

Anejo II. Inventario de recursos hídricos

Demarcación Hidrográfica
de las Cuencas
Mediterráneas Andaluzas



ANEJO II

INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE

Índice

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	BASE NORMATIVA.....	2
3.	ANTECEDENTES.....	3
4.	INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS NATURALES.....	5
4.1.	Esquematación y zonificación de los recursos hídricos naturales de la demarcación.....	5
4.1.1.	Límites administrativos y de gestión. Red hidrográfica principal.....	5
4.1.2.	Recursos de agua subterránea en la demarcación.....	7
4.1.3.	Zonificación.....	8
4.2.	Descripción e interrelación de las variables hidrológicas.....	16
4.2.1.	Disponibilidad de información.....	16
4.2.2.	Distribución espacial de las principales variables hidrológicas.....	19
4.3.	Estadísticos de las series hidrológicas en la demarcación.....	49
4.3.1.	Series anuales.....	49
4.3.2.	Series mensuales.....	53
4.3.3.	Aportaciones por masa de agua superficial.....	81
4.3.4.	Contraste de aportaciones y registros.....	84
4.4.	Características básicas de calidad de las aguas en condiciones naturales.....	89
4.4.1.	Aguas superficiales.....	89
4.4.2.	Aguas subterráneas.....	91
5.	OTROS RECURSOS HÍDRICOS DE LA DEMARCACIÓN	96
5.1.	Recursos hídricos no convencionales.....	96
5.1.1.	Desalación.....	96
5.1.2.	Reutilización.....	99
5.2.	Recursos hídricos externos.....	102
5.3.	Recursos hídricos disponibles en la demarcación.....	105
6.	EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO	108

APÉNDICE II.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN DE APORTACIONES Y DE RECARGA DE ACUÍFEROS

APÉNDICE II.2. SERIES DE APORTACIONES POR MASA DE AGUA



Índice de tablas

Tabla 1.	Sistemas y subsistemas en la DHCMA.....	9
Tabla 2.	Masas de agua superficiales de la categoría río en la DHCMA.	10
Tabla 3.	Masas de agua de la categoría lago en la DHCMA.....	13
Tabla 4.	Masas de agua subterráneas en la DHCMA.	13
Tabla 5.	Masas de agua de transición y costeras en la DHCMA	15
Tabla 6.	Recarga media (mm) por masa de agua subterránea.....	43
Tabla 7.	Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm /año). Serie 1940/41-2005/06.....	50
Tabla 8.	Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación procedentes del SIMPA (mm/año). Serie 1980/81-2005/06.....	50
Tabla 9.	Estadísticos básicos de las series anuales de escorrentía total (hm ³ /año). Serie 1940/41-2005/06.....	51
Tabla 10.	Estadísticos básicos de las series anuales de escorrentía total (hm ³ /año). Serie 1980/81-2005/06.....	52
Tabla 11.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas de la DHCMA. Serie 1940/41-2005/06.....	53
Tabla 12.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas de la DHCMA. Serie 1980/81-2005/06.....	54
Tabla 13.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema I. Serie 1940/41-2005/06.....	54
Tabla 14.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema I. Serie 1980/81-2005/06.....	55
Tabla 15.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-1. Serie 1940/41-2005/06.	56
Tabla 16.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-1. Serie 1980/81-2005/06.	56
Tabla 17.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-2. Serie 1940/41-2005/06.	57
Tabla 18.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-2. Serie 1980/81-2005/06.	57
Tabla 19.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-3. Serie 1940/41-2005/06.	58
Tabla 20.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-3. Serie 1980/81-2005/06.	59
Tabla 21.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-4. Serie 1940/41-2005/06.	59
Tabla 22.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-4. Serie 1980/81-2005/06.	60
Tabla 23.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-5. Serie 1940/41-2005/06.	61
Tabla 24.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-5. Serie 1980/81-2005/06.	61
Tabla 25.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema II. Serie 1940/41-2005/06.....	62

Tabla 26.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema II. Serie 1980/81-2005/06.	62
Tabla 27.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-1. Serie 1940/41-2005/06.	63
Tabla 28.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-1. Serie 1980/81-2005/06.	64
Tabla 29.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-2. Serie 1940/41-2005/06.	64
Tabla 30.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-2. Serie 1980/81-2005/06.	65
Tabla 31.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-3. Serie 1940/41-2005/06.	66
Tabla 32.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-3. Serie 1980/81-2005/06.	66
Tabla 33.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema III. Serie 1940/41-2005/06.	67
Tabla 34.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema III. Serie 1980/81-2005/06.	67
Tabla 35.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-1. Serie 1940/41-2005/06.	68
Tabla 36.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-1. Serie 1980/81-2005/06.	69
Tabla 37.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-2. Serie 1940/41-2005/06.	69
Tabla 38.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-2. Serie 1980/81-2005/06.	70
Tabla 39.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-3. Serie 1940/41-2005/06.	71
Tabla 40.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-3. Serie 1980/81-2005/06.	71
Tabla 41.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-4. Serie 1940/41-2005/06.	72
Tabla 42.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-4. Serie 1980/81-2005/06.	72
Tabla 43.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema IV. Serie 1940/41-2005/06.	73
Tabla 44.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema IV. Serie 1980/81-2005/06.	74
Tabla 45.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-1. Serie 1940/41-2005/06.	74
Tabla 46.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-1. Serie 1980/81-2005/06.	75
Tabla 47.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-2. Serie 1940/41-2005/06.	76
Tabla 48.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-2. Serie 1980/81-2005/06.	76
Tabla 49.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema V. Serie 1940/41-2005/06.	77



Tabla 50.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema V. Serie 1980/81-2005/06.....	77
Tabla 51.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema V-1. Serie 1940/41-2005/06.	78
Tabla 52.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema V-1. Serie 1980/81-2005/06.	79
Tabla 53.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema V-2. Serie 1940/41-2005/06.	79
Tabla 54.	Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema V-2. Serie 1980/81-2005/06.	80
Tabla 55.	Estadísticos de las series de aportaciones (hm ³) a las masas de agua superficiales.	81
Tabla 56.	Principales instalaciones de desalación de agua de mar actuales y previstas	97
Tabla 57.	Transferencias de recursos intercuenas en Andalucía	102
Tabla 58.	Transferencia de recursos hídricos entre la DHCMA y otras demarcaciones	105
Tabla 59.	Recursos hídricos disponibles en la DHCMA.....	106

Índice de Figuras

Figura 1.	Límites provinciales y ámbito de la DHCMA.	5
Figura 2.	Red hidrográfica de la DHCMA.	6
Figura 3.	Zonas endorreicas de la DHCMA.	7
Figura 4.	Masas de agua subterránea en la DHCMA.	8
Figura 5.	Localización de los sistemas y subsistemas de la DHCMA.	9
Figura 6.	Cuencas vertientes a los puntos finales de cada masa de agua superficial.....	13
Figura 7.	Precipitación anual (mm) empleada por el SIMPA. Periodo 1940/41 a 2005/06.	17
Figura 8.	Precipitación anual facilitada por la REDIAM (mm). Periodo 1940/41 a 2005/06.	17
Figura 9.	Localización de las estaciones de aforo.	18
Figura 10.	Redes de piezometría e hidrometría en la DHCMA.	19
Figura 11.	Distribución mensual de la precipitación (mm/mes) según datos facilitados por la REDIAM.	21
Figura 12.	Comparativa de la precipitación anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2005/06 y 1980/81 a 2005/06.	22
Figura 13.	Distribución espacial de la precipitación anual (mm/año). Período 1940/41-2005/06....	22
Figura 14.	Distribución espacial de la precipitación anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06....	23
Figura 15.	Localización de las cuencas nivales en la DHCMA.....	24
Figura 16.	Volumen de agua en forma de nieve en el Guadalfeo en Rules.	24
Figura 17.	Volumen de agua en forma de nieve en Medina.	25
Figura 18.	Volumen de agua en forma de nieve en Valor.	25
Figura 19.	Volumen de agua en forma de nieve en Nechite.	26
Figura 20.	Volumen de agua en forma de nieve en Laroles.	26
Figura 21.	Volumen de agua en forma de nieve en Bayarcal.	27
Figura 22.	Tipos climáticos de Andalucía.	28
Figura 23.	Distribución espacial de la temperatura (°C). Período 1940/41-2005/06.	29
Figura 24.	Distribución espacial de la temperatura (°C). Período 1980/81-2005/06.	29
Figura 25.	Distribución mensual de la temperatura (°C).....	30

Figura 26.	Comparativa de la temperatura anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2005/06 y 1980/81 a 2005/06.....	31
Figura 27.	Distribución mensual de la ETP (mm/mes) en la DHCMA.....	32
Figura 28.	Distribución espacial de la ETP anual (mm/año). Período 1940/41-2005/06.....	33
Figura 29.	Distribución espacial de la ETP anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06.....	33
Figura 30.	Comparativa de la ETP anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2005/06 y 1980/81 a 2005/06.	34
Figura 31.	Clasificación climática según el índice de humedad o de aridez de la UNESCO. Período 1940/41-2005/06.	35
Figura 32.	Clasificación climática según el índice de humedad o de aridez de la UNESCO. Período 1980/81-2005/06.	35
Figura 33.	Distribución mensual de la ETR (mm/mes).	36
Figura 34.	Distribución espacial de la ETR anual (mm/año). Período 1940/41-2005/06.....	37
Figura 35.	Distribución espacial de la ETR anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06.....	37
Figura 36.	Comparativa de la ETR anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2005/06 y 1980/81 a 2005/06.	38
Figura 37.	Distribución mensual de la recarga (mm/mes).	39
Figura 38.	Distribución espacial de la infiltración/recarga total anual (mm/año). Período 1940/41-2005/06.	39
Figura 39.	Distribución espacial de la infiltración/recarga total anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06.	40
Figura 40.	Comparativa de la infiltración anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2005/06 y 1980/81 a 2005/06.	41
Figura 41.	Naturaleza de las masas de agua subterráneas.....	42
Figura 42.	Recarga media anual (mm/año) por masa subterránea. Período 1940/41-2005/06.....	43
Figura 43.	Distribución mensual de la escorrentía total (mm/mes).....	46
Figura 44.	Distribución espacial de la escorrentía total anual (mm/año). Período 1940/41-2005/06.....	47
Figura 45.	Distribución espacial de la escorrentía total anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06.....	47
Figura 46.	Comparativa de la escorrentía total anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2005/06 y 1980/81 a 2005/06.....	48
Figura 47.	Puntos de la red hidrográfica en los que se han obtenido las series de aportaciones y estaciones de aforo en la DHCMA.	49
Figura 48.	Serie de precipitaciones anuales (mm) en la DHCMA. Período 1940/41-2005/06.	51
Figura 49.	Serie de escorrentía total anual (hm ³) en la DHCMA. Período 1940/41-2005/06.	53
Figura 50.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas de la DHCMA.	54
Figura 51.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del sistema I.....	55
Figura 52.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema I-1..	57
Figura 53.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema I-2..	58
Figura 54.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema I-3..	59
Figura 55.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema I-4..	60
Figura 56.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema I-5..	62
Figura 57.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del sistema II.	63
Figura 58.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema II-1.	64
Figura 59.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema II-2.	65
Figura 60.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema II-3.	67
Figura 61.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del sistema III.	68
Figura 62.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema III-1.	69
Figura 63.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema III-2.	70

Figura 64.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema III-3.	72
Figura 65.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema III-4.	73
Figura 66.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del sistema IV.	74
Figura 67.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-1.	75
Figura 68.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-2.	77
Figura 69.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del sistema V.	78
Figura 70.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema V-1.	79
Figura 71.	Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema V-2.	80
Figura 72.	Comparativa entre la serie de aportaciones adoptada en el río Poqueira en la central de Pampaneira y la simulada por SIMPA.	85
Figura 73.	Geoestructuras	85
Figura 74.	Comparativa entre la serie de aportaciones finalmente adoptada en la desembocadura del río Torrox y la simulada por SIMPA	86
Figura 75.	Comparativa entre la serie de aportaciones finalmente adoptada en la desembocadura del río Chillar y la simulada por SIMPA.	87
Figura 76.	Comparativa entre la serie de aportaciones adoptada en la cuenca alta del río Verde de Almuñecar (E.A. 6052 y 6412) y la simulada por SIMPA.	87
Figura 77.	Comparativa de los aportes aforados en el río Grande del Guadalhorce en Las Millanas (E.A. 6035 + 6401) y los simulados por SIMPA.	88
Figura 78.	Comparativa entre los valores de aportación adoptados en el PH y los obtenidos con SIMPA para el conjunto de las cuencas vertientes a los embalses de Guadalteba, Conde Guadalhorce y Guadalhorce.	89
Figura 79.	Localización y estado de las desaladoras y desalobradoras.	98
Figura 80.	Localización las principales instalaciones de regeneración y reutilización de agua.	101
Figura 81.	Transferencias de recursos hídricos externos.	104

1. INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el inventario de recursos hídricos de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (DHCMA). Los recursos hídricos disponibles en la demarcación están constituidos por los recursos hídricos propios, convencionales y no convencionales (naturales, reutilización, desalación, etc.), y los recursos hídricos externos (transferencias). La mayor parte de los recursos hídricos disponibles en la DHCMA (97 %) están constituidos por los recursos hídricos naturales (RRHHNN).

El inventario de recursos hídricos naturales, está compuesto por su estimación cuantitativa, descripción cualitativa y la distribución temporal. Incluye las aportaciones de los ríos y las que alimentan los almacenamientos naturales de agua, superficiales y subterráneos. Esta evaluación se ha realizado en las zonas oportunas atendiendo, entre otros, a criterios hidrográficos, administrativos, socioeconómicos y ambientales. Con carácter general se ha considerado: la zonificación existente, tal como se indica en el Reglamento de la Planificación Hidrológica (RPH) y en la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH); los datos estadísticos que muestran la evolución del régimen natural de flujos y almacenamientos a lo largo del ciclo hidrológico; y las interrelaciones entre variables.

En este documento se incluyen los siguientes capítulos:

1. Introducción.
2. Base Normativa.
3. Antecedentes.
4. Inventario de Recursos Hídricos Naturales (RRHHNN):
 - Esquematación y Zonificación de los RRHHNN de la Demarcación.
 - Descripción e interrelación de las variables hidrológicas.
 - Estadísticos de las series hidrológicas de la Demarcación.
 - Características básicas de calidad de las aguas en condiciones naturales.
5. Otros recursos hídricos de la Demarcación:
 - Recursos hídricos propios no convencionales: desalación y reutilización.
 - Recursos hídricos externos.
 - Recursos hídricos disponibles en la Demarcación.
6. Evaluación del efecto del cambio climático.
7. Apéndices:
 - Descripción de los modelos de simulación de aportaciones y de recarga de acuíferos.
 - Series de aportaciones por masa de agua.



2. BASE NORMATIVA

El artículo 42 a) c'), sobre "El contenido de los planes hidrológicos de cuenca", del texto refundido de la Ley de Aguas aprobado por el RD Legislativo 1/2001, de 20 de julio, hace referencia al inventario de recursos hídricos:

1. *Los planes hidrológicos de cuenca comprenderán obligatoriamente:*

a) *La descripción general de la demarcación hidrográfica, incluyendo:*

a') *Para las aguas superficiales tanto continentales como costeras y de transición, mapas con sus límites y localización, ecorregiones, tipos y condiciones de referencia. En el caso de aguas artificiales y muy modificadas, se incluirá asimismo la motivación conducente a tal calificación.*

b') *Para las aguas subterráneas, mapas con la localización y límites de las masas de agua.*

c') *El inventario de los recursos superficiales y subterráneos incluyendo sus regímenes hidrológicos y las características básicas de calidad de las aguas.*

El artículo 4 del Reglamento de Planificación Hidrológica transcribe la referencia del artículo 42.a) c') referente al inventario de recursos hídricos dentro de la descripción general de la demarcación hidrográfica (apartado a) en el contenido obligatorio de los planes hidrológicos de la Demarcación.

El apartado 2.4 de la Instrucción de Planificación Hidrológica aprobada por la Orden Ministerial ARM 2656/2008, desarrolla los contenidos mínimos que deberá abarcar el inventario de recursos hídricos naturales.

En la DHCMA, parte de los recursos hídricos disponibles son de origen externo al ámbito territorial de la demarcación, materializándose en transferencias o trasvases de agua de otras cuencas. Estas transferencias se encuentran regladas según lo dispuesto en la Ley 10/2001, de 5 de julio, por la que se aprueba el Plan Hidrológico Nacional, en los artículos del 12 al 23, ambos inclusive.

Respecto a los recursos hídricos propios procedentes de fuentes no convencionales: aguas regeneradas y aguas procedentes de la desalación, el RD 1620/2007, de 7 de diciembre, establece el régimen jurídico de reutilización de las aguas depuradas y en el Capítulo V artículo 13 del texto refundido de la ley de aguas, se establecen las condiciones de utilización de las aguas procedentes de desalación.

3. ANTECEDENTES

En la actualidad, el Plan Hidrológico vigente en el ámbito mediterráneo andaluz es el Plan Hidrológico de la Cuenca Sur. Este plan, aprobado en 1998 cuando aún no había tenido lugar la transferencia de la gestión de la Cuenca Sur desde la Administración General del Estado a la Junta de Andalucía (enero 2005), cifraba los recursos hídricos disponibles en la cuenca en 997 hm³ -siendo en su totalidad de origen natural- y 10 hm³/año de recursos externos del trasvase Tajo-Segura hasta la provincia de Almería.

En el año 2001, se actualizaron las cifras del Plan en el marco de la ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL SEGUIMIENTO Y REVISIÓN DEL PLAN HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL SUR (SRPHS), resultando unos recursos propios disponibles, sin contabilizar los no convencionales, de 782 hm³ de aguas superficiales, incluidos los 110 hm³ del trasvase Guadiaro-Majaceite, que se exportan a la Cuenca Atlántica Andaluza, y 405 hm³ de aguas subterráneas. Además, se constató que el volumen de aguas depuradas reutilizadas, prácticamente anecdótico a principios de los noventa, había ido creciendo desde entonces hasta alcanzar los 14 hm³ en el año 2000 y los recursos obtenidos mediante desalación se estimaron en 0,2 hm³.

Los antecedentes normativos de los recursos transferidos se encuentran en la Ley 17/1995, de 1 de junio, de transferencia de volúmenes de agua de la cuenca del río Guadiaro a la cuenca del río Guadalete, y la Ley 55/1999 de 29 de diciembre, de Medidas fiscales, administrativas y del orden social - en su disposición adicional vigésima segunda - que regula la transferencia de aguas desde el embalse del Negratín en la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir al de Cuevas de Almanzora en la Cuenca Hidrográfica del Sur, para las finalidades de riegos y abastecimientos, de acuerdo con lo previsto en el Real Decreto-ley 9/1998, de 28 de agosto. Posteriormente, la disposición adicional tercera de la Ley 10/2001, de 5 de julio, por la que se aprueba el Plan Hidrológico Nacional (PHN) regulaba también la transferencia de recursos desde la cuenca del Tajo a la del Segura, trasvase desde el cual se derivaba agua también a la DHCMA:

Trasvase Tajo-Segura

En cuanto a las transferencias de agua aprobadas desde la cabecera del Tajo, y conforme a lo dispuesto en el artículo 23 (de su Plan Hidrológico de cuenca, se considerarán aguas excedentarias todas aquellas existencias embalsadas en el conjunto de Entrepeñas-Buendía que superen los 240 hm³. Por debajo de esta cifra no se podrán efectuar trasvases en ningún caso.

Este volumen mínimo podrá revisarse en el futuro conforme a las variaciones efectivas que experimenten las demandas de la cuenca del Tajo, de forma que se garantice en todo caso su carácter preferente, y se asegure que las transferencias desde cabecera nunca puedan suponer un límite o impedimento para el desarrollo natural de dicha cuenca.

Las transferencias entre distintos ámbitos de planificación sobre aprovechamientos hídricos, existentes con anterioridad al 1 de enero de 1986, tienen un tratamiento diferenciado establecido en la disposición adicional primera de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del PHN:

Transferencias existentes a la entrada en vigor de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas

II. Los aprovechamientos de aguas existentes en el momento de la entrada en vigor de esta Ley, que constituyan una transferencia de recursos entre ámbitos territoriales de distintos Planes Hidrológicos de cuenca, y estén amparados en títulos concesionales otorgados con anterioridad al 1 de enero de 1986, se regirán por lo dispuesto en el título concesional vigen-

te. Cuando en aplicación de los títulos concesionales reviertan a la Administración General del Estado las obras e instalaciones, se dispondrá de ellas de acuerdo con la legislación de contratos de las Administraciones públicas.

III. Los aprovechamientos de aguas existentes en el momento de la entrada en vigor de esta Ley, que constituyan una transferencia de recursos entre ámbitos territoriales de distintos Planes Hidrológicos de cuenca, y estén amparados en títulos legales aprobados con anterioridad al 1 de enero de 1986, se regirán por lo dispuesto en el título legal actual vigente.



4. INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS NATURALES

4.1. Esquematización y zonificación de los recursos hídricos naturales de la demarcación

4.1.1. Límites administrativos y de gestión. Red hidrográfica principal

4.1.1.1. Marco administrativo y de gestión

El ámbito de aplicación del nuevo Plan Hidrológico de la DHCMA, se describe en el Real Decreto 357/2009, de 20 de octubre, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas. A diferencia del ámbito de planificación del anterior plan hidrológico, en éste son incluidas las aguas de transición y costeras, además de las aguas continentales (superficiales y subterráneas), en busca de la gestión y protección integrada de las aguas.

De esta manera, el territorio descrito en el artículo 3 del RD 357/2009 la DHCMA se extiende sobre una superficie de 20.027 km², de los cuales 17.944 km² están en tierra firme y 2.083 km² pertenecen al área ocupada por aguas costeras. Todo este espacio está enmarcado en la Comunidad Autónoma de Andalucía –a excepción de las aguas costeras que abarcan un ámbito mayor del de la Comunidad Autónoma- y en él se integran la mayor parte de las provincias de Málaga y Almería, así como la vertiente mediterránea de la provincia de Granada y el Campo de Gibraltar en la provincia de Cádiz.

La siguiente figura muestra los límites provinciales y los de la propia DHCMA.



4.1.1.2. Red hidrográfica principal

Desde el punto de vista fluvial, la red hidrográfica de la DHCMA está constituida por un conjunto de cuencas de ríos, arroyos y ramblas que nacen en sierras del Sistema Bético y desembocan en el mar

Mediterráneo. Cabe distinguir tres tipos de redes, de fronteras no siempre bien definidas: una de carácter dendrítico y jerarquizada en los cursos más importantes (Guadiaro, Guadalhorce, Guadalfeo, Adra, Andarax y Almanzora); otra también dendrítica y con cierta jerarquización cuyos cauces, frecuentemente de morfología "rambla" en los tramos medios y bajos, presentan en general un régimen de caudales caracterizado por su gran variabilidad (Guadalmedina, Vélez, Verde de Almuñécar, etc); y una última, con disposición "en peine" perpendicular a la costa y compuesta por innumerables arroyos de fuerte pendiente, corto recorrido y aportes esporádicos.

La red hidrográfica básica fue definida inicialmente por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), junto con la del resto del territorio nacional, con la ayuda del Sistema Integrado para la Modelación del proceso Precipitación Aportación simulación, en adelante SIMPA, fijando como criterio para determinar el punto de inicio de cada cauce que el caudal medio anual superara los 100 l/s (3,15 hm³/año). La red resultante fue posteriormente corregida mediante la aplicación de criterios hidrogeológicos, modificando los puntos iniciales de diversas corrientes superficiales en función de la localización de los manantiales que las originan.

A continuación se muestra el mapa de la red hidrográfica de la DHCMA:

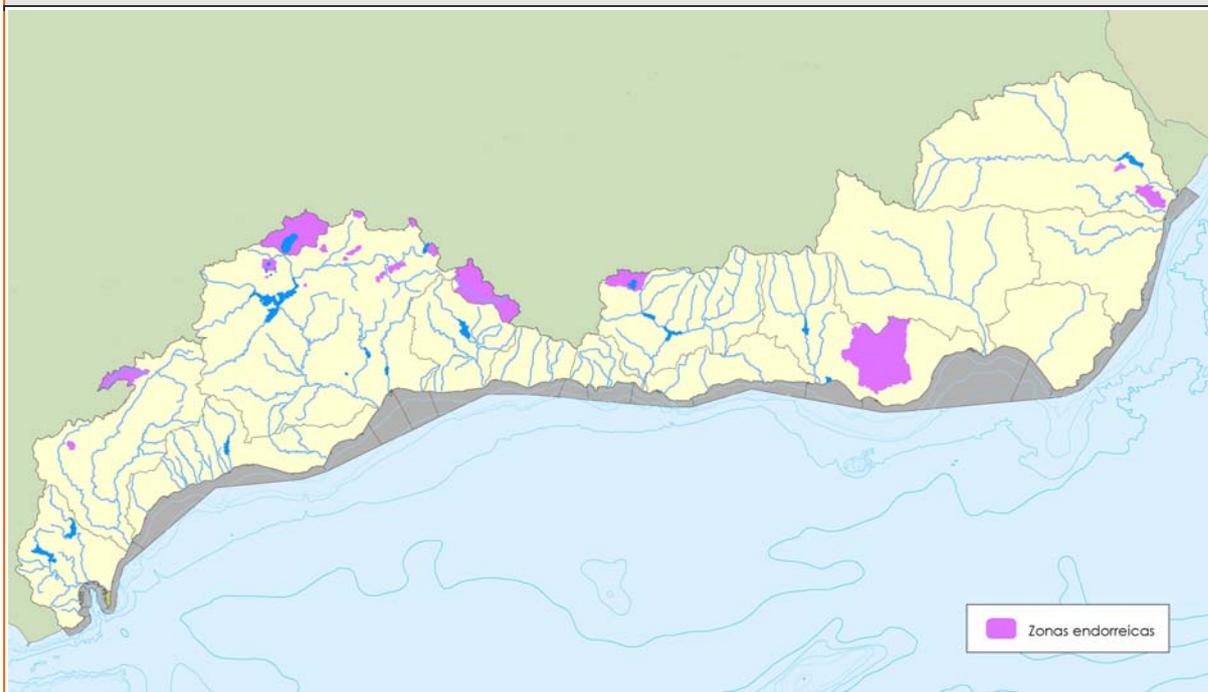


Por otra parte, no todas las escorrentías discurren hacia la red fluvial, ya que existen numerosas áreas cerradas de carácter endorréico o semiendorréico. Suelen ser áreas de extensión reducida y constituyen depresiones en terrenos de baja permeabilidad, donde se retienen y encharcan las aguas que, posteriormente, se pierden por infiltración o en su mayor parte por evaporación.

En la costa de Almería las marismas de Punta Entinas-Punta de Sabinar o las de Cabo de Gata se generan en zonas semiendorreicas, antiguos lagoons que hoy en día carecen de comunicación natural, superficial, con el mar. A veces el intercambio de aportes se realiza por filtración a través de las arenas (playas y dunas) que los separan del mar. En las formaciones deltaicas tan abundantes en el litoral mediterráneo (Adra, Almería, Huarea-Albuñol, Motril, Guadalhorce y otros) se desarrollan for-

maciones marismas -incluso lagunares como las albuferas de Adra- por la obstrucción al drenaje debido a los aportes de materiales aluviales.

Figura 3. Zonas endorreicas de la DHCMA.



4.1.2. Recursos de agua subterránea en la demarcación

Los flujos totales en régimen natural constan, de una componente de escorrentía superficial directa, y de una componente de origen subterráneo. Esta componente subterránea de la escorrentía total, coincide básicamente -dejando a salvo los efectos de transferencias subterráneas externas- con la recarga natural de los acuíferos.

El conocimiento de la recarga resulta de gran interés teórico y práctico, pues viene a acotar las posibilidades máximas de explotación sostenible a largo plazo de las aguas subterráneas de un acuífero.

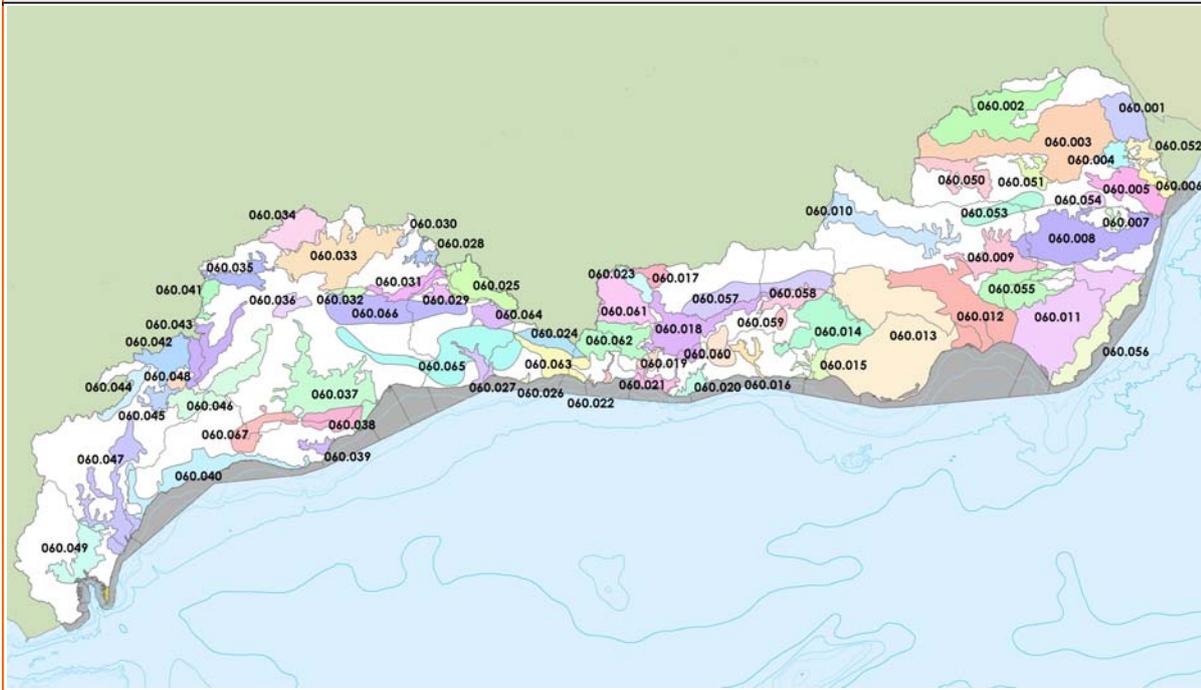
Como se dijo, la mayor parte del agua que recarga los acuíferos se descarga diferida en el tiempo a la red fluvial, de forma difusa o a través de manantiales, y en muchas cuencas es uno de los constituyentes básicos de la aportación de los ríos. Otra parte de la recarga, en general mucho más reducida, se transfiere subterráneamente a otros acuíferos o, en el caso de los acuíferos costeros, descarga al mar.

Para estimar la recarga natural o infiltración a los acuíferos se necesita conocer su delimitación geométrica. Hasta ahora, en España los acuíferos se han agrupado en distintas unidades hidrogeológicas, que con la implantación de la DMA pasan a ser masas de agua subterránea.

Es conveniente diferenciar aquí entre el concepto físico de acuífero, entendido como formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua, y el concepto administrativo de masa de agua subterránea, formada por uno o más acuíferos, que se agrupan a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua, y cuyos límites pueden incluir también porciones del territorio donde no existen acuíferos.

En la DHCMA existen un total de 67 masas de agua subterráneas, de las que 7 corresponden a terrenos de baja permeabilidad pero en los que existen captaciones significativas para consumo humano. Estas masas ocupan una superficie de 10.389 km², lo que representa el 58% de la total de la demarcación. Según los últimos estudios de caracterización, los recursos hídricos subterráneos disponibles en la DHCMA se estiman en 398 hm³/año.

Figura 4. Masas de agua subterránea en la DHCMA.



Es necesario precisar que cuando nos referimos a explotación de aguas subterráneas nos estamos refiriendo a aguas extraídas mediante bombeo de los acuíferos, y no a la fracción de origen subterráneo de la escorrentía total. Puede haber gran explotación por bombeos en cuencas con muy escasa fracción de escorrentía subterránea, y, a la inversa, no haber ninguna explotación por bombeos en cuencas con gran componente de escorrentía subterránea. La confusión entre ambos conceptos ha dado lugar, en ocasiones, a erróneas interpretaciones técnicas.

4.1.3. Zonificación

4.1.3.1. Zonificación y criterios para delimitación

Atendiendo a criterios geográficos e hidrológicos, y teniendo en cuenta las unidades básicas de explotación de aguas superficiales y subterráneas, la planificación hidrológica ha dividido la DHCMA en cinco zonas o sistemas, numerados del I al V desde el Oeste hacia el Este, cada uno de los cuales se encuentra a su vez subdividido en unidades menores: los subsistemas.

Las siguientes tabla y figura recogen la relación y localización de los sistemas y subsistemas en que se encuentra dividida la DHCMA.

Tabla 1. Sistemas y subsistemas en la DHCMA.	
Sistema	Subsistema
I.- SERRANIA DE RONDA	I-1 Cuencas de los ríos Guadarranque y Palmones. I-2 Cuenca del río Guadiaro. I-3 Cuencas vertientes al mar entre las desembocaduras de los ríos Guadiaro y Guadalhorce. I-4 Cuencas de los ríos Guadalhorce y Guadalmedina. I-5 Cuenca endorreica de Fuente de Piedra.
II.- SIERRA TEJEDA-ALMIJARA	II-1 Cuenca del río Vélez II-2 Poljé de Zafarraya II-3 Cuencas vertientes al mar entre la desembocadura del río Vélez y el río de la Miel, incluido este último
III.- SIERRA NEVADA	III-1 Cuencas vertientes al mar entre el río de la Miel y el río Guadalfeo III-2 Cuenca del río Guadalfeo III-3 Cuencas vertientes al mar entre las desembocaduras de los ríos Guadalfeo y Adra III-4 Cuenca del río Adra y acuífero del Campo de Dalías
IV.- SIERRA DE GADOR-FILABRES	IV-1 Cuenca del río Andarax IV-2 Comarca natural del Campo de Níjar
V.- SIERRA DE FILABRES-ESTANCIAS	V-1 Cuencas de los ríos Carboneras y Aguas V-2 Cuenca del Almanzora



A continuación se detalla a qué sistema y subsistema pertenece cada una de las masas de agua, tanto superficial como subterránea, de la demarcación.

Masas de agua superficiales:

Tabla 2. Masas de agua superficiales de la categoría río en la DHCMA.

Código masa	Sistema	Subsistema	Área cuenca vertiente propia (km ²)
0611010	I	I-1	53,55
0611020	I	I-1	42,01
0611030	I	I-1	60,26
0611040	I	I-1	47,70
0611050	I	I-1	77,31
0611060	I	I-1	25,43
0611080	I	I-1	81,65
0611090	I	I-1	20,26
0611100	I	I-1	43,31
0611120	I	I-1	47,45
0611110Z	I	I-1	71,11
0612020	I	I-2	42,43
0612030	I	I-2	136,23
0612061	I	I-2	126,33
0612062	I	I-2	189,83
0612010A	I	I-2	59,21
0612010B	I	I-2	226,49
0612040A	I	I-2	282,04
0612040B	I	I-2	55,26
0612050A	I	I-2	221,04
0612050B	I	I-2	130,80
0613010	I	I-3	30,86
0613020	I	I-3	4,02
0613030	I	I-3	23,85
0613040	I	I-3	22,20
0613050	I	I-3	20,24
0613061	I	I-3	46,11
0613062	I	I-3	19,88
0613071	I	I-3	44,15
0613091	I	I-3	38,74
0613110	I	I-3	36,44
0613120	I	I-3	66,13
0613130	I	I-3	40,40
0613140	I	I-3	12,20
0613150	I	I-3	26,51
0613160	I	I-3	114,11
0613170	I	I-3	15,57
0613072Z	I	I-3	22,05
0613092Z	I	I-3	9,90
0614010	I	I-4	148,95
0614022	I	I-4	32,35
0614030	I	I-4	162,54
0614050	I	I-4	187,54
0614060	I	I-4	53,61
0614080	I	I-4	46,07
0614100	I	I-4	73,92



Tabla 2. Masas de agua superficiales de la categoría río en la DHCMA.

Código masa	Sistema	Subsistema	Área cuenca vertiente propia (km ²)
0614110	I	I-4	143,59
0614120	I	I-4	71,31
0614130	I	I-4	67,42
0614160	I	I-4	77,14
0614170	I	I-4	81,16
0614180	I	I-4	163,33
0614190	I	I-4	23,18
0614200	I	I-4	101,04
0614210	I	I-4	120,37
0614220	I	I-4	67,31
0614230	I	I-4	142,30
0614240	I	I-4	16,22
0614250	I	I-4	27,67
0614021A	I	I-4	45,93
0614021B	I	I-4	451,82
0614021C	I	I-4	85,44
0614040A	I	I-4	67,45
0614040B	I	I-4	153,56
0614070A	I	I-4	51,57
0614070B	I	I-4	170,20
0614090A	I	I-4	12,16
0614090B	I	I-4	18,21
0614140A	I	I-4	243,08
0614140B	I	I-4	80,76
0614140C	I	I-4	13,47
0614150A	I	I-4	62,30
0614150B	I	I-4	60,99
0621010	II	II-1	95,52
0621020	II	II-1	27,27
0621030	II	II-1	89,40
0621040	II	II-1	17,24
0621050	II	II-1	53,00
0621060	II	II-1	271,31
0621070	II	II-1	65,10
0622010Z	II	II-2	101,71
0623010	II	II-3	64,80
0623020	II	II-3	47,84
0623030	II	II-3	53,91
0631010	III	III-1	18,95
0631020	III	III-1	24,79
0631030	III	III-1	72,41
0631040	III	III-1	28,17
0632010	III	III-2	72,31
0632020	III	III-2	66,84
0632030	III	III-2	55,04
0632040	III	III-2	120,34
0632050	III	III-2	31,89
0632070	III	III-2	45,28
0632090	III	III-2	35,98

Tabla 2. Masas de agua superficiales de la categoría río en la DHCMA.

Código masa	Sistema	Subsistema	Área cuenca vertiente propia (km ²)
0632100	III	III-2	24,04
0632110	III	III-2	29,49
0632120	III	III-2	20,54
0632140	III	III-2	75,16
0632150	III	III-2	145,89
0632060A	III	III-2	169,26
0632060B	III	III-2	74,65
0632080A	III	III-2	151,89
0632080B	III	III-2	87,88
0632130A	III	III-2	44,08
0632130B	III	III-2	46,46
0634010	III	III-4	40,49
0634020	III	III-4	46,10
0634030	III	III-4	47,53
0634040	III	III-4	33,28
0634060	III	III-4	65,64
0634080	III	III-4	147,52
0634090	III	III-4	15,94
0634050A	III	III-4	110,74
0634050B	III	III-4	88,77
0634050C	III	III-4	92,25
0634070A	III	III-4	20,77
0634070B	III	III-4	36,94
0641010	IV	IV-1	53,04
0641020	IV	IV-1	449,74
0641025	IV	IV-1	49,12
0641030	IV	IV-1	517,93
0641035	IV	IV-1	49,52
0641040	IV	IV-1	49,97
0641050	IV	IV-1	855,08
0641060Z	IV	IV-1	136,90
0651030	V	V-1	71,84
0651010Z	V	V-1	470,21
0652010	V	V-2	255,19
0652020	V	V-2	1104,87
0652040	V	V-2	719,58
0652050	V	V-2	285,88
0652060	V	V-2	92,26

La siguiente figura muestra la cuenca vertiente propia de cada una de las masas que figuran en la Tabla 2.

