo fue necesario cruzar la información con otra que contiene las superficies de riego por comarca.



Sentencias de programación:

```

SELECT [Copia de IR_dz_CCRR_02_mod].COD_COM, [Copia de
IR_dz_CCRR_02_mod].COD_PMZ, IR_Sistema_de_riego_2002.[Aspersión (ha)],
IR_Sistema_de_riego_2002.[Gravedad (ha)], IR_Sistema_de_riego_2002.[Localizado
(ha)]

```

```

FROM IR_Sistema_de_riego_2002 INNER JOIN [Copia de IR_dz_CCRR_02_mod] ON
IR_Sistema_de_riego_2002.COD_PMZ = [Copia de IR_dz_CCRR_02_mod].COD_PMZ;

```

```

SELECT sistemas_riego_COM.COD_COM, SUM (sistemas_riego_COM.[Aspersión (ha)])
AS aspersion, SUM (sistemas_riego_COM.[Gravedad (ha)]) AS gravedad, SUM
(sistemas_riego_COM.[Localizado (ha)]) AS localizado

```

```

FROM sistemas_riego_COM

```

```

GROUP BY sistemas_riego_COM.COD_COM;

```

```

SELECT sist_riego_COM1.COD_COM, (NZ (sist_riego_COM1.aspersion, 0)+NZ
(sist_riego_COM1.gravedad, 0) +NZ (sist_riego_COM1.localizado, 0)) AS
superficie_riego

```

```

FROM sist_riego_COM1;

```

```

SELECT sist_riego_COM1.COD_COM,
(sist_riego_COM1.aspersion/sist_riego_COM2.superficie_riego) AS aspersion,
(sist_riego_COM1.gravedad/sist_riego_COM2.superficie_riego) AS gravedad,
(sist_riego_COM1.localizado/sist_riego_COM2.superficie_riego) AS localizado

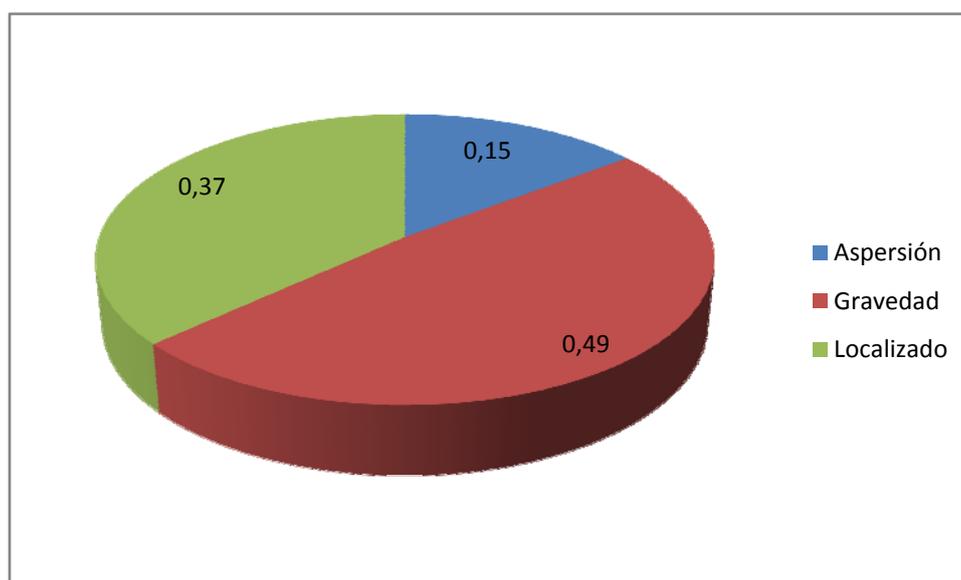
```

FROM sist\_riego\_COM2 INNER JOIN sist\_riego\_COM1 ON sist\_riego\_COM2.COD\_COM = sist\_riego\_COM1.COD\_COM;

El resultado de estas operaciones manifiesta el porcentaje de tipo de riego utilizado en cada comarca, como se refleja en el siguiente resumen:

COD_COM	Aspersión	Gravedad	Localizado
Promedio	0,149	0,476	0,375
1 cuartil	0,000	0,166	0,122
2 cuartil	0,015	0,423	0,252
3 cuartil	0,207	0,829	0,624
Valor máximo	0,802	1,000	1,000
Valor mínimo	0,000	0,000	0,000
Desviación estándar	0,233	0,352	0,323

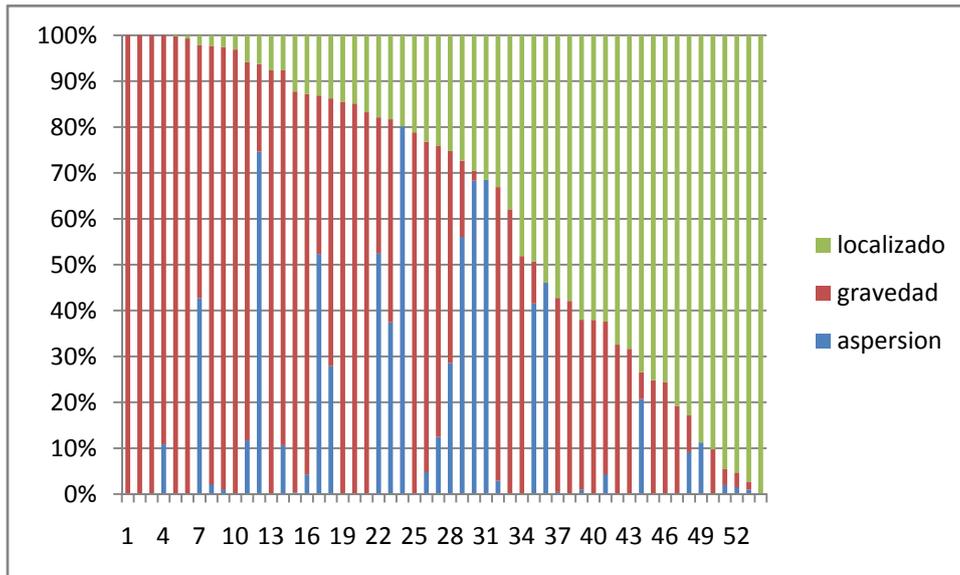
De los resultados de los cálculos destaca la predominancia del método por gravedad sobre el resto de métodos. El promedio de uso del riego por gravedad en las comarcas estudiadas roza el 50%, lo cual puede relacionarse con el resultado de la eficiencia en el uso del agua ya que este método es el que más pérdidas produce. En el anexo se encuentra la tabla “Métodos de riego por comarcas” con los datos de las comarcas estudiadas.



**Ilustración 10: Promedio del porcentaje de los sistemas de riego**

**Fuente elaboración propia**

El método de riego más eficiente es el localizado, aunque lleva asociados unos mayores costes de instalación. En el siguiente gráfico se observa la proporción de comarcas equipadas con dicho sistema.



**Ilustración 11: Porcentajes de riego en las comarcas**

**Fuente elaboración propia**

## 5 Definición del escenario

En el reciente informe “Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España” (Agencia Estatal de Meteorología, 2009) se plantean futuros escenarios climáticos para las regiones españolas. En el siguiente gráfico, extraído de dicho informe, se observan las pautas de evolución de la pluviometría para Andalucía. Las previsiones planteadas para los próximos años en Andalucía coinciden en señalar un descenso variable de las precipitaciones para la región. El gráfico refleja la evolución del valor medio (curva continua) y más/menos su desviación estándar (sombreado) para precipitación. La curva correspondiente al valor medio representa la media móvil centrada para un período de 10 años. (Agencia Estatal de Meteorología, 2009)

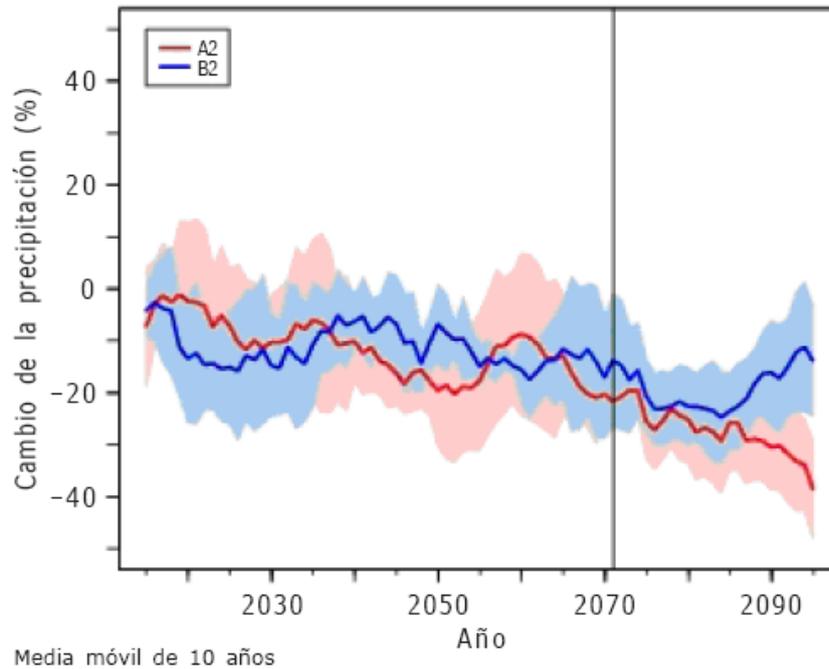


Ilustración 12: Evolución del valor medio de precipitación para Andalucía

Fuente Agencia Estatal de Meteorología, 2009

De acuerdo con estas estimaciones y siguiendo la clasificación de los niveles de alerta contemplados en el Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía (PES), se define el escenario más desfavorable supuesto por el PES. Corresponde al umbral de emergencia que estipula una reducción del agua de riego al 60 %, calculado a partir de la dotación normal asignada a cada comarca.

Los indicadores reflejarán la pérdida asociada a esta disminución del volumen de agua para riego respecto a la dotación en situación de normalidad. La evaluación de la pérdida se realiza en función del valor por metro cúbico de agua y los jornales asociados a la dotación en las comarcas para los indicadores económico y social respectivamente. Para el indicador ambiental se recurre al origen del agua, dada la dificultad de evaluar el impacto ambiental de la sequía. En los siguientes apartados se describirá detalladamente la construcción de estos indicadores.

## 6 Construcción de indicadores

### 6.1 Descripción general de indicadores

El objetivo principal del trabajo es la elaboración de mapas de vulnerabilidad a la sequía, desde la perspectiva económica, ambiental y social, causadas por este fenómeno.

Por este motivo se requiere la elaboración de indicadores económicos, ambientales y sociales para la cuantificación de los efectos de la sequía, y posteriormente incluirlos

en mapas. Los indicadores son medidas obtenidas por la agregación y tratamiento de varios índices, sintetizándolos en una sola resultante.

Las características buscadas en un indicador son las siguientes:

- Combinación de resultados en un único índice, ordenados en una escala de gradación para que puedan ser comparados.
- Economía de recursos para su cálculo.
- Claridad y sencillez para su construcción.
- Estabilidad frente a pequeñas alteraciones.
- Comparabilidad consigo mismo y con otros indicadores.
- Reproductibilidad del análisis.
- Fácil interpretabilidad del resultado.

El criterio empleado para la creación de los indicadores económico, social y ambiental es la agregación por multiplicación de varios índices, elaborados desde la base de datos u obtenidos por fuentes estadísticas. En los siguientes apartados se describirán el proceso de construcción de los indicadores de forma más detallada. La selección de estos indicadores refleja la dimensión total del agua, que integra las distintas facetas y beneficios aportados por el agua.

Finalmente el resultado de los indicadores se agrega en un indicador sintético, reflejando el efecto total de la sequía integrado en un único indicador. La elaboración de este indicador sintético se consigue mediante la adición de los valores otorgados a los indicadores económico, social y ambiental previamente calculados.

## **6.2 *Indicador económico***

Hay una gran variedad de cultivos en las comarcas de la cuenca del Guadalquivir, condicionadas por la climatología y disponibilidad de recursos. Como se comenta anteriormente, el regadío es un sector clave para la economía andaluza. El rendimiento económico por cada metro cúbico de agua varía en función del cultivo, el sistema de riego y la tecnificación.

Sin embargo resulta difícil cuantificar la pérdida económica causada por la disminución de la dotación de agua debido a que el descenso de la productividad no es parejo al de la reducción de la cantidad de agua. (Iglesias Martínez, Gómez Ramos, & Garrido Colmenero). A pesar de esta situación y debido a la falta de datos para el estudio, se asumirá una relación lineal entre el beneficio económico y el uso del agua. Por este motivo para analizar el impacto de la sequía en los cultivos en regadío se estudiará la relación entre el beneficio obtenido y dotación asignada a cada comarca. Se determina de esta forma aquellas comarcas con las economías más sensibles a la sequía.