Figura 6. Cuencas vertientes a los puntos finales de cada masa de agua superficial.



Además de las anteriores masas de agua superficiales tipo río, en la cuenca se han identificado 8 masas superficiales de la categoría lago, una de ellas artificial no lineal:

Tabla 3. Masas de agua de la categoría lago en la DHCMA

Masa de agua		Sistema	Subsistema	Superficie (km ²)
Código	Nombre			
0614260	El Tomillar	I	I-4	0,13
0614500	Complejo Lagunar de Campillos	I	I-4	0,66
0614510	Laguna Salada de Campillos	I	I-4	0,13
0614520	Lagunas de Archidona	I	I-4	2,04
0615500	Laguna de Fuente de Piedra	I	I-5	13,15
0632500	Laguna de la Caldera	III	III-2	0,02
0632510	Turberas de Padul	III	III-2	3,27
0634500	Albufera de Adra	III	III-4	1,32

Masas de agua subterráneas

Tabla 4. Masas de agua subterráneas en la DHCMA.

Código de la masa de agua	Sistema	Subsistema	Superficie de la masa (km ²)
060.001	V	V-2	145,81
060.002	V	V-2	378,73
060.003	V	V-2	605,51
060.004	V	V-2	53,00
060.005	V	V-1 y V-2	152,14
060.006	V	V-2	50,19
060.007	V	V-1	20,09
060.008	IV y V	IV-1, V-1 y V-2	440,07
060.009	IV y V	IV-1 y V-1	165,24
060.010	IV	IV-1	211,86

Tabla 4. Masas de agua subterráneas en la DHCMA.

Código de la masa de agua	Sistema	Subsistema	Superficie de la masa (km ²)
060.011	IV y V	IV-2 y V-1	578,73
060.012	III y IV	III-4, IV-1 y IV-2	432,54
060.013	III y IV	III-4 y IV-1	1028,56
060.014	III y IV	III-3 ,III-4 y IV-1	278,46
060.015	III	III-3 y III-4	48,80
060.016	III	III-3	34,77
060.017	III	III-2	44,72
060.018	III	III-2, III-3 y III-4	263,11
060.019	III	III-2 y III-3	20,74
060.020	III	III-3	38,96
060.021	III	III-1, III-2 y III-3	49,66
060.022	III	III-1	8,47
060.023	III	III-2	51,33
060.024	II y III	II-3 y III-1	71,21
060.025	I y II	I-4, II-1 y II-2	156,14
060.026	II	II-3	4,29
060.027	II	II-1	43,04
060.028	I	I-4	31,05
060.029	II	II-1	27,76
060.030	I	I-4	7,58
060.031	I y II	I-4 y II-1	70,62
060.032	I	I-4	28,69
060.033	I	I-4	374,43
060.034	I	I-4 y I-5	151,57
060.035	I	I-4	84,24
060.036	I	I-4	45,16
060.037	I	I-3 y I-4	359,84
060.038	I	I-3 y I-4	96,93
060.039	I	I-3	25,72
060.040	I	I-2 y I-3	222,68
060.041	I	I-4	40,86
060.042	I	I-2	120,22
060.043	I	I-2 y I-4	143,36
060.044	I	I-2	60,65
060.045	I	I-2	44,32
060.046	I	I-2, I-3 y I-4	219,87
060.047	I	I-1, I-2 y I-3	239,05
060.048	I	I-2	18,22
060.049	I	I-1 y I-2	139,33
060.050	V	V-2	130,44
060.051	V	V-2	51,86
060.052	V	V-2	39,17
060.053	IV y V	IV-1, V-1 y V-2	110,63
060.054	V	V-2	25,75
060.055	IV y V	IV-1, IV-2 y V	210,59
060.056	IV y V	IV-2 y V-1	202,16
060.057	III y IV	III-2, III-4 y IV-1	222,41
060.058	III	III-2 y III-4	77,37

Tabla 4. Masas de agua subterráneas en la DHCMA.

Código de la masa de agua	Sistema	Subsistema	Superficie de la masa (km ²)
060.059	III	III-4	17,50
060.060	III	III-2 y III-3	71,27
060.061	III	III-2	188,63
060.062	III	III-1 y III-2	180,55
060.063	II y III	II-3 y III-1	116,35
060.064	II	II-1 y II-2	67,06
060.065	I y II	I-4, II-1 y II-3	380,31
060.066	I y II	I-4 y II-1	267,76
060.067	I	I-3 y I-4	100,82

Masas de agua de transición y costeras:

Tabla 5. Masas de agua de transición y costeras en la DHCMA

Masa de agua		Categoría	Superficie de la masa de agua (km ²)
Código	Nombre		
610027	Estuario del Guadalquivir	Transición	0,88
610028	Estuario del Guadiaro	Transición	0,61
610029	Marismas del Palmones	Transición	1,20
610033	Charcones de Punta Entinas	Transición	1,77
610034	Salinas de los Cerrillos	Transición	6,08
610035	Albufera del Cabo de Gata	Transición	3,35
610036	Desembocadura del Guadalquivir	Transición	1,03
610000	División ecorregiones atlántica / mediterránea - Punta del Carnero	Costera	19,39
610001	Punta del Carnero - Desembocadura del Getares	Costera	7,80
610002	Desembocadura del Getares - Límite del PN de los Alcornocales	Costera	15,60
610003	Desembocadura del Guadalquivir	Costera	3,08
610004	Límite del PN de los Alcornocales- Muelle de Campamento	Costera	6,47
610005	Muelle de Campamento - Aeropuerto de Gibraltar	Costera	17,52
610006	Gibraltar - Desembocadura del Guadiaro	Costera	52,91
610007	Desembocadura del Guadiaro - Punta de Calaburra	Costera	301,60
610008	Punta de Calaburra - Torremolinos	Costera	95,48
610009	Torremolinos - Puerto de Málaga	Costera	114,51
610010	Puerto de Málaga - Rincón de la Victoria	Costera	100,91
610011	Rincón de la Victoria - Límite PN de Acantilados de Maro	Costera	157,73
610012	Ámbito del PN Acantilados de Maro	Costera	39,06
610013	Límite PN Acantilados de Maro - Salobreña	Costera	65,13
610014	Salobreña - Calahonda	Costera	63,12
610015	Calahonda - Puerto de Adra	Costera	121,84
610016	Puerto de Adra - Guardias Viejas	Costera	88,04
610017	Guardias Viejas - Rambla de Morales	Costera	478,57
610018	Rambla de Morales - Cabo de Gata	Costera	89,96
610019	Cabo de Gata - Límite del PN Cabo de Gata	Costera	126,21
610020	Límite del PN Cabo de Gata - Límite demarcación mediterránea andaluza	Costera	97,09
610021	Puerto pesquero de Algeciras - Parque de contenedores	Costera	2,28
610023	Puerto de la Línea de la Concepción	Costera	0,57
610024	Puerto de Málaga	Costera	1,38
610025	Puerto de Motril	Costera	0,80
610026	Puerto de Almería	Costera	0,97



Masa de agua		Categoría	Superficie de la masa de agua (km ²)
Código	Nombre		
610037	Puerto de Carboneras	Costera	9,20

4.2. Descripción e interrelación de las variables hidrológicas

4.2.1. Disponibilidad de información

En el presente documento se han incluido como variables de la fase atmosférica, la precipitación, la temperatura y la evapotranspiración potencial. Como variables de la fase terrestre, la infiltración o recarga, la evapotranspiración real y las escorrentías superficial, subterránea y total.

En el análisis de todas las variables se han considerado dos periodos de trabajo: uno denominado histórico, que abarca desde 1940/41 a 2005/06, y otro que refleja las tendencias más recientes en la evolución de las series hidrológicas, desde 1980/81 a 2005/06.

La fuente de información empleada ha sido, salvo en el caso de la precipitación y de la recarga, la información derivada del SIMPA, concretamente la segunda versión facilitada por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. El SIMPA es un modelo conceptual y cuasidistribuido de precipitación-aportación, con el que a partir de la precipitación, de la temperatura y de una serie de parámetros hidrológicos, se obtienen mapas de almacenamiento, humedad en el suelo, volumen almacenado en las masas de agua subterráneas (en las unidades hidrológicas en el caso de la primera versión facilitada), evapotranspiración y escorrentías superficial, subterránea y total en cada una de las celdas de 1.000 x 1.000 m en que el modelo discretiza el terreno. En el Apéndice II.1. se describe más detalladamente el modelo.

A la hora de caracterizar la demarcación desde un punto de vista pluviométrico, los datos del SIMPA han sido sustituidos por los facilitados por la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Esto se debe a que, si bien la diferencia entre ambos es mínima (537,25 mm/año del SIMPA frente a 544,71 mm/año de la REDIAM para el periodo 1940/41 a 2005/06), la distribución espacial de las precipitaciones en la DHCMA se ajusta mejor a la realidad en el segundo caso.

Figura 7. Precipitación anual (mm) empleada por el SIMPA. Periodo 1940/41 a 2005/06.

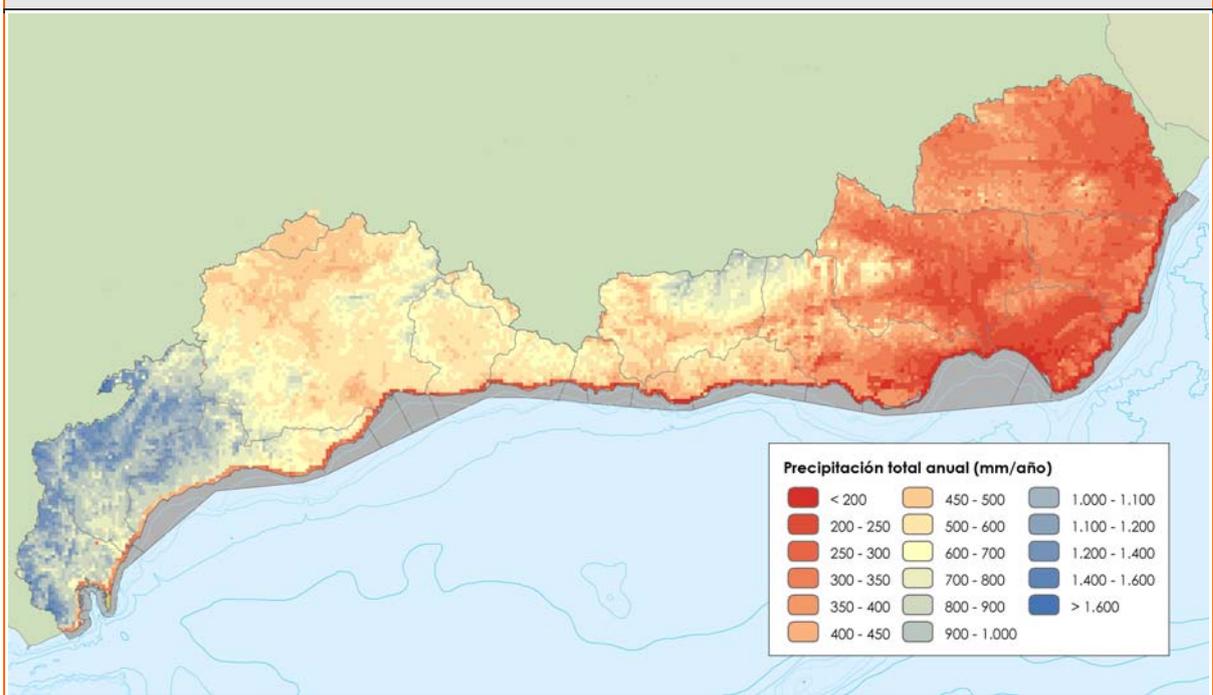
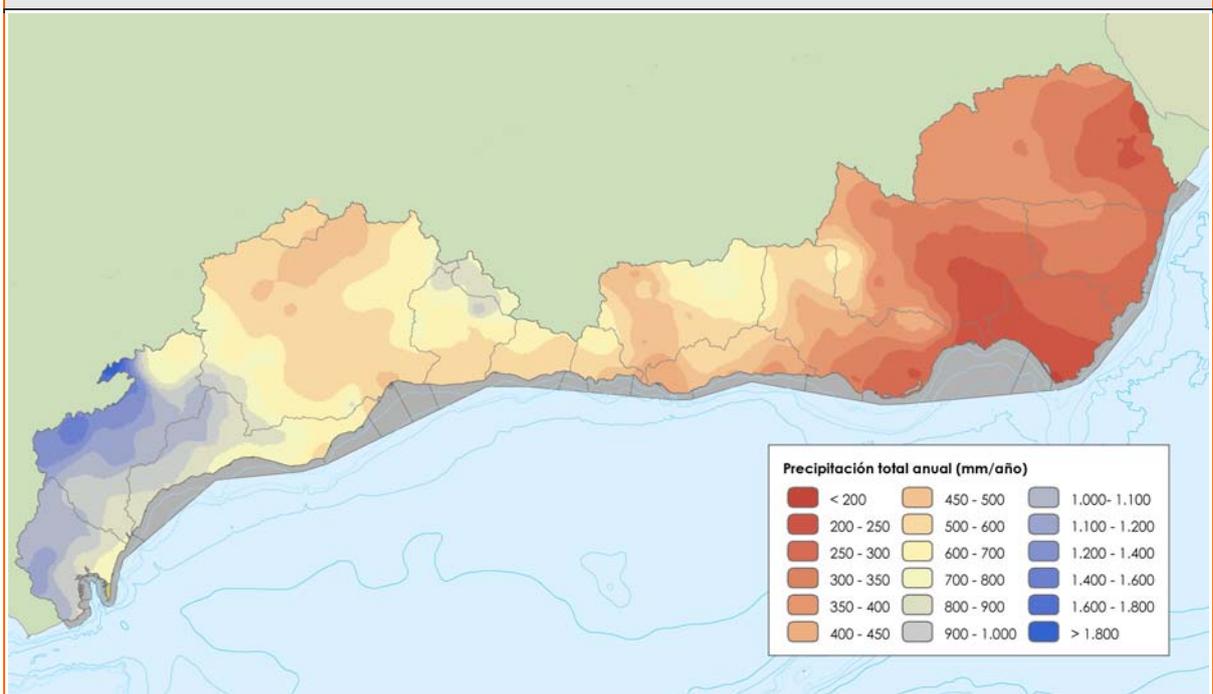


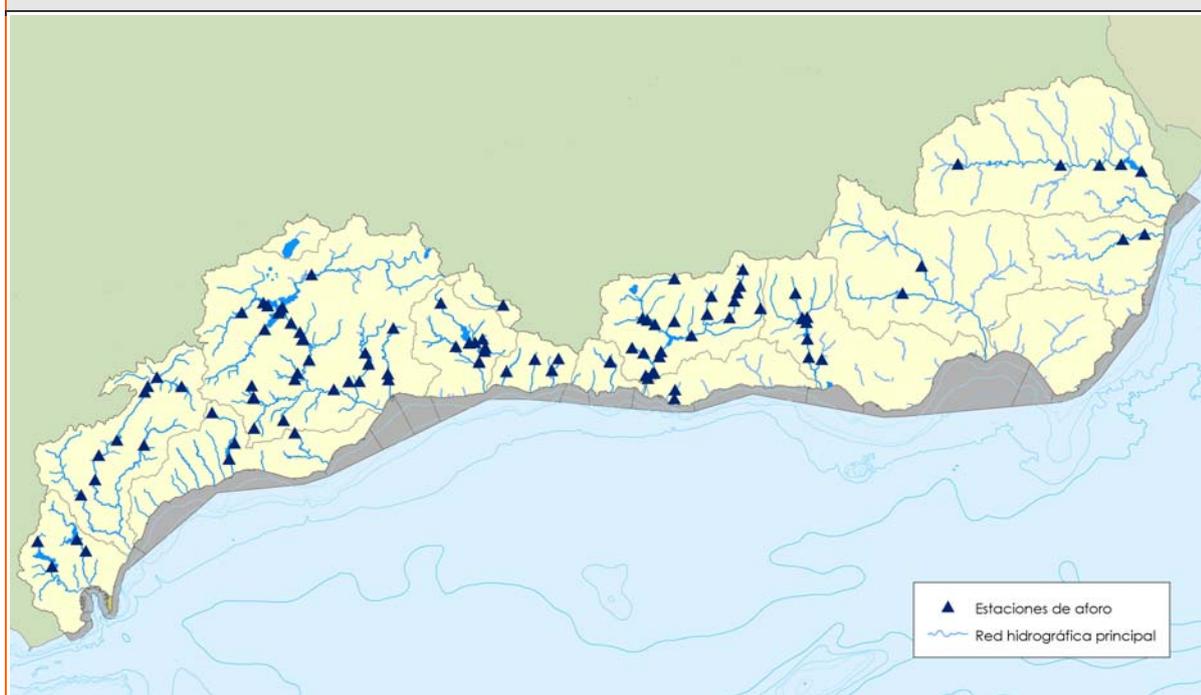
Figura 8. Precipitación anual facilitada por la REDIAM (mm). Periodo 1940/41 a 2005/06.



Además de las variables mencionadas, se han obtenido series de aportación en régimen natural para cada una de las masas superficiales de agua de la demarcación, así como para otros puntos de interés. Para ello se ha partido de series de escorrentía generadas por el modelo SIMPA, registros de estaciones de aforo, simulaciones diarias realizadas con el modelo SSMA-2 (ver apéndice II.1) y mediciones de las entradas a embalses facilitadas por los servicios de explotación de las presas. En función de los datos disponibles en cada caso –longitud de las series y calidad de las mismas- y de

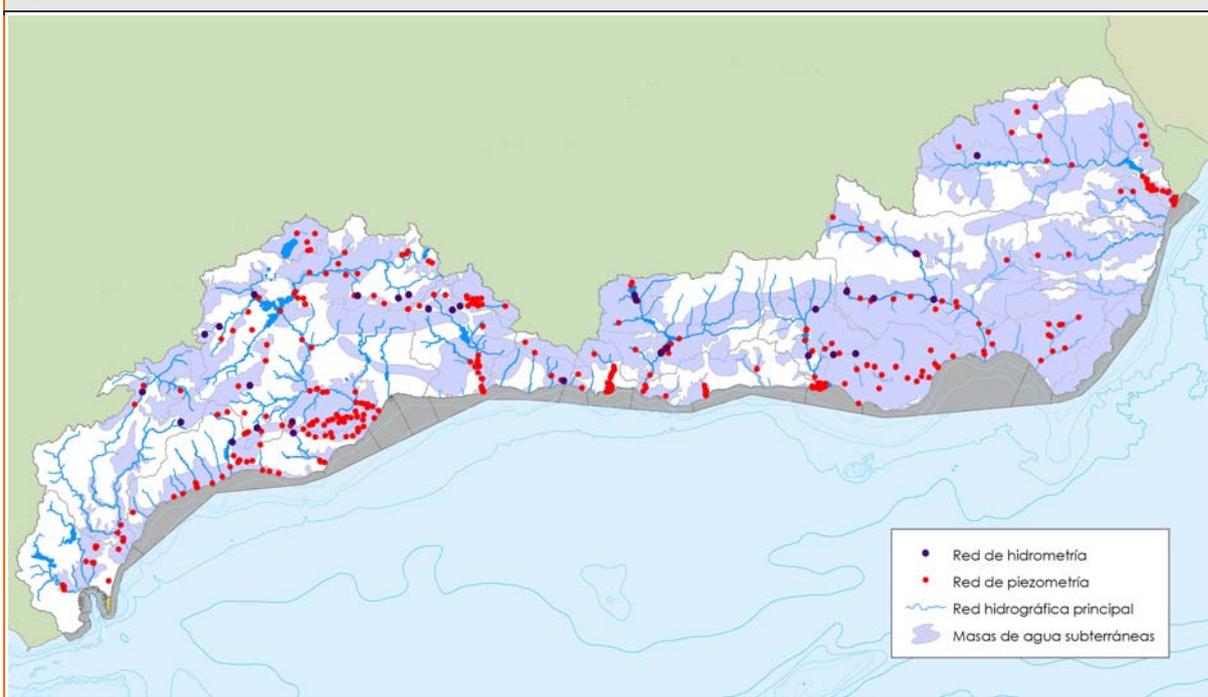
las características de cada zona, se ha diseñado una metodología específica para la obtención de cada serie.

Figura 9. Localización de las estaciones de aforo.



La información sobre los recursos subterráneos de aguas (niveles piezométricos en los acuíferos) procede de las dos redes de piezometría e hidrometría de la demarcación hidrográfica: una perteneciente al IGME, con una densidad importante de puntos de control y con poca frecuencia de observación, y otra dependiente de la Agencia Andaluza del Agua, que en la actualidad tiene un número bastante más reducido de puntos controlados, pero que debe ampliar su densidad para la futura red oficial.

Figura 10. Redes de piezometría e hidrometría en la DHCMA.



4.2.2. Distribución espacial de las principales variables hidrológicas

El siguiente apartado trata de mostrar la distribución espacial de las principales variables hidrológicas para todo el territorio de la DHCMA y para los periodos de evaluación definidos. Los mapas anuales se han obtenido como el promedio de los sumatorios de los valores mensuales de cada año hidrológico.

4.2.2.1. Variables de la fase atmosférica

Las variables de la fase atmosférica consideradas en este apartado son las precipitaciones, la temperatura y la evapotranspiración potencial.

En el caso de las precipitaciones hay que diferenciar las series de entrada para el modelo SIMPA y los datos facilitados por la REDIAM con los que, como ya se ha comentado, se ha caracterizado el régimen de precipitaciones de la demarcación.

Los datos de entrada para el modelo SIMPA (lluvia, temperaturas máxima y mínima y, en un número limitado de estaciones, velocidad de viento, número de horas de sol y humedad relativa) se obtuvieron a partir de los registros históricos de la red de medida de la Agencia Española de Meteorología, AEMET. A estas series se les aplicaron pruebas de homogeneidad, dobles acumulaciones y test de la elipse para identificar errores en las medidas. Además, se completaron los datos mediante un procedimiento de correlación bivariada con estacionarización mensual previa y se generaron mapas mediante interpolación.

En el caso de los registros pluviométricos, se usaron patrones de precipitación que permitieron descomponer cada dato en un residuo y una tendencia media. La interpolación consideraba únicamente el residuo de precipitaciones. Sobre el patrón de precipitaciones se realizaron los estudios que permitieron corregir los problemas derivados de la escasa densidad de datos en altura o la de las aglome-

raciones y redundancias de información. En la interpolación de temperaturas máximas y mínimas se siguió el mismo procedimiento.

La evapotranspiración potencial fue obtenida utilizando el método de Hargreaves, corregido en función de coeficientes mensuales procedentes de la comparación de resultados entre los métodos de Penman-Monteith y Hargreaves.

A continuación se describen los valores característicos de las distintas variables hidrológicas y se muestra su distribución espacial.

Precipitación:

El régimen de precipitaciones en la DHCMA se caracteriza por su extremada variabilidad. Las condiciones generales de circulación atmosférica determinan la existencia de un gradiente de humedad de forma que ésta decrece, a grandes rasgos, hacia el Este. Así, la mitad occidental de la DHCMA es húmeda o muy húmeda para estas latitudes, con la sola excepción de los valles de los ríos Guadalhorce y Vélez. Zonas como La Sierra de Grazalema, especialmente al norte de Sierra Peralto, o Los Alcornocales, entre la Sierra del Aljibe y la Sierra de los Pinos, registran valores superiores a 1.650 mm/año.

El sector central, que incluye los macizos más elevados, es donde mejor se pone de evidencia la relación precipitación-altitud, recibiendo las cabeceras cantidades que pueden superar los 1.000 mm/año mientras que los valores registrados en la franja costera son con frecuencia inferiores, en términos promedio, a los 400 mm/año.

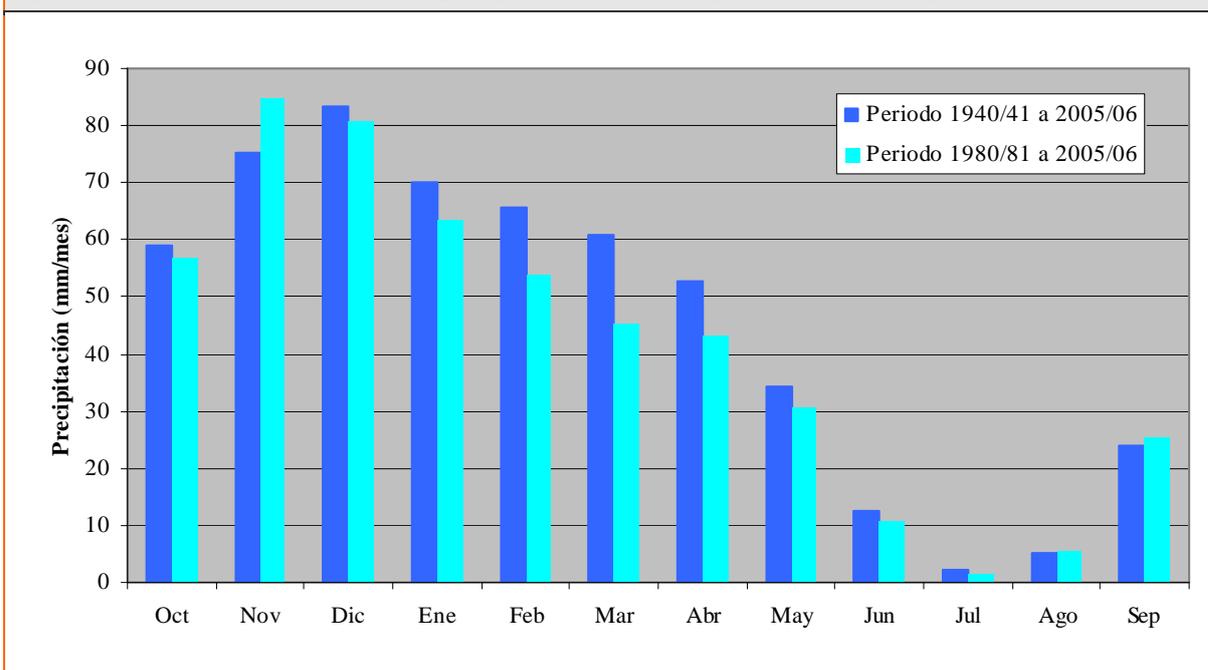
Finalmente, el sector oriental recibe precipitaciones muy escasas, con mínimos por debajo de 140 mm/año en el Cabo de Gata, el lugar menos lluvioso de Europa.

Estas diferencias pluviométricas son, en buena parte, responsables de la acusada heterogeneidad hidrológica que también caracteriza a este territorio. Mientras en el sector occidental incluso los ríos con escasa superficie vertiente presentan aportes importantes, en el sector oriental los cauces de ríos como el Andarax y el Almanzora, con extensas cuencas, se encuentran secos durante largos periodos y sus lechos, a veces con un gran espesor de sedimentos aluviales, se configuran como ramblas. Entre ambos sectores, el río Guadalfeo, por el que -gracias a su régimen pluvionival y a las notables precipitaciones de la alpujarra granadina- circulan caudales generosos incluso en los meses de verano.

La precipitación anual en el conjunto de la DHCMA está en torno a los 545 mm (9.772 hm³) como media de los valores de la serie registrada en la red de pluviómetros para el periodo 1940/41 a 2005/06, oscilando entre valores máximos de 923 mm en los años más húmedos y 247 mm en los más secos. En el periodo 1980/81 a 2005/06 la precipitación anual es de 502 mm (9.005 hm³), casi un 8% inferior al valor de la serie histórica, con valores máximos de 916 mm y mínimos que no alcanzan 247 mm.

Como ya se ha comentado, la distribución mensual y espacial de estas precipitaciones, se caracteriza por la heterogeneidad, habiendo meses bastante lluviosos (fundamentalmente los meses de otoño e invierno) y meses secos (en verano). Esta coincidencia del periodo menos lluvioso con el verano es precisamente un rasgo diferencial del clima mediterráneo.

Figura 11. Distribución mensual de la precipitación (mm/mes) según datos facilitados por la REDIAM.



Por sistemas de explotación, las precipitaciones medias más elevadas durante el periodo 1940/41 a 2005/06 han tenido lugar en la Serranía de Ronda, concretamente en las cuencas de los ríos Guadiaro (1.060 mm/año), Palmones y Guadarranque (985 mm/año). En todos los casos, se han llegado a alcanzar valores máximos anuales superiores a los 2.040 mm. Para el periodo 1980/81 a 2005/06, estos valores descienden un 7% en el subsistema I-1 y un 9% en el I-2, aunque siguen siendo las precipitaciones medias más elevadas de la demarcación.

Las precipitaciones más bajas de la serie histórica se registran en el sistema IV (Sierra de Gador-Filabres), con 314 mm/año de media de la serie histórica y 277 mm de media de la serie más corta. Le sigue el sistema V (Sierra de Filabres-Estancias) con 327 mm. El subsistema IV-2 registra el valor medio más bajo de la demarcación, algo inferior a los 249 mm para el periodo 1940/41 a 2005/06 y que ronda los 218 mm para 1980/81 a 2005/06. De acuerdo con estos datos, el subsistema IV-2 presenta una de las mayores variaciones en los valores de precipitación (una reducción de un 12,5 %).

Figura 12. Comparativa de la precipitación anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2005/06 y 1980/81 a 2005/06.

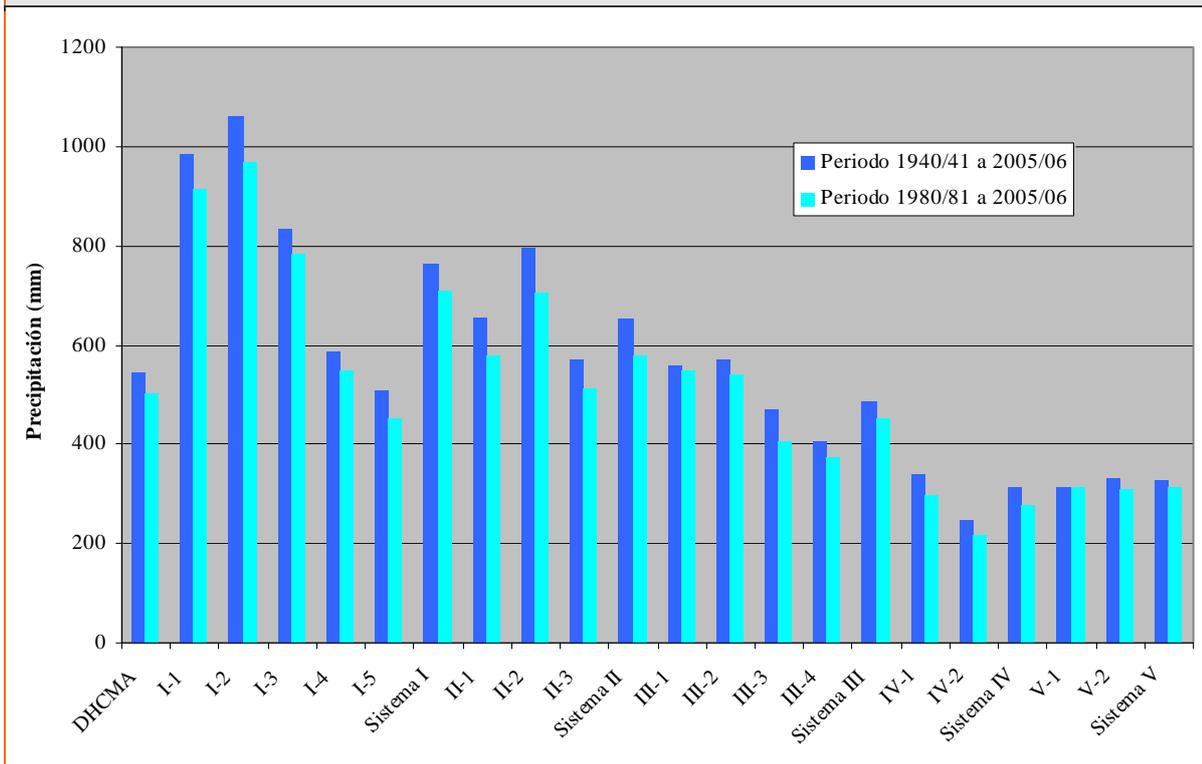
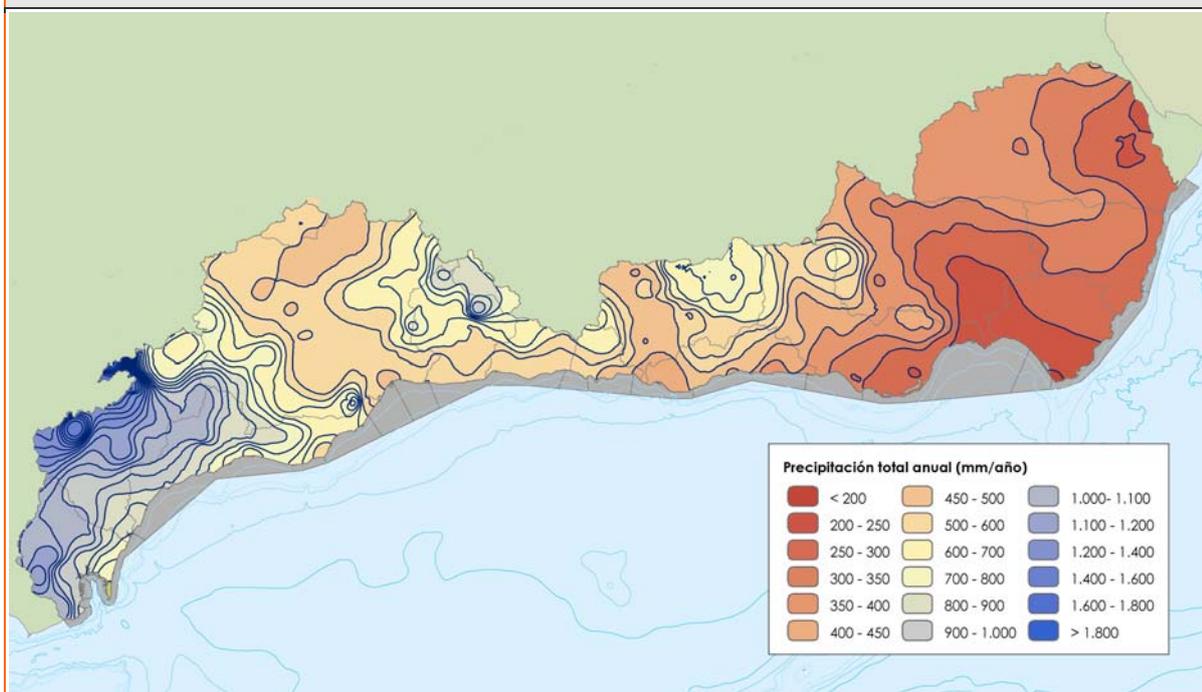
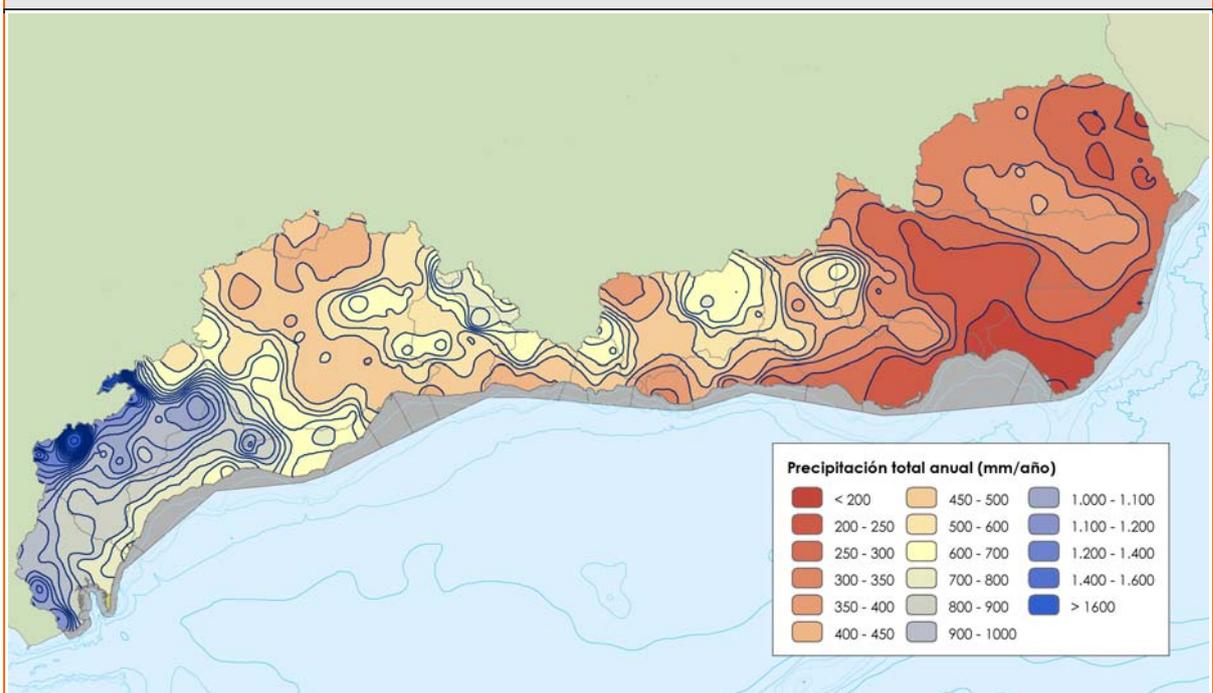


Figura 13. Distribución espacial de la precipitación anual (mm/año). Período 1940/41-2005/06.



Fuente: figura elaborada a partir de los datos facilitados por la REDIAM

Figura 14. Distribución espacial de la precipitación anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06.



Fuente: figura elaborada a partir de los datos facilitados por la REDIAM

Por otra parte, la precipitación en forma de nieve en la demarcación se encuentra restringida a las grandes cumbres. Tan solo en Sierra Nevada, en altitudes superiores a los 2.500 m, la persistencia del manto blanco es superior a los tres meses al año. Otro sistema montañoso con precipitaciones sólidas de relativa importancia es la Sierra de Filabres, haciendo también acto de presencia la nieve con cierta frecuencia en el resto de los sistemas montañosos que alcanzan los 2.000 m de altitud: Sierra de Baza, Sierra de Gádor y Sierra Tejada.

Figura 15. Localización de las cuencas nivales en la DHCMA.



Los siguientes gráficos muestran el volumen de agua en forma de nieve almacenado en cada una de las cuencas nivales representadas en la Figura 15.

Figura 16. Volumen de agua en forma de nieve en el Guadalfeo en Rules.

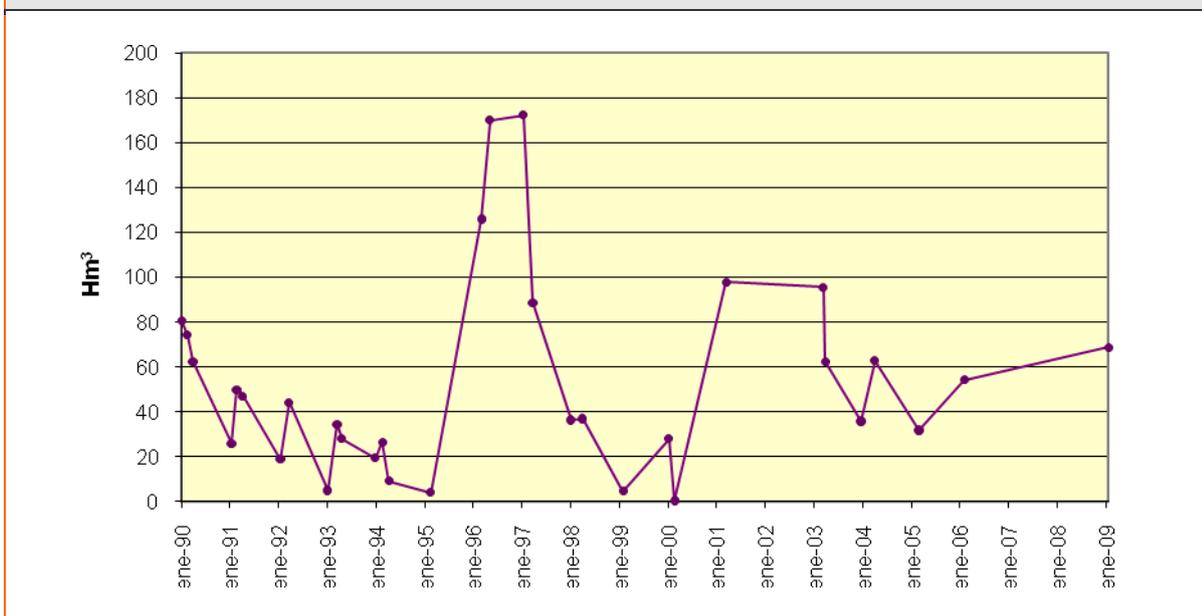


Figura 17. Volumen de agua en forma de nieve en Medina.

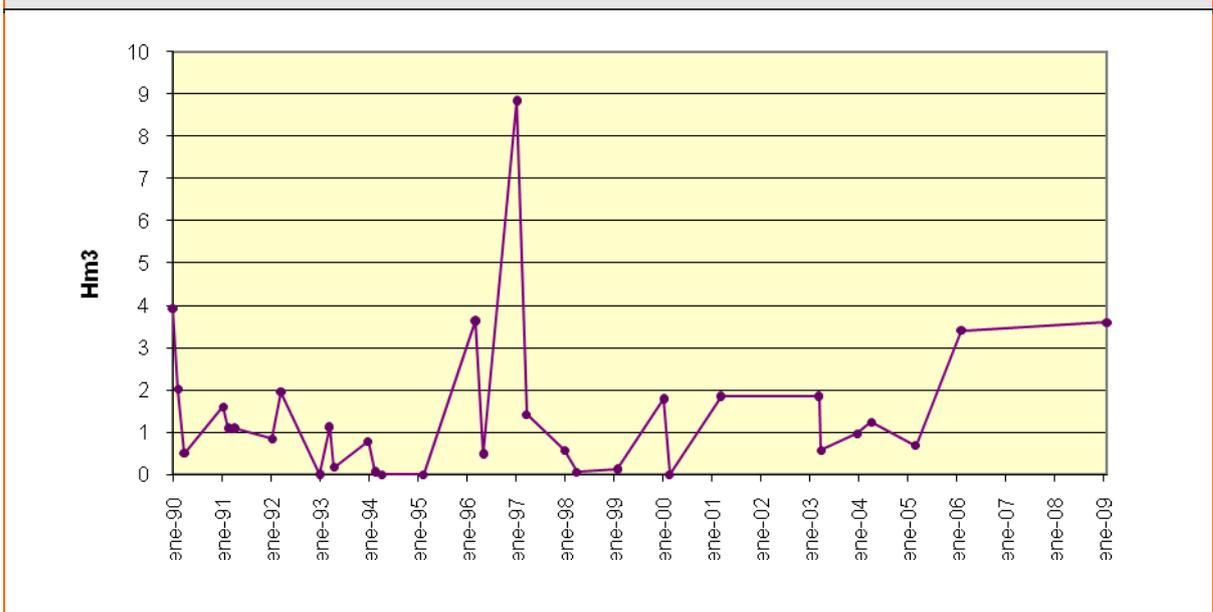


Figura 18. Volumen de agua en forma de nieve en Valor.

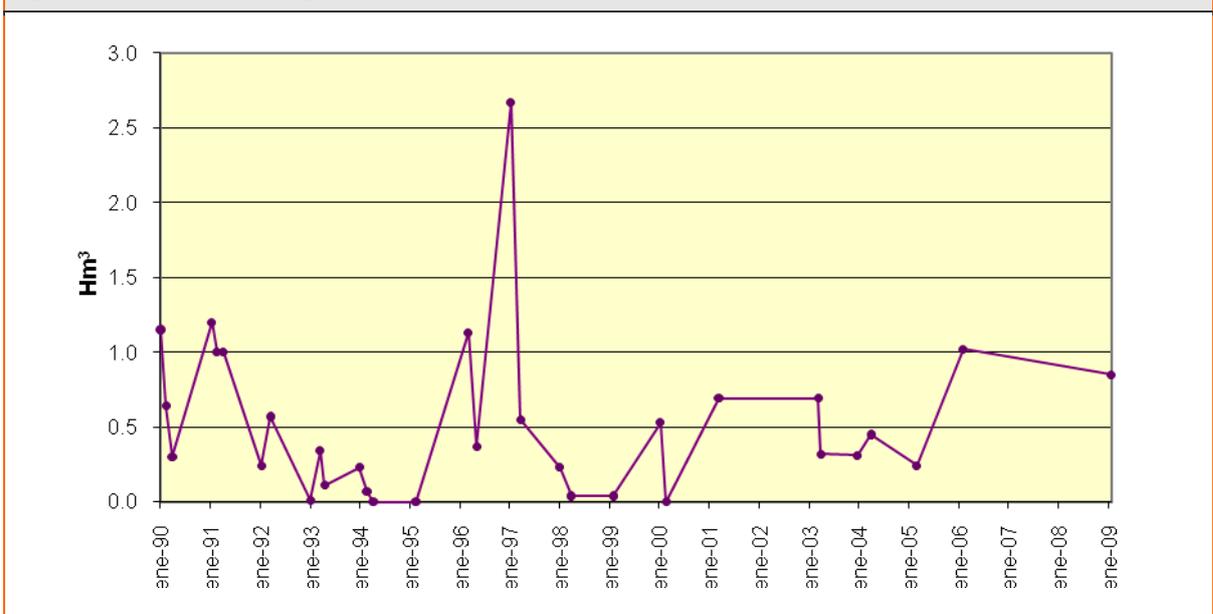


Figura 19. Volumen de agua en forma de nieve en Nechite.

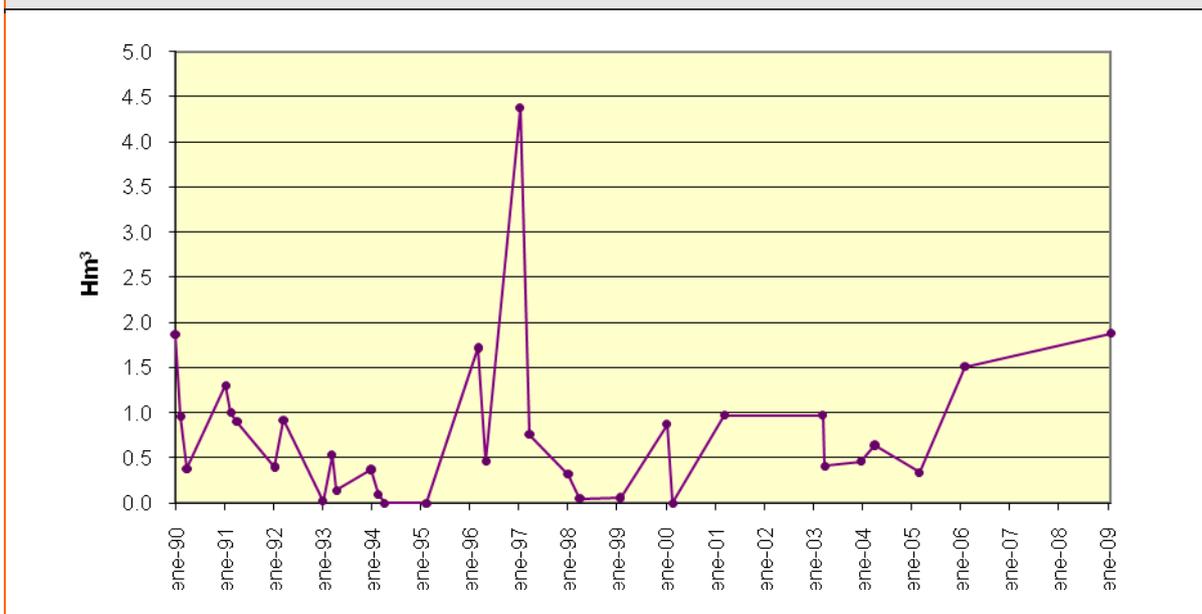


Figura 20. Volumen de agua en forma de nieve en Laroles.

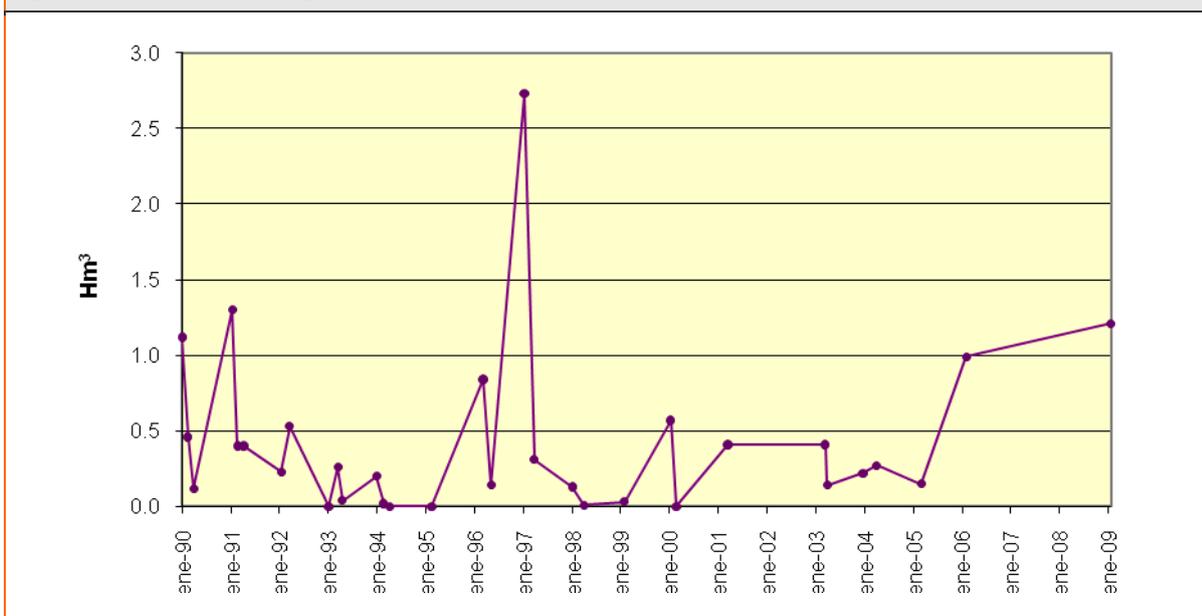
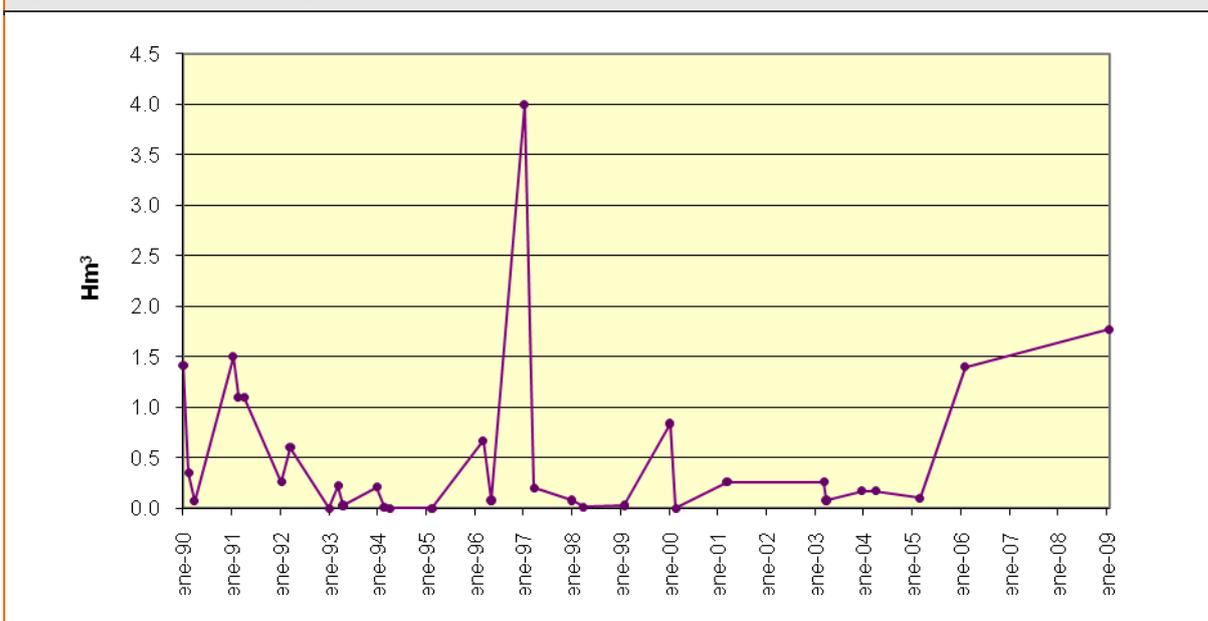


Figura 21. Volumen de agua en forma de nieve en Bayarcal.



Tanto la localización geográfica como las características físicas del territorio le confieren a la demarcación una especial vulnerabilidad frente a fenómenos meteorológicos extremos. Los períodos de sequía son una de las señas de identidad del régimen pluviométrico de este territorio, donde la casi total ausencia de lluvias en el periodo estival es un rasgo común a todos los sectores, incluidos los más húmedos, pero que también sufre con cierta frecuencia episodios plurianuales de escasez de precipitaciones que han llegado a generar en el pasado reciente situaciones críticas incluso para el servicio de las demandas más prioritarias.

Por el contrario, los aguaceros torrenciales en los que se concentra la escasa pluviometría de gran parte del litoral y de las áreas subdesérticas, junto al accidentado relieve, originan ocasionales y violentas avenidas que producen graves daños económicos e, incluso, la pérdida de vidas humanas. Este tipo de eventos, potenciados por la grave deforestación de amplias zonas y las fuertes pendientes del terreno (con un desnivel máximo de casi 3.500 m en la vertiente meridional de Sierra Nevada), explica la intensidad de los procesos erosivos y de pérdida de suelos fértiles, a la vez que desestabiliza la red hidrográfica y aumenta los riesgos en las márgenes de los cauces.

Temperaturas:

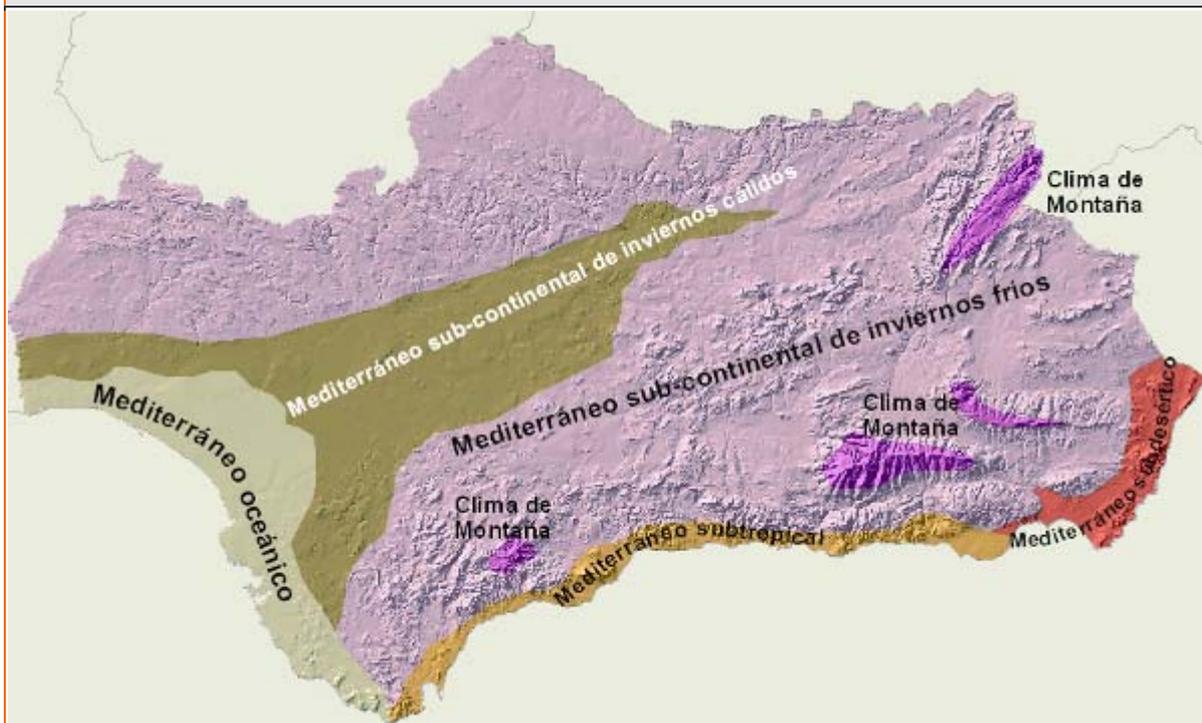
La DHCMA se caracteriza por fuertes contrastes en sus condiciones climáticas. De los grandes tipos climáticos identificables en el territorio andaluz (Figura 22), en la demarcación se pueden encontrar los siguientes:

- Clima mediterráneo subtropical: localizado en el litoral, desde el Campo de Gibraltar hasta el Campo de Dalías, se caracteriza por una gran suavidad térmica invernal y veranos no demasiado extremados gracias a la influencia suavizadora del mar, aunque pueden llegar a registrarse episodios muy cálidos -hasta alcanzar los 40º C- con ocasión de vientos terrales. Las precipitaciones son muy variables de unos enclaves a otros y, en general, muestran un gradiente de disminución oeste-este, desde los enclaves muy lluviosos del estrecho de Gibraltar y Bajo Guadiaro, hasta el dominio subdesértico de la costa almeriense.
- Clima mediterráneo subdesértico: caracteriza a todo el sector sureste y oriental de la provincia de Almería. Con elevadas temperaturas y gran insolación, el hecho distintivo aquí es la es-

casez de precipitaciones, que hace de esta zona el área más seca de toda Europa. Las escasas lluvias se producen, además, en un número muy reducido de episodios muy intensos, lo que les otorga una fuerte torrencialidad y acentúa la aridez.

- Clima mediterráneo semicontinental de inviernos fríos: corresponde al interior, donde la continentalidad, el aislamiento impuesto por los relieves circundantes y la altitud determinan la aparición de un clima extremado, con veranos calurosos e inviernos fríos en los que las heladas son frecuentes. A ello hay que añadir unas precipitaciones cuya cuantía anual es muy variable dentro de esta amplia zona, pero cuya distribución a lo largo del año es algo más regular que en el resto de la Demarcación.
- Clima de montaña: afecta esencialmente a Sierra Nevada, con una reducción de la temperatura tanto mayor cuanto más elevado sea el lugar, y un aumento de la precipitación, que, en este caso, además de por la altitud puede presentar importantes variaciones en función de la exposición orográfica y de los relieves circundantes. Por lo demás, tanto el régimen térmico como el pluviométrico se mantienen inalterables y la sequía estival es tan acusada como en el resto de la región.

Figura 22. Tipos climáticos de Andalucía.



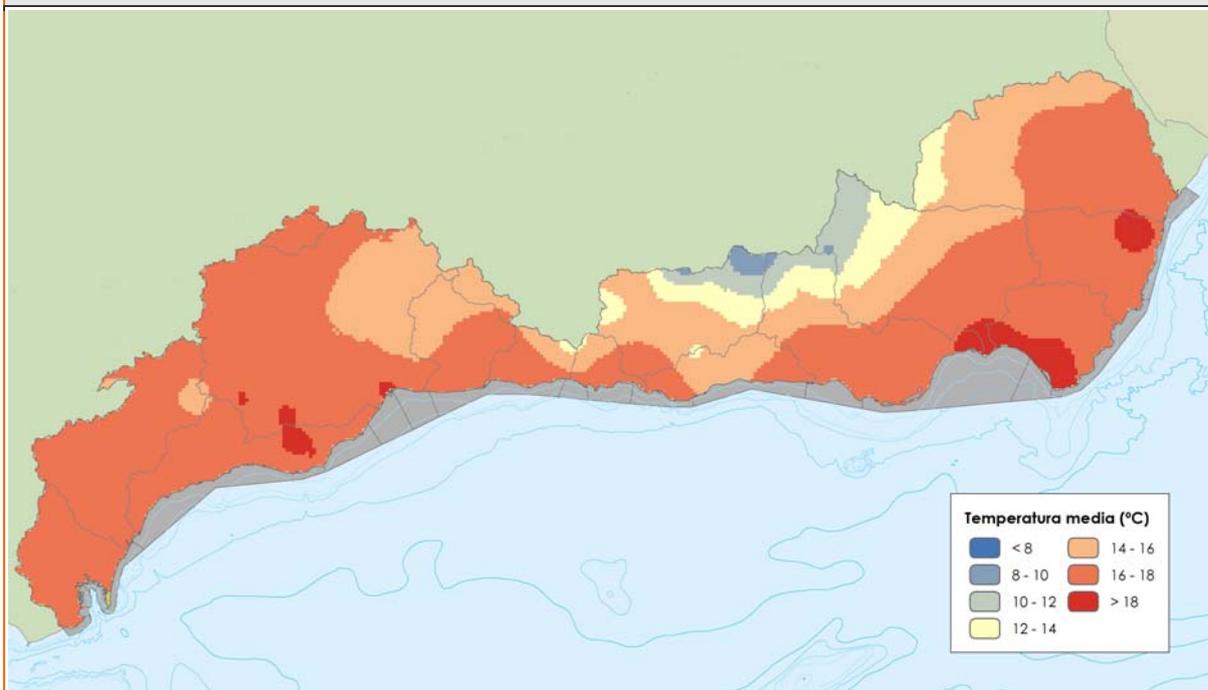
Fuente: Wikipedia (elaborado por Juan Pedro Ruiz Castellano a partir del mapa de Tipos climáticos de Andalucía de la Junta de Andalucía).

La temperatura media en la demarcación, tanto para el periodo 1940/41 a 2005/06 como para el periodo 1980/81 a 2005/06, es de 16°C, con temperaturas máximas medias de 27 °C y mínimas de 6°C.

La insolación es elevada, rondando las 3.000 horas/año, y existe un gran número de localidades con un período libre de heladas de 365 días al año, especialmente en las inmediaciones de la costa, caracterizada por unos inviernos relativamente cálidos.

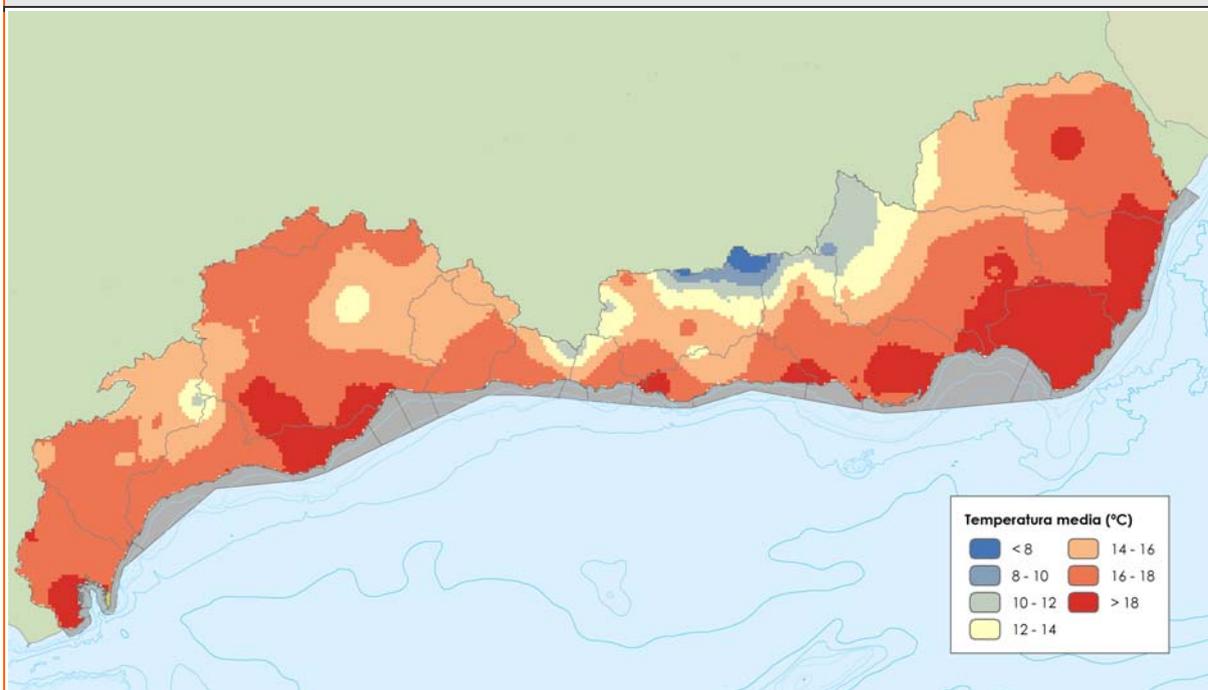
Las siguientes figuras muestran la distribución espacial y la variación mensual de las temperaturas, obtenidas a partir de los datos del SIMPA, para cada uno de los periodos de estudio.

Figura 23. Distribución espacial de la temperatura (°C). Período 1940/41-2005/06.



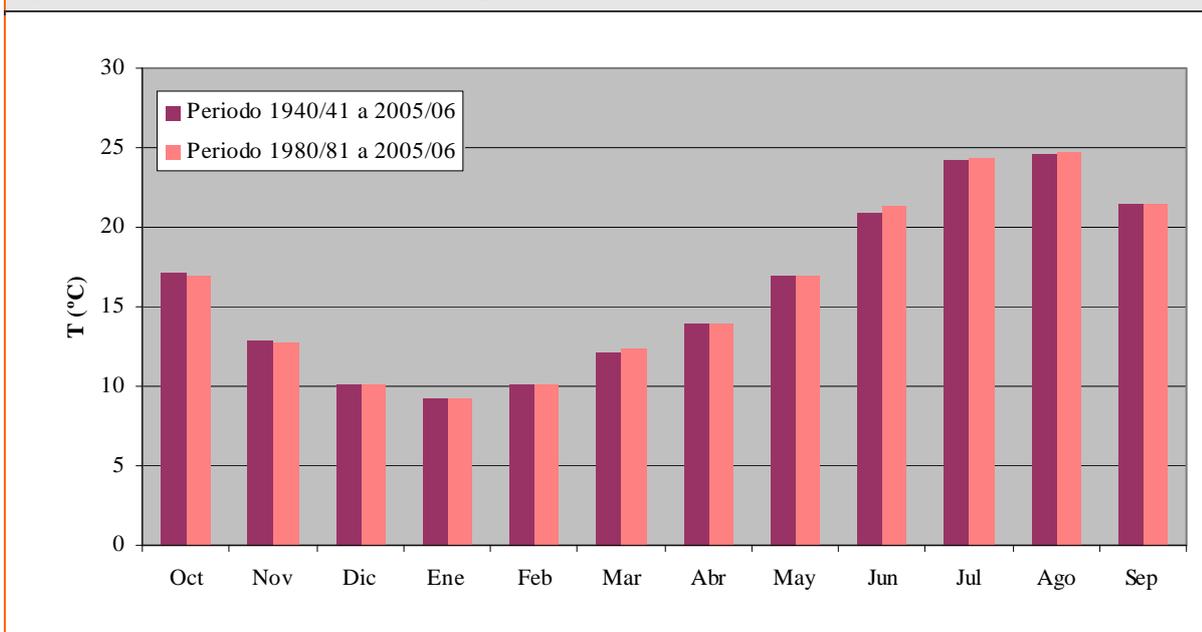
Fuente: elaborada a partir de los datos extraídos del SIMPA

Figura 24. Distribución espacial de la temperatura (°C). Período 1980/81-2005/06.



Fuente: elaborada a partir de los datos extraídos del SIMPA

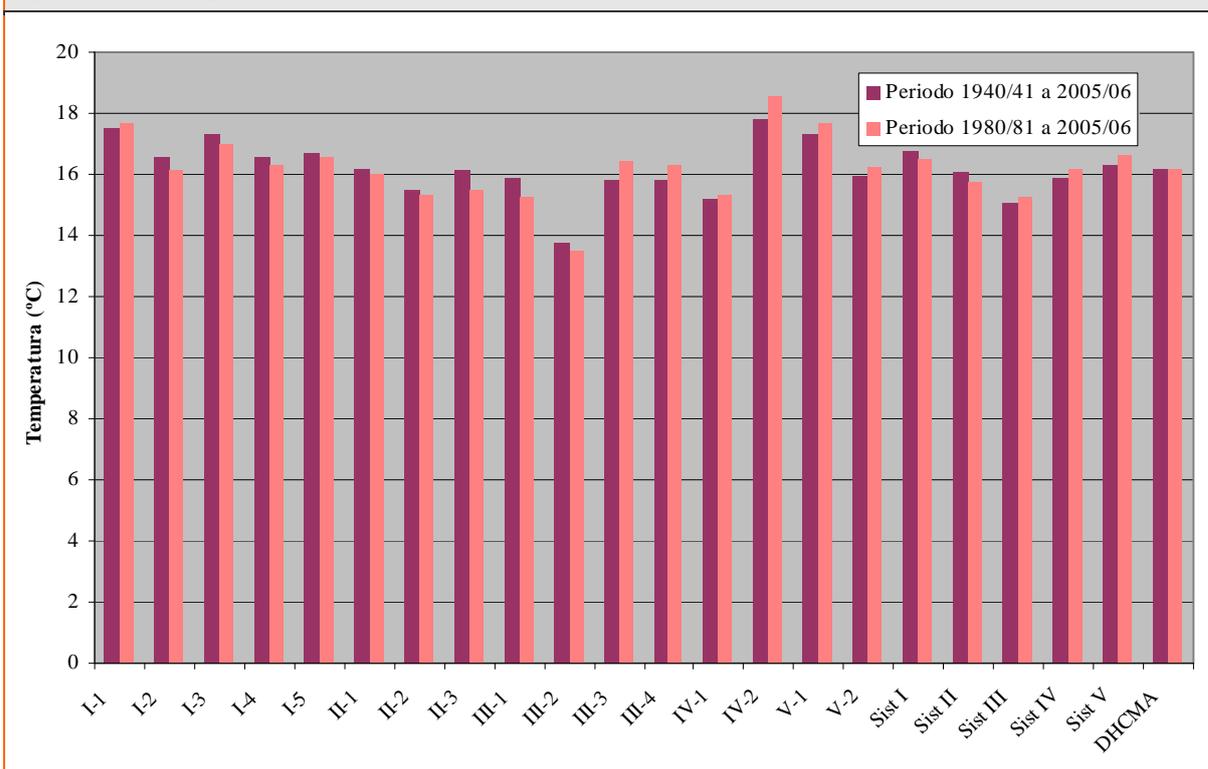
Figura 25. Distribución mensual de la temperatura (°C).



Las temperaturas descienden considerablemente hacia el interior debido a la influencia de la orografía principalmente, de forma que los valores mínimos se localizan en las cumbres de Sierra Nevada y de la Sierra de las Nieves.

Al contrastar los datos del periodo histórico frente a la serie más reciente, las variaciones de temperatura son muy pequeñas, entre el 1 y 2 % si atendemos a los sistemas. A nivel de subsistema la variación llega al 4% en las cuencas vertientes al mar entre las desembocaduras de los ríos Guadalfeo y Adra (III-3) y la comarca natural del Campo de Níjar (IV-2), donde se produce un aumento en el periodo más reciente, y en el Poljé de Zafarraya (II-3) y las cuencas vertientes al mar entre el río de la Miel y el río Guadalfeo (III-1), donde por el contrario descienden las temperaturas.

Figura 26. Comparativa de la temperatura anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2005/06 y 1980/81 a 2005/06.



En cuanto a la distribución mensual, los valores máximos se alcanzan en los meses de julio y agosto, cuando se rondan los 24,5°C de media en la demarcación, frente a los 9°C de media en el mes de enero.

Evapotranspiración potencial:

La evapotranspiración es la consideración conjunta de dos fenómenos físicos diferenciados: la evaporación y la transpiración. Por tanto, la evapotranspiración evalúa la cantidad de agua que pasa a la atmósfera en forma de vapor de agua a través de la evaporación y de la transpiración de la vegetación. En la España peninsular, las pérdidas totales por evapotranspiración son unas 3 veces superiores a los caudales vertidos al mar por los ríos.

La evapotranspiración depende, entre otros, de dos factores muy variables y difíciles de medir: el contenido de humedad de suelo y el desarrollo vegetal de la planta. Por esta razón Thornthwaite (1948) introdujo el término de evapotranspiración potencial o pérdidas por evapotranspiración, en el doble supuesto de un desarrollo vegetal óptimo y una capacidad de campo permanentemente completa.

La ETR, de la que se hablará en el apartado 4.2.2.2, es la evapotranspiración real que se produce en las condiciones reales existentes, dependiendo por tanto, de la precipitación, la temperatura, la humedad del suelo y del aire, del tipo de cobertura vegetal del suelo y del estado de desarrollo de la misma.

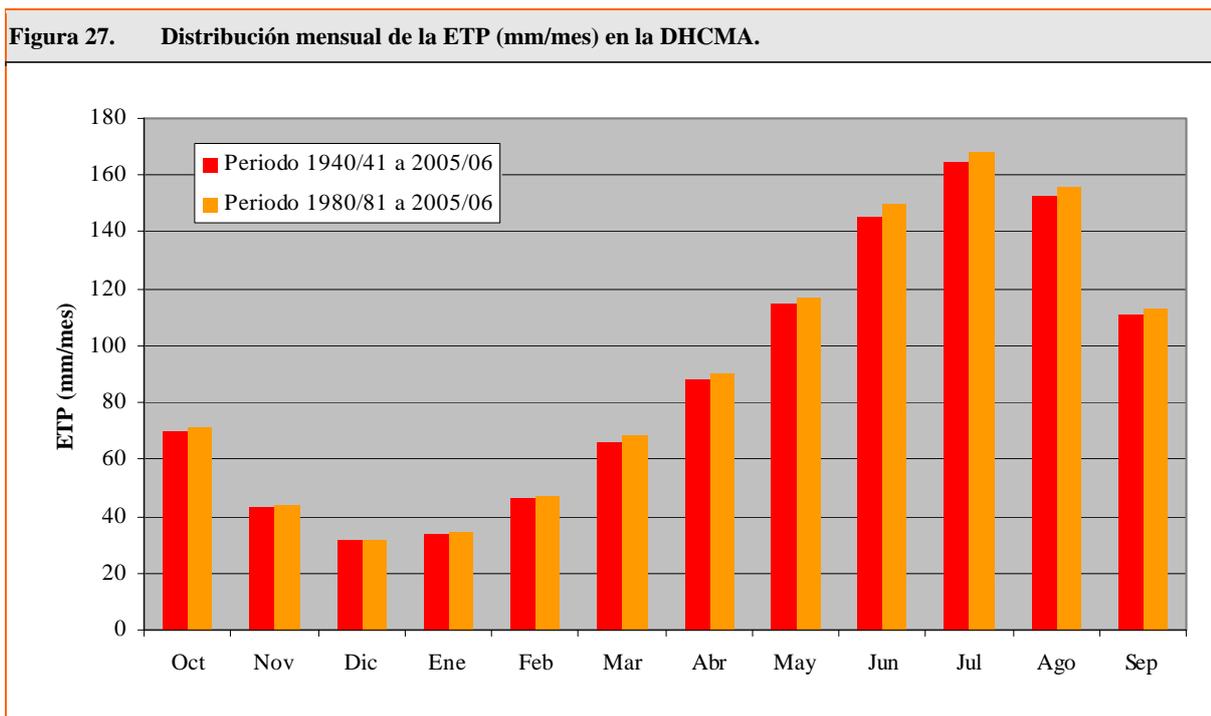
La evapotranspiración es un componente fundamental del balance hidrológico y un factor clave en la interacción entre la superficie terrestre y la atmósfera. Su cuantificación se hace necesaria para evaluar los recursos hídricos disponibles en el territorio. La unidad más usual para expresar las pérdidas por evapotranspiración es el mm de altura de agua, lo que equivale a 10 m³/ha. La medida siempre se refiere a un determinado intervalo de tiempo.

Los valores de ETP considerados en el presente documento son los estimados por el modelo SIMPA, que emplea una combinación de los métodos de Thornthwaite y Penman-Monteith, a los que se les aplica un coeficiente reductor que tiene en cuenta el efecto de la vegetación.

El método de Thornthwaite (1957), empleado con frecuencia en España debido a que únicamente necesita datos de temperatura, solo es válido en zonas húmedas y subhúmedas con precipitaciones estivales. Sin embargo, en climas distintos a los anteriores como es el caso de la DHCMA (con zonas áridas y semiáridas), suele infravalorar las evapotranspiraciones potenciales. En estos casos es más apropiado el método de Penman-Monteith, que define físicamente mejor el fenómeno, si bien requiere de un mayor número de variables que solo están disponibles en un número reducido de estaciones en España. Debido a las limitaciones de cada formulación, el CEDEX optó por una combinación de ambas metodologías a la hora de estimar la ETP, utilizando el método de Thornthwaite, afectado por un coeficiente regional (Penman, 1948), que recoge factores como la humedad atmosférica, la radiación solar, la velocidad del viento, y un coeficiente que depende del tipo de vegetación.

La ETP anual de la DHCMA, según los resultados del SIMPA, se estima en 1.067 mm para el periodo 1940 /41 a 2005/06 con máximos anuales de 1.139 mm y mínimos de 1.005 mm. En el periodo 1980/81 a 2005/06 la ETP anual es de 1.091 mm, con un máximo similar al del periodo más largo, y un valor mínimo de 1.039 mm.

A nivel mensual, la ETP sigue la misma tendencia que las temperaturas, con valores máximos coincidentes con el periodo estival y mínimos en los meses de diciembre y enero.



La distribución espacial de la ETP figura a continuación.

Figura 28. Distribución espacial de la ETP anual (mm/año). Período 1940/41-2005/06.