El estudio de rentabilidad económica se ha enfocado hacia la determinación del beneficio aportado por cada metro cúbico de agua, como se ha señalado. Para ello primeramente se obtuvo el beneficio neto obtenido en cada comarca por tipo de cultivo. La fórmula para el cálculo del beneficio es la siguiente:

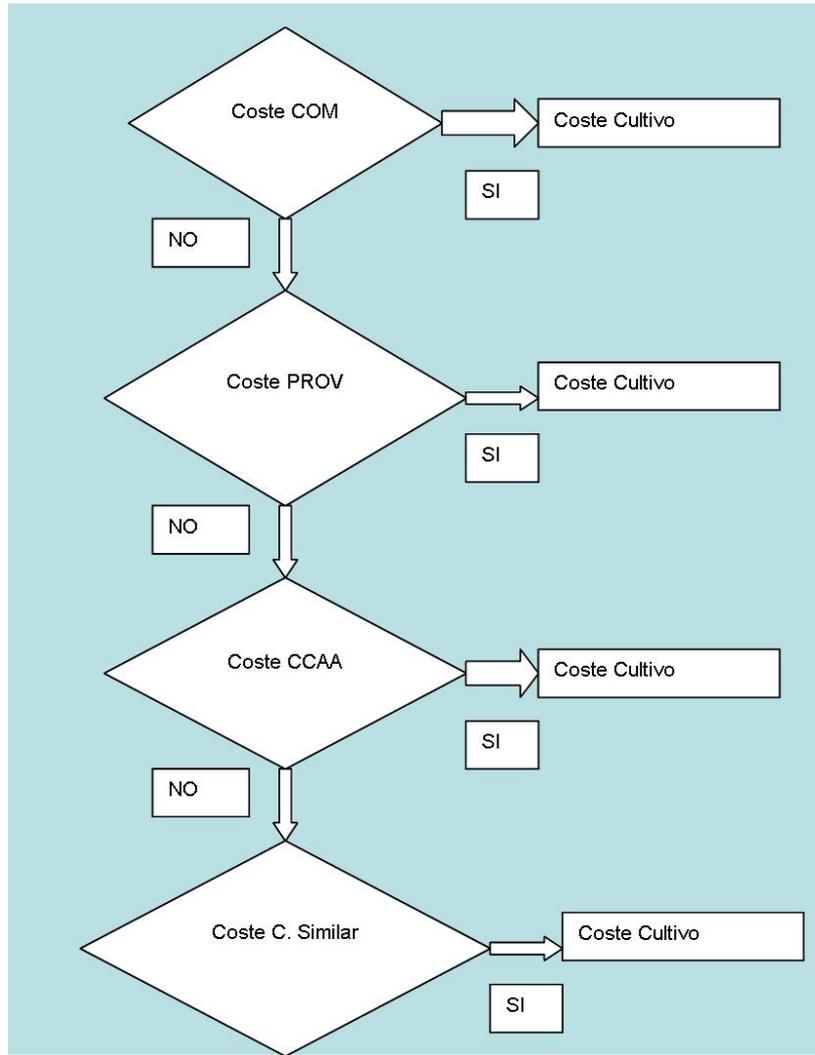
$$\pi_{ij} = ((r_{ij} \times p) + s) - c_{ij}$$

Donde:

- $\pi_{ij}$ = beneficio por cultivo y comarca, euros por hectárea.
- $r_{ij}$ = rendimiento de cada cultivo y comarca, kilogramos por hectárea.
- $p$ = precio, euros por kilogramos.
- $s$ = subvención, euros por hectárea.
- $c_{ij}$ = costes por cultivo y comarca, euros por hectárea.

En los cálculos se parte de más de dos mil registros de cultivos por cada comarca, que finalmente se agregan en un único valor por cada comarca. Las operaciones para el cálculo del margen neto se han realizado en función a la información contenida en la base de datos ICEAGA. Cabe mencionar que los datos de costes suministrados por esta base están incompletos, pues no había datos de costes para todos los cultivos registrados en las comarcas. Como solución se optó por asignar el coste de un cultivo similar perteneciente a la misma comarca, provincia o comunidad andaluza, en función de la disponibilidad de este dato. A pesar de ello de los cincuenta y seis tipos distintos de cultivos clasificados en la base se tenía información de costes para tan sólo cuarenta y uno en toda la cuenca hidrográfica, por tanto se asignaron los costes de cultivos similares. Es importante destacar que los cultivos de los que no se tenía información de costes representaban una superficie de cultivos poco importante, en torno al 5% de las tierras cultivadas en secano y el 6% de las cultivadas en regadío.

A esta dificultad se añaden distorsiones en los costes procedentes de las encuestas realizadas por las consultoras CTEC y TEPRO, que arrojaban costes por hectárea muy superiores entre comarcas pertenecientes a la misma provincia.



**Ilustración 13: Diagrama de flujo del cálculo de los costes de los cultivos**

**Fuente: elaboración propia**

Para poder sumar los beneficios de cada cultivo se ha considerado la superficie en regadío cultivada de cada cultivo sobre el total de la superficie cultivada por comarca.

$$m_i = \frac{\sum_{ij} (\pi_{ij} \times s_{ij})}{S_i}$$

- $m_i$ = margen obtenido por cada comarca, euros por hectárea.
- $s_{ij}$ = superficie de cada cultivo por comarca, hectáreas.
- $S_i$ = superficie total cultivada en la comarca, hectáreas.

Finalmente se procede a dividir el margen obtenido en cada comarca sobre la dotación por hectárea asignada a esa comarca, obteniéndose así la rentabilidad del uso del agua  $w_i$ , en euros por metro cúbico.

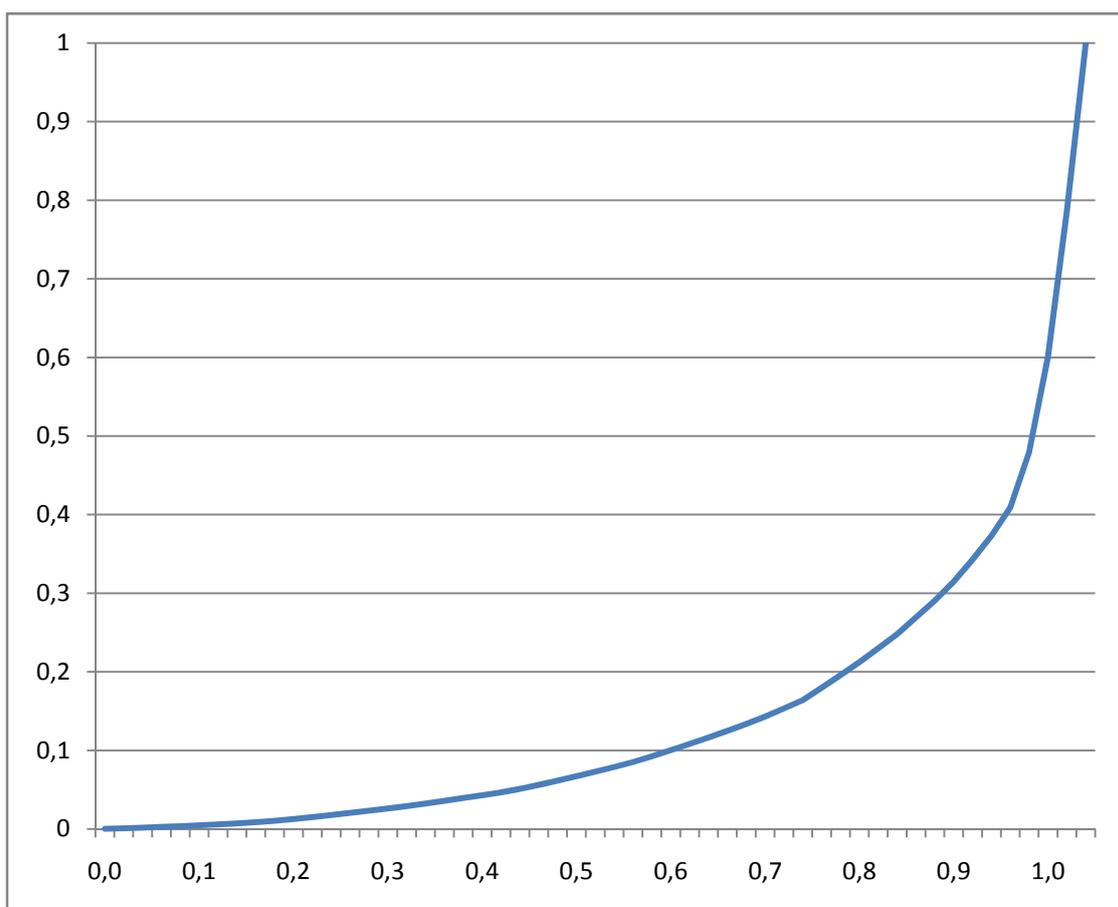
$$w_i = \frac{m_i}{d_i}$$

- $w_i$  = rentabilidad del uso del agua, euros por metro cúbico.
- $d_i$  = dotación de cada comarca, en metros cúbicos por hectárea.

Resulta de este modo la siguiente tabla resumen por provincias:

COD_PROV	$w_i$
04	0,084
11	0,870
14	0,417
18	0,121
21	1,106
23	0,062
29	0,152
41	0,922

La tabla con la información por comarcas puede hallarse en el anexo con el título “Rentabilidad por metro cúbico de agua” cuya curva de Lorenz se representa a continuación:



**Ilustración 14: Curva de Lorenz de rentabilidad del agua en las comarcas**

**Fuente: elaboración propia.**

Puede observarse una distribución desigual de la rentabilidad del uso del agua entre las distintas comarcas tanto a través de las variables estadísticas como a través de la representación gráfica. La mayor rentabilidad se corresponde a las regiones con predominio del método de riego localizado y por aspersión, consecuencia de una mayor rentabilidad de los cultivos y un uso más eficiente del agua.

Promedio	0,48
1 cuartil	0,273
2 cuartil	0,395
3 cuartil	0,622
Valor máximo	1,645
Valor mínimo	0,118
Desviación estándar	0,31

Para completar la construcción del indicador se considera la importancia relativa de la producción agraria sobre el total de la producción. Se ha recurrido al Instituto Nacional de Estadística (INE) para obtener datos regionales de producción al nivel de las provincias andaluzas en el año de referencia 2002.

Provincia	PIB (miles euros)	PIB agrario (miles euros)	Tanto por uno del PIB agrario
Almería	8.315.169	1.361.884	0,164
Cádiz	15.039.460	604.177	0,040
Córdoba	8.712.358	776.664	0,089
Granada	9.992.758	636.072	0,063
Huelva	6.406.805	501.129	0,078
Jaén	7.218.879	732.934	0,102
Málaga	17.526.570	535.404	0,031
Sevilla	23.678.113	1.033.568	0,044
Andalucía	96.890.112	6.181.832	0,064

**Tabla 7: PIB agrario por provincias**

**Elaboración propia a partir de datos del INE**

De esta forma el indicador de impacto económico de la sequía ( $I_{EC}$ ) se construye multiplicando las pérdidas económicas de cada comarca, causadas por la disminución de la dotación a consecuencia de la sequía, por el porcentaje del PIB agrario de la provincia a la que corresponden.

$$I_{EC} = 0,4 \times \frac{w_i}{S_r} \times d_i \times \frac{PIB_{ag}}{PIB}$$

- $w_i$  = rentabilidad del uso del agua, euros por metro cúbico.
- $d_i$  = dotación por hectárea de cada comarca, en metros cúbicos por hectárea
- $S_r$  = superficie regada en hectáreas

### 6.3 Indicador Ambiental

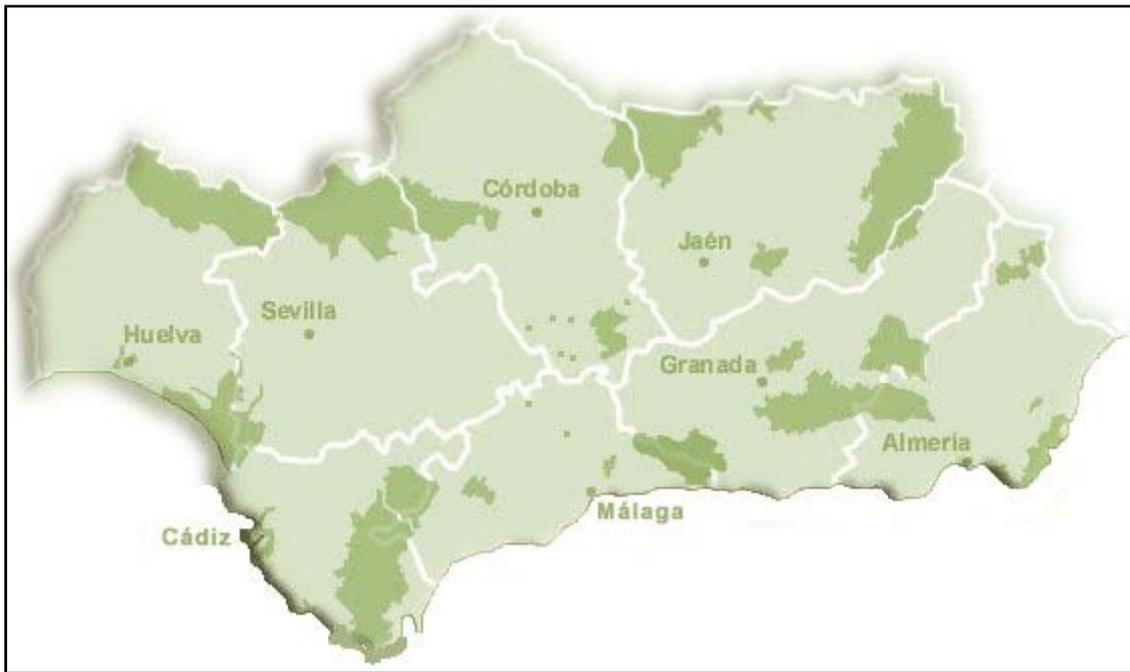
La utilización de indicadores ambientales es necesaria para cuantificar el impacto ambiental, causado por las actividades humanas. (Junta de Andalucía. Medioambiente, 2009). Sin embargo resulta difícil cuantificar la pérdida causada al medio ambiente por una sequía, pues de una parte exige la observación de las variaciones que se producen en el medio y después su valoración para determinar la gravedad. Por ello en este estudio se propone la elaboración de mapas de sensibilidad ambiental, en los que se clasificará la gravedad de los daños ambientales al territorio en función de los bienes naturales presentes en él. Este indicador se apoya en los porcentajes de superficies naturales y en el origen del agua de riego, para reflejar el esfuerzo en la economía de los recursos hídricos.