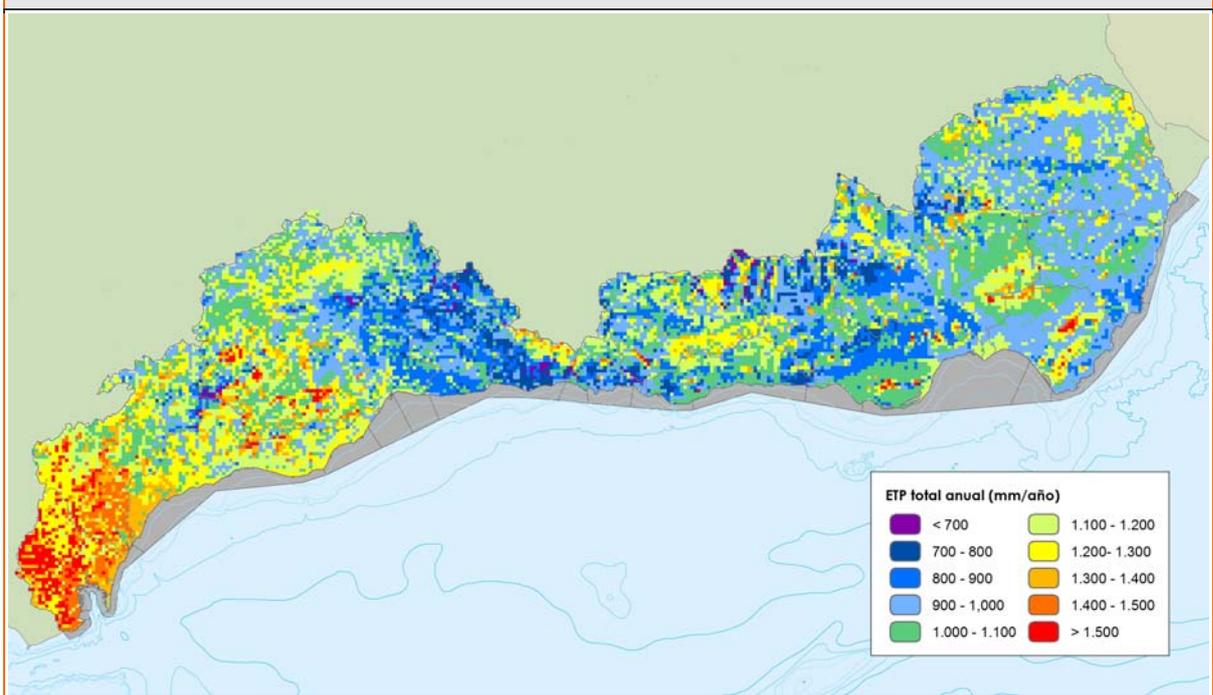
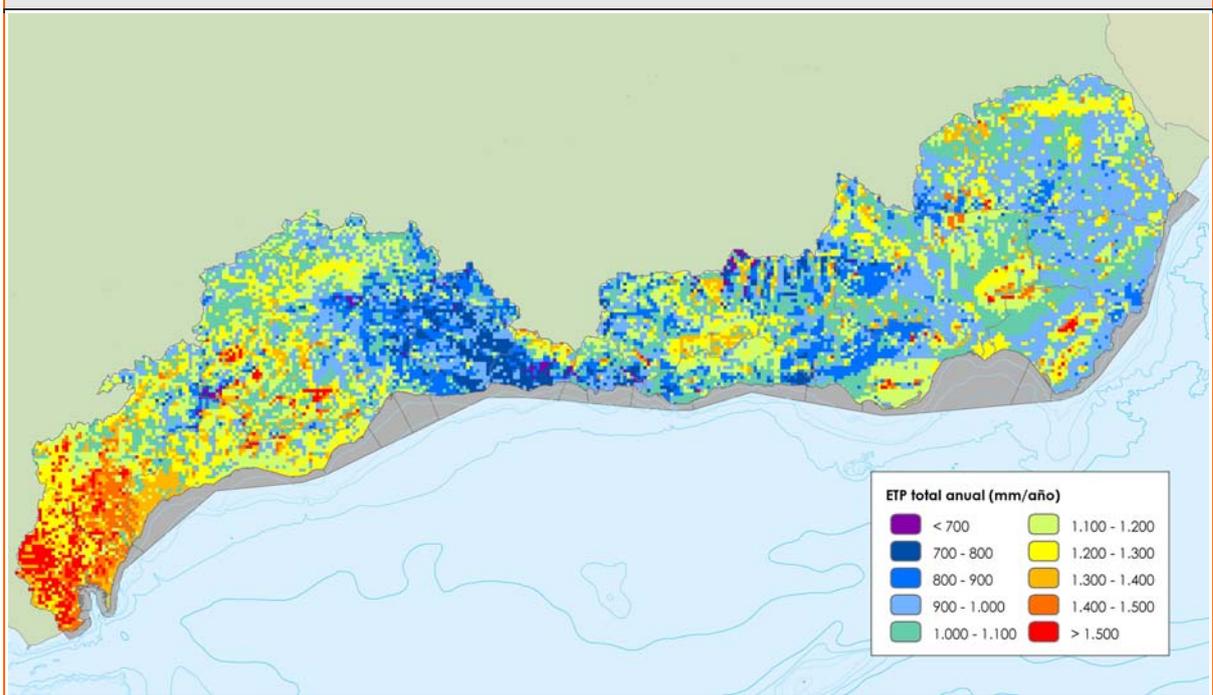


Figura 29. Distribución espacial de la ETP anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06.

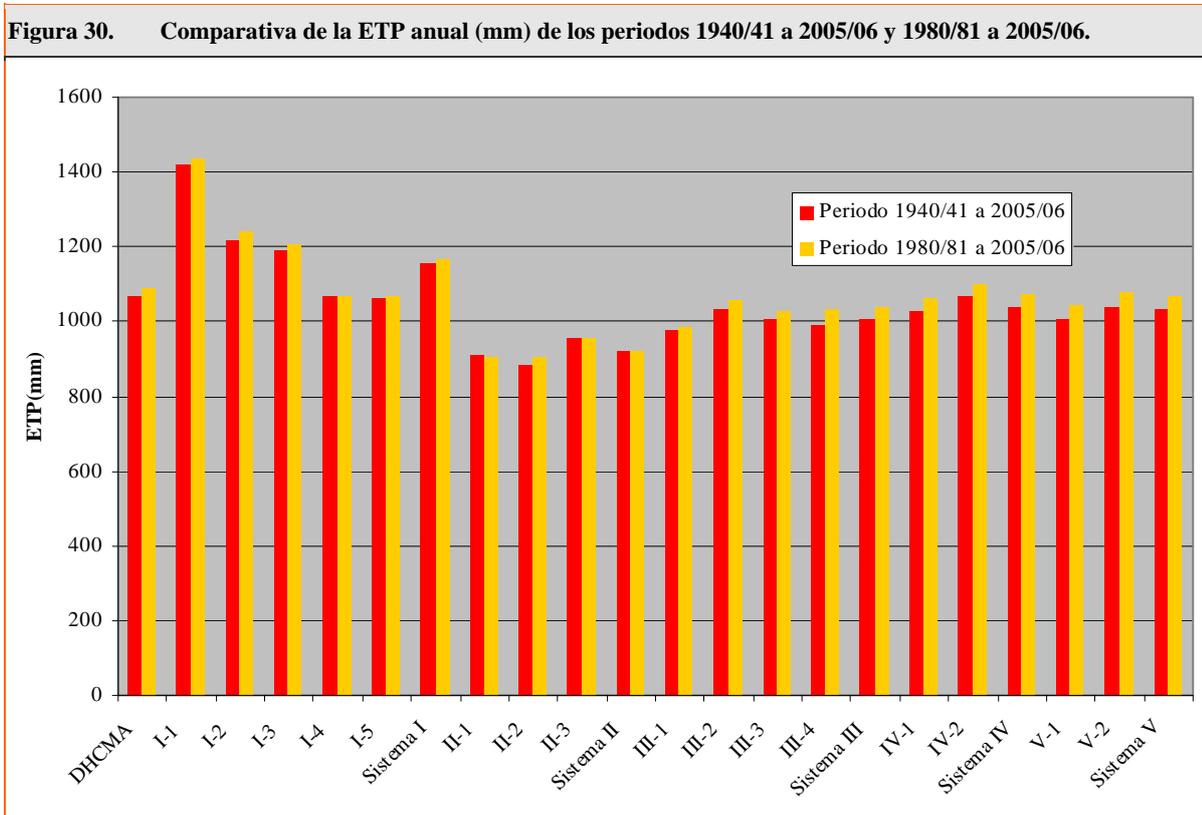


Los valores más elevados de ETP se concentran en la zona occidental de la demarcación, en la Serranía de Ronda (sistema I), principalmente en las cuencas de los ríos Guadarranque, Palmones (subsistema I-1) y Guadiaro (subsistema I-2) con 1.420 y 1.214 mm respectivamente para el periodo histórico. Estas evapotranspiraciones potenciales son incluso algo mayores desde 1980/81 a 2005/06, alzando los 1.436 mm en el caso del subsistema I-1 y los 1.241 mm en el subsistema I-2.

El Polje de Zafarraya, en el sistema II (Sierra de Tejeda-Almijara) es el subsistema que presenta menores evapotranspiraciones potenciales, 886 mm de media anual, desde 1940/41 a 2005/06. Le

sigue la cuenca del río Vélez, también en el sistema II, con 909 mm/año. En el periodo 1980/81 a 2005/06 estas ETPs son ligeramente superiores en el Polje de Zafarraya (906 mm) y algo inferiores en el caso de la cuenca del río Vélez (903 mm).

En el siguiente gráfico se puede apreciar la diferencia en los valores de ETP anual de los dos periodos considerados.



Por otra parte, según el índice de humedad o índice de aridez (UNESCO, 1979), definido como el cociente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial anual según Penman, en España existen regiones áridas, semiáridas, subhúmedas y húmedas. La figura a continuación muestra el mapa de clasificación climática según este índice, aunque obtenido a partir de la ETP del modelo SIMPA que se calculó según la metodología ya comentada.

Figura 31. Clasificación climática según el índice de humedad o de aridez de la UNESCO. Período 1940/41-2005/06.

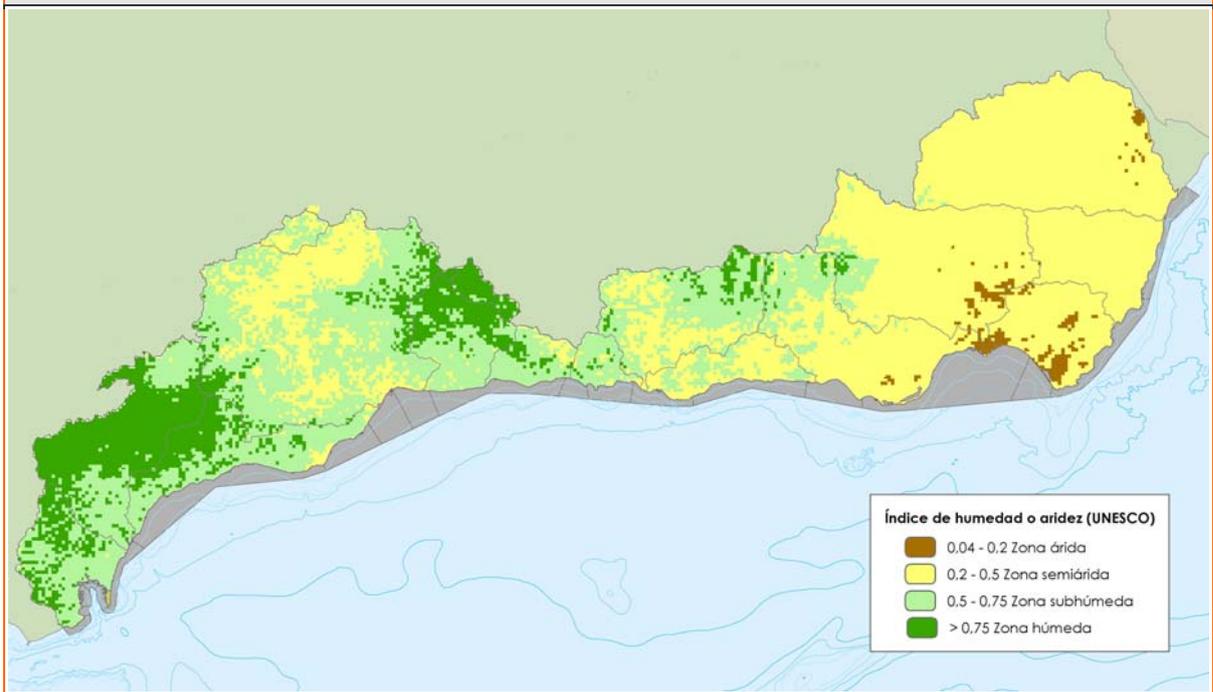
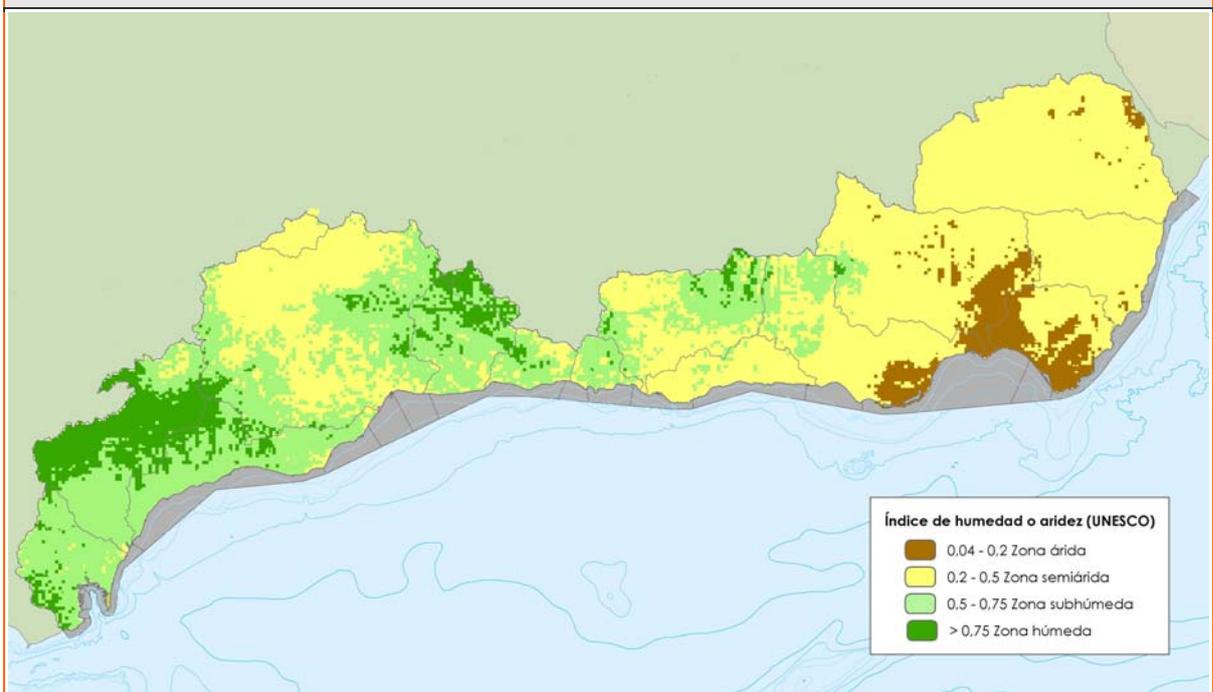


Figura 32. Clasificación climática según el índice de humedad o de aridez de la UNESCO. Período 1980/81-2005/06.



Las zonas subhúmedas y semiáridas son las predominantes en la demarcación. Las primeras se localizan principalmente en la zona occidental de la cuenca con la excepción de la cuenca del río Guadalhorce, semiárida, y de la cuenca del río Guadiaro y el Poljé de Zafarraya, mayoritariamente subhúmedas.

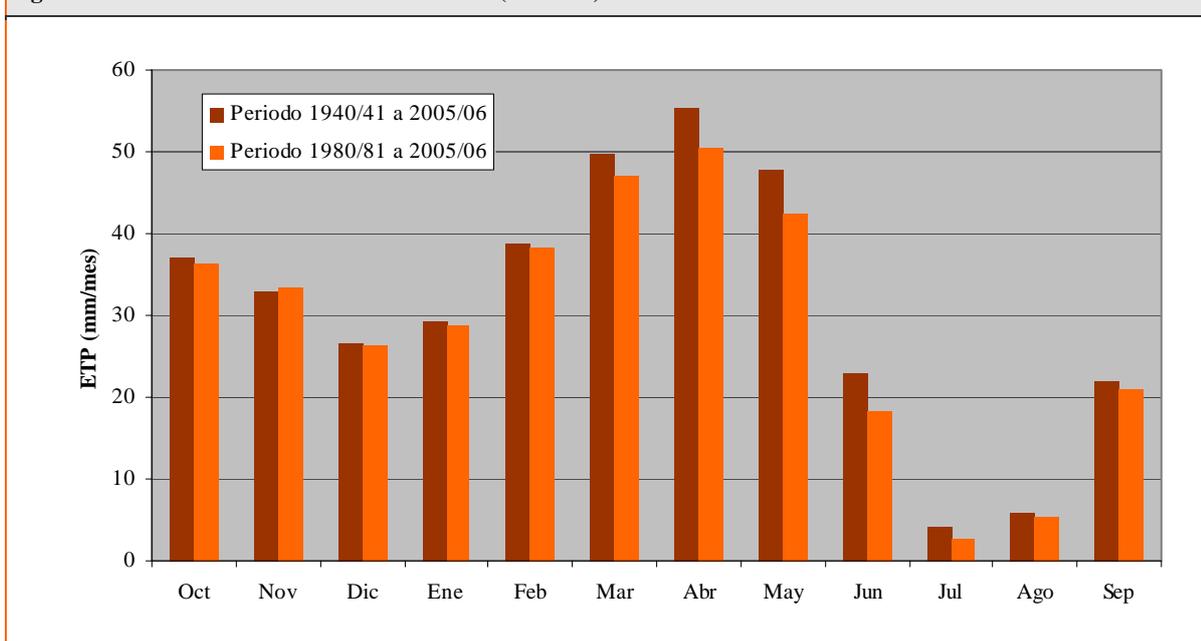
Las zonas áridas, se restringen al Campo de Dalías, el Bajo Andarax, el Cabo de Gata y el Bajo Al-manzora. La superficie perteneciente a esta categoría se incrementa considerablemente atendiendo a los datos del periodo más reciente, al igual que ocurre con las zonas semiáridas.

4.2.2.2. Variables de la fase terrestre

Evapotranspiración Real:

La ETR media anual en la DHCMA, según la información derivada del SIMPA, está en torno a los 372 mm/año en periodo histórico, con un máximo de 483 mm/año y un mínimo de 230 mm/año. En el caso de los últimos 26 años hidrológicos, la media está en torno a los 350 mm/año y el máximo y mínimo es de 483 y 230 mm/año respectivamente.

Figura 33. Distribución mensual de la ETR (mm/mes).



En el periodo histórico, los valores máximos de evapotranspiración se dan en la Serranía de Ronda (sistema I) donde se evapotranspiran anualmente 470 mm, menos del 50% de su capacidad potencial. Los valores máximos estimados llegan a alcanzar los 613 mm/año y no bajan de los 300 mm/año. Dentro de este sistema la ETR desciende siguiendo un gradiente en dirección este, por lo que las cuencas de los ríos Guadarranque y Palmones presentan los valores más elevados.

La Sierra de Gador-Filabres (sistema IV) presenta la situación contraria, con una ETR media de 287 mm/año y mínimos que no alcanzan los 151 mm/año. A nivel de subsistema estos valores son incluso menores, no llegando a alcanzar los 100 mm en la Comarca Natural del Campo de Níjar. La Sierra de Filabres-Estancias presenta también valores reducidos de ETR: 300 mm/año de media anual y un mínimo de 166 mm/año.

En el periodo más actual se puede apreciar una considerable reducción de la ETR, especialmente en el litoral. Aunque en la demarcación en su conjunto esta reducción ha sido del 6%, la diferencia es más acusada en el caso de los subsistemas II-3 (Cuencas vertientes al mar entre la desembocadura del río Vélez y el río de la Miel, incluido este último) y III-1 (Cuencas vertientes al mar entre el río de la Miel y el río Guadalfeo), con una variación aproximada del 12,5%.

Los mapas y el gráfico siguientes muestran la distribución de esta variable en la demarcación hidrográfica y la comparativa de la ETR obtenida en los dos periodos considerados.

Figura 34. Distribución espacial de la ETR anual (mm/año). Período 1940/41-2005/06.

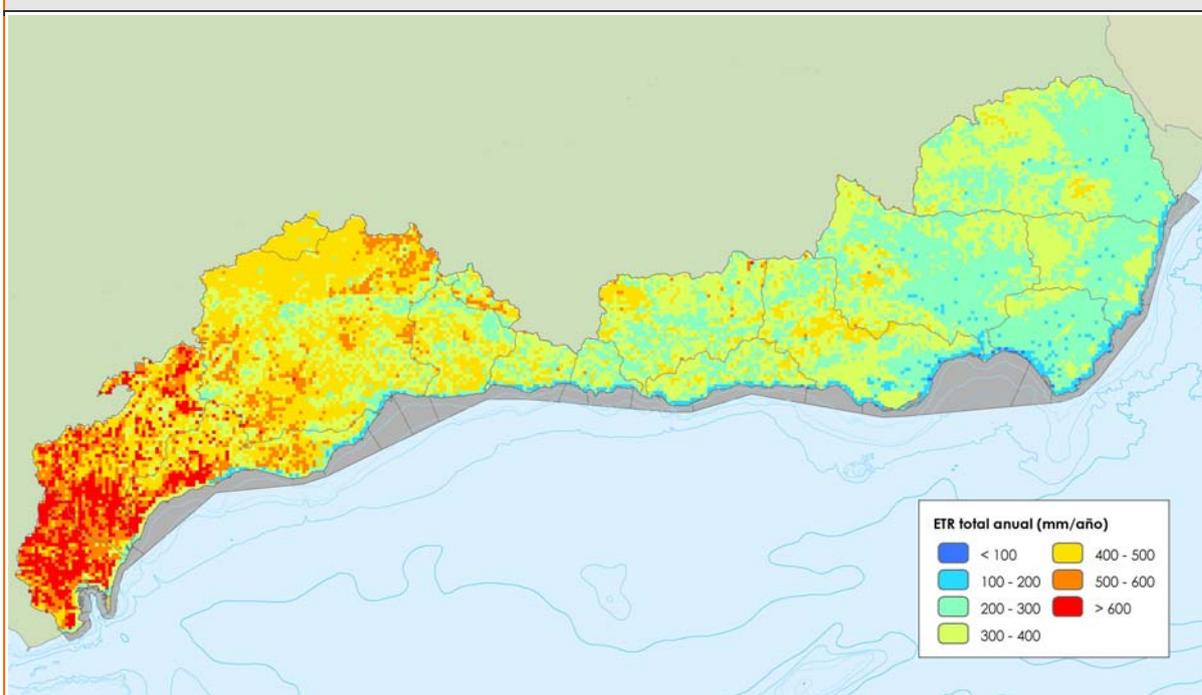


Figura 35. Distribución espacial de la ETR anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06.

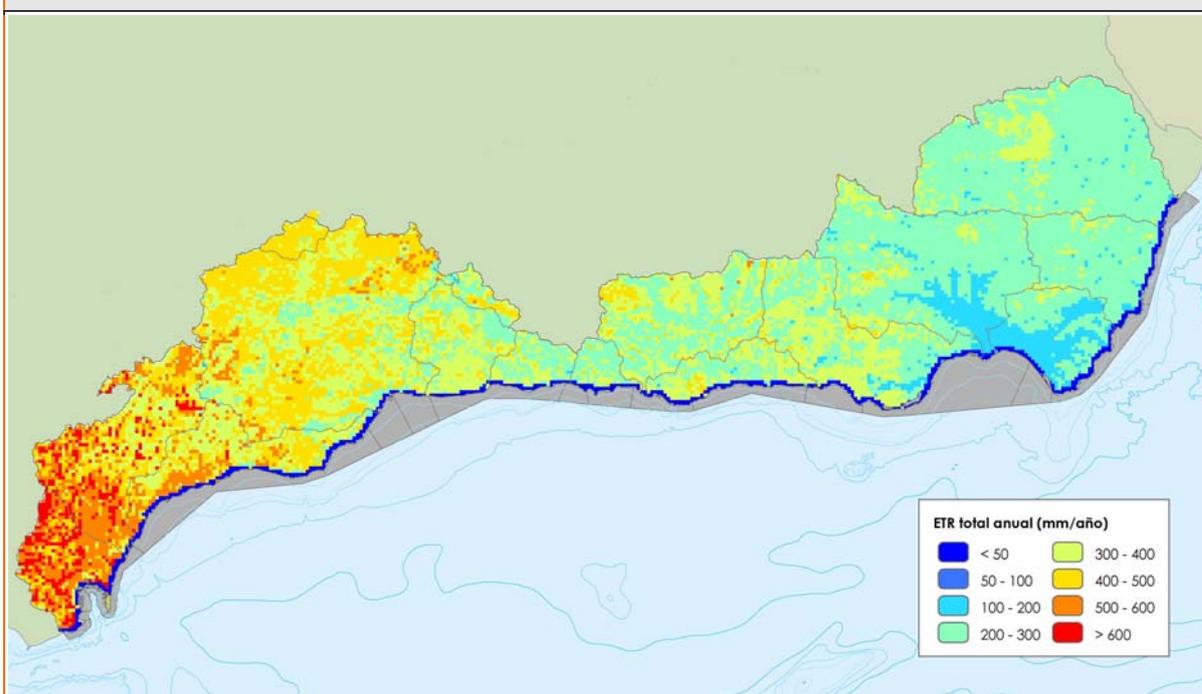
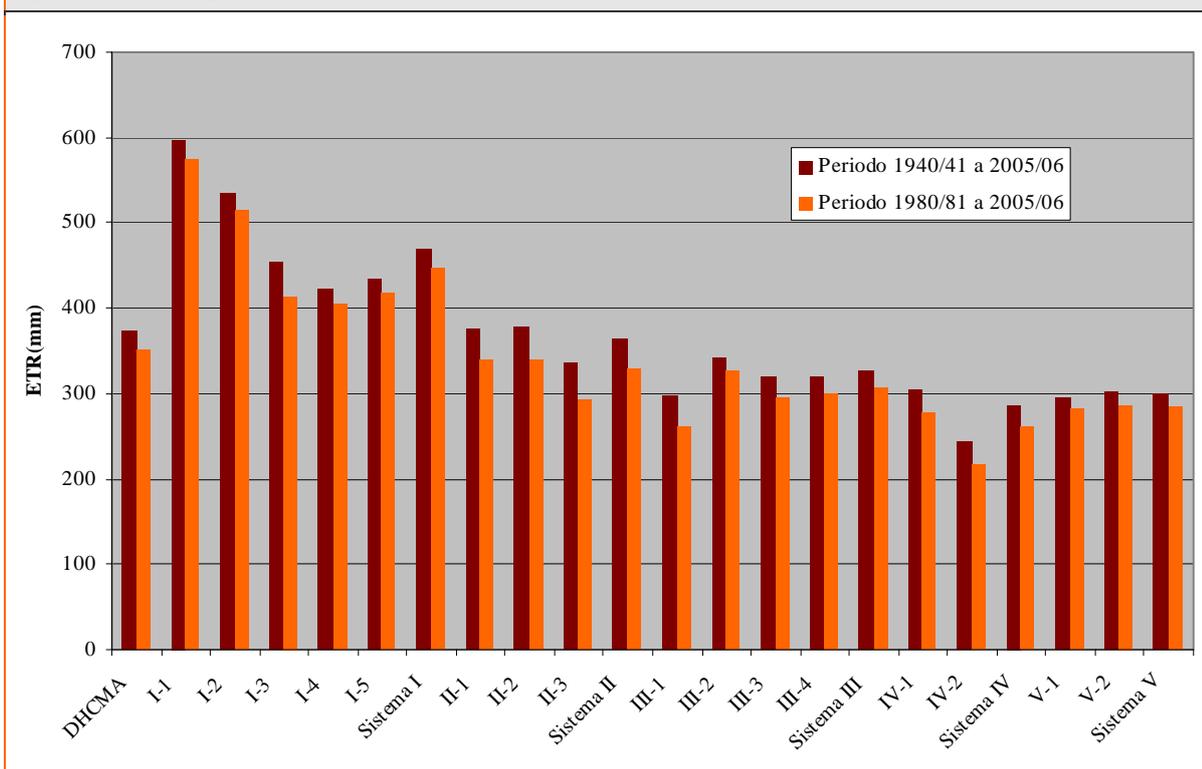


Figura 36. Comparativa de la ETR anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2005/06 y 1980/81 a 2005/06.



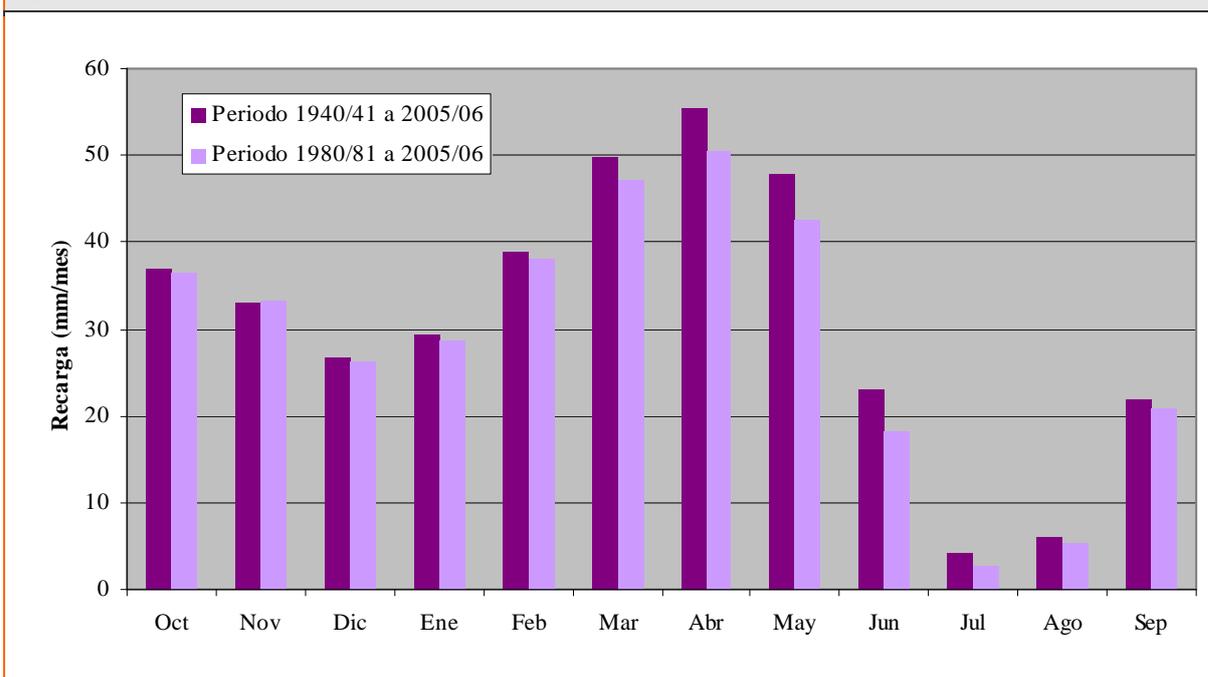
Infiltración o recarga:

La infiltración o recarga es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie y posteriormente, superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos (escorrentía subterránea) e incluso llegando a generar escorrentía superficial cuando el suelo está saturado y se sobrepasa el umbral de escorrentía del suelo.

El modelo SIMPA asume que la recarga al acuífero en cada celda coincide con la infiltración, de forma que la recarga que se produce en la DHCMA es de 47 mm/año durante el periodo histórico, con un valor máximo de 110 mm en el año más lluvioso de la serie y un mínimo de 7 mm en el año más seco. En el periodo más actual la recarga anual es de unos 41 mm/año y, el máximo y mínimo, 96 y 7 mm/año respectivamente.

En cuanto a la distribución temporal de los valores, la máxima recarga tiene lugar durante los meses de primavera y, en menor medida durante el otoño. Por el contrario, los meses de julio y agosto presentan la menor infiltración.

Figura 37. Distribución mensual de la recarga (mm/mes).



Las Sierras de Gador-Filabres y Filabres-Estancias (sistemas IV y V respectivamente) presentan los valores más bajos, lo que se explica en parte por las bajas precipitaciones. En el sistema II, con 107 mm/año de recarga en el periodo 1940/41 a 2005/06 y 86 mm/año para el periodo más actual, está en el extremo contrario.

Las siguientes figuras muestran la distribución espacial de la infiltración en la demarcación, estimada a partir de la información del SIMPA.

Figura 38. Distribución espacial de la infiltración/recarga total anual (mm/año). Período 1940/41-2005/06.

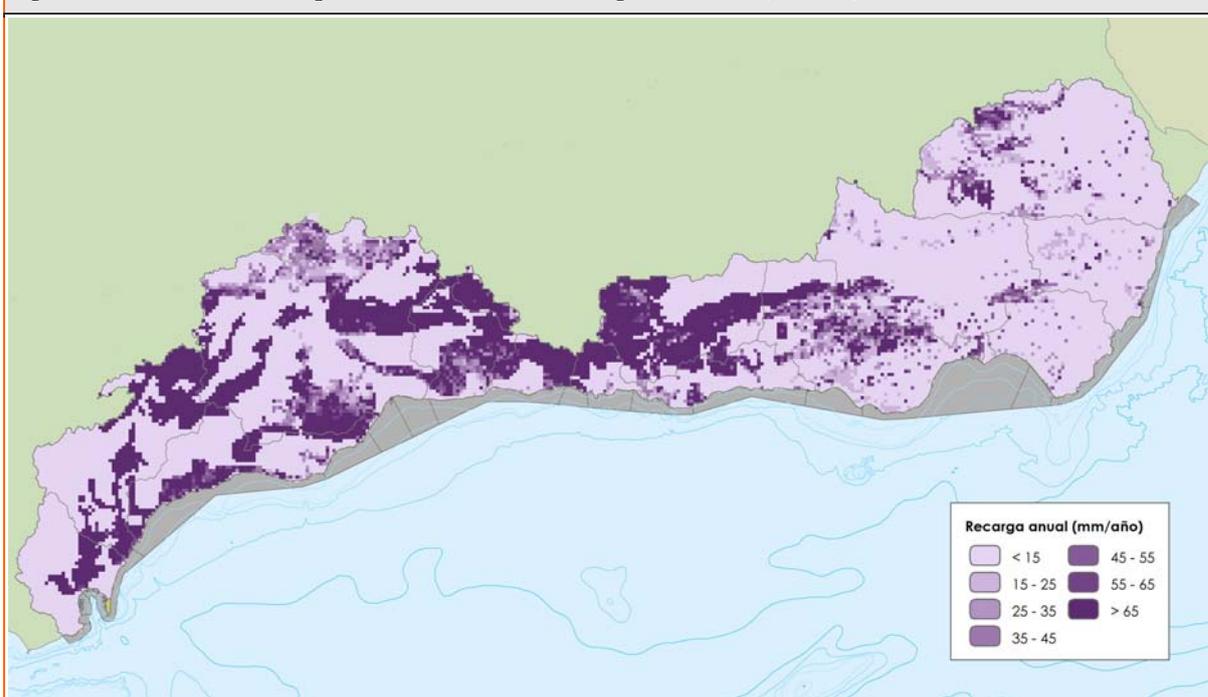


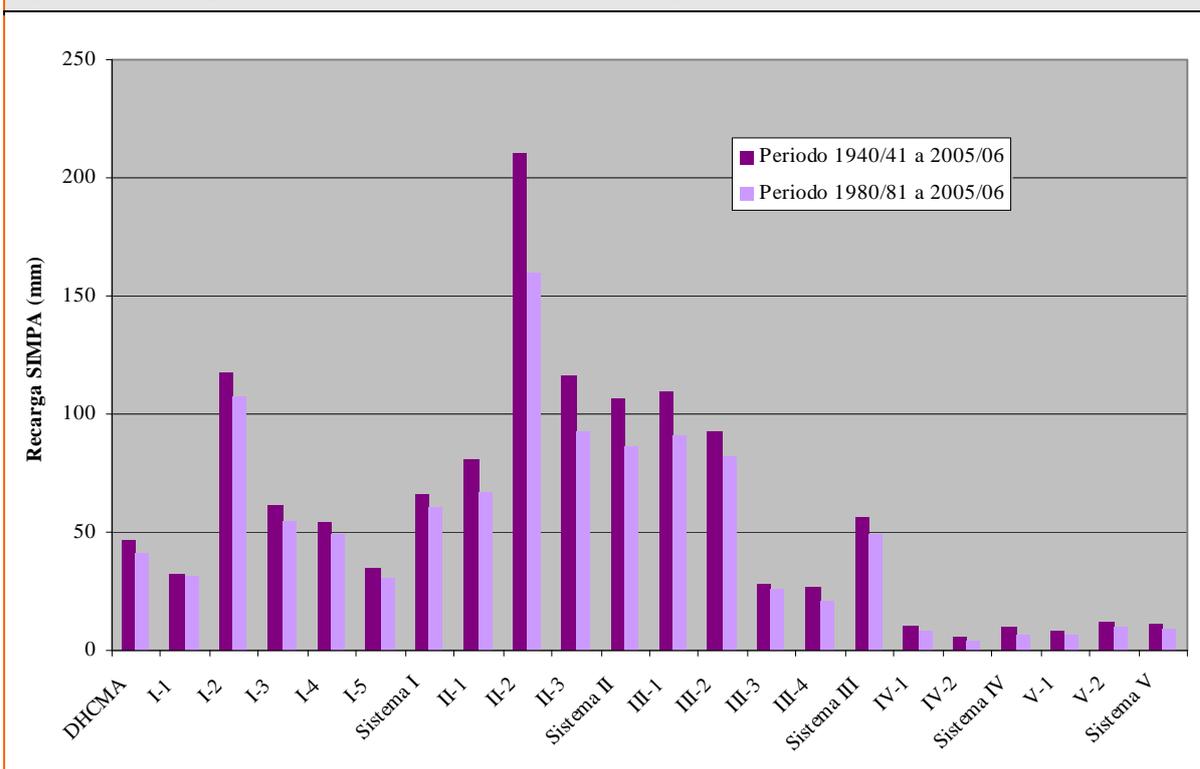
Figura 39. Distribución espacial de la infiltración/recarga total anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06.



Como se puede observar al comparar la recarga obtenida en el periodo histórico y en el más actual, en la demarcación se produce un descenso generalizado de los recursos infiltrados. Los sistemas más afectados son el IV y el V. Concretamente, en subsistemas como el II-2, el IV-1 y el IV-2 la reducción es bastante llamativa: 23,9, 25,7 y 34,7 % respectivamente. El sistema I es el que menos variación muestra a este respecto (8,9% de reducción), especialmente en la cuenca del río Guadiaro donde el descenso no alcanza el 3%.

La Figura 40 muestra una comparativa de la variación de la recarga entre un periodo y otro para cada uno de los sistemas, subsistemas y en el conjunto de la DHCMA.

Figura 40. Comparativa de la infiltración anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2005/06 y 1980/81 a 2005/06.

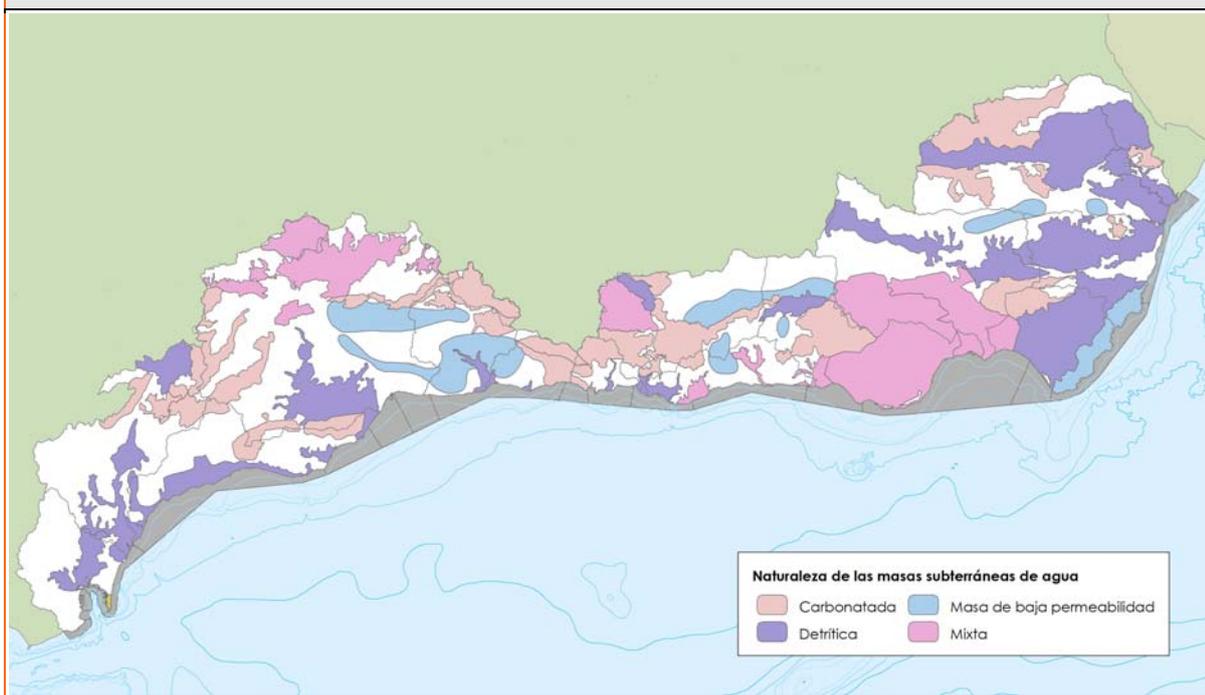


Los citados resultados facilitados por el SIMPA no son representativos de las condiciones reales en el caso de ciertos tipos de acuíferos. Por ello, finalmente se ha optado por usar dichos valores únicamente en el caso de las masas de agua detríticas y para aquellas masas definidas como acuíferos de baja permeabilidad. En las masas de agua subterráneas de naturaleza carbonática, se ha aplicado el método APLIS modificado, explicado con mayor detalle en el Apéndice II.1.

El método estima el porcentaje de infiltración en los carbonatos atendiendo a distintos criterios más allá de los puramente litológicos. De este modo se tiene en cuenta en el cálculo de la tasa de recarga la incidencia de la altitud, la pendiente, la litología, las formas de infiltración preferenciales (simas, dolinas, etc.), la edafología y las características hidrogeológicas de los materiales de cada masa.

En el caso de las masas mixtas, se han diferenciado en entorno SIG las zonas carbonatadas y no carbonatadas de las masas, aplicando la metodología correspondiente a cada una de ellas. Así se ha obtenido la recarga para cada área y se han sumado para obtener el valor total de recarga por infiltración de lluvia para cada masa.

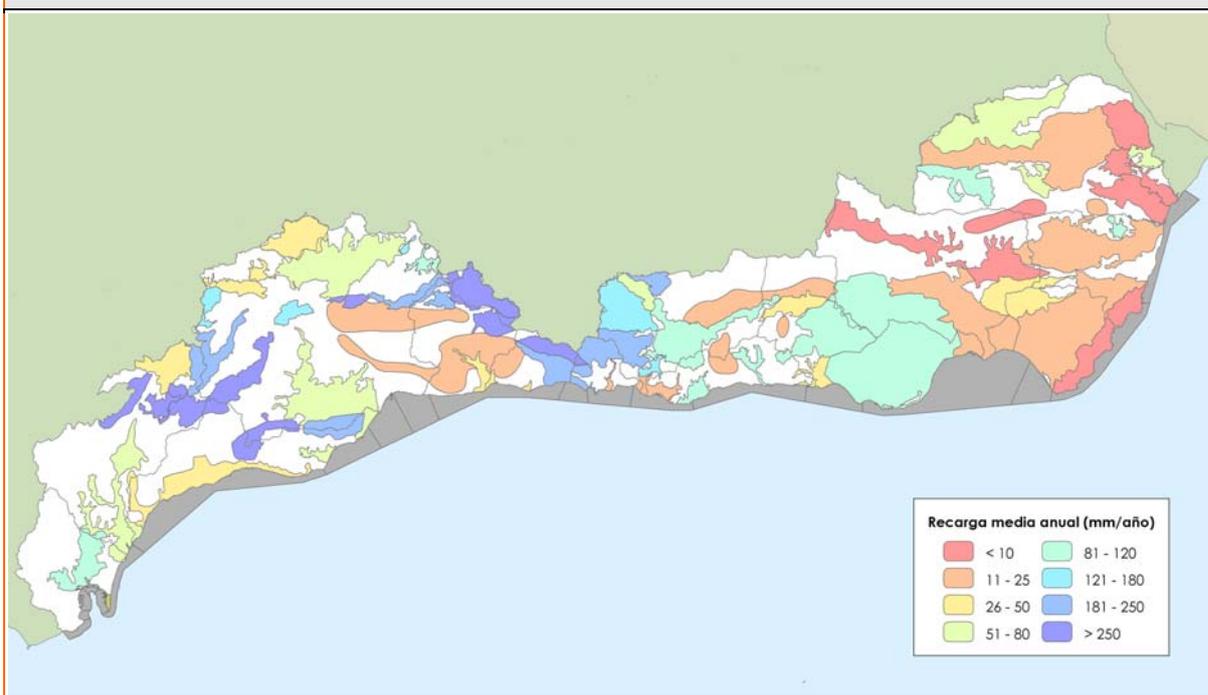
Figura 41. Naturaleza de las masas de agua subterráneas.



Con esta metodología, los resultados obtenidos muestran que la recarga media que se produce en las masas de agua subterránea de la DHCMA es de 87 mm/año durante el periodo histórico, con un valor medio de 195 mm/año para las masas carbonatadas y de 29 mm/año para las detríticas. Como cabe esperar, la recarga para las masas mixtas presenta un valor intermedio de 72,6 mm/año.

Las siguientes figuras muestran los valores medios de infiltración directa de la precipitación para cada masa de la demarcación según la metodología seguida:

Figura 42. Recarga media anual (mm/año) por masa subterránea. Período 1940/41-2005/06.



En la Figura 42 se pueden observar dos zonas bien diferenciadas en lo referente a la recarga por infiltración de agua de lluvia: la zona occidental (Sistemas I, II y III-1,2 y 3) y la oriental (Sistemas III-4, IV y V). En la primera de las zonas descrita, se aprecia como las masas de tipo carbonatado presentan volúmenes de recarga superiores a los 120 mm/año, mientras que en el área oriental algunas de estas masas no reciben más de 50 mm/año.

En las masas detríticas, los rangos se mueven entre los 25 y los 120 mm/año en el sector occidental (a excepción de las masas río Verde y Motril-Salobreña, con 12 y 24 mm/año respectivamente), mientras que en el oriental, el volumen de recarga en este tipo de masas se ve reducida a menos de 25 mm/año para todas las masas, excepto para las masa Delta de Adra y Depresión de Ugíjar, que presentan ambas un valor próximo a 43 mm/año. Esta variabilidad espacial de la recarga viene determinada, sin ningún lugar a dudas, por el gradiente pluviométrico característico de esta demarcación. Asimismo, la elevada complejidad estructural de muchas de las masas de agua subterránea de la provincia de Almería, da lugar a afloramientos de materiales de baja permeabilidad que restan capacidad de infiltración al total de la masa, favoreciendo la escorrentía.

La Tabla 6 recoge los valores de recarga media adoptados para cada una de las masas de agua subterráneas de la DHCMA.

Tabla 6. Recarga media (mm) por masa de agua subterránea.

Código	Nombre	Naturaleza	Superficie (km ²)	Infilt. lluvia (hm ³)	Recarga media (mm)
060.001	Cubeta de El Saltador	Detrítica	147,5	0,80	5,42
060.002	Sierra de las Estancias	Carbonatada	377,5	26,10	69,14
060.003	Alto-Medio Almanzora	Detrítica	605,4	6,60	10,90
060.004	Cubeta de Overa	Detrítica	53	0,50	9,43
060.005	Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas	Detrítica	152,1	0,80	5,26
060.006	Bajo Almanzora	Detrítica	50,1	0,50	9,98
060.007	Bédar-Alcornia	Carbonatada	20,1	2,00	99,50

Tabla 6. Recarga media (mm) por masa de agua subterránea.

Código	Nombre	Naturaleza	Superficie (km ²)	Infilt. lluvia (hm ³)	Recarga media (mm)
060.008	Aguas	Detrítica	440,1	4,60	10,45
060.009	Campo de Tabernas	Detrítica	165,2	0,70	4,24
060.010	Cuenca del río Nacimiento	Detrítica	209,6	2,00	9,54
060.011	Campo de Níjar	Detrítica	582,7	10,00	17,16
060.012	Medio-Bajo Andarax	Mixta	433	6,70	15,47
060.013	Campo de Dalías-Sierra de Gádor	Mixta	1037,2	92,30	88,99
060.014	Oeste de Sierra de Gádor	Carbonatada	278,5	31,70	113,82
060.015	Delta del Adra	Mixta	49,3	2,10	42,60
060.016	Albuñol	Mixta	34,8	3,20	91,95
060.017	Sierra de Padul Sur	Carbonatada	44	8,70	197,73
060.018	Lanjarón-Sierra de Lújar-Medio Guadalfeo	Carbonatada	263,1	29,80	113,26
060.019	Sierra de Escalate	Carbonatada	20,7	2,80	135,27
060.020	Carchuna-Castell de Ferro	Mixta	39,4	3,20	81,22
060.021	Motril-Salobreña	Detrítica	50,1	1,20	23,95
060.022	Río Verde	Detrítica	8,6	0,10	11,63
060.023	Depresión de Padul	Detrítica	51,2	3,70	72,27
060.024	Sierra Almirajara	Carbonatada	70,6	22,20	314,45
060.025	Sierra Gorda-Zafarraya	Carbonatada	148	44,30	299,32
060.026	Río Torrox	Detrítica	4,4	0,20	45,45
060.027	Río Vélez	Detrítica	43,2	1,60	37,04
060.028	Sierra de Gibalto-Arroyo Marín	Mixta	31	3,20	103,23
060.029	Sierra de Enmedio-Los Tajos	Carbonatada	27,8	6,90	248,20
060.030	Sierra de Archidona	Carbonatada	7,6	1,20	157,89
060.031	Sierra de las Cabras-Camarolos-San Jorge	Carbonatada	70,6	17,00	240,79
060.032	Torcal de Antequera	Carbonatada	28,7	9,60	334,49
060.033	Llanos de Antequera-Vega de Archidona	Mixta	374,4	23,60	63,03
060.034	Fuente de Piedra	Mixta	150,5	6,50	43,19
060.035	Sierras de Teba-Almargen-Campillos	Mixta	84,2	3,20	38,00
060.036	Sierra del Valle de Abdalajís	Mixta	45,2	7,90	174,78
060.037	Bajo Guadalhorce	Detrítica	360	26,10	72,50
060.038	Sierra de Mijas	Carbonatada	96,9	24,00	247,68
060.039	Río Fuengirola	Detrítica	25,8	1,80	69,77
060.040	Marbella-Estepona	Detrítica	224,8	9,70	43,15
060.041	Sierra de Cañete Sur	Carbonatada	40,7	7,00	171,99
060.042	Depresión de Ronda	Detrítica	118,8	5,00	42,09
060.043	Sierra Hidalga-Merinos-Blanquilla	Carbonatada	143	29,80	208,39
060.044	Sierra de Líbar	Carbonatada	60	24,60	410,00
060.045	Sierra de Jarastepar	Carbonatada	44,3	18,70	422,12
060.046	Sierra de las Nieves-Prieta	Carbonatada	219,9	76,80	349,25
060.047	Guadiaro-Genal-Hozgarganta	Detrítica	240,2	17,20	71,61
060.048	Dolomías de Ronda	Carbonatada	18,2	6,40	351,65
060.049	Guadarranque-Palmones	Detrítica	141,3	12,40	87,76
060.050	Sierra de los Filabres	Carbonatada	130,4	12,10	92,79
060.051	Macael	Carbonatada	51,9	3,40	65,51
060.052	Sierra de Almagro	Carbonatada	39	2,00	51,28
060.053	Puerto de la Virgen	Masa de baja permeabilidad	110,6	0,41	3,71
060.054	Lubrín-El Marchal	Masa de baja permeabilidad	25,8	0,29	11,24

Tabla 6. Recarga media (mm) por masa de agua subterránea.					
Código	Nombre	Naturaleza	Superficie (km²)	Infilt. lluvia (hm³)	Recarga media (mm)
060.055	Sierra Alhamilla	Carbonatada	210,6	6,60	31,34
060.056	Sierra del Cabo de Gata	Masa de baja permeabilidad	202,7	0,82	4,05
060.057	Laderas Meridionales de Sierra Nevada	Masa de baja permeabilidad	222,4	5,56	25,00
060.058	Depresión de Ugíjar	Detrítica	77,4	3,40	43,93
060.059	La Contraviesa Oriental	Masa de baja permeabilidad	17,5	0,27	15,43
060.060	La Contraviesa Occidental	Masa de baja permeabilidad	71,3	1,56	21,88
060.061	Sierra de Albuñuelas	Mixta	188,4	28,20	149,68
060.062	Sierra de los Guájares	Carbonatada	180,2	36,10	200,33
060.063	Sierra Alberquillas	Carbonatada	117	23,70	202,56
060.064	Sierra Tejeda	Carbonatada	67,1	20,70	308,49
060.065	Metapelitas de Sierras Tejeda-Almijara	Masa de baja permeabilidad	380,3	6,20	16,30
060.066	Corredor Villanueva de la Concepción-Periana	Masa de baja permeabilidad	267,8	3,45	12,88
060.067	Sierra Blanca	Carbonatada	100,8	31,10	308,53
DHCMA			10.394,5	832,9	80,1

Escorrentía:

La escorrentía es la lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros de agua de lluvia extendida y escurrida superficial y subterráneamente. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal. Según la teoría de Horton se forma cuando las precipitaciones superan la capacidad de infiltración del suelo.

La escorrentía superficial está formada por la precipitación que alimenta los cursos superficiales. Se trata del agua que alcanza la red de drenaje y se desplaza sobre la superficie del terreno bajo la acción de la gravedad. Es el único término del balance hidrológico de una cuenca que se puede medir en su conjunto con precisión.

Por tanto, se considera que la escorrentía total (ET) está formada por:

$$ET = ES + EH + PS + PD$$

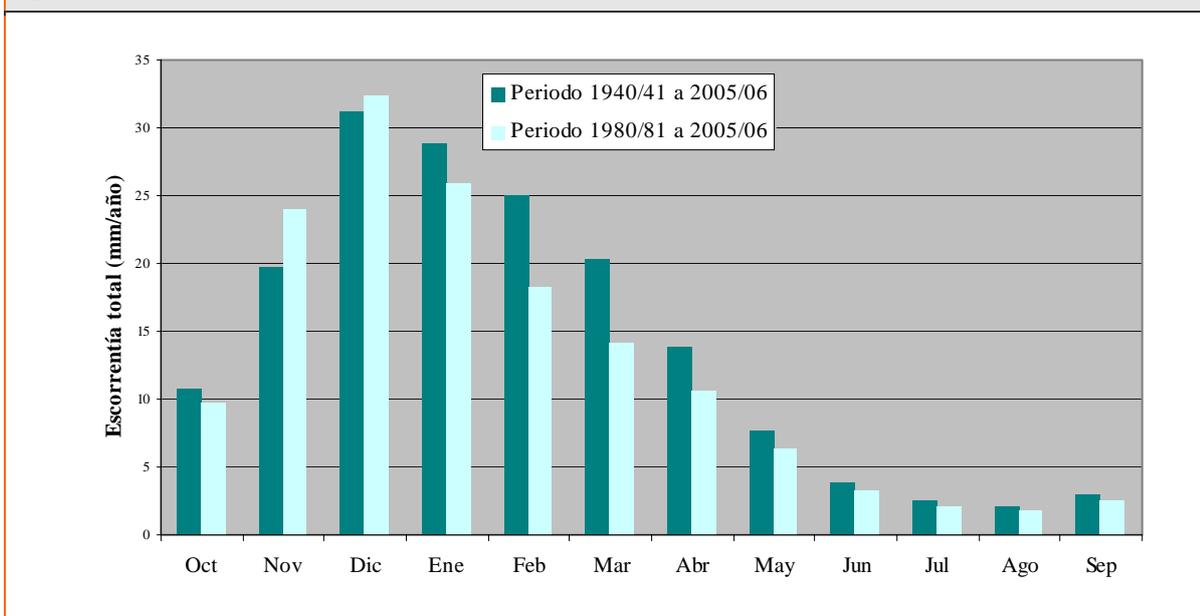
- Escorrentía superficial (ES): fracción de la precipitación que no se infiltra y discurre libremente sobre la superficie del terreno hasta alcanzar los cursos de agua superficiales.
- Escorrentía hipodérmica (EH) parte del agua infiltrada puede quedar a escasa profundidad y volver a la superficie, alcanzando un curso de agua.
- Escorrentía subterránea (PS) parte del agua que se infiltra y alcanza la zona saturada y que, eventualmente, puede llegar a un curso de agua superficial.
- PD: precipitación que cae directamente sobre la superficie de agua libre del cauce.

La escorrentía total obtenida con modelo SIMPA para el periodo histórico es de 169 mm/año (3.026 hm³) en el conjunto de la demarcación, con valores máximos de 422 mm/año y mínimos de menos

de 28 mm/año. En el caso del periodo más reciente la media anual y el máximo son algo inferiores, 151 y 402 mm/año respectivamente, pero el mínimo se mantiene.

Los valores más elevados se dan desde finales del otoño hasta el mes de febrero, mientras que los mínimos se producen durante el verano. Además, como se ve en la Figura 43, casi todos los meses presentan una reducción de la escorrentía respecto a la serie histórica con las excepciones de noviembre y diciembre, en los que se invierte esta tendencia.

Figura 43. Distribución mensual de la escorrentía total (mm/mes).



Atendiendo a los sistemas de explotación la escorrentía se reduce al avanzar hacia el extremo más oriental de la demarcación, pasando de más de 281 mm/año en la Serranía de Ronda a cerca de 32 mm/año en la Sierra de Filabres-Estancias (periodo 1940/41 a 2005/06).

Dentro de los sistemas esta tendencia ya no es tan evidente, de forma que el subsistema I-2 (Cuenca del río Guadiaro) tiene una escorrentía considerablemente mayor (489 mm/año para el periodo histórico y 444 mm/año para la serie corta) que el resto de los subsistema de la Serranía de Ronda.

Los valores mínimos por subsistemas se dan en el IV-2 y el V-1, con 19 y 22 mm/año respectivamente para la serie histórica y 15 y 19 mm/año en la serie corta.

Figura 44. Distribución espacial de la esorrentía total anual (mm/año). Período 1940/41-2005/06.

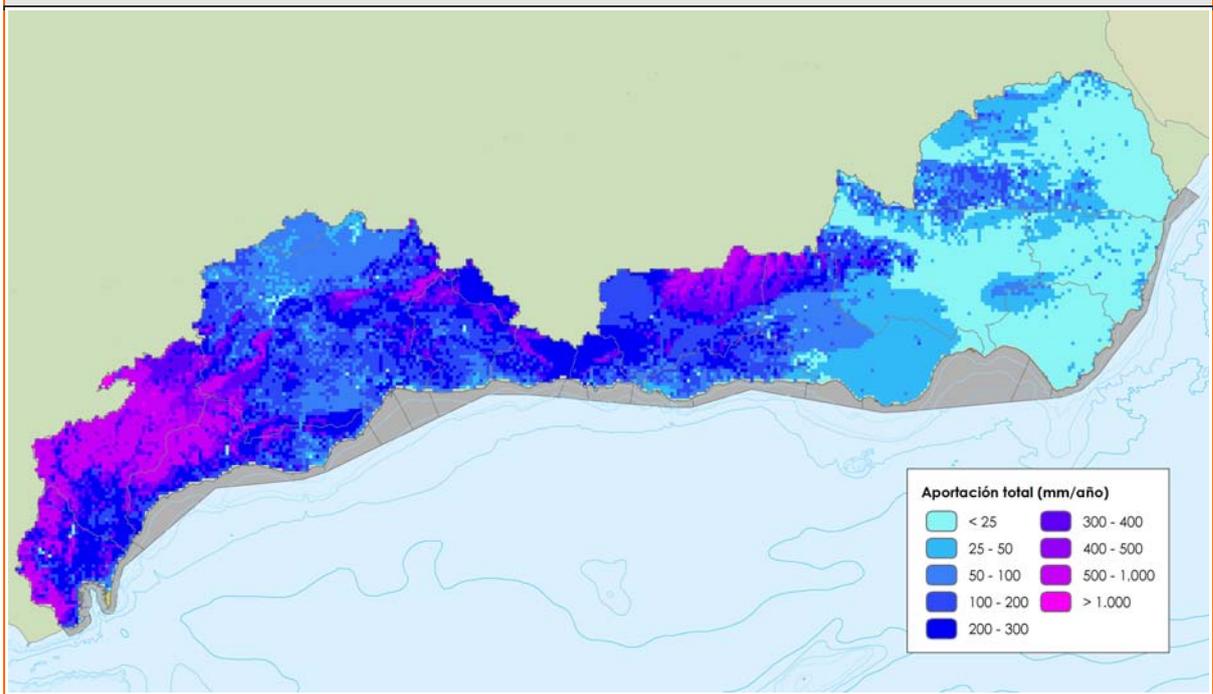


Figura 45. Distribución espacial de la esorrentía total anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06.

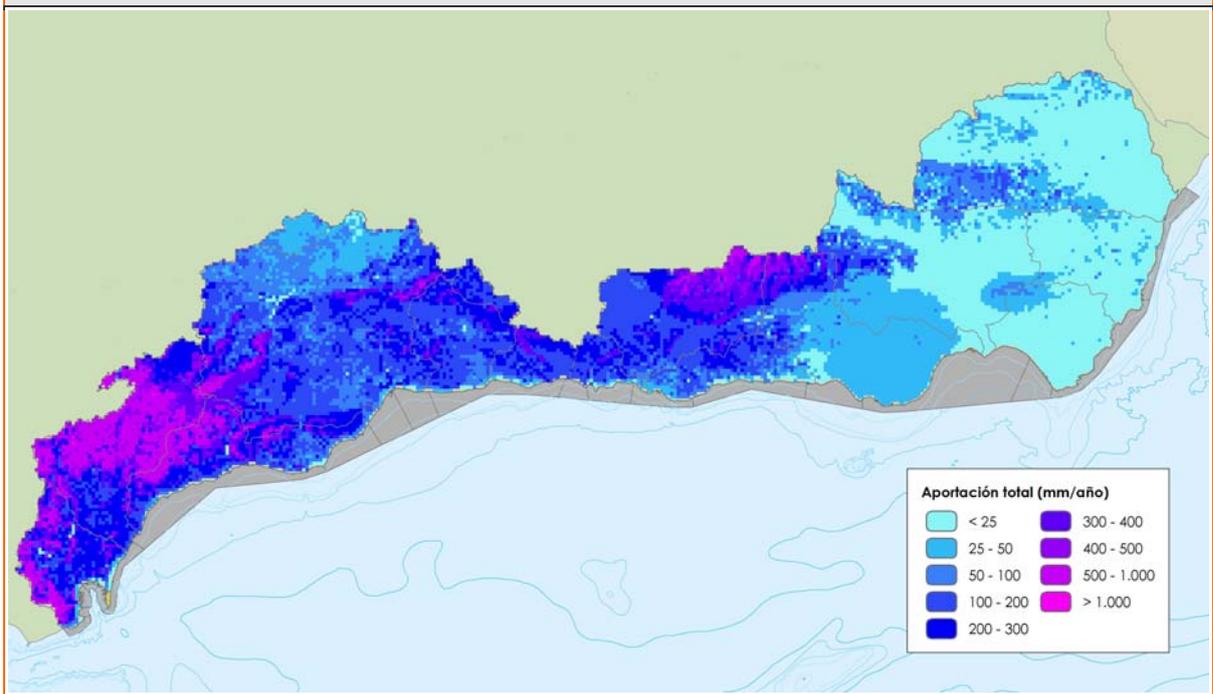
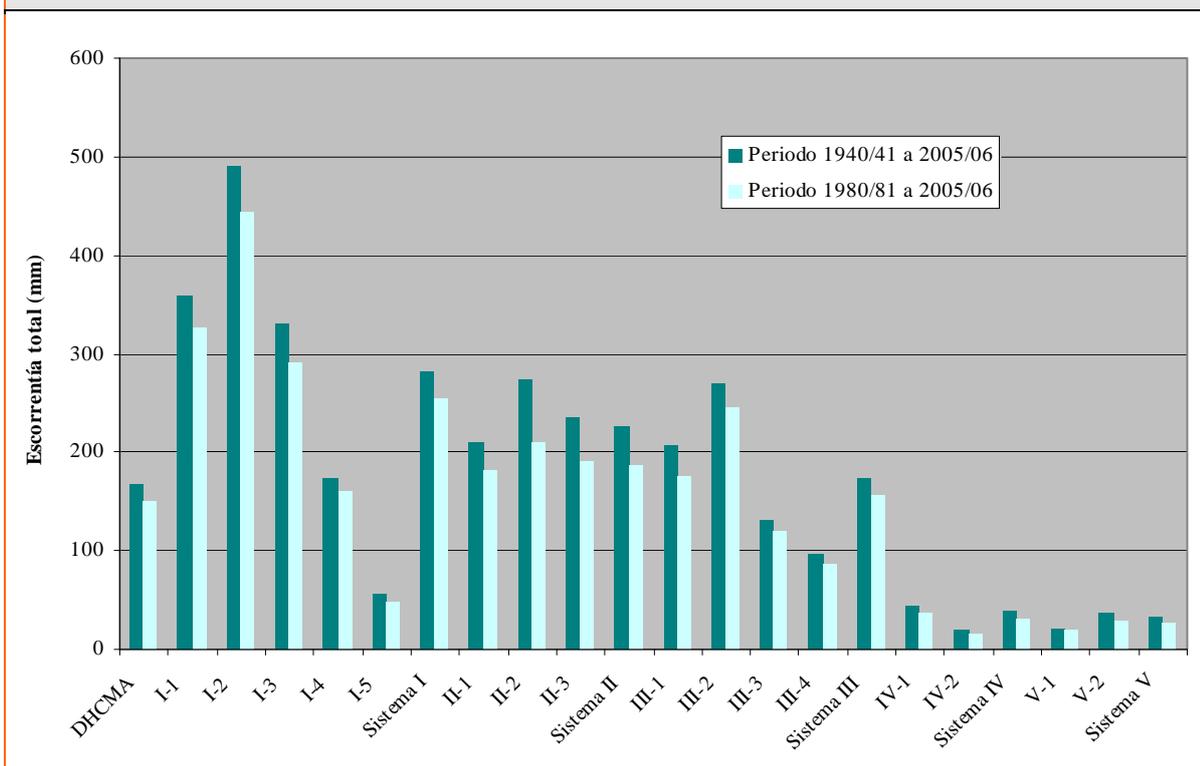


Figura 46. Comparativa de la escorrentía total anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2005/06 y 1980/81 a 2005/06.



Aportaciones por masa superficial de agua:

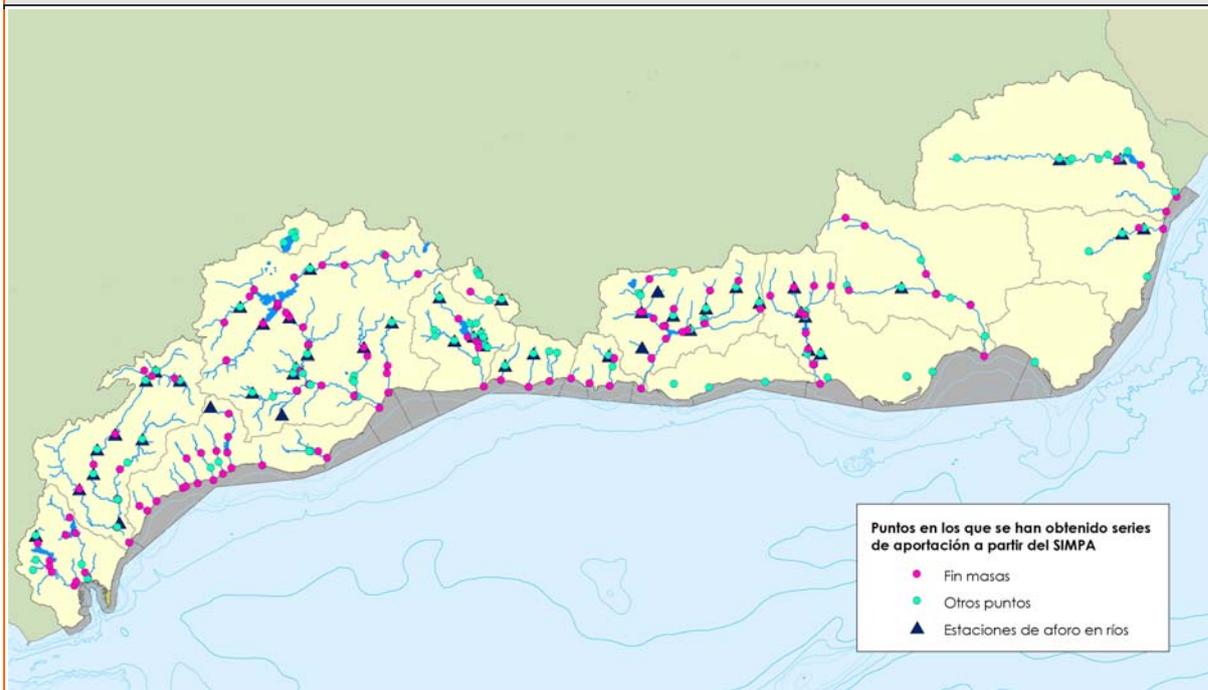
Para cada una de las masas superficiales de agua de la demarcación se han obtenido series de aportaciones en régimen natural a partir de los siguientes datos:

- Escorrentía total calculada por el modelo SIMPA.
- Entradas a embalses estimadas por los servicios de explotación de las presas.
- Caudales diarios medidos por las estaciones de aforo o caudales mensuales. En algunos casos, los datos procedían de estudios previos en los que se habían corregido para subsanar errores de medición o cambios en la curva de gasto.
- Series diarias obtenidas a partir del modelo Sacramento (modelo SSMA-2). En el Apéndice II.1. se describe de forma detallada este modelo.

En los subsistemas I-4, III-2 y III-4 no ha sido posible efectuar la restitución al régimen natural por ser los resultados facilitados por el SIMPA poco representativos del funcionamiento hidrológico natural de las correspondientes masas de agua y no haber disponible información alternativa. En estos casos las series que figuran en el apéndice están en régimen alterado.

A continuación se muestra el mapa de la DHCMA con la localización de los puntos de la red hidrográfica en los que se han obtenido las citadas series de aportaciones.

Figura 47. Puntos de la red hidrográfica en los que se han obtenido las series de aportaciones y estaciones de aforo en la DHCMA.



4.3. Estadísticos de las series hidrológicas en la demarcación

Como indica el apartado 2.4.4 de la IPH, en el plan hidrológico se han recogido de forma sintética las principales características estadísticas de las series de variables hidrológicas en los sistemas de explotación, así como en el conjunto de la demarcación hidrográfica.

Para las series de precipitaciones y aportaciones anuales se han estimado los valores mínimo, medio y máximo, los coeficientes de variación y de sesgo y el primer coeficiente de autocorrelación. De cara a caracterizar las sequías hiperanuales, se han recogido los estadísticos correspondientes a dos o más años consecutivos.

Asimismo, y con objeto de conocer la distribución intraanual de los principales flujos, se han indicado los valores medios de precipitación, evapotranspiración potencial y real, recarga a los acuíferos y escorrentía total para cada mes del año en cada sistema de explotación y en el conjunto de la demarcación.

Las citadas variables se han calculado tanto para la serie completa o histórica 1940/41-2005/06 como para el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1980/81-2005/06.

4.3.1. Series anuales

A continuación se muestran los estadísticos de las series de precipitación (mm/año) y aportación total (hm³/año) de la demarcación, por zonas. En el primer caso, los datos las series son las obtenidas a partir de la información facilitada por la REDIAM mientras que en el segundo, la fuente de información a partir de la cual se han obtenido las series es el SIMPA.

Tabla 7. Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm/año). Serie 1940/41-2005/06.

Ámbito	Media	Máximo	Mínimo	Desv. típica	Coef. variación	Coef. sesgo	1 ^{er} coef. autocorrelación
DHCMA	544,7	922,7	246,7	154,05	0,28	0,50	0,23
I-1	984,8	2.042,9	373,8	357,57	0,36	0,87	0,15
I-2	1.059,8	2.049,0	473,5	351,48	0,33	0,71	0,27
I-3	834,4	1.679,6	309,4	298,47	0,36	1,03	0,32
I-4	588,1	1.107,0	234,5	188,16	0,32	0,68	0,23
I-5	510,0	1.148,2	153,8	181,86	0,36	0,93	0,23
Sistema I	765,4	1.397,6	310,9	246,11	0,32	0,71	0,26
II-1	656,2	1.176,3	224,1	219,67	0,33	0,39	0,28
II-2	794,7	1.308,2	227,2	260,46	0,33	0,01	0,43
II-3	571,9	993,3	200,1	188,61	0,33	0,32	0,21
Sistema II	651,6	1.116,4	222,9	208,86	0,32	0,32	0,27
III-1	560,8	1.055,0	198,8	187,67	0,33	0,44	0,22
III-2	571,7	1.086,3	193,0	188,42	0,33	0,48	0,17
III-3	468,9	862,3	153,2	169,34	0,36	0,44	0,23
III-4	405,3	705,3	177,7	125,65	0,31	0,44	0,17
Sistema III	486,0	883,2	186,0	151,58	0,31	0,36	0,16
IV-1	337,8	582,6	169,4	102,20	0,30	0,45	0,22
IV-2	248,7	522,9	100,7	85,49	0,34	0,77	0,21
Sistema IV	313,9	528,7	151,0	93,42	0,30	0,40	0,23
V-1	313,1	724,4	141,2	129,38	0,41	1,09	0,22
V-2	331,4	767,7	169,1	121,36	0,37	1,01	0,22
Sistema V	326,5	724,8	163,0	120,03	0,37	0,96	0,23

Tabla 8. Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación procedentes del SIMPA (mm/año). Serie 1980/81-2005/06.

Ámbito	Media	Máximo	Mínimo	Desv. típica	Coef. variación	Coef. sesgo	1 ^{er} coef. autocorrelación
DHCMA	502,0	915,7	246,7	169,72	0,34	0,91	0,17
I-1	914,5	1.728,6	373,8	328,31	0,36	0,72	0,14
I-2	969,4	1.671,7	473,5	332,30	0,34	0,62	0,14
I-3	781,6	1.679,6	309,4	318,22	0,41	1,27	0,20
I-4	546,3	1.107,0	234,5	213,36	0,39	1,11	0,06
I-5	452,3	751,4	210,2	143,25	0,32	0,49	0,07
Sistema I	708,2	1.353,3	310,9	258,81	0,37	0,95	0,13
II-1	578,7	1.037,1	224,1	218,85	0,38	0,87	-0,04
II-2	706,4	1.283,8	264,1	258,94	0,37	0,48	0,15
II-3	512,5	990,8	200,1	197,02	0,38	0,78	0,09
Sistema II	577,6	1.038,8	222,9	213,25	0,37	0,81	0,00
III-1	549,3	1.055,0	198,8	212,98	0,39	0,71	0,14
III-2	539,8	1.077,0	193,0	210,37	0,39	0,86	0,15
III-3	407,0	830,3	153,2	151,29	0,37	0,87	0,07
III-4	373,3	705,3	189,2	126,60	0,34	0,82	0,15
Sistema III	450,9	883,2	186,0	162,83	0,36	0,86	0,14
IV-1	298,1	517,1	169,4	100,01	0,34	0,86	0,25
IV-2	217,6	417,2	100,7	74,53	0,34	1,02	0,30

Tabla 8. Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación procedentes del SIMPA (mm/año). Serie 1980/81-2005/06.

Ámbito	Media	Máximo	Mínimo	Desv. típica	Coef. variación	Coef. sesgo	1 ^{er} coef. autocorrelación
Sistema IV	276,5	479,8	151,0	90,51	0,33	0,82	0,27
V-1	313,1	670,8	144,0	139,43	0,45	1,11	0,37
V-2	310,2	606,9	169,1	123,66	0,40	1,10	0,24
Sistema V	311,0	616,1	163,0	127,32	0,41	1,12	0,28

Figura 48. Serie de precipitaciones anuales (mm) en la DHCMA. Período 1940/41-2005/06.

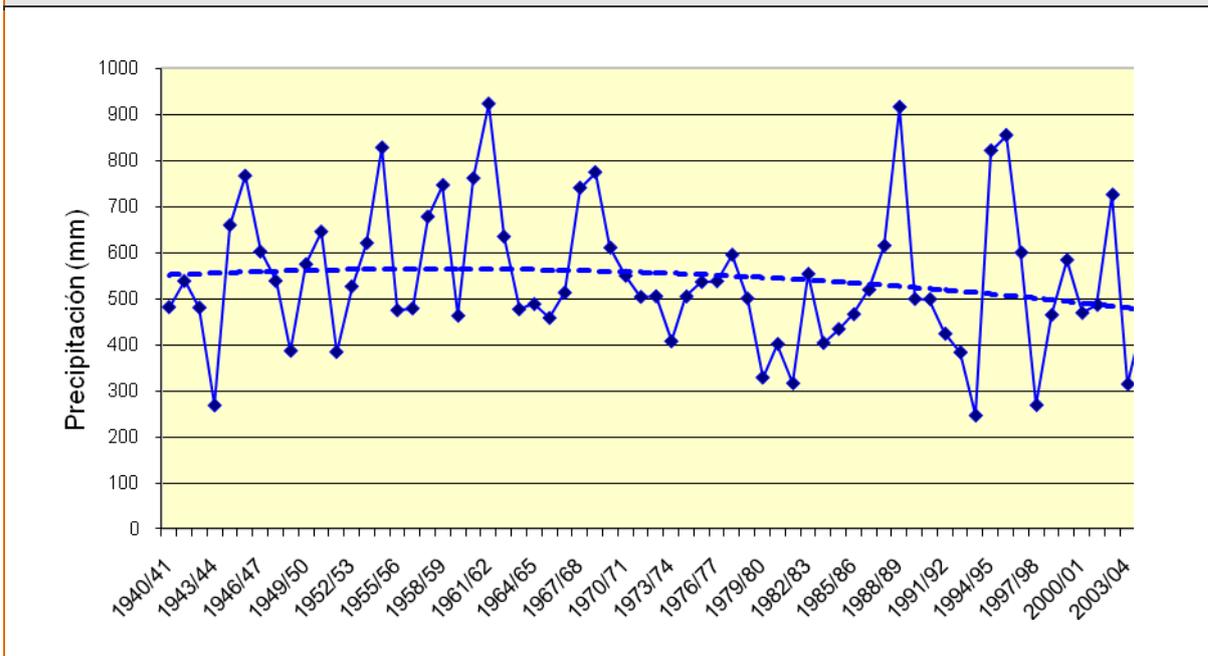


Tabla 9. Estadísticos básicos de las series anuales de escorrentía total (hm³/año). Serie 1940/41-2005/06.