La siguiente tabla ofrece la relación entre la superficie ocupada por cada provincia y las hectáreas de espacios protegidos presentes en ellas. Para una información más detallada consúltese la Relación de espacios naturales protegidos en Andalucía en el anexo.

Provincia	Hectáreas protegidas	Total de hectáreas	Tanto por uno de Espacios Protegidos
Almería	299.094	877.500	0,341
Cádiz	315.143	744.036	0,424
Córdoba	168.946	1.377.131	0,123
Granada	296.558	1.264.684	0,235
Huelva	340.825	1.012.794	0,336
Jaén	317.007	1.349.609	0,235
Málaga	304.466	730.603	0,417
Sevilla	349.459	1.403.609	0,249
Andalucía	2.391.498	8.759.966	0,273

**Tabla 8: Superficie de espacios naturales**

**Fuente: Elaboración propia**



**Ilustración 15: Espacios Naturales Protegidos de Andalucía por provincias**

**Fuente: Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente**

Para la construcción del indicador se seleccionarán de estos espacios naturales la superficie de humedales y acuíferos contaminados, por considerarse estas zonas las más afectadas por la sequía.

Provincia/s	Sitio RAMSAR	Fecha de inclusión	Superficie (ha)
Almería	Salinas del Cabo de Gata	05/12/1989	300
Almería	Albufera de Adra	04/10/1994	75
Almería	Punta Entinas-Sabinar	16/12/2005	1.948,23
Cádiz	Lagunas de Cádiz: Laguna de Medina y Laguna Salada	05/12/1989	158
Cádiz	Complejo Endorreico de Espera	16/12/2005	514,82
Cádiz	Bahía de Cádiz	24/10/2002	10.000
Cádiz	Complejo Endorreico de Chiclana	05/06/2009	793,01
Cádiz	Complejo Endorreico de Puerto Real	05/06/2009	863,2
Córdoba	Lagunas del Sur de Córdoba: Zóñar, Rincón y Amarga	05/12/1989	86
Córdoba	Laguna de Tíscar	16/12/2005	185,16
Córdoba	Laguna de Los Jarales	16/12/2005	147,21
Córdoba	Laguna del Conde o El Salobral	16/12/2005	345,44
Granada	Humedales y Turberas de Padul	16/12/2005	327,4
Huelva	Lagunas de Palos y Las Madres	16/12/2005	635,11
Huelva	Marismas del Odiel	05/12/1989	7.185
Huelva/Sevilla/Cádiz	Doñana	04/05/1982 y 16/12/2005 (*)	111.645,81
Jaén	Laguna Honda	16/12/2005	367,69
Jaén	Laguna del Chinche	16/12/2005	221

Jaén	Laguna Grande	25/06/2009	199,87
Málaga	Laguna de Fuente de Piedra	08/08/1983	1.364
Málaga	Lagunas de Campillos	16/12/2005	1.341,50
Málaga	Lagunas de Archidona	05/06/2009	203,84
Sevilla	Paraje Natural Brazo del Este	16/12/2005	1.362,20
Sevilla	Complejo Endorréico Lebrija-Las Cabezas	05/06/2009	897,33
Sevilla/Córdoba	Embalses de Cordobilla y Malpasillo	05/06/2009	1.972,00

(\*) 04/05/1982 inclusión del P. Nacional de Doñana. 16/12/2005 Ampliación del P. Nac. de Doñana e inclusión del P. Natural de Doñana.

**Tabla 9: Relación de humedales en Andalucía**

**Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente**

En el estudio se consideran la superficie total de los humedales y la superficie de los acuíferos con alta vulnerabilidad sobre la superficie total de la provincia. La disponibilidad de la información tanto para humedales como para acuíferos es a nivel de provincia, por lo que esta información se agrupará a nivel comarcal con el resto de datos.

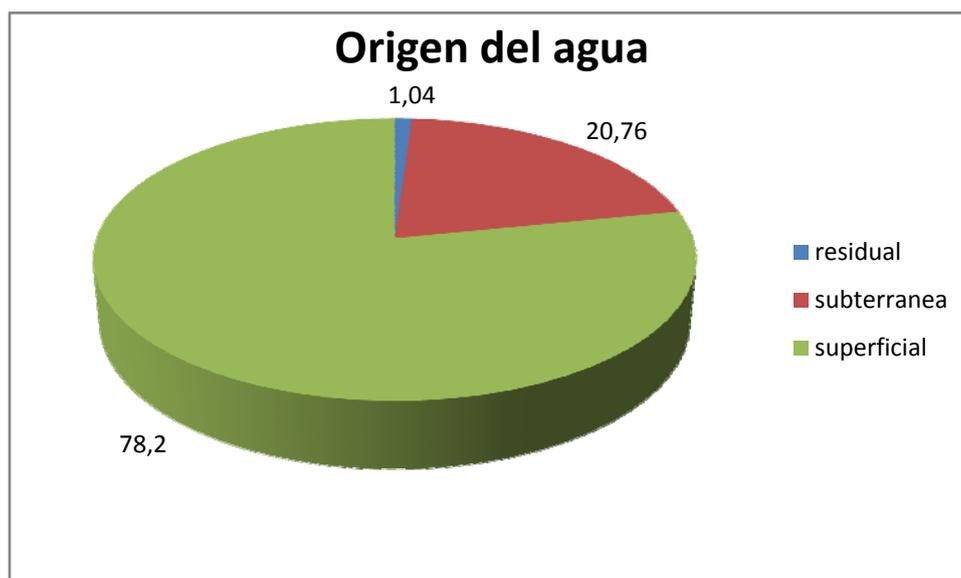
Vulnerabilidad de acuíferos	Baja	Media	Alta
Almería	3831	467	4476
Cádiz	2762	1745	2875
Córdoba	8893	3314	1511
Granada	6335	2672	3524
Huelva	6412	965	2708
Jaén	9437	2178	1883
Málaga	5026	1051	1199
Sevilla	2868	4691	6442

**Tabla 10: Vulnerabilidad de los acuíferos**

**Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente**

Con objeto de introducir el esfuerzo para conservación de los recursos hídricos se tomará en cuenta en el indicador el origen de las aguas para riego. Estarán más afectadas por la sequía aquellas regiones con un mayor uso de aguas superficiales y subterráneas frente a las recicladas. Dado que el indicador es de vulnerabilidad se tomará el uso para riego de aguas no reutilizadas.

Se dispone de información en la base de datos ICEAGA sobre el uso de aguas subterráneas, los tipos de sistemas de riego y la cantidad de agua disponible en relación a la superficie en regadío. Esta información completa la aportada previamente para comparar la sensibilidad ambiental a la sequía según el origen del agua entre las distintas comarcas.



**Ilustración 16: Origen del agua**

**Fuente: Elaboración propia**

Como puede observarse la procedencia del agua utilizada en los riegos es mayoritariamente superficial, y el uso de agua residual reciclada es mínimo. En base a la siguiente tabla en combinación con los datos sobre superficies de bienes ambientales se elaborará el mapa de vulnerabilidad ambiental.

Así el indicador ambiental para la sequía ( $I_{Am}$ ) se compone del porcentaje de superficies sensibles por cada provincia, multiplicado por el porcentaje de aguas no recicladas. Los valores más altos suponen mayores superficies en peligro por una parte, y por otro un mayor consumo de aguas no reutilizadas con mayor riesgo de agotar los recursos disponibles.

$$I_{Am} = \frac{d_s}{D} \times \frac{S_H}{S} \times \frac{S_A}{S}$$

- $d_s$  = dotación de cada comarca no reciclada, en metros cúbicos por hectárea
- $D$  = dotación total de cada comarca, en metros cúbicos por hectárea
- $S_H$  = superficie de humedales por provincia
- $S_A$  = superficie de acuíferos con alta vulnerabilidad por provincia
- $S$  = superficie total de la provincia

#### **6.4 Indicador social**

La siguiente tabla se refleja el porcentaje de población activa perteneciente al sector de la agricultura, considerado para ponderar la importancia relativa del sector agrario sobre la Población Activa.

Provincia	Puestos trabajo (miles)	Puestos en agricultura (miles)	Tanto por uno
-----------	-------------------------	--------------------------------	---------------

Almería	255,2	56,7	0,222
Cádiz	383,5	26,8	0,069
Córdoba	236,9	30,5	0,128
Granada	270,4	28,5	0,105
Huelva	147,9	17,4	0,118
Jaén	207,1	41,5	0,200
Málaga	478,1	25,3	0,053
Sevilla	634,4	37,6	0,059
Andalucía	2613,5	264,3	0,101

**Tabla 11: Porcentaje de empleo agrario**

**Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE, año de referencia 2002**

Como indicador social se cuenta con la proporción entre los jornales dedicados al trabajo de cada tipo de cultivo sobre la dotación de agua asignada. De esta forma se obtiene el ratio “jornales/m<sup>3</sup>” que permite ponderar el impacto de la disminución de la dotación de agua en el trabajo del medio agrario. Puede consultarse la tabla con la relación entre jornales y dotación en el anexo al documento.

Para el cálculo de este ratio se ha sumado el producto de los jornales por hectárea para cada tipo de comarca y cultivo por la superficie dedicada a cada cultivo en cada comarca, hallándose de este modo la cifra total de jornales por comarca. Seguidamente se divide esta cifra entre la dotación asignada a la comarca, resultando jornales/m<sup>3</sup>.

$$T_i = \frac{\sum_{ij} (t_{ij} \times s_{ij})}{D_i}$$

- $T_i$ = relación entre jornales y metros cúbicos de agua para cada comarca.
- $t_{ij}$ = jornales por hectárea, para cada cultivo y comarca.
- $s_{ij}$ = hectáreas de superficie de regadío, para cada cultivo y comarca.
- $D_i$ = dotación total de la comarca.

Las estadísticas relativas a la relación entre los jornales y la aportación de agua a la comarca arrojan el siguiente resultado:

Promedio	2,036
1 cuartil	0,743
2 cuartil	1,461
3 cuartil	2,887
Valor máximo	8,402
Valor mínimo	0,151
Desviación estándar	1,772

Para la construcción del indicador de vulnerabilidad social ( $I_{sc}$ ) se multiplicarán el número de jornales perdidos, a causa de la disminución de la dotación, por el

porcentaje de la población activa perteneciente al sector agrario. Se refleja de este modo la repercusión de la pérdida de empleo ponderada por la importancia relativa dentro del total de la población activa.

$$I_{Sc} = 0,4 \times \frac{T_i}{S_r} \times P_A$$

- $T_i$ = relación entre jornales y metros cúbicos de agua para cada comarca.
- $P_A$ = relación entre la población activa agraria sobre el total de la población activa por provincia.
- $S_r$ = superficie regada en hectáreas

## 7 Análisis de resultados

### 7.1 Indicador económico

En el anexo se encuentran las operaciones de cálculo realizadas para obtener el indicador en la tabla Cálculos del indicador económico. La imposición de las condiciones del escenario arroja unos resultados muy diversos entre las comarcas, con un amplio rango de variación. Lógicamente las pérdidas están en relación al beneficio alcanzando, es decir cuando hay mayores beneficios en condiciones de normalidad se producen también mayores pérdidas en las condiciones de emergencia. No se pueden considerar márgenes porcentuales, ya que se parte de una premisa de relación lineal entre el beneficio y el uso del agua, que hace que la reducción del beneficio respecto de la condición normal sea igual al porcentaje de dotación disminuido. En estas circunstancias no se podría comparar entre comarcas ya que las más extensas producirán mayor beneficio, por este motivo se divide el beneficio entre las hectáreas regadas.