Ámbito	Media	Máximo	Mínimo	Desv. típica	Coef. variación	Coef. sesgo	1 ^{er} coef. autocorrelación
DHCMA	3.025,51	7.565,74	494,90	1.656,75	0,55	1,04	0,26
I-1	258,30	799,26	35,98	163,35	0,63	1,22	0,27
I-2	721,81	1733,06	127,28	380,68	0,53	0,69	0,22
I-3	330,67	893,19	42,36	203,14	0,61	1,20	0,34
I-4	611,00	1948,89	67,47	432,32	0,71	1,41	0,26
I-5	8,78	52,21	1,52	9,94	1,13	2,16	0,33
Sistema I	1.930,55	5.248,43	274,60	1.146,78	0,59	1,12	0,27
II-1	149,49	366,64	15,09	95,54	0,64	0,96	0,30
II-2	41,52	113,09	6,78	21,98	0,53	0,97	0,41
II-3	73,72	190,40	8,31	42,07	0,57	0,70	0,30
Sistema II	264,73	670,13	30,18	155,43	0,59	0,88	0,32
III-1	44,07	108,14	4,45	25,80	0,59	0,66	0,25
III-2	351,94	842,40	50,01	176,02	0,50	0,70	0,21
III-3	66,78	214,27	6,65	44,75	0,67	1,28	0,24
III-4	143,02	388,21	36,95	81,94	0,57	1,31	0,20
Sistema III	605,80	1.552,98	98,06	318,54	0,53	0,88	0,22
IV-1	97,78	292,70	30,57	53,03	0,54	1,37	0,09

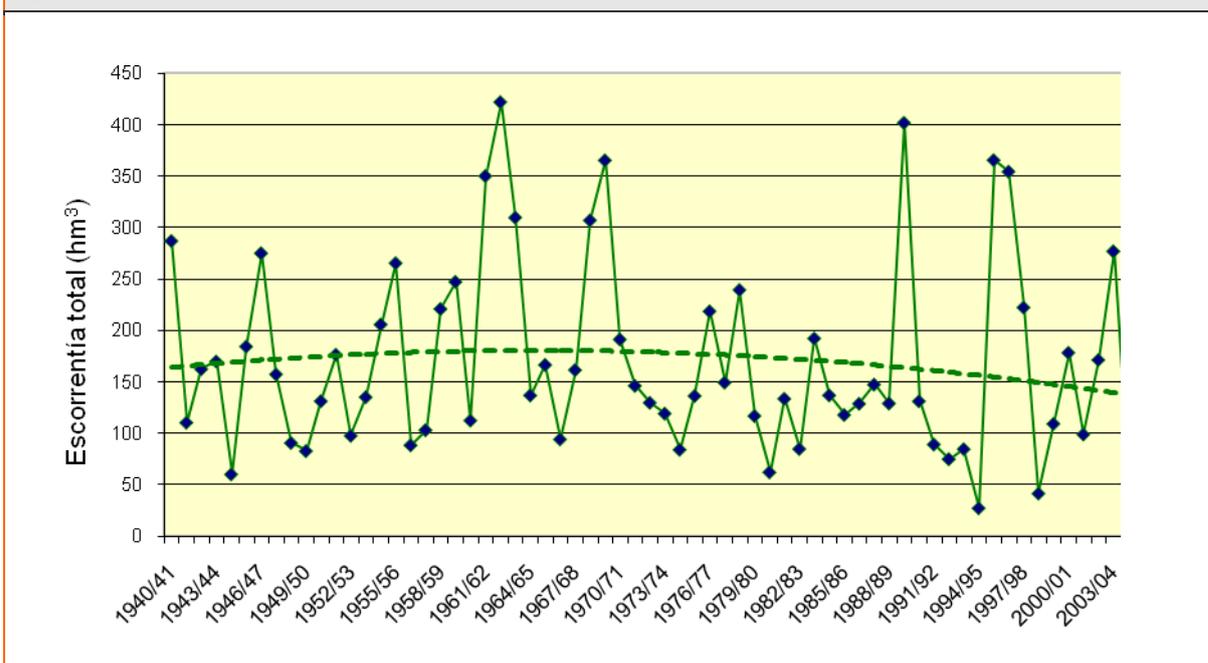
Tabla 9. Estadísticos básicos de las series anuales de escorrentía total (hm³/año). Serie 1940/41-2005/06.

Ámbito	Media	Máximo	Mínimo	Desv. típica	Coef. variación	Coef. sesgo	1 ^{er} coef. autocorrelación
IV-2	15,26	58,13	8,08	8,61	0,56	3,09	0,18
Sistema IV	113,04	338,62	39,94	58,51	0,52	1,50	0,08
V-1	20,21	132,96	6,92	20,44	1,01	3,45	0,03
V-2	91,19	283,36	28,16	61,10	0,67	1,69	0,25
Sistema V	111,40	355,37	35,07	77,22	0,69	1,84	0,18

Tabla 10. Estadísticos básicos de las series anuales de escorrentía total (hm³/año). Serie 1980/81-2005/06.

Ámbito	Media	Máximo	Mínimo	Desv. típica	Coef. variación	Coef. sesgo	1 ^{er} coef. autocorrelación
DHCMA	2.703,07	7.203,95	494,90	1.744,89	0,65	1,35	0,14
I-1	234,81	684,45	35,98	158,01	0,67	1,32	0,11
I-2	655,06	1555,91	127,28	395,44	0,60	0,82	0,11
I-3	291,77	893,19	42,36	199,58	0,68	1,51	0,17
I-4	564,65	1948,89	67,47	480,77	0,85	1,68	0,05
I-5	7,49	30,69	1,52	8,21	1,10	1,77	0,13
Sistema I	1.753,77	5.009,21	274,60	1.205,26	0,69	1,33	0,11
II-1	128,00	335,44	15,09	95,41	0,75	1,29	0,09
II-2	31,89	80,66	6,78	18,24	0,57	1,05	0,21
II-3	59,74	163,06	8,31	41,13	0,69	1,02	0,17
Sistema II	219,63	573,53	30,18	152,75	0,70	1,17	0,13
III-1	37,76	108,11	4,45	26,85	0,71	1,05	0,24
III-2	319,25	842,40	50,01	190,02	0,60	1,22	0,21
III-3	60,69	214,27	6,65	45,10	0,74	1,80	0,24
III-4	127,72	388,21	36,95	79,34	0,62	1,85	0,26
Sistema III	545,43	1.552,98	98,06	337,68	0,62	1,45	0,24
IV-1	80,84	219,41	30,57	48,11	0,60	1,77	0,14
IV-2	12,19	27,02	8,08	4,23	0,35	2,23	0,33
Sistema IV	93,03	246,43	39,94	50,95	0,55	1,78	0,13
V-1	17,49	75,58	6,92	14,89	0,85	2,67	0,41
V-2	73,72	279,78	28,16	52,01	0,71	2,63	0,27
Sistema V	91,21	355,37	35,07	66,28	0,73	2,70	0,31

Figura 49. Serie de escorrentía total anual (hm³) en la DHCMA. Período 1940/41-2005/06.



4.3.2. Series mensuales

A continuación se recoge la distribución mensual de los principales flujos, indicándose los valores medios de precipitación, evapotranspiración potencial y real, recarga a los acuíferos y escorrentía total para cada mes del año en cada sistema y subsistema, y en el conjunto de la demarcación. En todos los casos los valores son los estimados a partir de las series derivadas del SIMPA (segunda versión) salvo en el caso de la precipitación, cuyos valores corresponden a las series extraídas de la información procedente de la REDIAM.

Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas

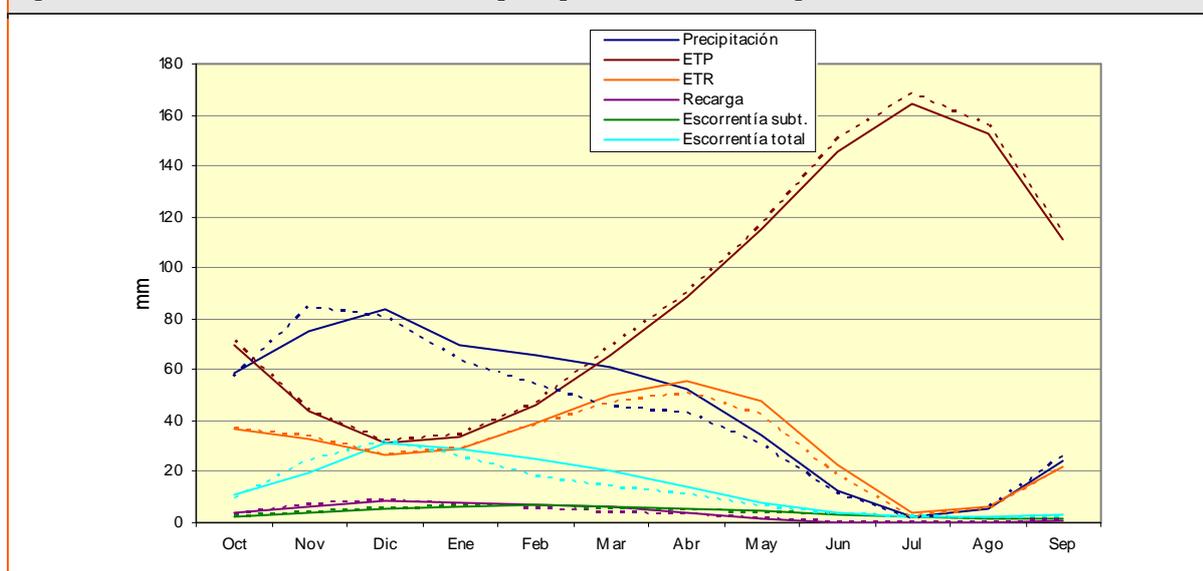
Tabla 11. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas de la DHCMA. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía sub.	Escorrentía total
Oct	58,92	69,61	36,95	3,79	2,27	10,71
Nov	75,13	43,53	32,98	6,12	3,59	19,77
Dic	83,35	31,43	26,69	8,89	5,31	31,15
Ene	69,95	33,72	29,31	8,08	6,47	28,85
Feb	65,57	46,03	38,82	7,20	6,78	25,02
Mar	61,01	66,06	49,70	6,12	6,59	20,36
Abr	52,58	88,17	55,31	3,98	5,84	13,83
May	34,30	114,74	47,73	1,67	4,64	7,69
Jun	12,52	145,69	22,98	0,25	3,36	3,78
Jul	2,13	164,48	4,04	0,02	2,42	2,47
Ago	5,10	152,89	5,95	0,11	1,89	2,08
Sep	24,14	111,05	21,98	0,77	1,67	2,94
Año	544,71	1.067,41	372,46	47,00	50,81	168,66

Tabla 12. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas de la DHCMA. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	56,80	70,92	36,42	3,51	2,03	9,74
Nov	84,90	43,79	33,32	7,21	3,66	23,98
Dic	80,89	31,90	26,24	8,67	5,43	32,37
Ene	63,26	34,75	28,71	7,07	6,20	25,85
Feb	53,79	47,02	38,19	5,20	5,95	18,20
Mar	45,43	68,63	47,17	4,06	5,30	14,11
Abr	43,15	90,24	50,52	3,05	4,63	10,61
May	30,54	116,81	42,54	1,36	3,76	6,30
Jun	10,57	150,02	18,28	0,22	2,77	3,20
Jul	1,50	168,10	2,69	0,01	2,03	2,07
Ago	5,57	155,77	5,38	0,06	1,60	1,71
Sep	25,62	113,27	20,87	0,67	1,42	2,56
Año	502,00	1.091,21	350,33	41,08	44,77	150,68

Figura 50. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas de la DHCMA.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Sistema I

Tabla 13. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema I. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	76,91	76,73	44,69	4,87	2,70	16,92
Nov	111,49	49,60	42,36	8,72	4,70	33,70
Dic	126,73	37,28	34,61	12,68	7,33	55,14
Ene	106,38	40,01	37,68	11,80	9,10	51,44
Feb	100,72	52,07	48,21	10,79	9,67	44,72
Mar	91,48	72,09	63,58	9,07	9,44	35,17
Abr	63,48	91,34	70,97	4,97	8,13	20,40

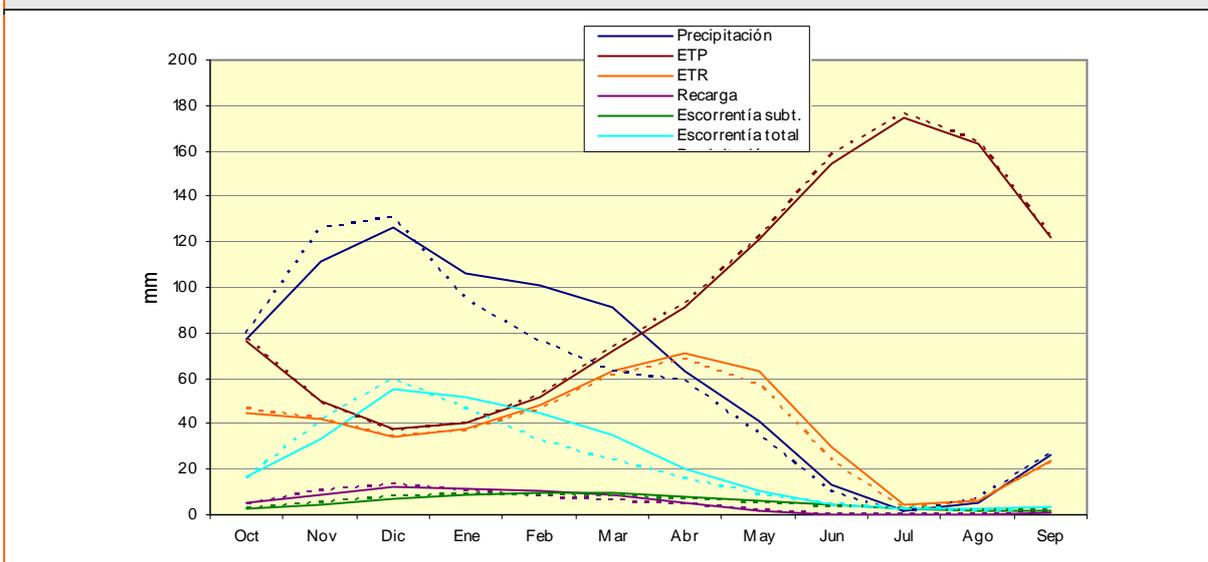
Tabla 13. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema I. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
May	41,38	121,41	63,59	1,99	6,14	10,59
Jun	13,57	154,43	29,90	0,25	4,21	4,72
Jul	1,82	174,58	4,23	0,01	2,88	2,94
Ago	5,39	163,52	6,39	0,13	2,14	2,37
Sep	26,00	121,53	23,69	0,73	1,81	3,27
Año	765,36	1.154,58	469,91	66,01	68,26	281,38

Tabla 14. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema I. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	79,59	76,98	46,28	4,70	2,48	15,89
Nov	125,51	49,31	42,40	10,37	4,96	41,21
Dic	130,36	37,08	34,20	13,42	7,79	59,84
Ene	94,52	40,55	36,71	10,77	9,08	46,20
Feb	76,22	52,28	46,67	8,24	8,81	32,61
Mar	62,89	74,03	61,02	6,17	7,84	23,70
Abr	58,76	92,69	68,22	4,09	6,66	16,23
May	35,40	121,90	57,06	1,69	5,14	8,60
Jun	10,06	157,49	23,50	0,19	3,57	4,01
Jul	0,98	176,19	2,66	0,00	2,47	2,54
Ago	6,77	164,29	6,35	0,11	1,86	2,05
Sep	27,11	122,04	22,51	0,57	1,57	2,72
Año	708,16	1.164,82	447,57	60,33	62,23	255,61

Figura 51. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del sistema I.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema I-1

Tabla 15. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-1. Serie 1940/41-2005/06.

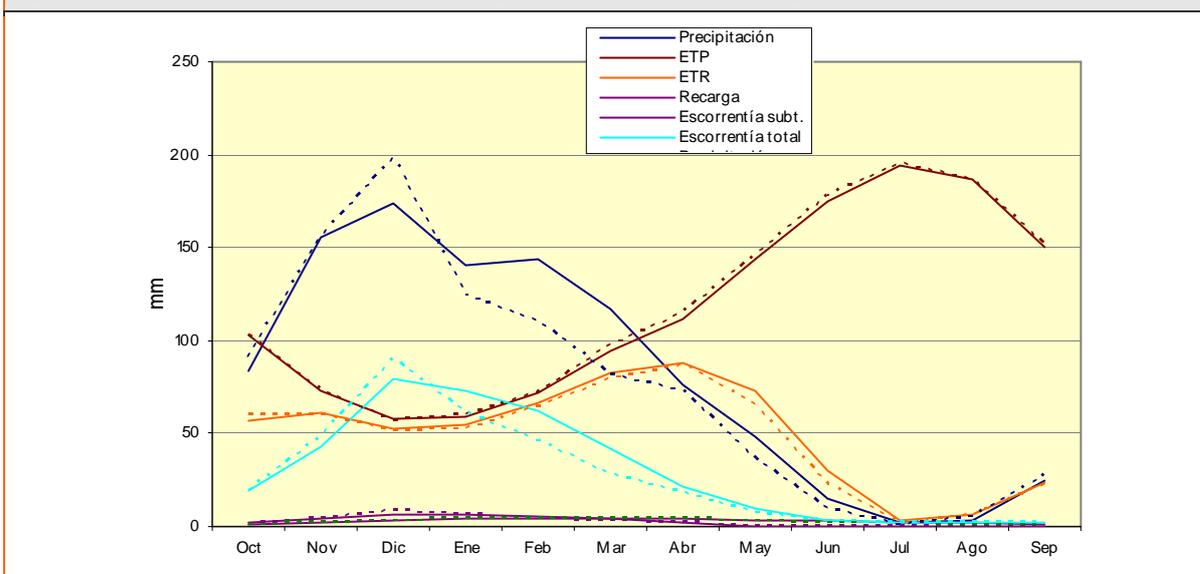
Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subst.	Escorrentía total
Oct	83,44	102,52	57,02	1,77	1,34	19,52
Nov	155,88	73,11	60,66	4,37	1,88	43,01
Dic	173,58	57,49	52,43	6,97	2,93	79,01
Ene	140,65	59,27	54,91	6,72	3,95	73,14
Feb	143,92	71,44	66,27	5,69	4,53	62,28
Mar	117,30	94,42	82,57	4,28	4,66	41,58
Abr	76,47	111,86	87,73	2,07	4,29	21,56
May	48,75	143,81	73,25	0,38	3,52	9,33
Jun	15,17	174,72	29,86	0,03	2,72	3,05
Jul	1,66	194,73	3,06	0,00	2,10	2,39
Ago	3,05	186,38	6,11	0,02	1,65	1,85
Sep	24,94	149,85	23,82	0,14	1,33	2,51
Año	984,79	1.419,62	597,68	32,45	34,88	359,24

Tabla 16. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-1. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subst.	Escorrentía total
Oct	91,62	103,46	60,18	1,59	1,23	19,31
Nov	156,00	73,14	60,58	4,80	1,86	48,24
Dic	198,80	57,34	51,37	8,44	3,15	89,77
Ene	124,65	60,62	52,98	6,31	4,22	60,71
Feb	110,14	71,67	63,95	4,77	4,53	46,43
Mar	81,35	97,21	79,54	3,44	4,42	27,37
Abr	73,16	114,91	86,83	1,71	3,95	17,95
May	35,95	145,57	65,15	0,40	3,24	7,66
Jun	9,31	178,41	22,86	0,05	2,52	3,01
Jul	1,00	195,78	2,50	0,00	1,96	2,53
Ago	4,99	186,69	5,92	0,03	1,54	1,84
Sep	27,57	151,06	22,78	0,06	1,24	1,76
Año	914,53	1.435,86	574,64	31,61	33,87	326,57



Figura 52. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema I-1



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema I-2

Tabla 17. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-2. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	105,58	83,65	55,26	8,75	4,15	29,82
Nov	147,79	54,84	48,51	15,06	7,97	58,02
Dic	183,09	41,40	39,37	22,44	12,74	99,10
Ene	157,73	43,36	41,76	20,91	15,57	91,22
Feb	140,12	55,11	52,51	19,60	16,17	79,99
Mar	128,49	75,63	68,88	15,98	15,38	59,73
Abr	85,15	92,87	77,10	9,39	12,76	35,89
May	56,55	123,39	71,73	3,94	9,10	17,91
Jun	17,40	157,30	36,44	0,43	5,66	6,65
Jul	1,46	182,01	5,79	0,00	3,46	3,47
Ago	4,71	172,72	7,59	0,34	2,43	2,97
Sep	31,72	132,09	28,49	1,23	2,11	4,59
Año	1.059,78	1.214,38	533,43	118,08	107,51	489,36

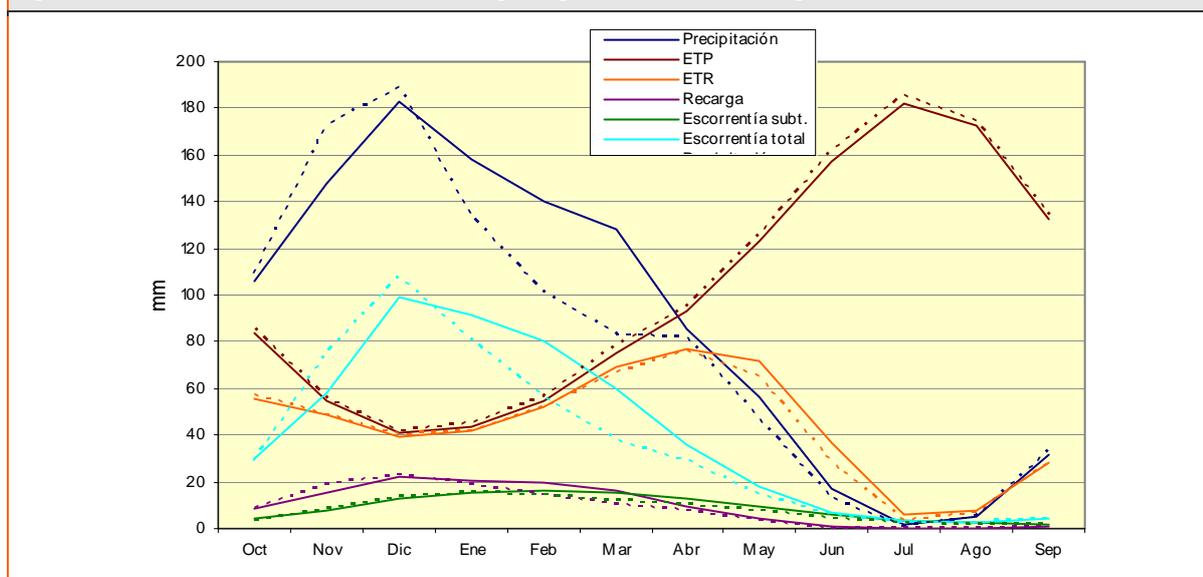
Tabla 18. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-2. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	109,62	85,76	57,11	8,79	3,83	29,25
Nov	172,71	55,67	48,74	18,78	8,73	75,40
Dic	188,54	42,10	40,03	23,16	13,64	107,34
Ene	133,28	44,94	41,83	18,83	15,20	80,64
Feb	100,59	56,35	52,14	14,61	14,20	56,16
Mar	82,48	78,97	66,82	10,17	12,11	37,49
Abr	82,31	95,25	75,94	8,05	9,99	28,76

Tabla 18. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-2. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía subt.	Escoorrentía total
May	47,04	125,30	65,26	3,19	7,34	14,33
Jun	12,91	161,93	28,49	0,41	4,56	5,71
Jul	1,13	185,21	3,83	0,00	2,79	2,79
Ago	5,11	174,67	6,96	0,25	1,95	2,30
Sep	33,71	134,36	27,90	0,98	1,70	3,93
Año	969,44	1.240,52	515,05	107,22	96,03	444,11

Figura 53. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema I-2.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema I-3

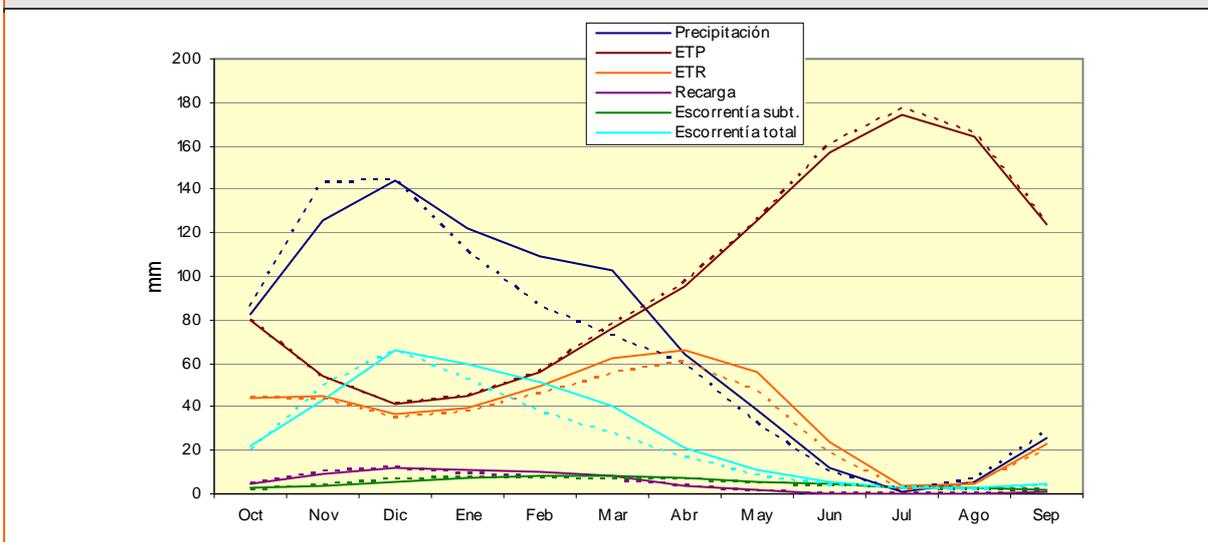
Tabla 19. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-3. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía subt.	Escoorrentía total
Oct	82,74	79,79	44,41	4,54	2,42	21,73
Nov	125,70	53,81	44,77	8,75	3,87	42,95
Dic	144,13	41,40	36,77	11,84	5,83	65,72
Ene	121,75	44,50	39,89	10,84	7,28	59,65
Feb	109,40	56,19	49,12	9,88	7,90	51,10
Mar	102,77	76,03	62,04	8,70	7,95	40,46
Abr	64,36	95,63	66,16	4,11	7,11	21,27
May	38,99	125,39	55,51	1,49	5,62	11,16
Jun	12,11	156,99	24,11	0,25	4,19	5,23
Jul	1,35	174,17	3,33	0,00	3,10	3,12
Ago	5,51	163,81	5,01	0,07	2,38	2,57
Sep	25,61	123,43	22,92	0,75	1,99	4,40
Año	834,42	1.191,14	454,03	61,21	59,65	329,35

Tabla 20. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-3. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	86,67	79,96	44,48	4,40	2,13	20,02
Nov	143,45	53,29	43,01	9,91	3,91	49,99
Dic	144,37	41,15	34,85	11,99	6,09	65,96
Ene	111,32	44,85	37,24	9,27	7,26	52,31
Feb	86,58	56,03	45,46	7,50	7,30	37,16
Mar	72,11	77,61	54,99	6,24	6,85	27,71
Abr	59,83	96,98	60,98	3,42	5,97	16,92
May	32,11	126,01	47,08	1,11	4,71	8,19
Jun	9,84	160,60	18,30	0,14	3,49	4,00
Jul	0,77	177,10	1,98	0,00	2,58	2,61
Ago	6,42	166,06	4,79	0,11	1,99	2,18
Sep	28,15	124,87	19,97	0,55	1,65	3,56
Año	781,63	1.204,51	413,13	54,64	53,92	290,61

Figura 54. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema I-3.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema I-4

Tabla 21. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-4. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	62,91	68,08	38,11	4,10	2,52	10,24
Nov	85,16	41,84	35,73	7,17	4,25	20,25
Dic	90,93	30,64	28,69	10,23	6,54	30,88
Ene	75,11	33,79	32,17	9,46	8,11	29,77
Feb	73,86	46,01	42,74	8,59	8,65	26,06
Mar	68,94	65,24	58,08	7,42	8,48	23,23
Abr	52,14	85,51	66,26	4,09	7,39	14,04
May	34,55	115,09	60,28	1,69	5,69	7,91

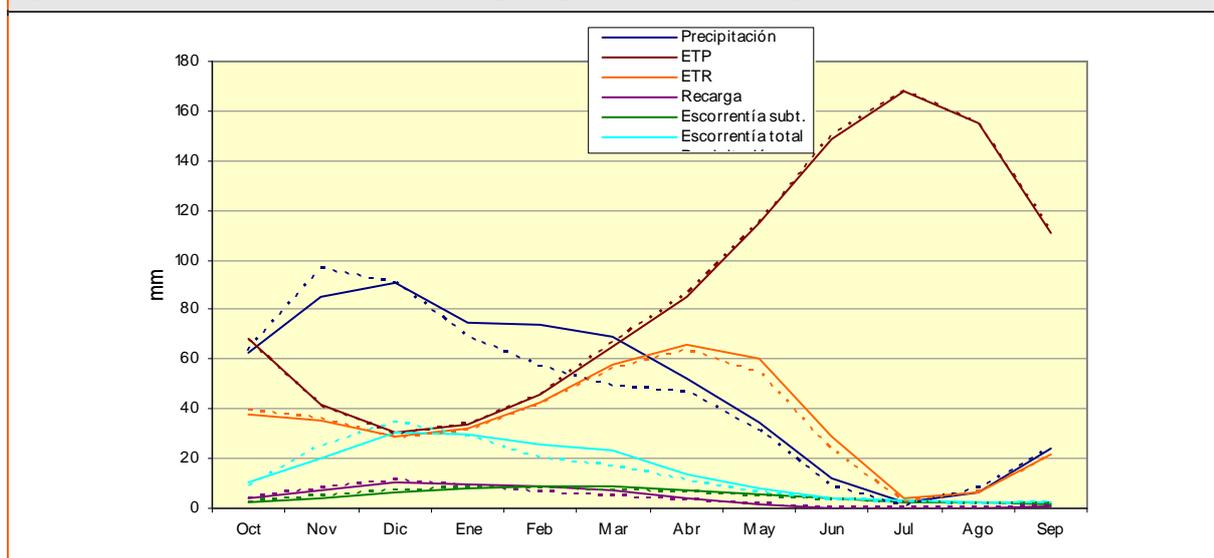
Tabla 21. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-4. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Jun	12,19	148,45	28,86	0,23	3,99	4,19
Jul	2,18	167,60	4,14	0,02	2,78	2,82
Ago	6,10	155,13	6,21	0,07	2,08	2,20
Sep	24,07	111,25	21,86	0,66	1,76	2,64
Año	588,13	1.068,62	423,13	53,74	62,22	174,22

Tabla 22. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-4. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	63,47	67,43	39,65	3,83	2,33	9,03
Nov	96,67	41,08	36,21	8,39	4,44	24,55
Dic	90,67	30,04	28,38	10,98	6,93	34,31
Ene	69,06	33,77	31,42	8,87	8,16	28,64
Feb	57,31	45,88	41,50	6,68	7,98	19,73
Mar	49,32	66,53	56,60	5,15	7,16	16,79
Abr	46,31	86,11	63,15	3,24	6,14	10,94
May	31,50	114,72	54,55	1,53	4,83	6,74
Jun	9,18	150,59	22,99	0,15	3,45	3,59
Jul	0,96	168,34	2,44	0,00	2,45	2,45
Ago	7,79	155,11	6,53	0,08	1,87	1,99
Sep	24,07	110,64	20,92	0,53	1,58	2,25
Año	546,31	1.070,25	404,34	49,44	57,31	161,01

Figura 55. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema I-4.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema I-5

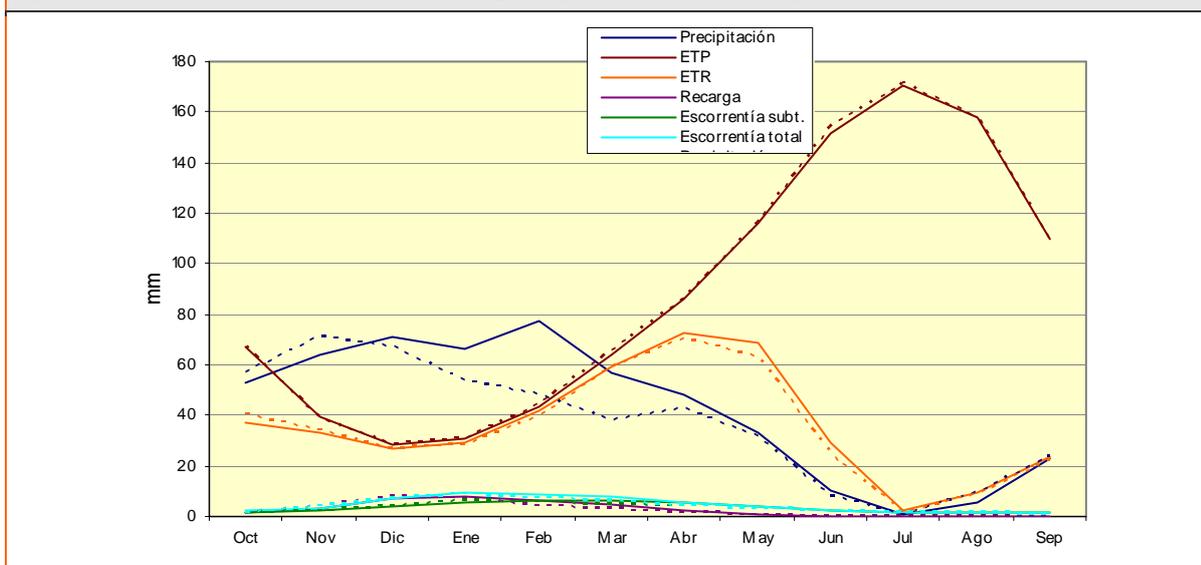
Tabla 23. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-5. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	52,85	67,08	37,45	1,85	1,42	1,99
Nov	64,06	39,10	33,55	3,27	2,17	3,50
Dic	70,80	28,06	26,62	7,15	3,84	6,89
Ene	66,70	30,66	29,49	7,86	5,69	9,74
Feb	77,31	43,80	41,46	6,26	6,48	8,82
Mar	56,75	64,07	59,48	5,12	6,34	8,05
Abr	48,10	85,83	72,54	2,05	5,28	5,77
May	33,03	115,68	68,57	0,94	3,83	3,99
Jun	10,59	151,55	29,17	0,01	2,64	2,72
Jul	1,15	170,89	2,73	0,00	1,84	1,88
Ago	5,89	157,88	9,44	0,12	1,46	1,62
Sep	22,72	109,96	24,06	0,22	1,22	1,30
Año	509,95	1.064,58	434,55	34,86	42,20	56,28

Tabla 24. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema I-5. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	57,06	67,21	40,31	1,94	1,28	1,70
Nov	71,38	38,71	33,75	3,86	2,24	3,65
Dic	66,84	28,09	26,46	8,10	4,20	7,37
Ene	53,40	31,10	28,59	7,45	5,95	9,01
Feb	48,17	44,12	39,51	3,81	5,89	6,73
Mar	38,24	65,80	58,82	3,24	5,03	6,04
Abr	42,91	86,28	70,20	1,21	3,97	4,23
May	31,72	115,74	62,82	0,75	2,89	3,04
Jun	7,84	154,34	24,19	0,01	2,07	2,28
Jul	1,17	171,17	1,86	0,00	1,50	1,61
Ago	9,65	157,73	8,30	0,02	1,23	1,27
Sep	23,96	109,90	22,41	0,09	1,01	1,08
Año	452,35	1.070,18	417,22	30,49	37,25	48,02

Figura 56. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema I-5.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Sistema II

Tabla 25. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema II. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	71,29	56,75	34,17	8,71	4,81	12,53
Nov	92,33	34,65	29,95	13,84	7,75	23,54
Dic	101,61	24,22	22,47	20,13	11,47	37,58
Ene	82,99	27,76	26,01	17,17	13,74	36,67
Feb	76,96	39,73	36,33	16,14	14,33	31,17
Mar	74,70	57,04	49,94	14,90	14,22	28,87
Abr	64,44	76,35	57,22	9,23	12,81	21,28
May	38,83	101,26	51,11	3,89	10,23	12,50
Jun	14,49	130,14	27,05	0,56	7,36	7,58
Jul	2,22	144,30	4,76	0,04	5,15	5,18
Ago	4,26	131,31	4,45	0,14	3,83	3,91
Sep	27,52	94,60	21,60	2,06	3,34	4,67
Año	651,63	918,12	365,05	106,81	109,05	225,49

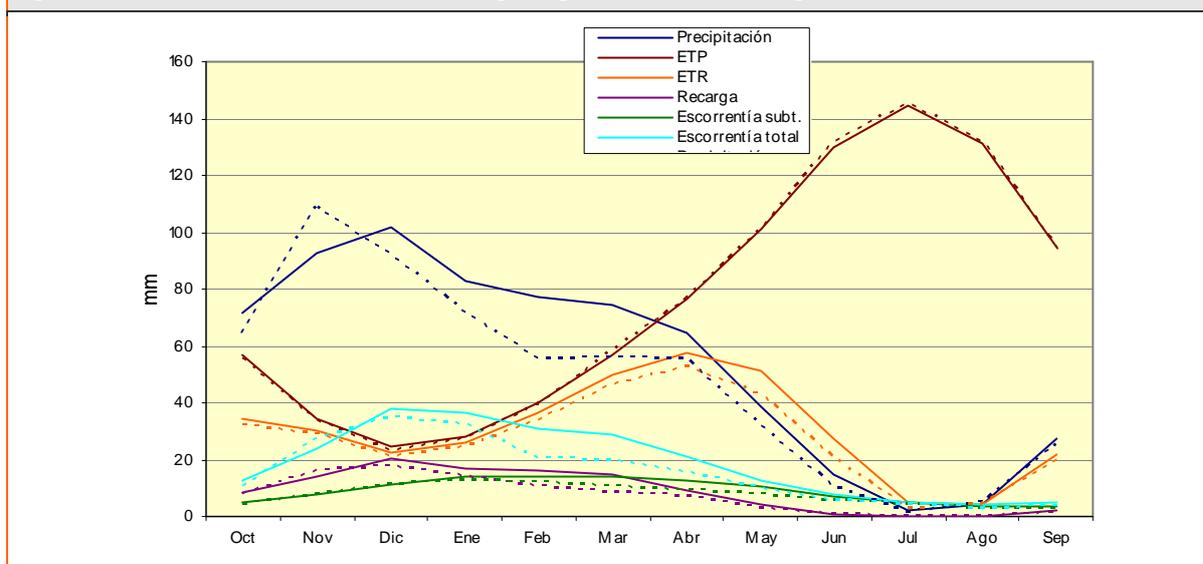
Tabla 26. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema II. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	64,79	55,73	32,37	7,74	4,02	10,38
Nov	109,12	33,66	28,61	16,10	7,56	27,64
Dic	91,68	23,35	21,28	17,36	11,02	35,28
Ene	71,73	27,28	24,27	13,81	12,30	32,26
Feb	55,17	39,26	33,71	10,31	11,68	20,64
Mar	56,01	57,93	46,51	8,60	10,54	19,31
Abr	55,27	76,52	52,31	7,18	9,43	15,55

Tabla 26. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema II. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escurrentía subt.	Escurrentía total
May	31,50	100,90	42,49	2,77	7,71	9,60
Jun	10,64	131,81	20,06	0,38	5,59	5,78
Jul	1,51	145,19	2,52	0,01	3,98	4,00
Ago	4,76	132,01	4,43	0,08	2,99	3,04
Sep	25,42	94,02	19,36	1,55	2,64	3,60
Año	577,58	917,66	327,92	85,90	89,48	187,08

Figura 57. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del sistema II.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema II-1

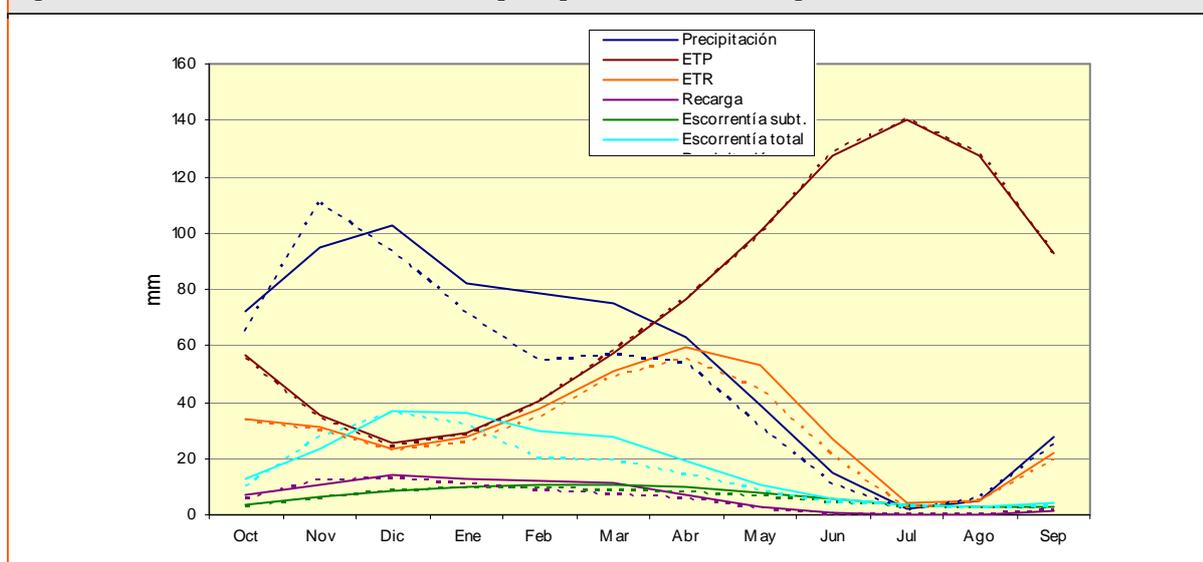
Tabla 27. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-1. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escurrentía subt.	Escurrentía total
Oct	72,11	56,86	34,30	6,79	3,71	12,53
Nov	94,56	35,40	30,81	10,74	6,04	23,27
Dic	102,38	25,32	23,68	14,24	8,67	36,48
Ene	81,97	28,88	27,32	12,74	10,14	35,90
Feb	78,80	40,44	37,42	12,15	10,69	29,61
Mar	75,38	57,23	51,29	11,23	10,75	27,37
Abr	62,80	76,11	59,53	7,30	9,73	18,86
May	38,97	100,47	53,04	2,99	7,72	10,30
Jun	14,87	127,62	27,14	0,48	5,45	5,73
Jul	2,05	140,15	4,56	0,04	3,77	3,80
Ago	4,92	127,77	4,63	0,15	2,80	2,90
Sep	27,36	93,07	21,81	1,72	2,48	4,11
Año	656,16	909,33	375,52	80,56	81,95	210,85

Tabla 28. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-1. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía subt.	Escoorrentía total
Oct	65,06	55,32	33,05	5,94	3,18	10,26
Nov	110,56	34,22	29,62	12,37	5,97	27,76
Dic	93,21	24,14	22,46	13,06	8,53	36,21
Ene	71,29	28,15	25,67	10,57	9,41	32,21
Feb	54,71	39,74	34,96	8,31	9,06	19,54
Mar	56,98	57,87	48,55	7,16	8,34	19,16
Abr	53,55	76,22	55,03	5,77	7,52	14,16
May	31,42	99,15	44,33	2,20	6,07	8,24
Jun	10,27	128,57	20,52	0,32	4,31	4,54
Jul	1,22	139,90	2,44	0,00	3,03	3,06
Ago	5,54	127,82	4,83	0,09	2,28	2,35
Sep	24,89	91,76	19,34	1,23	2,02	3,04
Año	578,69	902,85	340,80	67,03	69,72	180,53

Figura 58. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema II-1.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema II-2

Tabla 29. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-2. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía subt.	Escoorrentía total
Oct	84,72	52,68	32,54	13,54	10,16	12,41
Nov	110,23	29,09	25,96	24,14	13,15	18,79
Dic	125,74	19,40	18,57	38,12	18,04	30,52
Ene	101,65	21,99	21,40	36,27	22,79	34,75
Feb	96,26	34,52	32,81	34,19	25,50	34,73
Mar	91,30	51,55	47,64	31,39	26,51	33,85
Abr	77,51	69,73	58,33	19,15	25,66	29,15

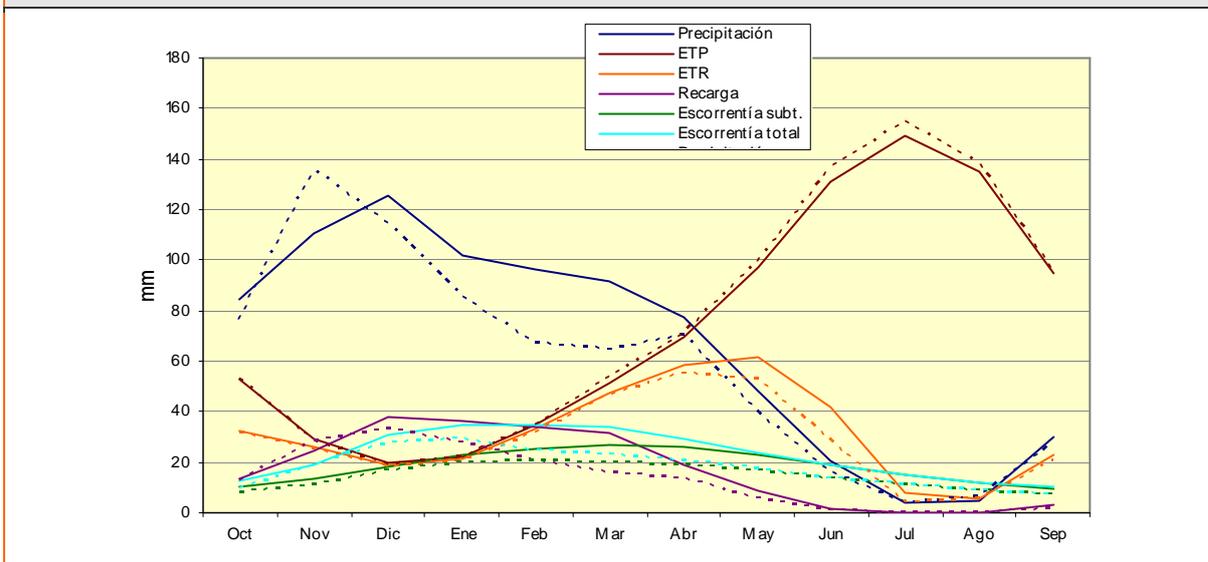
Tabla 29. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-2. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escurrentía subt.	Escurrentía total
May	48,32	96,97	61,71	8,37	22,78	23,83
Jun	20,21	131,21	41,76	1,25	18,68	18,76
Jul	4,15	149,45	8,23	0,09	14,73	14,74
Ago	4,86	134,79	5,44	0,26	11,66	11,67
Sep	29,73	94,46	23,21	3,39	9,68	9,94
Año	794,69	885,85	377,62	210,17	219,33	273,13

Tabla 30. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-2. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escurrentía subt.	Escurrentía total
Oct	76,47	52,58	31,77	12,31	7,67	9,40
Nov	135,78	28,52	25,11	28,78	11,38	18,81
Dic	114,08	19,03	18,09	32,92	16,43	27,68
Ene	85,49	22,05	20,79	27,94	19,88	28,87
Feb	66,83	34,83	31,25	20,29	20,77	24,20
Mar	64,91	54,01	46,65	16,10	20,03	22,93
Abr	70,54	71,41	55,36	13,63	18,74	20,57
May	39,14	99,15	52,77	5,27	16,61	17,16
Jun	15,79	136,38	28,81	0,65	13,61	13,65
Jul	3,59	154,57	3,72	0,03	10,76	10,77
Ago	6,35	138,38	5,38	0,15	8,56	8,57
Sep	27,49	95,46	20,62	1,96	7,09	7,19
Año	706,45	906,37	340,33	160,01	171,53	209,79

Figura 59. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema II-2.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema II-3

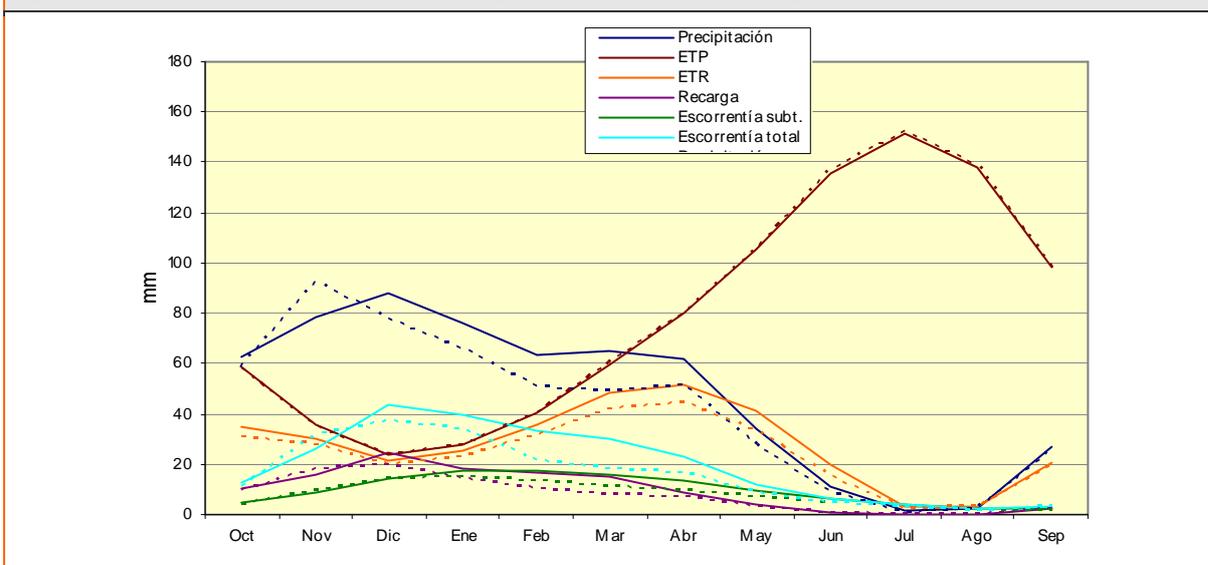
Tabla 31. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-3. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	62,92	58,49	34,68	10,70	4,70	12,59
Nov	78,56	35,66	29,94	15,87	9,02	26,47
Dic	88,14	24,06	21,63	24,75	14,64	43,52
Ene	76,25	28,01	25,27	17,92	17,50	39,37
Feb	63,42	40,65	35,56	16,42	17,13	32,98
Mar	65,09	59,27	47,98	15,20	16,11	29,86
Abr	61,80	80,10	51,44	8,81	13,57	22,93
May	33,91	105,13	41,58	3,77	9,81	11,98
Jun	10,88	135,31	19,71	0,42	6,16	6,36
Jul	1,65	151,22	3,55	0,01	3,65	3,66
Ago	2,45	137,64	3,57	0,07	2,38	2,43
Sep	26,81	98,14	20,33	2,17	2,20	3,38
Año	571,89	953,69	335,23	116,09	116,87	235,53

Tabla 32. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema II-3. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	58,50	58,19	31,12	9,58	4,18	11,14
Nov	92,91	34,89	28,03	18,40	9,31	31,66
Dic	77,33	23,64	20,16	19,53	14,05	36,87
Ene	66,04	27,84	22,77	14,29	15,15	34,01
Feb	50,57	40,33	32,05	10,00	13,22	21,40
Mar	49,51	59,98	41,84	8,21	10,92	17,89
Abr	51,72	79,69	44,69	7,25	9,24	16,28
May	27,97	105,69	33,34	2,86	7,10	8,99
Jun	8,97	136,93	14,75	0,40	4,60	4,76
Jul	1,15	152,63	2,14	0,00	2,84	2,84
Ago	2,21	138,42	3,06	0,02	1,91	1,92
Sep	25,62	98,44	18,78	2,10	1,87	3,11
Año	512,50	956,67	292,72	92,65	94,39	190,87

Figura 60. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema II-3.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Sistema III

Tabla 33. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema III. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía sub.	Escoorrentía total
Oct	51,17	64,44	32,96	4,65	2,75	11,75
Nov	64,89	38,79	28,59	7,22	4,33	20,42
Dic	75,38	26,29	21,67	10,81	6,46	30,06
Ene	63,71	28,71	24,94	10,19	7,97	27,78
Feb	57,56	41,46	35,16	8,33	8,18	23,59
Mar	51,59	61,45	46,50	6,66	7,67	19,44
Abr	49,54	85,56	50,15	4,98	6,81	16,48
May	32,29	109,66	39,09	2,20	5,53	9,45
Jun	11,65	139,24	19,40	0,35	4,03	4,66
Jul	2,32	160,00	3,99	0,02	2,88	2,95
Ago	3,98	147,66	5,14	0,13	2,24	2,47
Sep	21,88	105,16	19,58	1,15	2,01	3,71
Año	485,96	1.008,42	327,18	56,69	60,85	172,79

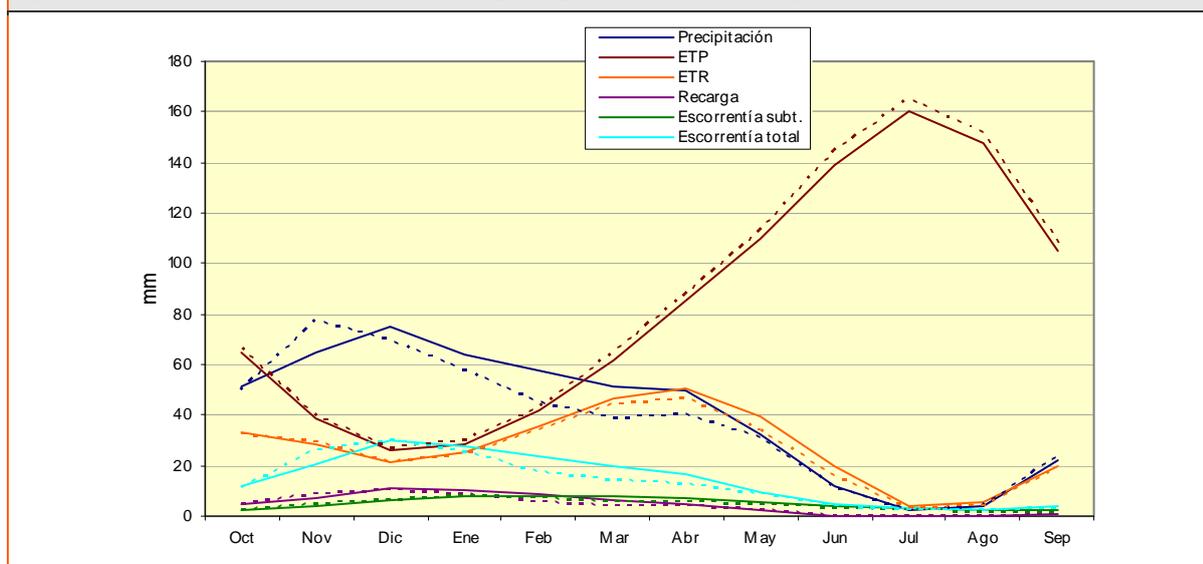
Tabla 34. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema III. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía sub.	Escoorrentía total
Oct	49,82	66,24	32,20	4,49	2,47	10,99
Nov	77,44	39,24	29,04	8,88	4,51	26,01
Dic	69,59	27,01	21,11	10,02	6,61	30,06
Ene	57,69	29,92	24,11	8,56	7,50	24,88
Feb	45,06	42,68	34,07	5,49	6,97	17,03
Mar	38,84	64,47	44,39	4,12	5,92	13,82
Abr	40,48	87,79	46,39	3,84	5,17	12,57
May	30,67	112,51	33,82	2,00	4,38	8,33

Tabla 34. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema III. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía subt.	Escoorrentía total
Jun	11,40	144,52	16,18	0,39	3,32	4,00
Jul	2,15	165,23	2,96	0,02	2,43	2,47
Ago	3,86	151,97	3,64	0,05	1,88	1,99
Sep	23,90	108,07	18,68	1,05	1,71	3,43
Año	450,91	1.039,67	306,59	48,92	52,88	155,57

Figura 61. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del sistema III.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema III-1

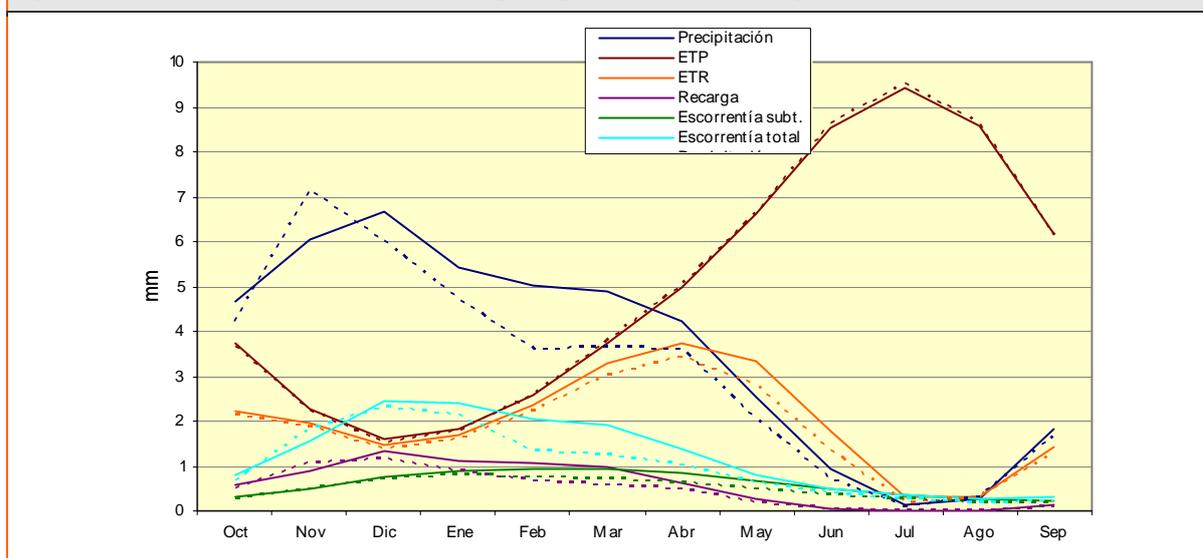
Tabla 35. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-1. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía subt.	Escoorrentía total
Oct	61,27	60,78	31,75	9,37	4,23	11,00
Nov	78,35	37,59	28,63	15,07	8,76	23,81
Dic	90,52	24,95	20,70	24,20	14,83	38,16
Ene	79,66	29,06	24,87	18,41	17,64	37,26
Feb	62,80	42,36	34,51	15,91	16,64	30,30
Mar	60,79	61,58	44,46	13,05	14,87	25,18
Abr	57,13	84,68	44,27	7,40	11,91	18,54
May	31,51	107,68	32,54	3,96	8,19	10,18
Jun	9,27	135,10	13,10	0,46	4,71	4,81
Jul	2,00	151,46	2,43	0,07	2,42	2,42
Ago	2,51	139,21	2,36	0,05	1,44	1,45
Sep	25,01	99,56	18,74	2,02	1,58	2,83
Año	560,81	974,03	298,36	109,98	107,22	205,93

Tabla 36. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-1. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	64,05	61,29	29,73	8,86	3,88	10,58
Nov	104,28	37,23	26,80	19,03	9,81	30,08
Dic	90,04	24,93	19,07	21,46	15,25	36,75
Ene	72,51	29,44	22,37	14,93	16,16	32,42
Feb	53,38	42,30	30,79	8,64	13,32	20,19
Mar	52,71	62,66	37,64	7,34	10,21	15,97
Abr	45,17	84,94	38,49	5,14	8,16	13,22
May	29,64	108,71	25,42	3,16	6,06	8,04
Jun	9,04	138,24	10,79	0,57	3,66	3,83
Jul	1,95	153,82	1,83	0,03	1,96	1,96
Ago	2,85	140,44	2,22	0,06	1,18	1,19
Sep	23,63	100,70	15,83	1,63	1,30	2,23
Año	549,25	984,71	260,96	90,86	90,95	176,47

Figura 62. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema III-1.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema III-2

Tabla 37. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-2. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	60,19	64,36	35,15	7,77	4,22	18,68
Nov	77,23	36,66	29,91	11,99	6,70	31,54
Dic	89,80	23,70	21,32	17,79	9,96	46,14
Ene	74,45	26,43	24,55	15,48	12,15	40,35
Feb	70,29	39,96	35,19	13,62	12,50	36,63
Mar	60,36	61,07	48,80	11,48	11,88	32,99
Abr	54,22	84,92	51,88	8,18	10,57	26,48
May	38,27	112,07	41,71	3,75	8,59	15,17

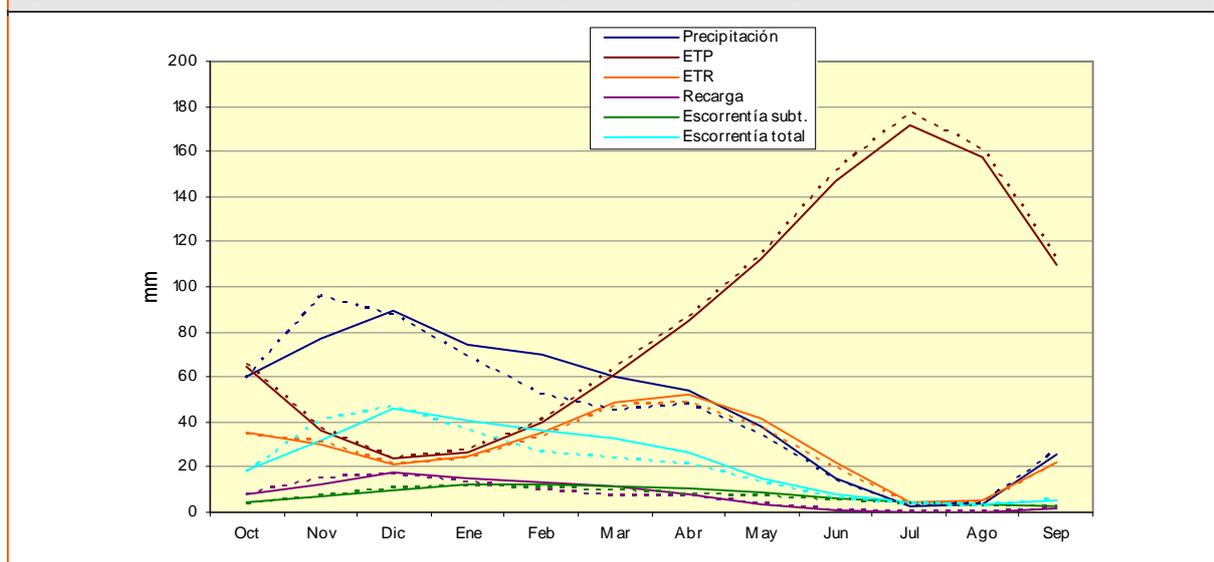
Tabla 37. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-2. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Jun	15,14	146,58	21,80	0,68	6,33	7,55
Jul	2,32	171,92	4,22	0,03	4,52	4,65
Ago	3,90	157,36	5,31	0,21	3,43	3,77
Sep	25,53	109,87	21,86	1,96	3,05	5,74
Año	571,70	1.034,88	341,69	92,94	93,91	269,68

Tabla 38. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-2. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	59,69	65,44	34,64	7,66	3,84	17,69
Nov	95,59	36,87	30,80	15,34	7,15	40,78
Dic	87,22	24,22	21,56	16,56	10,47	46,51
Ene	69,01	27,47	24,27	13,61	11,74	36,32
Feb	51,86	41,00	33,90	9,34	10,97	26,66
Mar	45,28	63,84	46,59	7,18	9,45	23,84
Abr	47,95	86,38	48,93	6,82	8,26	20,92
May	34,48	113,93	36,87	3,46	6,98	13,35
Jun	14,43	151,52	19,14	0,70	5,28	6,39
Jul	2,57	176,87	3,57	0,03	3,80	3,88
Ago	3,96	160,82	4,21	0,07	2,87	3,00
Sep	27,79	112,22	21,41	1,74	2,57	5,29
Año	539,82	1.060,59	325,89	82,52	83,37	244,64

Figura 63. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema III-2.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema III-3

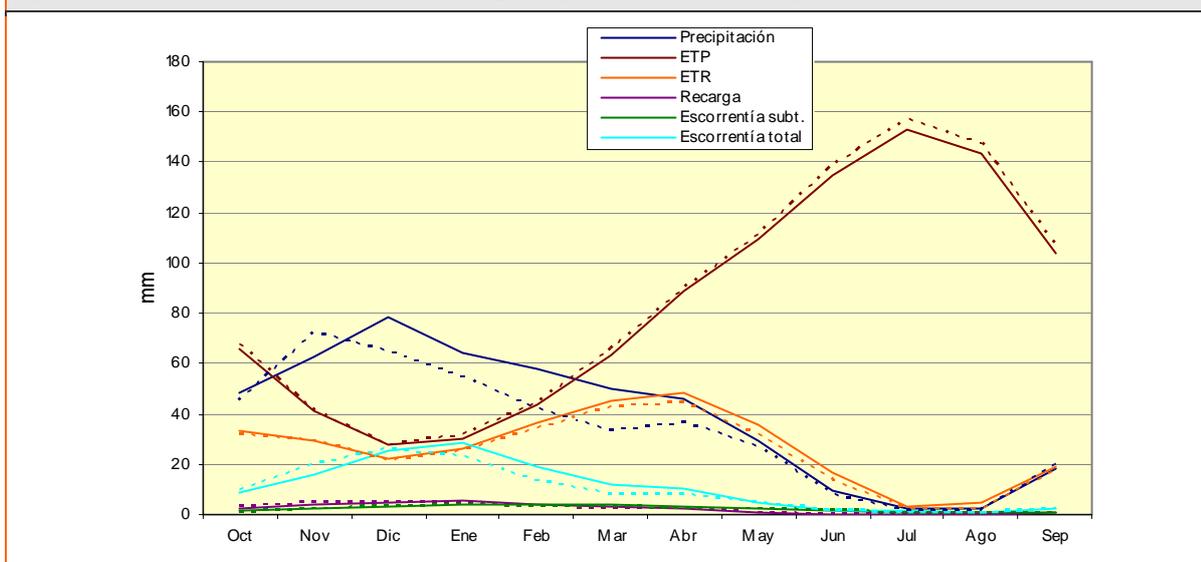
Tabla 39. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-3. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	48,71	66,18	33,54	2,61	1,21	9,01
Nov	62,38	40,98	29,65	3,83	2,01	15,52
Dic	78,38	27,41	22,10	5,12	2,96	25,58
Ene	64,44	30,52	26,34	5,58	3,72	28,20
Feb	57,52	43,33	36,21	4,27	3,93	19,22
Mar	49,65	63,32	45,57	2,78	3,65	11,75
Abr	46,37	88,43	48,18	2,18	3,16	10,17
May	29,33	109,79	35,54	0,95	2,50	5,05
Jun	9,21	134,85	16,38	0,13	1,75	1,94
Jul	2,04	153,41	3,44	0,01	1,18	1,19
Ago	2,52	143,88	4,45	0,07	0,88	1,11
Sep	18,36	104,23	19,05	0,68	0,79	2,21
Año	468,90	1.006,33	320,43	28,21	27,75	130,94

Tabla 40. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-3. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	45,58	67,45	31,38	2,84	1,16	9,17
Nov	72,11	41,04	29,38	4,41	2,20	20,20
Dic	64,82	28,06	21,08	5,01	3,19	26,51
Ene	54,91	31,63	25,23	4,42	3,64	23,35
Feb	42,13	44,06	33,73	3,31	3,53	13,45
Mar	33,10	65,89	42,42	2,13	3,04	7,90
Abr	36,12	89,67	44,72	2,07	2,61	7,68
May	27,31	111,37	31,52	0,98	2,18	4,99
Jun	7,99	138,65	13,62	0,10	1,59	1,80
Jul	1,45	157,26	1,99	0,01	1,09	1,10
Ago	1,76	147,69	2,08	0,01	0,80	0,81
Sep	19,73	106,12	17,27	0,65	0,72	2,05
Año	407,01	1.028,90	294,42	25,92	25,76	119,01

Figura 64. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema III-3.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema III-4

Tabla 41. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-4. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	42,59	64,43	31,00	1,92	1,77	6,70
Nov	52,90	40,09	27,07	3,04	2,40	11,81
Dic	59,40	28,39	21,98	4,65	3,36	16,22
Ene	51,66	30,05	24,81	5,91	4,33	15,16
Feb	45,56	42,02	34,87	3,96	4,61	12,61
Mar	43,19	61,12	45,09	2,81	4,29	9,30
Abr	45,40	85,27	50,15	2,77	4,01	9,54
May	28,15	107,78	38,96	1,01	3,48	5,82
Jun	9,76	134,87	19,24	0,13	2,68	3,04
Jul	2,46	152,98	4,20	0,01	2,09	2,13
Ago	4,77	141,62	5,63	0,10	1,77	1,93
Sep	19,42	102,13	17,87	0,47	1,57	2,57
Año	405,26	990,75	320,87	26,78	36,35	96,83

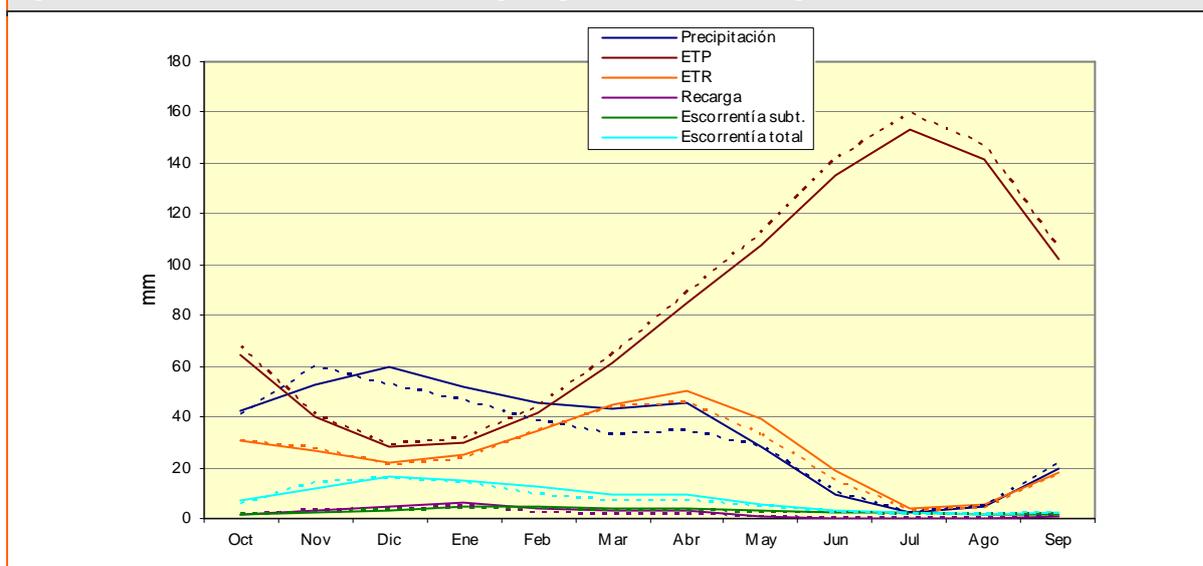
Tabla 42. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-4. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	40,50	67,25	30,68	1,63	1,51	5,75
Nov	59,36	41,00	27,68	3,25	2,21	14,37
Dic	52,71	29,40	21,02	4,32	3,14	15,78
Ene	46,50	31,57	23,85	4,60	3,84	14,20
Feb	38,85	43,75	34,80	2,39	3,71	9,31
Mar	33,12	64,80	44,10	1,64	3,17	6,70
Abr	34,71	88,80	45,87	1,64	2,88	6,79

Tabla 42. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema III-4. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escurrentía subt.	Escurrentía total
May	28,62	112,21	33,15	0,90	2,60	5,08
Jun	10,25	141,26	15,23	0,19	2,15	2,67
Jul	2,06	159,36	2,92	0,01	1,74	1,78
Ago	4,64	147,30	3,88	0,04	1,49	1,62
Sep	21,94	106,15	17,17	0,49	1,35	2,43
Año	373,26	1.032,87	300,35	21,09	29,79	86,47

Figura 65. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema III-4.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Sistema IV

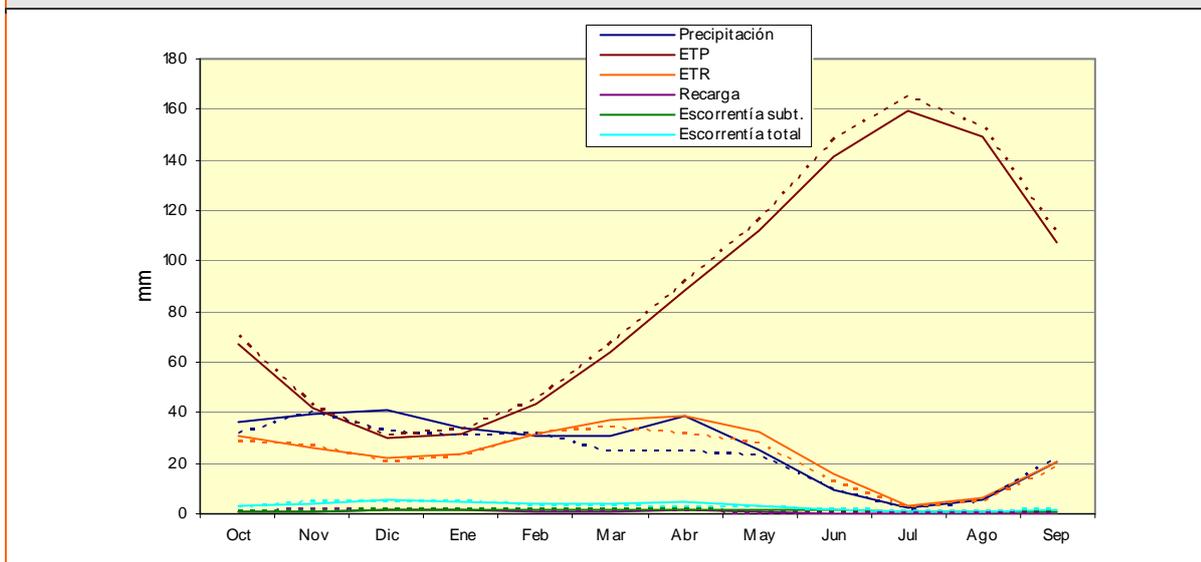
Tabla 43. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema IV. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escurrentía subt.	Escurrentía total
Oct	36,62	67,48	30,51	0,87	1,01	3,28
Nov	39,60	41,90	26,14	1,17	1,16	4,22
Dic	40,84	30,18	22,14	1,77	1,37	5,54
Ene	34,27	31,58	23,57	1,47	1,51	4,60
Feb	31,16	43,57	31,55	1,00	1,56	4,03
Mar	30,71	64,09	36,95	0,86	1,51	3,68
Abr	38,68	88,24	38,99	1,26	1,50	4,34
May	25,18	112,44	31,98	0,49	1,41	2,89
Jun	9,25	141,66	15,50	0,08	1,21	1,52
Jul	2,07	159,79	3,42	0,01	1,05	1,15
Ago	5,13	148,95	6,07	0,07	0,98	1,13
Sep	20,40	107,05	20,30	0,28	0,94	1,82
Año	313,92	1.036,93	287,11	9,32	15,21	38,21

Tabla 44. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema IV. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escurrentía subt.	Escurrentía total
Oct	31,40	69,93	28,07	0,60	0,87	2,43
Nov	40,31	42,84	26,80	1,20	1,04	4,43
Dic	32,27	31,12	20,81	1,35	1,20	4,36
Ene	30,85	32,88	22,91	1,19	1,32	4,36
Feb	31,52	45,08	31,37	0,61	1,32	3,19
Mar	24,83	67,22	34,15	0,55	1,25	2,85
Abr	24,68	91,32	31,41	0,59	1,20	2,74
May	22,83	116,45	28,01	0,31	1,11	2,35
Jun	9,68	147,79	12,26	0,11	0,98	1,43
Jul	1,42	165,31	2,35	0,00	0,88	0,89
Ago	4,71	153,44	4,89	0,01	0,82	0,86
Sep	22,03	110,83	18,53	0,27	0,81	1,55
Año	276,52	1.074,19	261,55	6,79	12,81	31,45

Figura 66. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del sistema IV.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema IV-1

Tabla 45. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-1. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escurrentía subt.	Escurrentía total
Oct	38,40	65,96	31,32	0,85	0,91	3,85
Nov	42,53	39,90	26,31	1,33	1,07	5,10
Dic	43,66	28,39	21,82	2,01	1,31	6,75
Ene	36,41	29,63	23,21	1,77	1,52	5,63
Feb	33,84	41,53	32,10	1,14	1,60	4,87
Mar	33,44	62,28	39,64	1,06	1,53	4,45
Abr	40,92	86,04	42,26	1,51	1,52	5,26

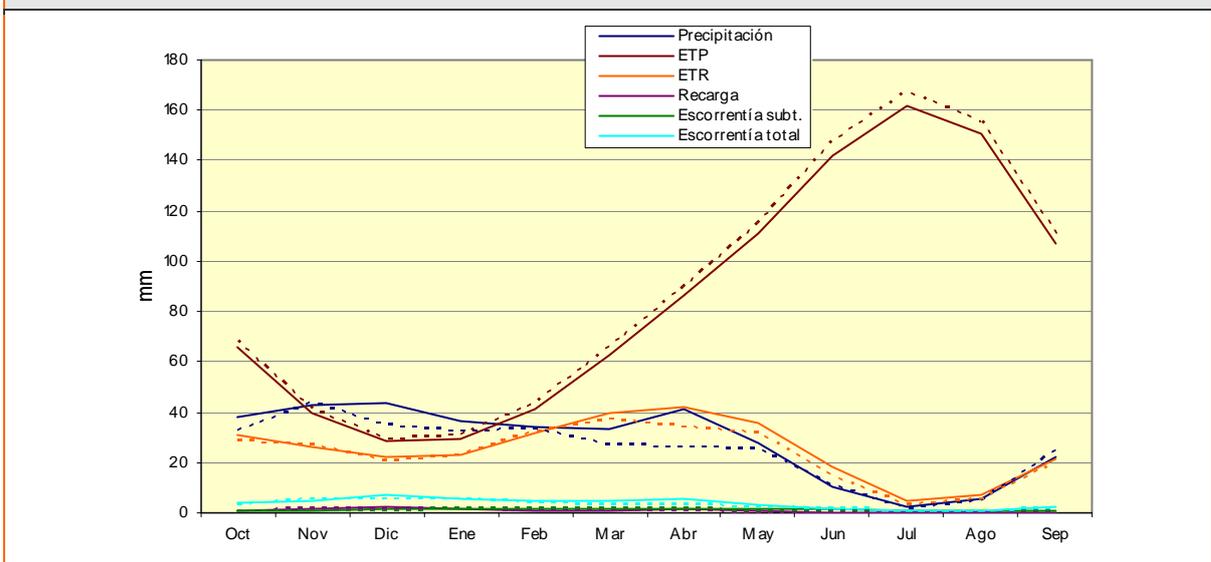
Tabla 45. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-1. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía subt.	Escoorrentía total
May	27,82	110,78	35,70	0,55	1,42	3,37
Jun	10,28	141,63	18,05	0,09	1,20	1,61
Jul	2,67	162,03	4,40	0,01	1,01	1,14
Ago	5,73	150,86	6,78	0,07	0,91	1,11
Sep	22,11	106,79	21,51	0,30	0,86	2,03
Año	337,81	1.025,82	303,10	10,69	14,87	45,16