Para la clasificación de las pérdidas económicas se opta por establecer categorías de gravedad por quintiles en función de la disminución de ingresos por comarca.

COD_COM	lec	grupo_iecon
4103	0,668	1
2903	2,321	1
4104	8,439	1
2901	9,905	1
2105	10,340	1
1103	10,883	1
4101	12,987	1
4105	14,409	1
2308	14,468	1

COD_COM	lec	grupo_iecon
4107	14,493	1
1804	14,685	1
1810	15,340	2
1105	16,529	2
0401	16,647	2
1806	16,936	2
1805	17,454	2
2301	17,701	2
2305	18,118	2
4102	19,613	2
1802	20,023	2
2309	20,855	2
1803	21,892	3
1402	22,147	3
1401	22,986	2
2307	23,128	2
2902	23,345	2
1809	24,307	2
1807	24,965	3
1406	25,781	3
2106	27,937	3
1102	28,075	3
1801	28,617	3
2304	29,201	4
1403	29,219	4
2302	29,499	4
1404	30,043	4
1104	30,744	4
0405	31,487	4
2101	32,742	4
1405	35,386	4
1101	35,715	4
2904	36,824	4
2303	38,652	5
0404	43,005	5
2306	49,315	5
0402	60,537	5
2104	69,603	5

COD_COM	lec	grupo_iecon
2102	112,294	5
0406	123,708	5
1808	188,124	5
0403	228,187	5
0407	303,205	5
0408	648,402	5

**Tabla 12: Indicador de vulnerabilidad económica**

**Fuente: Elaboración propia**

Puede observarse una gran variabilidad en los resultados, la pérdida promedio se sitúa en un valor superior a 50 mientras que la desviación estándar alcanza el valor 100.

Promedio	51,922
1 cuartil	16,646
2 cuartil	24,306
3 cuartil	35,386
Valor máximo	648,402
Valor mínimo	0,668
Desviación estándar	100,096

En el mapa elaborado en base a esta clasificación se observa que las comarcas con mayores pérdidas económicas se encuentran en regiones con valores más altos por metro cúbico de agua, se corresponden con las zonas más intensificadas de Almería y Granada, y regiones de cultivos leñosos de Huelva y Jaén. Estas regiones poseen a su vez los porcentajes más altos de PIB agrario, caso opuesto al de las provincias de Sevilla, Cádiz y Málaga que unen su menor rentabilidad por hectárea y metro cúbico de agua a los bajos porcentajes de PIB agrario.

PROV	PromedioDegrupo_iecon
Almería	4,5
Cádiz	2,8
Córdoba	3,3
Granda	2,5
Huelva	3,6
Jaén	3,0
Málaga	2,0
Sevilla	1,2

El valor promedio de las pérdidas económicas sitúa a la provincia Almeriense a la cabeza en las pérdidas económicas, estando en el extremo opuesto la provincia de Sevilla. En este resumen provincial se observa la mayor vulnerabilidad económica a la disminución en la dotación para los cultivos intensivos.

## Mapa de vulnerabilidad económica de la sequía

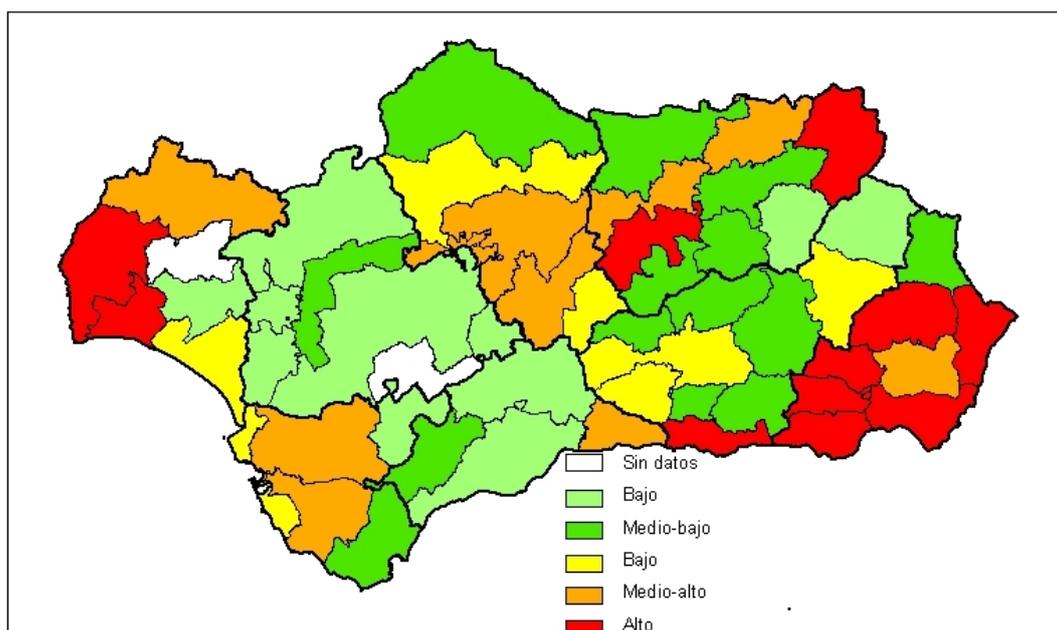


Ilustración 17: Mapa de vulnerabilidad económica

Fuente: Elaboración propia

### 7.2 Indicador Ambiental

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos al aplicar sobre el indicador ambiental. De esta forma se clasifica a las comarcas según los espacios naturales presentes en ellas (y que se verán afectados negativamente por la sequía) y el porcentaje de aguas no retornables que utilizan en el riego, lo que agrava las condiciones ambientales. Los cálculos detallados del indicador ambiental se encuentran en la tabla correspondiente del anexo con el nombre de “Cálculos del indicador ambiental”.

Promedio	0,308
1 cuartil	0,006
2 cuartil	0,009
3 cuartil	0,136
Valor máximo	3,167
Valor mínimo	0,002
Desviación estándar	0,720

Existe una gran diversidad de resultados tal como reflejan la desviación estándar con un valor de 0,720 respecto del valor promedio de 0,308 del indicador. Para la

clasificación de las pérdidas ambientales se opta por establecer quintiles para las categorías de gravedad de la pérdida, resultado la siguiente clasificación.

COD_COM	impacto_ambiental	grupo_iamb
0408	0,002	1
2302	0,003	1
1808	0,004	1
1406	0,004	1
2304	0,004	1
1807	0,005	1
1405	0,005	1
1803	0,005	1
2305	0,006	1
1809	0,006	1
1403	0,006	1
1401	0,006	2
1402	0,006	2
1404	0,006	2
2307	0,006	2
2308	0,006	2
1801	0,006	2
1805	0,006	2
1806	0,007	2
1802	0,007	2
2309	0,007	2
1810	0,007	3
2303	0,007	3
2306	0,007	3
1804	0,007	3
2301	0,007	3
0407	0,009	3
0405	0,031	3
2901	0,044	3
2904	0,044	3
2902	0,058	3
2903	0,058	3
0406	0,075	4
0403	0,083	4
0402	0,090	4
0404	0,105	4
4107	0,109	4
4104	0,119	4
0401	0,130	4
4102	0,136	4
4101	0,138	4

COD_COM	impacto_ambiental	grupo_iamb
4103	0,138	4
4105	0,138	4
1104	0,506	5
1101	0,563	5
1103	0,617	5
1105	0,621	5
1102	0,645	5
2106	1,331	5
2101	1,690	5
2102	2,455	5
2104	3,057	5
2105	3,167	5

**Tabla 13: Indicador de vulnerabilidad ambiental**

**Fuente: Elaboración propia**

El uso de aguas recicladas es mínimo, por lo que los factores que soportan la variabilidad de este indicador son las superficies de humedales y acuíferos. En este sentido destaca el peso específico que supone el Parque nacional de Doñana para la provincia de Huelva, ya que es con diferencia la provincia que alberga un mayor porcentaje de espacios amenazados por la sequía respecto al total de su superficie. Le siguen en la clasificación comarcas pertenecientes a las provincias de Cádiz y Sevilla, pesando más en estos casos la presencia de acuíferos degradados. En el mapa resultante se refleja una mayor vulnerabilidad ambiental a la sequía en las regiones de Andalucía occidental. Podría parecer este hecho paradójico puesto que Andalucía occidental posee mayor disponibilidad de agua, sin embargo hay que considerar que Andalucía oriental precisamente por disponer de menos recursos hídricos consecuentemente tiene también menores superficies amenazadas por la sequía. Este hecho justifica el comportamiento del indicador, como se observa en el siguiente cuadro resumen.

PROV	PromedioDegrupo_iamb
Almería	3,4
Cádiz	5,0
Córdoba	1,5
Granada	1,8
Huelva	5,0
Jaén	2,0
Málaga	3,0
Sevilla	4,0

## Mapa de vulnerabilidad ambiental de la sequía

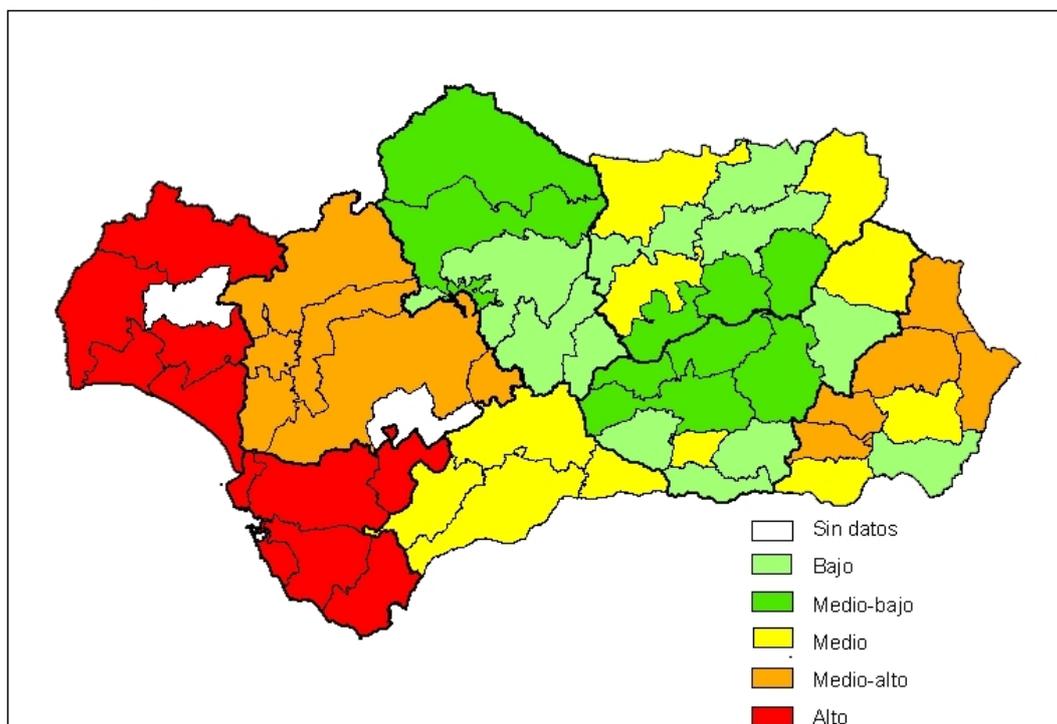


Ilustración 18: Mapa de vulnerabilidad ambiental

Fuente: Elaboración propia

### 7.3 Indicador social

A continuación se presentan los resultados obtenidos al aplicar sobre el indicador social las condiciones de los escenarios. Las operaciones realizadas para su construcción están detalladas en la tabla “Cálculos del indicador social” del anexo, obteniéndose estas estadísticas en su estudio:

Promedio	18,720
1 cuartil	0,693
2 cuartil	3,849
3 cuartil	13,145
Valor máximo	430,465
Valor mínimo	0,001
Desviación Estándar	60,768

Al igual que en el resto de indicadores existe una gran variabilidad en los resultados lo que permite diferenciar claramente diversas categorías. De cara a la clasificación de las pérdidas sociales se opta por establecer niveles de vulnerabilidad, resultado de establecer quintiles en los resultados.

COD_COM	Isoc	grupo_isoc
4103	0,001	1
2105	0,004	1
1401	0,073	1
4101	0,112	1
4104	0,122	1
1103	0,129	1
4107	0,279	1
1101	0,306	1
4105	0,401	1
1404	0,439	1
1804	0,456	1
1403	0,461	2
1402	0,602	2
1104	0,693	2
4102	0,699	2
1105	0,892	2
1102	1,489	2
1802	1,586	2
2301	1,649	2
2902	1,653	2
2901	1,683	2
1405	1,948	3
1806	2,539	3
1805	3,002	3
1801	3,290	3
2104	3,628	3
0405	3,849	3
2904	4,511	3
2302	4,557	3
1803	4,829	3
2304	5,648	3
2102	5,865	3
0404	6,335	4
1809	6,732	4
1810	7,661	4
2903	8,305	4
2308	10,662	4
2303	11,569	4
0401	12,545	4
2101	13,145	4
2305	15,775	4
0403	16,384	4
2306	17,798	5
2309	18,763	5

COD_COM	Isoc	grupo_isoc
1808	21,663	5
1807	21,911	5
2307	27,106	5
2106	34,274	5
1406	38,078	5
0402	41,667	5
0406	55,768	5
0407	118,134	5
0408	430,465	5

**Tabla 14: Indicador de vulnerabilidad social**

**Fuente: Elaboración propia**

Los resultados del indicador muestran gran vulnerabilidad en regiones de gran producción como la Provincia de Almería y parte de las comarcas de Granada. Destacan también comarcas de la provincia de Jaén, donde la recolección del olivo requiere muchos jornales y donde la población activa perteneciente al sector agrario supone el 20% del total. El siguiente cuadro resumen refleja esta situación.

PROV	PromedioDegrupo_isoc
Almería	4,38
Cádiz	1,60
Córdoba	2,33
Granada	3,30
Huelva	3,20
Jaén	3,89
Málaga	2,75
Sevilla	1,17

## Mapa de vulnerabilidad social de la sequía

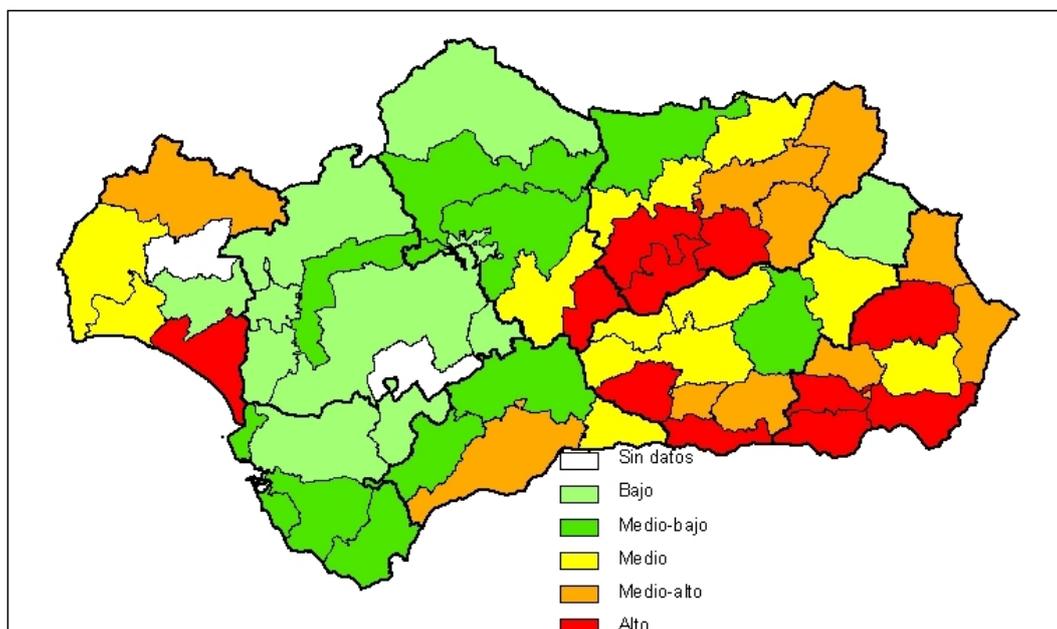


Ilustración 19: Mapa de vulnerabilidad social

Fuente: Elaboración propia

### 7.4 Indicador sintético

Agregando el valor otorgado a las categorías de los indicadores se puede establecer un impacto conjunto fruto de la adición de los valores parciales, resultando la siguiente tabla:

COD_PROV	COD_COM	grupo_iamb	grupo_iecon	grupo_isoc	isin
04	0401	4	2	4	10
04	0402	4	5	5	14
04	0403	4	5	4	13
04	0404	4	5	4	13
04	0405	3	4	3	10
04	0406	4	5	5	14
04	0407	3	5	5	13
04	0408	1	5	5	11
11	1101	5	4	1	10
11	1102	5	3	2	10
11	1103	5	1	1	7
11	1104	5	4	2	11
11	1105	5	2	2	9
14	1401	2	2	1	5
14	1402	2	3	2	7
14	1403	1	4	2	7

COD_PROV	COD_COM	grupo_iamb	grupo_iecon	grupo_isoc	isin
14	1404	2	4	1	7
14	1405	1	4	3	8
14	1406	1	3	5	9
18	1801	2	3	3	8
18	1802	2	2	2	6
18	1803	1	3	3	7
18	1804	3	1	1	5
18	1805	2	2	3	7
18	1806	2	2	3	7
18	1807	1	3	5	9
18	1808	1	5	5	11
18	1809	1	2	4	7
18	1810	3	2	4	9
21	2101	5	4	4	13
21	2102	5	5	3	13
21	2104	5	5	3	13
21	2105	5	1	1	7
21	2106	5	3	5	13
23	2301	3	2	2	7
23	2302	1	4	3	8
23	2303	3	5	4	12
23	2304	1	4	3	8
23	2305	1	2	4	7
23	2306	3	5	5	13
23	2307	2	2	5	9
23	2308	2	1	4	7
23	2309	2	2	5	9
29	2901	3	1	2	6
29	2902	3	2	2	7
29	2903	3	1	4	8
29	2904	3	4	3	10
41	4101	4	1	1	6
41	4102	4	2	2	8
41	4103	4	1	1	6
41	4104	4	1	1	6
41	4105	4	1	1	6
41	4107	4	1	1	6

**Tabla 15: Indicador sintético de vulnerabilidad**

**Fuente: Elaboración propia**

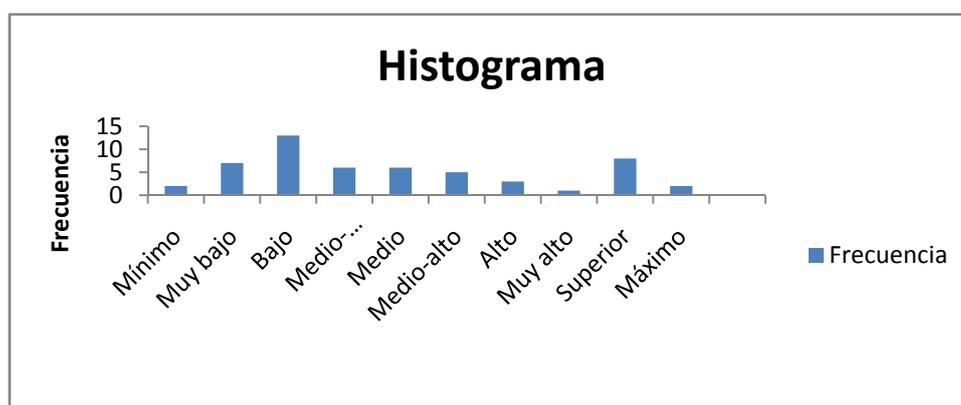
Los valores resultantes en el indicador sintético oscilan entre 5 y 14. El límite inferior teórico que podría resultar es 3, fruto de la agregación de los indicadores con calificación de vulnerabilidad baja. En cambio el resultado más bajo obtenido en este indicador es de 5 obtenido en comarcas de Córdoba y Granada, calificado como

mínimo, reflejo la influencia de los recursos hídricos en la cuenca del Guadalquivir. En la tabla y el gráfico siguiente puede observarse la distribución de las comarcas en cada una de las clases del indicador sintético.

Clases	Frecuencia
Mínimo	2
Muy bajo	7
Bajo	13
Medio-bajo	6
Medio	6
Medio-alto	5
Alto	3
Muy alto	1
Superior	8
Máximo	2

**Tabla 16: Clases y frecuencias de vulnerabilidad sintética**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 20: Histograma de vulnerabilidad sintética**

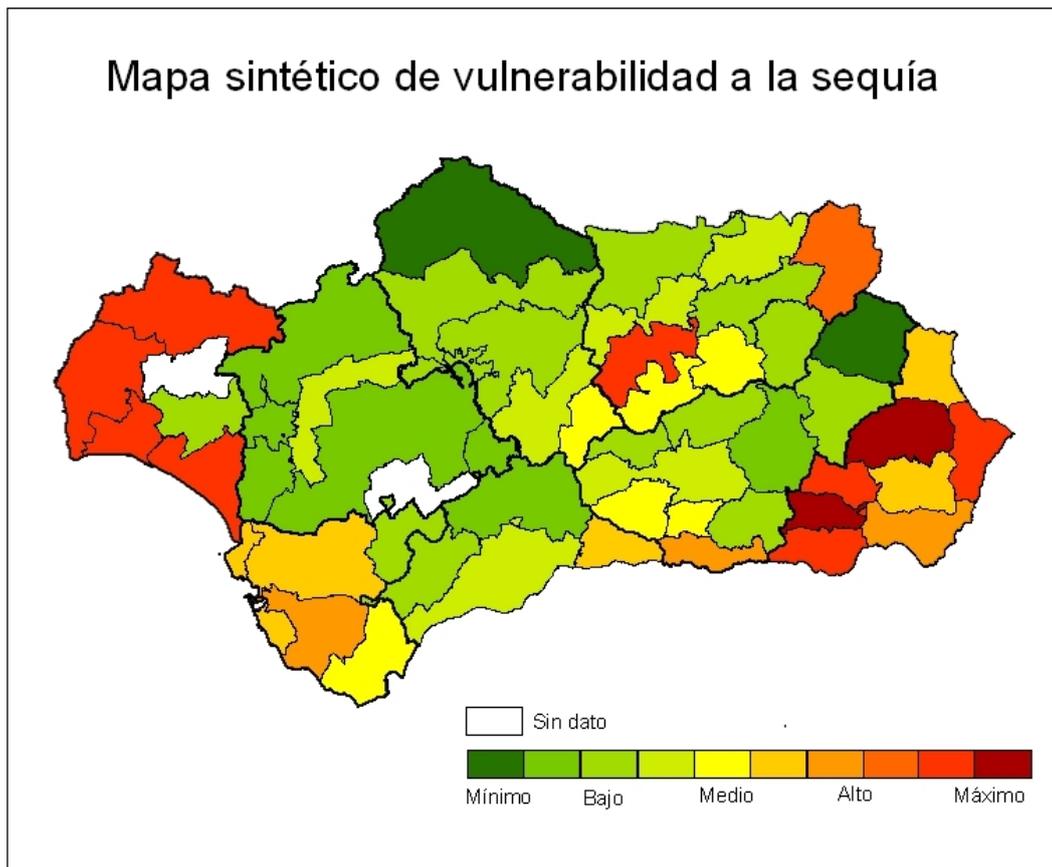
Fuente: Elaboración propia

A su vez conviene también destacar que no se ha alcanzado el máximo teórico de 15, los valores máximos alcanzados suman 14, y se ubican en comarcas pertenecientes a la provincia de Almería. En estas comarcas existen pérdidas máximas en los indicadores económico y social. En los datos se observa una relación estrecha entre los indicadores económico y social, reflejando la gran importancia socio-económica de la agricultura de regadío para dichas zonas. El coeficiente de correlación entre ambos indicadores es de 0,492, confirmando que existe una correlación positiva entre ambos valores.

Realizando una comparativa a nivel provincial se observa que el territorio más vulnerable a la sequía es Almería, debido a las pérdidas económicas y sociales fundamentalmente, seguido de Huelva. Esta provincia tiene la máxima puntuación en vulnerabilidad ambiental, fruto de la presencia del Parque Nacional de Doñana como se comentó anteriormente. El valor medio menor en vulnerabilidad corresponde a la

provincia de Sevilla, dado que sus pérdidas económicas y sociales se ven atenuadas por la menor importancia relativa de estos factores en su PIB y su tasa de población activa.

PROV	Isin
Almería	12,3
Cádiz	9,4
Córdoba	7,2
Granada	7,6
Huelva	11,8
Jaén	8,9
Málaga	7,8
Sevilla	6,3



**Ilustración 21: Mapa sintético de vulnerabilidad**

**Fuente: Elaboración propia**

## 8 Conclusiones

El agua es un recurso escaso con una importancia estratégica. La disponibilidad de agua en la cuenca del Guadalquivir es insuficiente respecto a las demandas sociales actuales. Las perspectivas a largo plazo indican que se reducirá y habrá una mayor variabilidad en el aporte natural por pluviometría, lo que considerando el aumento de demanda de la población con diversos fines ahondará la brecha entre la disponibilidad y la demanda.

La utilización económica del agua en la agricultura andaluza constituye un modelo de explotación en expansión, con fuerte dependencia de este recurso, que se refleja en el crecimiento experimentado por la superficie puesta en regadío. Este modelo aporta mayores márgenes de beneficio que el secano, fruto de una productividad mayor que compensa el aumento de los gastos. La importancia económica de la agricultura en Andalucía se observa en que el PIB agrario supone un 6,5% del total, y que en provincias como Almería y Jaén llega incluso a superar el 10%.

A su vez la agricultura y el regadío constituyen un elemento fundamental en la cohesión social, el ordenamiento del territorio y la generación de empleo en Andalucía. La media de población activa del sector agrícola en la comunidad alcanza el 10%, con provincias como Almería donde este porcentaje roza el 25%. En épocas de inestabilidad económica el empleo agrario se constituye como un refugio para la población en paro. Cabe considerar que el empleo dependiente del agua no afecta solo a los titulares de la explotación, también a los trabajadores por cuenta ajena empleados en los latifundios.

Desde la perspectiva ambiental hay que destacar la importancia de los espacios naturales susceptibles frente a la sequía. El 27% de la superficie de la comunidad andaluza está ocupado por espacios naturales protegidos, con enclaves únicos y reconocidos a nivel mundial como el Parque Nacional de Doñana. Estos enclaves precisan de caudales mínimos y un buen estado de calidad de las aguas para su conservación.

Este trabajo aporta una identificación geográfica de las comarcas estudiadas más vulnerables a la sequía. Se consigue así una visión general de los efectos de la disminución de la disponibilidad de agua en la cuenca del Guadalquivir a nivel económico, social, ambiental y por combinación de estos factores.

El resultado del análisis señala a la provincia de Almería como la zona más afectada por la sequía, por el nivel de pérdidas económicas y de jornales de trabajo asociados a la disminución de la dotación. Esta misma provincia es también la más afectada en los análisis económico y social. En el análisis ambiental las zonas más afectadas por la sequía se ubican en Andalucía occidental, pues es en estas regiones donde hay

mayores bienes ambientales. Destaca especialmente la provincia de Huelva por el peso específico del parque de Doñana, seguido de la provincia de Cádiz también condicionada por el estado de degradación de sus acuíferos.

Cabe señalar a este respecto que el dato de eficiencia media del agua del 66% para la comunidad andaluza. La eficacia en el uso del agua es la relación entre las necesidades hídricas por hectárea de cultivo y la dotación real que recibe cada hectárea, por lo que en muchas comarcas existe una clara posibilidad de mejora.

En relación al dato anterior podemos añadir la relevancia del sistema de riego por gravedad, que supone el 49% del total de la superficie regada. Este método es menos eficiente que otros, como el riego localizado o por aspersión, aspecto por tanto a mejorar en la economía del agua.

Los sistemas de riego localizados son los más eficientes en cuanto a la distribución de agua. Estos métodos de riego se ubican en regiones con alta rentabilidad del agua, como las pertenecientes a la provincia de Huelva donde la rentabilidad es mayor de un euro por metro cúbico, mientras que la rentabilidad media del agua de 0,48 euros por metro cúbico en Andalucía. Dada la distinta rentabilidad económica del agua y la distribución de la dotación a través de un sistema de regulación, una posibilidad a considerar es la de intercambiar los derechos de aguas en mercados. Esto permitiría la transferencia del recurso a las zonas más rentables sin necesidad de incrementar la explotación del medio.

Acerca del reparto del agua, la dotación media por hectárea es de 4.890 metros cúbicos por hectárea y comarca, con mínimos en torno a 1.700 y máximo de 8.900 metros cúbicos por hectárea y comarca. Lógicamente según el tipo de cultivo varían las necesidades hídricas, por lo que sería recomendable alcanzar un equilibrio entre los cultivos de mayor valor añadido y las disponibilidades de riego.

Desde la perspectiva ambiental solamente se reutiliza un 1% de aguas recicladas en el regadío. Las aguas residuales urbanas, debidamente tratadas, pueden emplearse para el riego, y esta práctica aportaría beneficios ambientales y económicos al aumentar la dotación disponible.

Respecto al impacto social, las regiones más afectadas son aquellas con mayor porcentaje de población activa pertenecientes al sector primario. Las medidas para disminuir esta debilidad tratarían de capacitar a la población para otras actividades a fin de reducir esta dependencia. Sin embargo hay que considerar el valor del trabajo agrario como fijador de la población en el medio rural por lo que es complicado hallar alternativas que permitan el asentamiento de la población si no hay un factor de trabajo vinculado a la agricultura.

Bajo estas perspectivas se impone un marco en el que la demanda de agua debe adecuarse a la oferta disponible, por este motivo los sectores productivos que precisen agua para su actividad deberán optimizar sus procesos.

En este apartado se han tratado las conclusiones extraídas del estudio de vulnerabilidad a la sequía. Considero interesante además, en referencia a la base de datos ICEAGA utilizada en este estudio, comentar que se ha perfeccionado corrigiendo las deficiencias debidas a las distintas codificaciones territoriales. Un aspecto pendiente de mejora es la ampliación de la información disponible sobre los costes de los cultivos para cada comarca.

## 9 Bibliografía

- Agencia Estatal de Meteorología. (2009). *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España*.
- Beare, S., Bell, R., & Fisher, B. (1998). *Determining the value of water: The role of risk, infrastructure constraints, and ownership*. American Journal of Agriculture Economics.
- Berbel Vecino, J. (2004). *Estudio de sostenibilidad del regadío del Guadalquivir*. Universidad de Córdoba: Feragua, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Berbel, J., Gutiérrez-Martín, C., & Martín-Ortega, J. (2006). Escenarios de evolución. Análisis económico del regadío. *Agricultura familiar en España* , 133-143.
- Camacho, E., Rodríguez, J. A., Pérez, L., & Parias, P. (2007). Debilidades del regadío en la cuenca del Guadalquivir. *Revista Agricultura* , 448-452.
- Confederación hidrográfica del Guadalquivir. (2007). *Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en la cuenca hidrográfica del Guadalquivir*.
- EU Water Initiative. (2007). *Mediterranean water scarcity and drought report*. Mediterranean water scarcity and drought working group (MED WS&D WG).
- García Bartolomé, J. M. *La historia de los regadíos españoles a través de publicaciones del MAPA*.
- García Bartolomé, J. M. (1991). *La historia de los regadíos españoles a través de publicaciones del MAPA*.
- Garrido, A., Gil, M., & Gómez-Ramos, A. (2008). Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español.
- Guha\_Sapir, D., & Hargit, D. H. (2004). *Thirty years of natural disasters 1974-2003: The numbers*. Louvain-la-Neuve: Presser Universitaires de Louvain.
- Iglesias Martínez, E., & Blanco Fonseca, M. (2004). *Nuevos enfoques metodológicos para caracterizar la demanda de agua en la agricultura*.
- Iglesias Martínez, E., Gómez Ramos, A., & Garrido Colmenero, A. Economics impacts of hydrological droughts under climate change scenarios. En *Climate change and Mediterranean water resources* (págs. 108-127).
- Iglesias, A., & Garrido, A. (2003). *Preparación para la Sequía en el Mediterráneo y Planificación para su Mitigación*. MEDROPLAN.
- Iglesias, E., & Blanco, M. (2008). *New directions in water resources management: The role of water pricing policies*. Water Resources Research.
- Iglesias, E., Garrido, A., & Gómez-Ramos, A. (2007). Economic drought management index to evaluate water institution' performance under uncertainty. *The Australian journal of agricultural and resource economics* , 17-38.
- Iglesias, E., Garrido, A., & Gómez-Ramos, A. (2003). *Evaluation of drought management in irrigated areas*. . Agricultural Economics.

*Junta de Andalucía. Medioambiente.* (2009). Obtenido de sitio Web Junta de Andalucía: <http://www.juntadeandalucia.es>

López Unzu, F., & Rodríguez Ferrero, N. (2005). Eficiencia económica de las nuevas obras del plan hidrológico para el regadío en la Cuenca del Guadalquivir. *Revista de estudios Regionales N° 73* , 159-181.

Ministerio de Medio Ambiente. (1996). *Indicadores ambientales. Una propuesta para España.* Centro de publicaciones secretaría general técnica .

Rodríguez Ferrero, N., Sánchez Martínez, M. T., & López Martos, J. (2008). Un análisis de la eficiencia socioeconómica del agua en el regadío andaluz. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, n° 217* , 183-208.

Sancho, E. (2 de Agosto de 2008). *El Almería.* Recuperado el Noviembre de 2009, de [elalmeria.es](http://www.elalmeria.es):

<http://www.elalmeria.es/article/agriculturadealmeria/194431/cada/metro/cubico/bajo/plastico/genera/euros/ejemplo/eficiencia.html>

Unión Europea. (2000). *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y el Consejo por la que se establece la Directiva Marco del Agua.* Diario Oficial (OJL 327) 22 de Diciembre.

Ward, F., & Lynch, T. (1996). *Integrated river basin optimization: modeling economic and hydrologic interdependence.* Water Resources Bull.

## Anexo de tablas y cálculos

Tabla 17: Equivalencias de numeración entre 1T e IR

COMARCA	COD_COM_1T	COD_COM_IR
Alto Almazora	0402	0402
Alto Andarax	0406	0406
Bajo Almazora	0403	0403
Campo Dalías	0407	0407
Campo Nijar y Bajo Andarax	0408	0408
Campo Tabernas	0405	0405
Los Velez	0401	0401
Rio Nacimiento	0404	0404
Campaña de Cadiz	1101	1101
Campo de Gibraltar	1105	1106
Costa Noroeste de Cadiz	1102	1102
De la Janda	1104	1105
Sierra de Cadiz	1103	1103
Campaña Alta	1405	1411
Campaña Baja	1403	1409
La Sierra	1402	1404
Las Colonias	1404	1410
Pedroches	1401	1401
Penibética	1406	1413
Alhama	1807	1807
Baza	1803	1803
De la Vega	1801	1801
Guadix	1802	1802
Huescar	1804	1804
Iznalloz	1805	1805
La Costa	1808	1808
Las Alpujarras	1809	1809
Montefrío	1806	1806
Valle de Lecrin	1810	1810
Andevalo-Occidental	2102	2102
Andevalo-Oriental	2103	2103
Condado Campiña	2105	2106
Condado Litoral	2106	2107
Costa	2104	2104
Sierra	2101	2101
Campaña del Norte	2304	2305
Campaña del Sur	2306	2308
El Condado	2302	2303
La Loma	2305	2307

COMARCA	COD_COM_1T	COD_COM_IR
Magina	2307	2309
Sierra de Cazorla	2308	2310
Sierra de Segura	2303	2304
Sierra Morena	2301	2301
Sierra Sur	2309	2311
Norte o Antequera	2901	2901
Centro-Sur o Guadalorce	2903	2904
Serrania de Ronda	2902	2902
Velez Malaga	2904	2905
De Estepa	4107	4110
El Aljarafe	4103	4105
La Campiña	4105	4107
La Sierra Norte	4101	4101
La Vega	4102	4104
Las Marismas	4104	4106
La Sierra Sur	4106	4108

**Tabla 18: Dotación por hectárea**

COD COM	COMARCA	Dotación/hectárea
0401	Los Velez	3334,5
0402	Alto Almazora	4566,1
0403	Bajo Almazora	6475,8
0404	Rio Nacimiento	2604,3
0405	Campo Tabernas	4196,7
0406	Alto Andarax	4217,7
0407	Campo Dalias	5582,8
0408	Campo Nijar y Bajo Andarax	6528,5
1101	Campiña de Cadiz	6228,4
1102	Costa Noroeste de Cadiz	5154,0
1103	Sierra de Cadiz	4989,2
1104	De la Janda	5816,2
1105	Campo de Gibraltar	5324,9
1401	Pedroches	4938,0
1402	La Sierra	7358,7
1403	Campiña Baja	5544,2
1404	Las Colonias	6061,8
1405	Campiña Alta	4514,5
1406	Penibetica	4222,6

COD COM	COMARCA	Dotación/hectárea
1801	De la Vega	3974,4
1802	Guadix	3953,6
1803	Baza	3726,4
1804	Huescar	4654,1
1805	Iznalloz	4682,8
1806	Montefrio	4739,1
1807	Alhama	3810,2
1808	La Costa	4992,7
1809	Las Alpujarras	4152,3
1810	Valle de Lecrin	5425,4
2101	Sierra	4771,6
2102	Andevalo-Occidental	5383,4
2104	Costa	6535,5
2105	Condado Campiña	7440,8
2106	Condado Litoral	4679,3
2301	Sierra Morena	4994,6
2302	El Condado	2301,2
2303	Sierra de Segura	3907,1
2304	Campiña del Norte	2859,8
2305	La Loma	1730,2
2306	Campiña del Sur	2394,2
2307	Magina	2994,8
2308	Sierra de Cazorla	3423,2
2309	Sierra Sur	2405,4
2901	Norte o Antequera	5247,2
2902	Serrania de Ronda	4420,9
2903	Centro-Sur o Guadalorce	6514,8
2904	Velez Malaga	6270,0
4101	La Sierra Norte	5805,2
4102	La Vega	6759,2
4103	El Aljarafe	5968,0
4104	Las Marismas	8961,4
4105	La Campiña	6950,2
4107	De Estepa	4796,2

**Tabla 19: Eficiencia en el uso del agua**

COD_COM	Eficiencia
0401	0,538
0402	0,958
0403	0,587
0404	0,635
0405	0,704
0406	0,672
0407	0,556
0408	0,804
1101	0,615
1102	0,548
1103	0,572
1104	0,807
1105	0,650
1401	0,561
1402	0,546
1403	0,537
1404	0,590
1405	0,550
1406	0,524
1801	0,836
1802	0,790
1803	0,851
1804	0,817
1805	0,617
1806	0,637
1807	0,589
1808	0,756
1809	0,767
1810	0,902
2101	0,901
2102	0,903
2104	0,679
2105	0,408
2106	0,832
2301	0,547
2302	0,406
2303	0,380

COD_COM	Eficiencia
2304	0,667
2305	0,460
2306	0,679
2307	0,958
2308	0,343
2309	0,666
2901	0,527
2902	0,738
2903	0,696
2904	0,749
4101	0,664
4102	0,749
4103	0,622
4104	0,636
4105	0,676
4107	0,599

**Tabla 20: Porcentaje de métodos de riego por comarca**

COD_COM	Aspersión	Gravedad	Localizado
0401	0	1	0
0402	0	0,832	0,168
0403	0,004	0,423	0,572
0404	0	0,969	0,031
0405	0	0,421	0,579
0406	0	0,924	0,076
0407	0	0,192	0,808
0408	0	0,097	0,903
1101	0,427	0,552	0,021
1102	0,460	0	0,540
1103	0,108	0,892	0
1104	0,746	0,191	0,063
1105	0,561	0,166	0,273
1401	0,685	0	0,315
1402	0,279	0,584	0,138
1403	0,523	0,346	0,131
1404	0,683	0,022	0,296

COD_COM	Aspersión	Gravedad	Localizado
1405	0,286	0,462	0,252
1406	0	0,519	0,481
1801	0,021	0,956	0,023
1802	0	0,993	0,007
1803	0,003	0,874	0,122
1804	0,010	0,964	0,026
1805	0,043	0,333	0,624
1806	0	0,326	0,674
1807	0,207	0,059	0,734
1808	0	0,380	0,620
1809	0	0,997	0,003
1810	0	0,855	0,145
2101	0	1,000	0
2102	0,009	0,018	0,973
2104	0	0	1
2105	0,802	0	0,198
2106	0,112	0	0,888
2301	0,047	0,720	0,232
2302	0,020	0,036	0,945
2303	0,029	0,640	0,331
2304	0,091	0,081	0,828
2305	0,015	0,032	0,953
2306	0,001	0,247	0,752
2307	0	0,317	0,683
2308	0,010	0,370	0,620
2309	0	0,244	0,756
2901	0,374	0,443	0,183
2902	0,002	0,850	0,149
2903	0	0,788	0,212
2904	0	0,621	0,379
4101	0,043	0,829	0,128
4102	0,107	0,817	0,076
4103	0,000	1	0
4104	0,117	0,825	0,058
4105	0,525	0,296	0,179
4107	0,415	0,091	0,493

**Tabla 21: Rentabilidad por metro cúbico de agua**

COMARCA	COD COM	$w_i$
Los Velez	0401	0,017
Alto Almazora	0402	0,025
Bajo Almazora	0403	0,218
Rio Nacimiento	0404	0,106
Campo Tabernas	0405	0,076
Alto Andarax	0406	0,059
Campo Dalías	0407	0,112
Campo Nijar y Bajo Andarax	0408	0,057
Campaña de Cadiz	1101	0,591
Costa Noroeste de Cadiz	1102	0,632
Sierra de Cadiz	1103	2,539
De la Janda	1104	0,370
Campo de Gibraltar	1105	0,219
Pedroches	1401	1,479
La Sierra	1402	0,169
Campaña Baja	1403	0,336
Las Colonias	1404	0,333
Campaña Alta	1405	0,172
Penibetica	1406	0,014
De la Vega	1801	0,117
Guadix	1802	0,157
Baza	1803	0,048
Huescar	1804	0,448
Iznalloz	1805	0,091
Montefrio	1806	0,076
Alhama	1807	0,020
La Costa	1808	0,161
Las Alpujarras	1809	0,053
Valle de Lecrin	1810	0,035
Sierra	2101	0,064
Andevalo-Occidental	2102	0,504
Costa	2104	0,443
Condado Campaña	2105	4,461
Condado Litoral	2106	0,057
Sierra Morena	2301	0,131
El Condado	2302	0,125
Sierra de Segura	2303	0,071

COMARCA	COD COM	$w_i$
Campaña del Norte	2304	0,075
La Loma	2305	0,029
Campaña del Sur	2306	0,056
Magina	2307	0,018
Sierra de Cazorla	2308	0,022
Sierra Sur	2309	0,031
Norte o Antequera	2901	0,070
Serrania de Ronda	2902	0,347
Centro-Sur o Guadalorce	2903	0,006
Velez Malaga	2904	0,186
La Sierra Norte	4101	0,755
La Vega	4102	0,198
El Aljarafe	4103	3,904
Las Marismas	4104	0,122
La Campiña	4105	0,173
De Estepa	4107	0,379

**Tabla 22: Relación de espacios naturales protegidos en Andalucía**

Almería				
Figura legal de protección	Nombre del Espacio Natural	Superficie total (ha)	Zona núcleo (ha)	Zona periférica (ha)
Parque Nacional	Sierra Nevada	85.883	85.883	
Parque Natural	Cabo de Gata-Níjar	49.512	49.512	
	Sierra María-Los Vélez	22.562	22.562	
	Sierra Nevada	88.966	88.966	
Parque Periurbano	Castala	14	14	
Paraje Natural	De Alborán	26.457	26.457	
	Desierto de Tabernas	11.625	11.625	
	Karst en Yesos de Sorbas	2.375	2.375	
	Punta Entinas-Sabinar	1.960	1.960	
	Sierra Alhamilla	8.500	8.500	
Reserva Natural	Albufera de Adra	131	47	84
	Punta Entinas-Sabinar	785	785	
Monumento Natural	Arrecife Barrera de Posidonia	108	108	
	Isla de San Andrés	7	7	
	Isla de Terreros e Isla Negra	1,7	1,7	
	Piedra Lobera	207,1	207,1	

	Sabina Albar	0,2	0,2	
--	--------------	-----	-----	--

Cádiz				
Figura legal de protección	Nombre del Espacio Natural	Superficie total (ha)	Zona núcleo (ha)	Zona periférica (ha)
Parque Natural	Bahía de Cádiz	10.522	10.522	
	De la Breña y Marismas del Barbate	5.077	5.077	
	Del Estrecho	18.931	18.931	
	Doñana	53.835	53.835	
	Los Alcornocales	167.767	167.767	
	Sierra de Grazalema	53.411	53.411	
Parque Periurbano	Dunas de San Antón	70	70	
	La Barrosa	126	126	
	La Suara	218	218	
Paraje Natural	Cola del Embalse de Arcos	120	120	
	Cola del Embalse de Bornos	630	630	
	Estuario del Río Guadiaro	27	27	
	Isla del Trocadero	525	525	
	Marismas de Sancti Petri	170	170	
	Marismas del Río Palmones	58	58	
	Playa de Los Lances	226	226	
Reserva Natural	Complejo Endorreico de Chiclana	567	49	518
	Endorreico de Espera	438	59	379
	Complejo Endorreico de Puerto Real	839	104	735
	Complejo Endorreico del Puerto de Santa María	291	63	228
	Lagunas de Las Canteras y El Tejón	210	10	200
	Laguna de Medina	375	121	254
	Peñón de Zaframagón	448	128	320
Reserva Natural Concertada	Laguna de la Paja	40	40	
Monumento Natural	Corrales de Rota	110	110	
	Duna de Bolonia	13,2	13,2	
	Punta del Boquerón	74,5	74,5	
	Tómbolo de Trafalgar	24,2	24,2	

Córdoba				
---------	--	--	--	--

Figura legal de protección	Nombre del Espacio Natural	Superficie total (ha)	Zona núcleo (ha)	Zona periférica (ha)
Parque Natural	Sierra de Cardeña y Montoro	38.449	38.449	
	Sierra de Hornachuelos	60.032	60.032	
	Sierras Subbéticas	32.056	32.056	
Parque Periurbano	Fuente Agria	80	80	
	Fuente La Zarza	315	315	
	La Sierrezuela	384	384	
	Los Cabezos	15	15	
	Los Villares	485	485	
Paraje Natural	Embalse de la Cordobilla	1.460	1.460	
	Embalse de Malpasillo	512	512	
Reserva Natural	Laguna Amarga	263	13	250
	Laguna de los Jarales	122	5	117
	Laguna de Zóñar	370	66	304
	Laguna del Conde o Salobral	89	11	78
	Laguna del Rincón	138	7	130
	Laguna de Tíscar	191	21	170
Monumento Natural	Cueva de los Murciélagos	32,5	32,5	
	Sotos de la Albolafia	21,4	21,4	
Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA)	Alto Guadiato	33.931	33.931	

Granada				
Figura legal de protección	Nombre del Espacio Natural	Superficie total (ha)	Zona núcleo (ha)	Zona periférica (ha)
Parque Nacional	Sierra Nevada	85.883	85.883	
Parque Natural	Sierra de Baza	53.649	53.649	
	Sierra de Castril	12.696	12.696	
	Sierra de Huétor	12.128	12.128	
	Sierra Nevada	88.966	88.966	
	Sierras de Tejeda, Almirajara y Alhama	40.663	40.663	
Parque Periurbano	Dehesa del Generalife	458	458	
	Dehesa de Santa Fé	237	237	
Paraje Natural	Acantilados de Maro-Cerro	1.815	1.815	

Gordo				
Reserva Natural Concertada	Charca de Suárez	14	14	
Monumento Natural	Cárcavas de Marchal	5,2	5,2	
	Cueva de las Ventanas	27,9	27,9	
	Falla de Nigüelas	7,6	7,6	
	Infiernos de Loja	2,6	2,6	
	Peña de Castril	3,5	3,5	
	Peñones de San Cristóbal	2,4	2,4	

Huelva				
Figura legal de protección	Nombre del Espacio Natural	Superficie total (ha)	Zona núcleo (ha)	Zona periférica (ha)
Parque Nacional	Doñana	54.252	54.252	
Parque Natural	Doñana	53.835	53.835	
	Sierra de Aracena y Picos de Aroche	186.827	186.827	
Parque Periurbano	El Saltillo y Lomero Llano	189	189	
	La Norieta	94	94	
Paraje Natural	Enebrales de Punta Umbría	162	162	
	Estero de Domingo Rubio	480	480	
	Lagunas de Palos y Las Madres	693	693	
	Marismas de Isla Cristina	2.145	2.145	
	Marismas del Odiel	7.185	7.185	
	Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido	2.530	2.530	
	Peñas de Aroche	718	718	
	Sierra Pelada y Rivera del Aserrador	12.226	12.226	
Paisaje Protegido	Río Tinto	16.957	16.957	
Reserva Natural	Isla de Enmedio	480	480	
	Laguna de El Portil	1.316	16	1.300
	Marismas del Burro	597	597	
Reserva Natural Concertada	Puerto Moral	126	126	
Monumento Natural	Acantilado del Asperillo	11,9	11,9	
	Acebucho del Espinillo	0,2	0,2	
	Acebuches del Rocío	0,6	0,6	
	Encina de la Dehesa de San Francisco	0,2	0,2	
	Pino centenario del Parador de Mazagón	0,2	0,2	

Jaén				
Figura legal de protección	Nombre del Espacio Natural	Superficie total (ha)	Zona núcleo (ha)	Zona periférica (ha)
Parque Natural	Despeñaperros	7.649	7.649	
	Sierra de Andújar	74.774	74.774	
	Sierra Mágina	19.961	19.961	
	Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas	209.920	209.920	
Parque Periurbano	Monte la Sierra	2.720	2.720	
	Santa Catalina	197	197	
Paraje Natural	Alto Guadalquivir	663	663	
	Cascada de la Cimbarra	534	534	
	Laguna Grande	206	206	
Reserva Natural	Laguna del Chinche	129	5	124
	Laguna Honda	157	12	145
Monumento Natural	El Piélago	6,7	6,7	
	Huellas de Dinosaurios de Santisteban del Puerto	0,2	0,2	
	Los Órganos de Despeñaperros	84,8	84,8	
	Pinar de Cánovas	5,2	5,2	
	Quejigo del Amo o del Carbón	0,2	0,2	

Málaga				
Figura legal de protección	Nombre del Espacio Natural	Superficie total (ha)	Zona núcleo (ha)	Zona periférica (ha)
Parque Natural	Los Alcornocales	167.767	167.767	
	Sierra de Grazalema	53.411	53.411	
	Montes de Málaga	4.996	4.996	
	Sierra de las Nieves	20.163	20.163	
	Sierras de Tejeda, Almijara y Alhama	40.663	40.663	
Parque Periurbano	Dehesa del Mercadillo	138	138	
	Pinar del Hacho	85	85	
	Sierra de Gracia	35	35	
Paraje Natural	Acantilados de Maro-Cerro Gordo	1.815	1.815	
	Desembocadura del Guadalhorce	67	67	
	Desfiladero de los Gaitanes	2.016	2.016	
	Los Reales de Sierra Bermeja	1.236	1.236	
	Sierra Crestellina	478	478	
	Torcal de Antequera	1.171	1.171	
	Reserva Natural	Laguna de Fuente de Piedra	8.553	1.364
	Laguna de La Ratosa	176	24	152

	Lagunas de Archidona	204	7	197
	Lagunas de Campillos	1.342	85	1.257
Monumento Natural	Cañón de las buitreras	21,9	21,9	
	Dunas de Artola o Cabopino	19,3	19,3	
	El Tornillo del Torcal	0,2	0,2	
	Falla de la Sierra del Camorro	108,6	108,6	
	Pinsapo de las Escaleretas	0,2	0,2	

Sevilla				
Figura legal de protección	Nombre del Espacio Natural	Superficie total (ha)	Zona núcleo (ha)	Zona periférica (ha)
Parque Nacional	Doñana	54.252	54.252	
Parque Natural	Doñana	53.835	53.835	
	Sierra Norte de Sevilla	177.484	177.484	
Parque Periurbano	El Gergal	31	31	
	Hacienda de Porzuna	20	20	
	La Corchuela	85	85	
Paraje Natural	Brazo del Este	1.653	1.653	
	Embalse de Cordobilla	1.460	1.460	
	Embalse de Malpasillo	512	512	
Paisaje Protegido	Corredor Verde del Guadamar	2.707	2.707	
	Rio Tinto	16.957	16.957	
Reserva Natural	Complejo Endorreico de La Lantejuela	956	62	894
	Complejo Endorreico de Lebrija-Las Cabezas	962	65	897
	Complejo Endorreico de Utrera	1.161	90	1.071
	Laguna del Gosque	441	35	406
	Peñón de Zaframagón	448	128	320
Reserva Natural Concertada	Cañada de los Pájaros	5	5	
	Dehesa de Abajo	618	618	
Monumento Natural	Cascadas del Huesna	1,6	1,6	
	Cerro del Hierro	121,7	121,7	
	Chaparro de la Vega	0,2	0,2	
	Encina de Los Perros	0,2	0,2	
	Tajos de Mogarejo	13,2	13,2	
Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA)	Campiñas de Sevilla	35.735	33.735	

Tabla 23: Origen del agua por comarcas

COD_COM	Residual	Subterránea	Superficial
---------	----------	-------------	-------------

0401	0	0,037	0,963
0402	0	0,336	0,664
0403	0,008	0,377	0,614
0404	0	0,225	0,775
0405	0	0,772	0,228
0406	0	0,446	0,554
0407	0	0,937	0,063
0408	0,013	0,974	0,013
1101	0	0,128	0,872
1102	0	0	1
1103	0	0,043	0,957
1104	0	0,216	0,784
1105	0	0,038	0,962
1401	0	0	1
1402	0	0	1
1403	0	0,007	0,993
1404	0	0	1
1405	0	0,125	0,875
1406	0	0,305	0,695
1801	0,003	0,134	0,863
1802	0	0,054	0,946
1803	0,160	0,091	0,750
1804	0	0,021	0,979
1805	0	0,111	0,889
1806	0	0,105	0,895
1807	0	0,372	0,628
1808	0	0,456	0,544
1809	0	0,186	0,814
1810	0	0,043	0,957
2101	0	0,466	0,534
2102	0	0,225	0,775
2104	0	0,035	0,965
2105	0	0	1
2106	0	0,580	0,420
2301	0	0,079	0,921
2302	0	0,593	0,407
2303	0,022	0,108	0,869
2304	0,009	0,456	0,535
2305	0,087	0,205	0,708

2306	0,030	0,098	0,872
2307	0,112	0,112	0,776
2308	0,103	0,117	0,779
2309	0	0,137	0,863
2901	0,001	0,331	0,669
2902	0	0,120	0,880
2903	0	0,113	0,887
2904	0,004	0,320	0,676
4101	0	0	1
4102	0	0,019	0,981
4103	0	0	1
4104	0	0,144	0,856
4105	0	0	1
4107	0	0,210	0,790

**Tabla 24: Relación entre jornales y dotación por comarca**

COD_PROV	COD_COM	jornales_m3
04	0401	0,151
04	0402	1,188
04	0403	3,083
04	0404	0,598
04	0405	1,400
04	0406	0,649
04	0407	8,402
04	0408	2,857
11	1101	3,790
11	1102	1,789
11	1103	0,763
11	1104	1,770
11	1105	1,073
14	1401	0,870
14	1402	0,743
14	1403	3,754
14	1404	0,577
14	1405	1,209
14	1406	0,298
18	1801	4,730

COD_PROV	COD_COM	jornales_m3
18	1802	3,402
18	1803	1,490
18	1804	0,747
18	1805	0,668
18	1806	0,484
18	1807	1,130
18	1808	2,579
18	1809	0,978
18	1810	0,433
21	2101	0,359
21	2102	0,903
21	2104	3,937
21	2105	3,908
21	2106	2,887
23	2301	1,386
23	2302	1,543
23	2303	0,373
23	2304	1,859
23	2305	4,191
23	2306	1,743
23	2307	2,805
23	2308	1,572
23	2309	0,683
29	2901	1,461
29	2902	0,669
29	2903	3,893
29	2904	2,737
41	4101	0,638
41	4102	6,419
41	4103	3,072
41	4104	1,604
41	4105	6,740
41	4107	0,943

**Tabla 25: Cálculos del indicador económico**

COD_PROV	COD_COM	lec	perd_ha	Porcentaje_PIB
04	0401	16,647	101,638	0,164

COD_PROV	COD_COM	lec	perd_ha	Porcentaje_PIB
04	0402	60,537	369,616	0,164
04	0403	228,187	1393,227	0,164
04	0404	43,005	262,571	0,164
04	0405	31,487	192,251	0,164
04	0406	123,708	755,315	0,164
04	0407	303,205	1851,260	0,164
04	0408	648,402	3958,910	0,164
11	1101	35,715	889,033	0,040
11	1102	28,075	698,860	0,040
11	1103	10,883	270,909	0,040
11	1104	30,744	765,295	0,040
11	1105	16,529	411,456	0,040
14	1401	22,986	257,849	0,089
14	1402	22,147	248,440	0,089
14	1403	29,219	327,768	0,089
14	1404	30,043	337,015	0,089
14	1405	35,386	396,946	0,089
14	1406	25,781	289,207	0,089
18	1801	28,617	449,582	0,064
18	1802	20,023	314,561	0,064
18	1803	21,892	343,928	0,064
18	1804	14,685	230,701	0,064
18	1805	17,454	274,198	0,064
18	1806	16,936	266,060	0,064
18	1807	24,965	392,195	0,064
18	1808	188,124	2955,452	0,064
18	1809	24,307	381,860	0,064
18	1810	15,340	240,986	0,064
21	2101	32,742	418,593	0,078
21	2102	112,294	1435,649	0,078
21	2104	69,603	889,851	0,078
21	2105	10,340	132,195	0,078
21	2106	27,937	357,163	0,078
23	2301	17,701	174,339	0,102
23	2302	29,499	290,543	0,102
23	2303	38,652	380,695	0,102
23	2304	29,201	287,608	0,102
23	2305	18,118	178,449	0,102
23	2306	49,315	485,719	0,102
23	2307	23,128	227,797	0,102
23	2308	14,468	142,498	0,102
23	2309	20,855	205,409	0,102
29	2901	9,905	324,253	0,031
29	2902	23,345	764,209	0,031

COD_PROV	COD_COM	lec	perd_ha	Porcentaje_PIB
29	2903	2,321	75,979	0,031
29	2904	36,824	1205,450	0,031
41	4101	12,987	297,514	0,044
41	4102	19,613	449,327	0,044
41	4103	0,668	15,296	0,044
41	4104	8,439	193,328	0,044
41	4105	14,409	330,102	0,044
41	4107	14,493	332,015	0,044

**Tabla 26: Cálculos del indicador ambiental**

COD_PROV	COD_COM	impacto_ambiental	porcent_humedales	porcent_acuiferos	Porcentaje_Superficial
04	0401	0,130	0,265	0,510	0,963
04	0402	0,090	0,265	0,510	0,664
04	0403	0,083	0,265	0,510	0,614
04	0404	0,105	0,265	0,510	0,775
04	0405	0,031	0,265	0,510	0,228
04	0406	0,075	0,265	0,510	0,554
04	0407	0,009	0,265	0,510	0,063
04	0408	0,002	0,265	0,510	0,013
11	1101	0,563	1,657	0,389	0,872
11	1102	0,645	1,657	0,389	1,000
11	1103	0,617	1,657	0,389	0,957
11	1104	0,506	1,657	0,389	0,784
11	1105	0,621	1,657	0,389	0,962
14	1401	0,006	0,055	0,110	1,000
14	1402	0,006	0,055	0,110	1,000
14	1403	0,006	0,055	0,110	0,993
14	1404	0,006	0,055	0,110	1,000
14	1405	0,005	0,055	0,110	0,875
14	1406	0,004	0,055	0,110	0,695
18	1801	0,006	0,026	0,281	0,863
18	1802	0,007	0,026	0,281	0,946
18	1803	0,005	0,026	0,281	0,750
18	1804	0,007	0,026	0,281	0,979
18	1805	0,006	0,026	0,281	0,889
18	1806	0,007	0,026	0,281	0,895
18	1807	0,005	0,026	0,281	0,628
18	1808	0,004	0,026	0,281	0,544
18	1809	0,006	0,026	0,281	0,814
18	1810	0,007	0,026	0,281	0,957
21	2101	1,690	11,796	0,269	0,534

COD_PROV	COD_COM	impacto_ambiental	porcent_humedales	porcent_acuíferos	Porcentaje_Superficial
21	2102	2,455	11,796	0,269	0,775
21	2104	3,057	11,796	0,269	0,965
21	2105	3,167	11,796	0,269	1,000
21	2106	1,331	11,796	0,269	0,420
23	2301	0,007	0,058	0,140	0,921
23	2302	0,003	0,058	0,140	0,407
23	2303	0,007	0,058	0,140	0,869
23	2304	0,004	0,058	0,140	0,535
23	2305	0,006	0,058	0,140	0,708
23	2306	0,007	0,058	0,140	0,872
23	2307	0,006	0,058	0,140	0,776
23	2308	0,006	0,058	0,140	0,779
23	2309	0,007	0,058	0,140	0,863
29	2901	0,044	0,398	0,165	0,669
29	2902	0,058	0,398	0,165	0,880
29	2903	0,058	0,398	0,165	0,887
29	2904	0,044	0,398	0,165	0,676
41	4101	0,138	0,301	0,460	1,000
41	4102	0,136	0,301	0,460	0,981
41	4103	0,138	0,301	0,460	1,000
41	4104	0,119	0,301	0,460	0,856
41	4105	0,138	0,301	0,460	1,000
41	4107	0,109	0,301	0,460	0,790

**Tabla 27: Cálculos del indicador social**

COD_COM	isoc	jorn_perd_ha	Porcentaje_PA
0401	12,545	56,463	0,222
0402	41,667	187,537	0,222
0403	16,384	73,745	0,222
0404	6,335	28,515	0,222
0405	3,849	17,325	0,222
0406	55,768	251,003	0,222
0407	118,134	531,706	0,222
0408	430,465	1937,473	0,222
1101	0,306	4,380	0,070
1102	1,489	21,302	0,070
1103	0,129	1,849	0,070
1104	0,693	9,922	0,070
1105	0,892	12,760	0,070
1401	0,073	0,565	0,129
1402	0,602	4,673	0,129

COD_COM	isoc	jorn_perd_ha	Porcentaje_PA
1403	0,461	3,579	0,129
1404	0,439	3,412	0,129
1405	1,948	15,130	0,129
1406	38,078	295,762	0,129
1801	3,290	31,219	0,105
1802	1,586	15,047	0,105
1803	4,829	45,817	0,105
1804	0,456	4,324	0,105
1805	3,002	28,484	0,105
1806	2,539	24,089	0,105
1807	21,911	207,885	0,105
1808	21,663	205,534	0,105
1809	6,732	63,872	0,105
1810	7,661	72,688	0,105
2101	13,145	111,731	0,118
2102	5,865	49,855	0,118
2104	3,628	30,842	0,118
2105	0,004	0,036	0,118
2106	34,274	291,325	0,118
2301	1,649	8,227	0,200
2302	4,557	22,741	0,200
2303	11,569	57,734	0,200
2304	5,648	28,185	0,200
2305	15,775	78,724	0,200
2306	17,798	88,820	0,200
2307	27,106	135,269	0,200
2308	10,662	53,209	0,200
2309	18,763	93,635	0,200
2901	1,683	31,802	0,053
2902	1,653	31,236	0,053
2903	8,305	156,950	0,053
2904	4,511	85,237	0,053
4101	0,112	1,891	0,059
4102	0,699	11,794	0,059
4103	0,001	0,019	0,059
4104	0,122	2,054	0,059
4105	0,401	6,773	0,059
4107	0,279	4,715	0,059