Tabla 46. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-1. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía subt.	Escoorrentía total
Oct	32,14	68,55	28,76	0,58	0,78	2,84
Nov	43,83	40,94	27,11	1,41	0,96	5,47
Dic	34,60	29,45	20,84	1,66	1,17	5,40
Ene	32,64	31,20	22,98	1,46	1,34	5,43
Feb	33,38	43,42	32,32	0,70	1,36	3,85
Mar	27,15	65,80	37,29	0,64	1,26	3,41
Abr	26,30	89,32	34,33	0,70	1,19	3,24
May	25,63	115,04	31,61	0,36	1,09	2,77
Jun	11,05	147,80	14,43	0,12	0,95	1,55
Jul	1,75	167,33	2,87	0,00	0,84	0,85
Ago	5,01	155,16	5,32	0,01	0,76	0,82
Sep	24,64	110,64	19,76	0,29	0,73	1,71
Año	298,11	1.064,64	277,64	7,94	12,44	37,34

Figura 67. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-1.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema IV-2

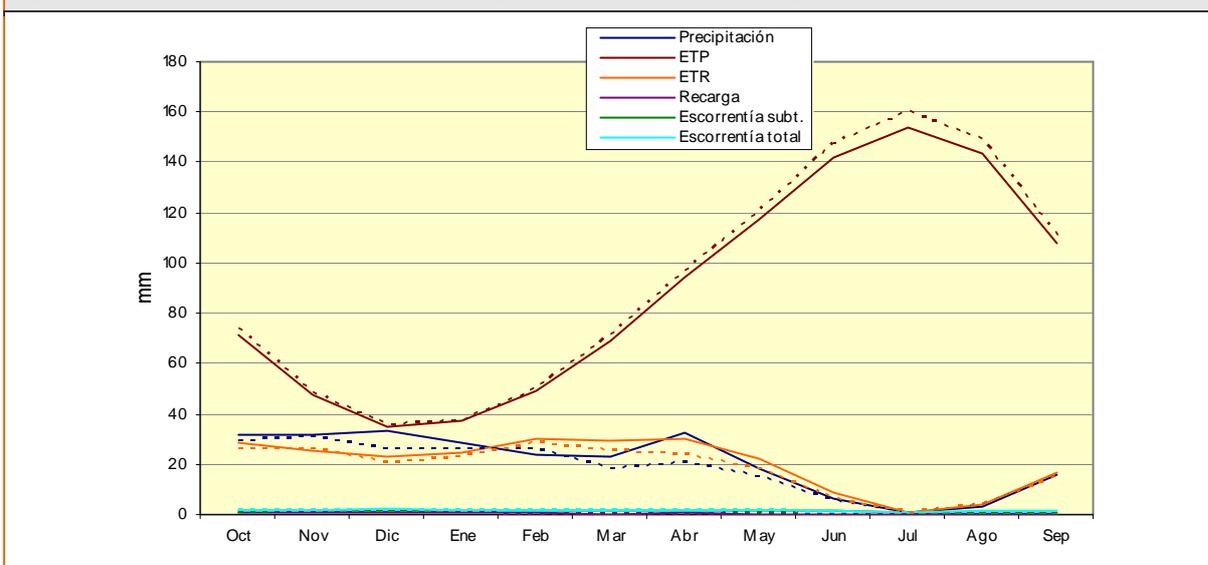
Tabla 47. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-2. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	31,76	71,64	28,30	0,92	1,26	1,72
Nov	31,58	47,35	25,70	0,73	1,40	1,81
Dic	33,13	35,07	23,01	1,10	1,52	2,25
Ene	28,43	36,90	24,56	0,65	1,49	1,81
Feb	23,86	49,12	30,04	0,61	1,47	1,75
Mar	23,25	69,05	29,61	0,31	1,43	1,58
Abr	32,58	94,24	30,04	0,55	1,44	1,85
May	17,97	116,99	21,81	0,32	1,38	1,58
Jun	6,45	141,75	8,52	0,06	1,25	1,27
Jul	0,45	153,66	0,74	0,00	1,16	1,16
Ago	3,50	143,74	4,12	0,08	1,14	1,19
Sep	15,74	107,75	16,99	0,24	1,16	1,27
Año	248,69	1067,25	243,44	5,58	16,12	19,24

Tabla 48. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-2. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	29,39	73,67	26,16	0,68	1,10	1,33
Nov	30,70	48,03	25,93	0,63	1,25	1,60
Dic	25,91	35,67	20,73	0,52	1,28	1,51
Ene	25,98	37,46	22,72	0,43	1,25	1,42
Feb	26,45	49,62	28,76	0,36	1,23	1,36
Mar	18,47	71,12	25,58	0,28	1,22	1,34
Abr	20,26	96,78	23,43	0,28	1,22	1,36
May	15,20	120,29	18,18	0,16	1,15	1,21
Jun	5,94	147,75	6,33	0,09	1,07	1,12
Jul	0,52	159,82	0,93	0,00	1,02	1,02
Ago	3,89	148,74	3,69	0,00	0,99	0,99
Sep	14,88	111,34	15,17	0,19	1,01	1,11
Año	217,58	1100,29	217,62	3,64	13,81	15,37

Figura 68. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema IV-2.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Sistema V

Tabla 49. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema V. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	45,88	66,92	32,09	1,60	1,14	3,03
Nov	37,74	40,67	25,65	1,44	1,29	3,39
Dic	35,30	28,55	21,37	1,66	1,41	4,23
Ene	29,91	30,17	23,12	1,09	1,47	3,07
Feb	29,35	42,92	30,93	1,19	1,51	3,14
Mar	31,21	63,50	36,17	1,22	1,56	3,16
Abr	41,82	88,48	42,73	1,52	1,62	3,67
May	28,53	113,19	37,32	0,73	1,60	2,59
Jun	13,44	143,64	17,88	0,17	1,44	1,64
Jul	2,56	159,81	3,98	0,02	1,26	1,28
Ago	5,95	147,78	6,32	0,10	1,14	1,32
Sep	24,79	105,23	22,60	0,45	1,07	1,87
Año	326,47	1.030,86	300,16	11,19	16,52	32,38

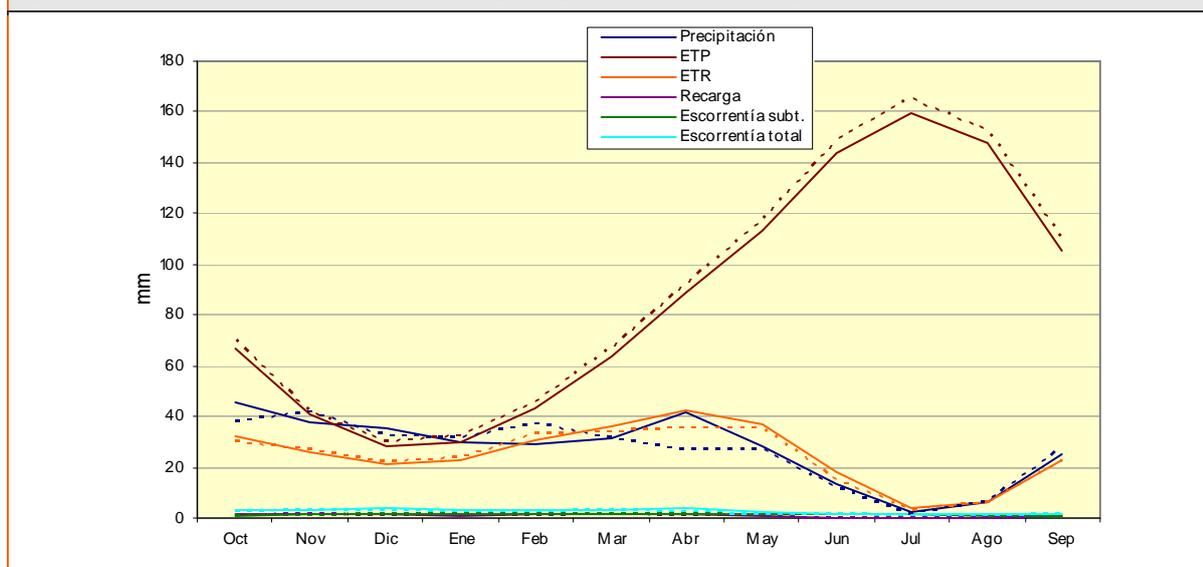
Tabla 50. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema V. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	37,55	69,62	29,62	1,18	1,00	2,25
Nov	41,60	41,71	26,77	1,33	1,12	3,07
Dic	31,88	30,14	21,94	1,14	1,21	3,04
Ene	31,58	32,27	23,95	0,91	1,24	2,54
Feb	36,62	45,25	32,87	1,03	1,26	2,74
Mar	31,42	66,95	33,81	1,26	1,32	3,17
Abr	26,46	91,59	35,25	0,87	1,34	2,46
May	27,00	116,77	34,99	0,49	1,28	1,93

Tabla 50. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del sistema V. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía subt.	Escoorrentía total
Jun	11,46	148,86	14,56	0,13	1,18	1,40
Jul	1,93	165,09	2,84	0,00	1,06	1,06
Ago	5,94	152,79	6,00	0,03	0,97	1,00
Sep	27,56	109,75	22,36	0,53	0,93	1,84
Año	310,99	1.070,79	284,95	8,90	13,90	26,51

Figura 69. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del sistema V.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema V-1

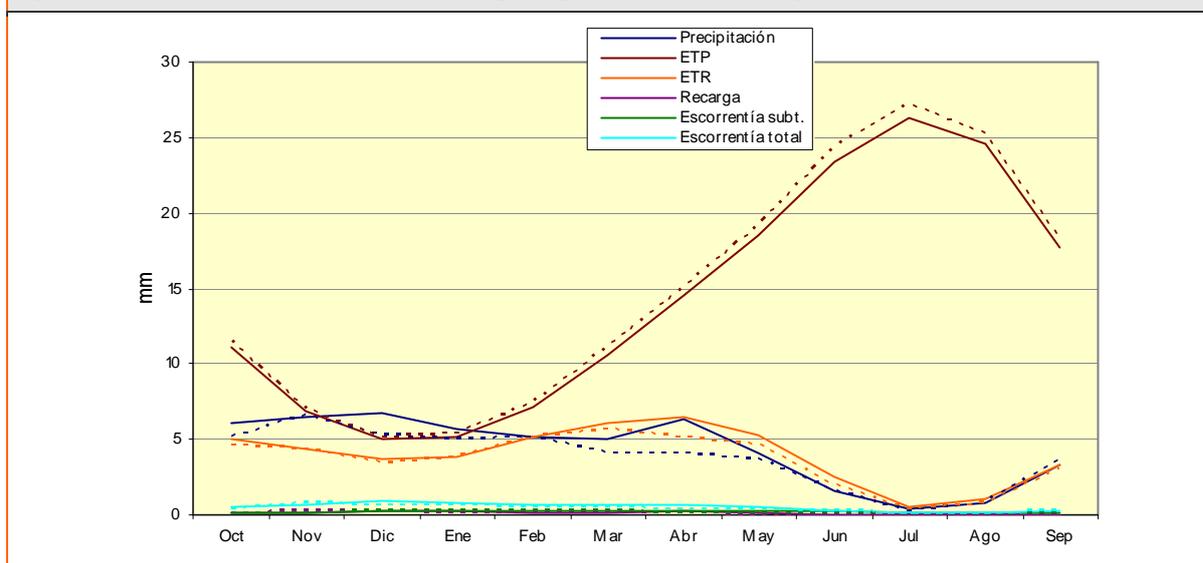
Tabla 51. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema V-1. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escoorrentía subt.	Escoorrentía total
Oct	46,03	66,23	30,99	1,34	1,00	2,24
Nov	37,83	42,48	27,49	1,27	1,10	2,25
Dic	37,57	30,56	22,95	1,72	1,21	3,47
Ene	31,27	32,29	24,66	0,91	1,26	2,22
Feb	28,78	44,27	32,63	0,59	1,25	1,88
Mar	29,32	63,97	35,77	0,62	1,22	1,81
Abr	38,61	88,59	43,45	0,84	1,22	2,09
May	23,99	110,86	36,48	0,27	1,18	1,42
Jun	9,60	136,97	13,48	0,03	1,10	1,13
Jul	1,15	149,16	1,94	0,00	1,02	1,02
Ago	3,64	139,88	4,88	0,01	0,98	0,98
Sep	25,27	101,31	20,88	0,20	0,94	1,19
Año	313,05	1.006,57	295,61	7,78	13,49	21,71

Tabla 52. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema V-1. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	37,43	69,10	27,94	1,09	0,92	1,87
Nov	43,13	43,95	27,76	0,99	1,01	1,95
Dic	35,70	32,22	22,92	0,96	1,05	2,05
Ene	36,27	33,98	25,15	1,07	1,07	1,97
Feb	37,98	46,31	33,94	0,58	1,08	1,64
Mar	31,95	66,80	31,95	0,91	1,09	2,06
Abr	26,46	91,49	35,77	0,73	1,11	1,80
May	24,28	114,74	35,51	0,18	1,06	1,24
Jun	8,05	141,97	12,34	0,04	0,99	1,06
Jul	1,08	153,65	1,47	0,00	0,93	0,93
Ago	4,67	143,81	5,42	0,00	0,89	0,89
Sep	26,14	105,78	20,71	0,30	0,87	1,31
Año	313,15	1.043,78	280,87	6,84	12,08	18,78

Figura 70. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema V-1.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

Subsistema V-2

Tabla 53. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema V-2. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	45,83	67,18	32,50	1,70	1,20	3,32
Nov	37,71	40,00	24,97	1,51	1,36	3,81
Dic	34,46	27,80	20,78	1,64	1,48	4,51
Ene	29,41	29,38	22,55	1,15	1,55	3,39
Feb	29,55	42,42	30,30	1,41	1,61	3,61
Mar	31,92	63,33	36,32	1,45	1,69	3,66
Abr	43,01	88,44	42,46	1,77	1,76	4,25
May	30,21	114,05	37,63	0,90	1,75	3,02

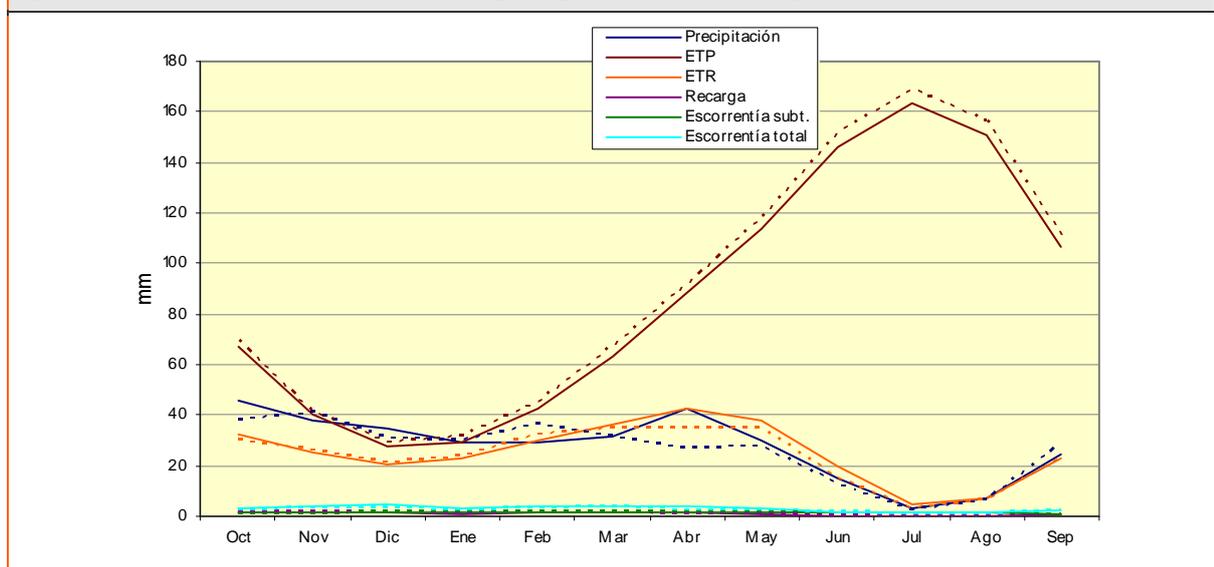
Tabla 53. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema V-2. Serie 1940/41-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Jun	14,86	146,11	19,51	0,22	1,57	1,83
Jul	3,08	163,77	4,74	0,03	1,35	1,38
Ago	6,80	150,71	6,85	0,13	1,20	1,44
Sep	24,61	106,69	23,23	0,54	1,12	2,12
Año	331,45	1039,88	301,85	12,45	17,65	36,34

Tabla 54. Promedios mensuales (mm) de las principales variables hidrológicas del subsistema V-2. Serie 1980/81-2005/06.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	37,59	69,82	30,24	1,21	1,02	2,39
Nov	41,03	40,88	26,40	1,45	1,16	3,49
Dic	30,46	29,37	21,58	1,21	1,27	3,41
Ene	29,84	31,63	23,50	0,85	1,30	2,75
Feb	36,11	44,86	32,47	1,20	1,32	3,15
Mar	31,23	67,00	34,49	1,39	1,40	3,58
Abr	26,45	91,62	35,05	0,92	1,42	2,71
May	28,00	117,53	34,80	0,60	1,37	2,19
Jun	12,73	151,42	15,38	0,17	1,25	1,53
Jul	2,24	169,34	3,35	0,01	1,11	1,11
Ago	6,41	156,13	6,22	0,03	1,00	1,04
Sep	28,08	111,23	22,97	0,62	0,96	2,03
Año	310,18	1080,82	286,46	9,67	14,58	29,38

Figura 71. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas del subsistema V-2.



En continuo la serie 1940/41-2005/06 y en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06.

4.3.3. Aportaciones por masa de agua superficial

La siguiente tabla recoge los valores medios, máximos y mínimos de aportación en cada una de las masas de agua superficial definidas y para los dos periodos considerados (1940/41-2005/06 y 1980/81-2005/06). Como se ha explicado en el apartado 4.2.1, las fuentes de información empleadas para generar las series cuyos estadísticos se recogen en este apartado han sido los resultados relativos a escorrentía del modelo SIMPA, registros de estaciones de aforo, simulaciones diarias realizadas con el modelo SSMA-2 (ver apéndice II.1) y mediciones de las entradas a embalses facilitadas por los servicios de explotación de las presas.

Tabla 55. Estadísticos de las series de aportaciones (hm ³) a las masas de agua superficiales.						
Masa/ámbito	Serie 1940/41-2005/06			Serie 1980/81-2005/06		
	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo
0611010	32,82	155,88	1,73	20,08	57,34	1,73
0611020	64,49	317,00	3,41	33,64	98,62	3,41
0611030	26,46	75,98	5,62	25,69	66,20	5,62
0611040	23,83	61,38	6,24	23,32	61,38	6,24
0611050	142,21	535,72	19,00	109,19	306,55	19,00
0611060	7,35	25,19	0,54	6,52	22,44	0,54
0611080	36,34	100,68	2,60	27,57	93,54	2,60
0611090	58,25	167,35	4,48	45,58	155,67	4,48
0611100	16,77	52,34	0,91	13,05	45,95	0,91
0611110Z	76,76	229,39	6,94	63,36	211,90	6,94
0611120	12,23	37,95	1,47	12,00	35,70	1,47
Subsistema I-1	238,55	828,26	27,96	191,07	576,59	27,96
0612010A	16,17	51,03	1,32	11,47	51,03	1,32
0612010B	97,34	321,71	9,91	60,82	145,98	9,91
612020	50,16	108,49	8,09	45,39	108,49	8,09
0612030	222,22	580,11	34,74	165,77	340,44	34,74
0612040A	114,09	291,99	18,73	102,00	231,67	18,73
0612040B	134,36	364,98	22,65	119,88	279,86	22,65
0612050A	78,06	232,01	5,96	71,10	232,01	5,96
0612050B	112,51	323,20	9,32	102,11	323,20	9,32
0612061	385,42	889,17	57,72	309,60	742,85	57,72
0612062	706,01	1675,09	116,74	600,46	1507,31	116,74
Subsistema I-2	706,01	1675,09	116,74	600,46	1507,31	116,74
613010	9,34	41,37	1,64	8,02	26,47	1,64
613020	10,31	44,51	1,87	8,81	28,50	1,87
613030	8,53	33,91	0,60	7,18	20,52	0,60
613040	8,76	23,19	1,15	7,66	20,09	1,24
613050	7,40	21,41	0,92	6,66	18,10	0,92
613061	19,95	63,94	1,90	17,32	51,42	1,90
613062	26,59	82,58	3,23	22,61	66,42	3,23
613071	22,31	70,72	2,09	19,34	60,07	2,09
0613072Z	30,73	93,00	3,40	25,75	78,23	3,40
613091	16,75	55,35	1,54	14,46	45,01	1,54
0613092Z	19,58	62,84	2,02	16,83	52,39	2,02
613110	19,54	74,40	3,63	18,62	74,40	3,63
613120	50,48	215,46	6,40	48,14	215,46	6,40
613130	68,77	302,18	8,31	65,85	302,18	8,31
613140	72,29	312,58	8,74	69,25	312,58	8,74
613150	7,60	28,27	0,77	7,69	28,27	0,77

Tabla 55. Estadísticos de las series de aportaciones (hm ³) a las masas de agua superficiales.						
613160	21,55	90,46	1,49	22,44	90,46	1,49
613170	23,58	98,83	1,71	24,66	98,83	1,71
Subsistema I-3	215,37	723,92	33,07	197,11	723,92	33,07
0614010	7,39	38,81	0,86	6,29	30,08	0,86
0614021A	13,65	34,07	1,83	11,22	30,06	1,83
0614021B	105,67	351,18	12,54	89,01	265,27	12,54
0614021C	16,04	47,53	1,19	12,84	42,73	1,19
0614022	5,81	17,85	0,95	4,77	12,29	0,95
0614030	117,60	408,21	13,56	100,56	305,32	13,56
0614040A	15,44	46,49	2,28	14,80	46,49	2,28
0614040B	39,31	118,33	4,71	37,05	118,33	4,71
0614050	16,38	67,65	1,38	15,53	61,12	1,38
0614060	59,10	203,23	6,24	56,54	203,23	6,24
0614070A	17,30	44,60	2,73	16,53	44,60	3,80
0614070B	54,00	168,54	8,99	50,31	168,54	8,99
0614080	58,00	192,58	9,16	54,33	192,58	9,16
0614090A	236,96	733,17	29,35	213,65	686,74	29,35
0614090B	240,36	743,21	29,76	216,89	700,81	29,76
0614100	10,19	48,15	0,53	9,43	48,15	0,53
0614110	13,03	62,73	0,37	11,84	62,73	0,37
0614120	12,44	49,67	1,10	11,02	49,67	1,10
0614130	15,95	75,25	1,44	15,01	75,25	1,44
0614140A	102,75	358,08	14,05	99,66	358,08	14,05
0614140B	16,70	77,78	0,72	17,08	77,78	0,72
0614140C	121,11	443,62	14,84	118,44	443,62	14,84
0614150A	258,11	810,29	30,48	234,01	792,23	30,48
0614150B	307,79	1028,43	34,14	280,61	1028,43	34,14
0614160	7,72	43,26	0,25	8,81	43,26	0,25
0614170	5,82	27,64	0,12	6,23	27,64	0,12
0614180	14,42	41,58	1,62	12,90	37,94	1,62
0614190	16,03	45,78	1,69	14,45	43,06	1,69
0614200	30,73	105,74	1,74	29,42	105,74	1,74
0614210	450,00	1568,70	50,86	422,63	1568,70	50,86
0614220	494,50	1707,99	53,99	466,61	1707,99	53,99
0614230	14,62	54,44	0,00	11,16	54,44	0,00
0614240	15,87	59,36	0,00	12,20	59,36	0,00
0614250	20,00	71,64	0,37	16,11	71,64	0,37
Subsistema I-4	514,50	1771,12	54,36	482,73	1771,12	54,36
Subsistema I-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema I	1674,43	4635,54	256,79	1471,36	4254,28	256,79
0621010	20,76	70,24	2,21	16,97	50,41	2,21
0621020	24,52	90,05	2,70	20,16	58,02	2,70
0621030	18,88	54,71	0,69	13,45	41,72	0,69
0621040	3,77	10,10	0,19	2,94	9,00	0,19
0621050	8,24	45,14	0,10	7,09	45,14	0,10
0621060	47,94	139,31	1,86	41,90	139,31	1,86
0621070	111,77	323,13	6,70	93,44	299,38	6,70
Subsistema II-1	111,77	323,13	6,70	93,44	299,38	6,70
0622010Z	27,76	75,93	4,58	21,48	54,52	4,58
Subsistema II-2	27,76	75,93	4,58	21,48	54,52	4,58



Tabla 55. Estadísticos de las series de aportaciones (hm ³) a las masas de agua superficiales.						
0623010	12,63	39,05	2,56	10,73	35,71	2,56
0623020	14,62	32,57	4,51	11,37	23,40	4,51
0623030	15,49	34,71	5,02	12,51	25,85	5,02
Subsistema II-3	42,75	97,08	12,09	34,61	84,96	12,09
Sistema II	182,27	461,22	23,37	149,53	438,86	23,37
631010	4,26	11,02	0,58	3,43	8,72	0,58
631020	4,91	12,13	0,47	4,09	11,85	0,47
631030	25,81	65,14	5,38	21,20	65,14	5,38
631040	30,28	77,74	5,91	25,25	77,74	5,91
Subsistema III-1	39,44	98,31	6,96	32,77	98,31	6,96
632010	13,18	31,95	1,96	11,54	31,92	1,96
632020	32,10	61,91	4,92	28,11	61,91	4,92
632030	23,51	50,81	3,43	18,13	43,71	3,43
632040	85,45	157,51	20,66	72,68	140,03	20,66
632050	9,71	25,78	1,08	7,41	25,78	1,08
0632060A	23,59	105,75	4,52	20,89	50,69	4,52
0632060B	123,85	278,05	28,56	105,71	223,04	28,56
632070	18,38	32,19	6,76	16,78	27,23	6,76
0632080A	44,22	68,27	28,69	42,68	68,27	28,69
0632080B	9,57	16,69	6,30	9,56	16,69	6,98
632090	12,10	33,31	1,23	10,01	24,45	1,23
632100	58,68	96,41	32,12	55,16	96,41	32,12
632110	11,95	31,32	1,30	9,18	31,32	1,30
632120	14,06	35,73	1,93	11,06	35,73	1,93
0632130A	61,77	100,95	32,82	57,91	100,95	32,82
0632130B	202,81	420,07	64,83	177,59	363,22	64,83
632140	22,50	63,28	4,75	18,34	63,28	4,75
632150	251,46	502,25	72,27	220,31	502,12	72,27
Subsistema III-2	251,46	502,25	72,27	220,31	502,12	72,27
Subsistema III-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0634010	3,04	11,47	0,29	2,71	11,47	0,29
0634020	4,01	15,14	0,39	3,58	15,14	0,39
634030	7,19	27,16	0,70	6,42	27,16	0,70
0634040	4,18	15,77	0,40	3,73	15,77	0,40
0634050A	13,01	49,12	1,26	11,61	49,12	1,26
0634050B	23,16	87,41	2,24	20,66	87,41	2,24
0634050C	11,99	45,25	1,16	10,69	45,25	1,16
0634060	40,99	182,78	3,50	37,70	182,78	3,50
0634070A	42,53	187,74	3,76	38,86	187,74	3,76
0634070B	54,25	209,57	6,10	47,21	209,57	6,10
0634080	8,76	38,69	1,78	5,81	20,83	1,78
0634090	63,55	231,43	8,05	53,47	231,43	8,05
Subsistema III-4	63,55	231,43	8,05	53,47	231,43	8,05
Sistema III	354,46	831,86	87,28	306,55	831,86	87,28
0641010	8,61	24,53	1,52	7,64	24,53	1,52
0641020	34,73	109,98	9,20	28,46	86,02	9,20
0641025	5,16	13,60	0,61	4,77	12,97	1,04
0641030	38,05	107,92	7,79	32,06	87,00	7,79
0641035	4,75	12,79	0,61	4,20	12,79	1,00
0641040	38,81	108,72	8,24	32,65	87,82	8,24
0641050	94,17	279,77	28,63	77,77	213,09	28,63

Tabla 55. Estadísticos de las series de aportaciones (hm³) a las masas de agua superficiales.

0641060Z	97,36	292,13	30,40	80,27	218,37	30,40
Subsistema IV-1	97,36	292,13	30,40	80,27	218,37	30,40
Subsistema IV-2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema IV	97,36	292,13	30,40	80,27	218,37	30,40
0651010Z	11,57	71,53	3,88	9,99	45,79	3,88
0651030	13,09	80,05	4,46	11,51	55,18	4,46
Subsistema V-1	13,09	80,05	4,46	11,51	55,18	4,46
0652010	6,09	32,14	1,46	4,71	28,19	1,46
0652020	58,40	204,22	16,71	46,59	168,61	16,71
0652040	78,31	256,87	22,88	62,73	235,74	22,88
0652050	83,29	264,08	25,63	67,62	248,84	25,63
0652060	84,34	267,23	26,22	68,41	250,41	26,22
Subsistema V-2	90,44	281,05	27,68	73,12	278,60	27,68
Sistema V	103,53	333,78	32,14	84,63	333,78	32,14
DHCMA	2412,04	6010,80	446,42	2092,34	5676,57	446,42

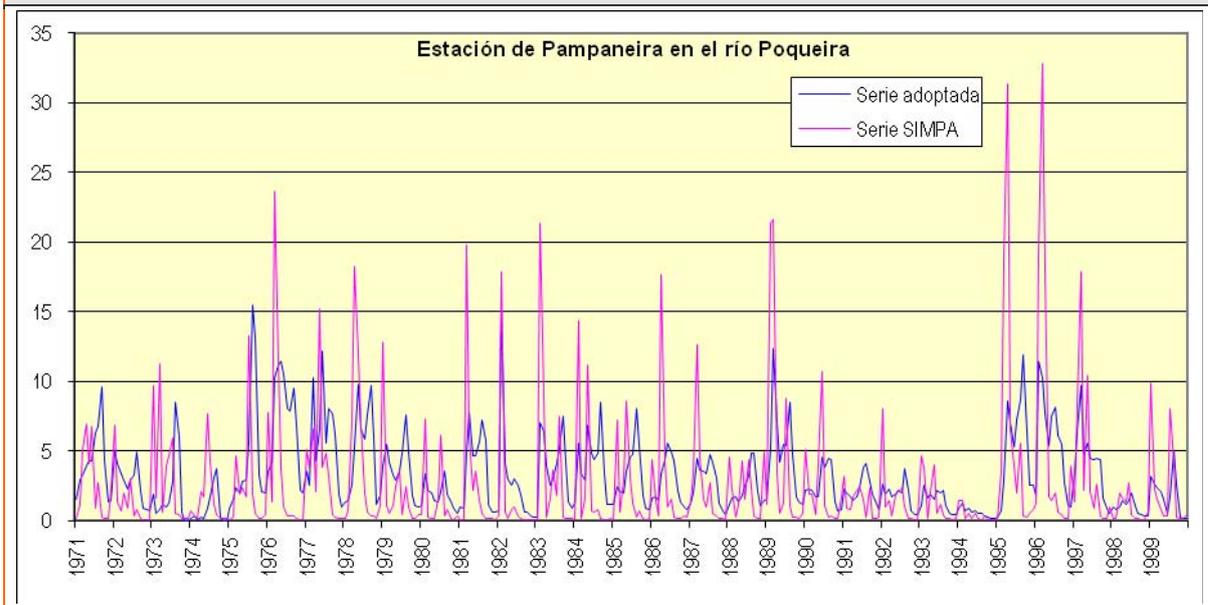
4.3.4. Contraste de aportaciones y registros

Las series de aportaciones adoptadas para cada una de las masas de agua así como en otros puntos de interés dentro de la red de drenaje de la demarcación se han contrastado con los caudales medidos por estaciones de aforo y son coherentes con dichas mediciones. A la hora de realizar los contrastes se ha tenido en cuenta si las estaciones de aforo miden en régimen natural o no y la fiabilidad del método de medida de dicha estación.

Por otra parte, las series finalmente adoptadas se han comparado también con las obtenidas a partir del modelo SIMPA, apareciendo en ciertos casos grandes discrepancias. Las mayores diferencias se han detectado en los siguientes casos:

- **Cuencas nivales.** El modelo SIMPA no refleja adecuadamente el comportamiento hidrológico de las cuencas con grandes aportes de nieve, como sucede con los afluentes de la vertiente sur de Sierra Nevada, tanto lo que se refiere a la cuantía de las aportaciones como a su distribución temporal. En el siguiente gráfico se muestra la fuerte disparidad entre el régimen medido en el río Poqueira y los resultados del modelo SIMPA.

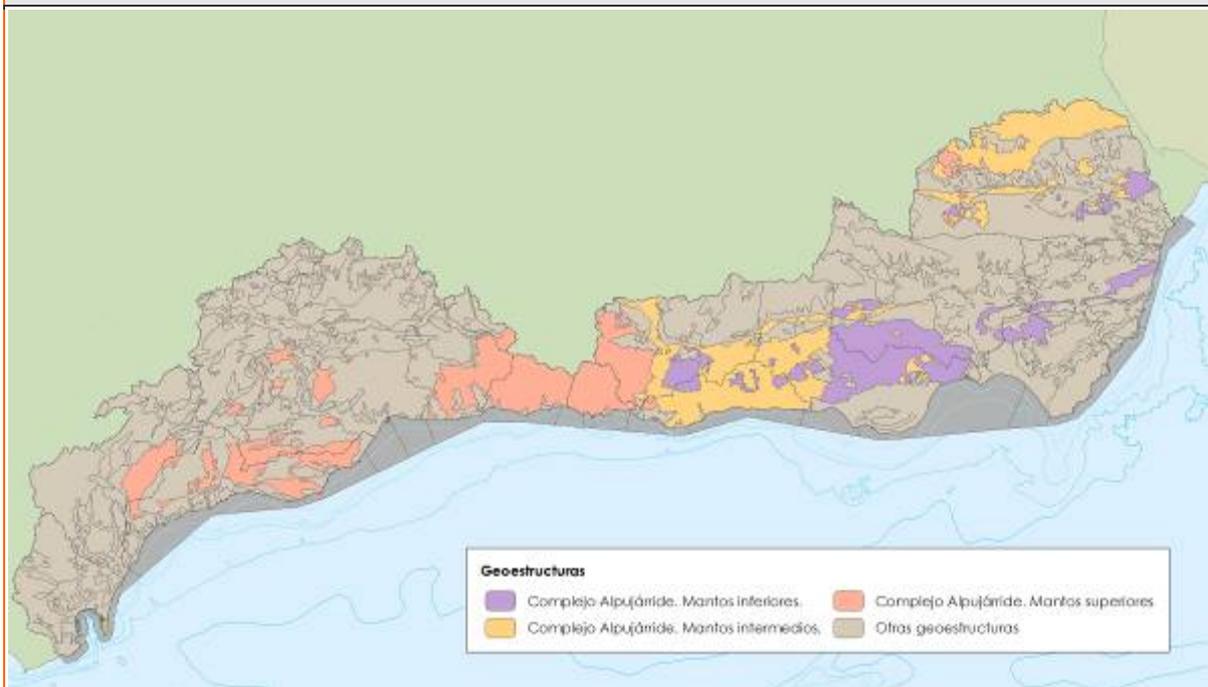
Figura 72. Comparativa entre la serie de aportaciones adoptada en el río Poqueira en la central de Pampaneira y la simulada por SIMPA.



- **Masas de agua que nacen en acuíferos alpujarrides, especialmente en los mantos superiores.** Este es el caso de los subsistemas II-3, III-1 y III-2, en los que la componente subterránea de la escorrentía proporcionada por el SIMPA es considerablemente inferior a la real, por lo que ha sido necesario estimar con otro procedimiento las series.

La siguiente figura muestra la localización de los materiales alpujárrides dentro de la demarcación.

Figura 73. Geoestructuras

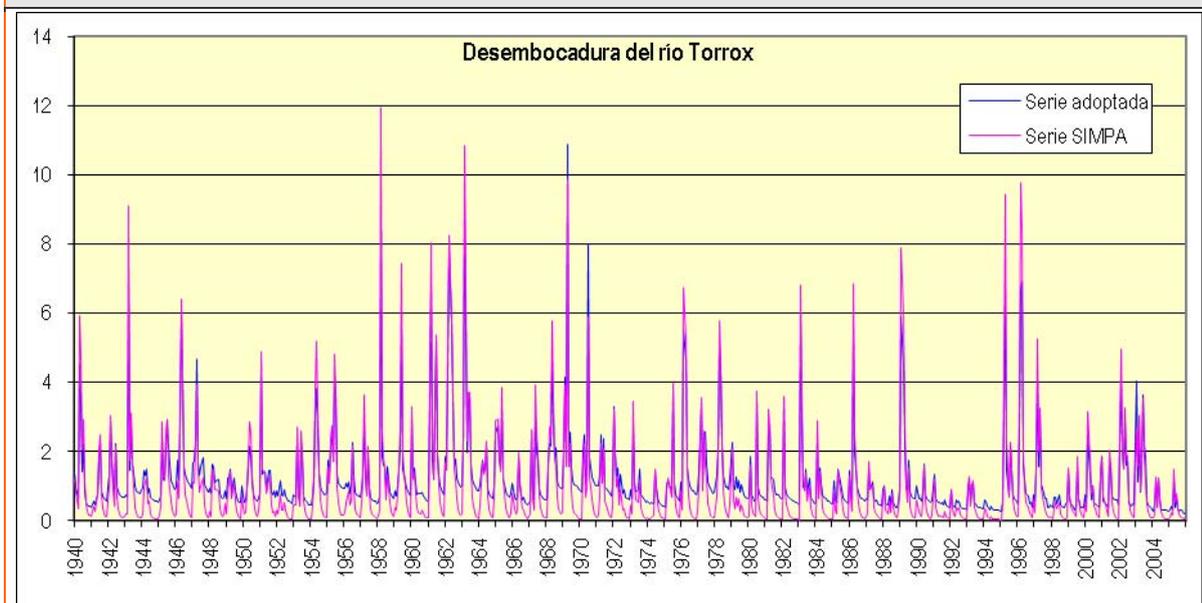


Algunas de los puntos en los que este problema se pone de manifiesto de una forma más evidente son los ríos Torrox y Chillar (Subsistema II-3).

En el caso del río Torrox, la serie de aportes finalmente fijada en la desembocadura de la masa se ha calculado a partir de una simulación con SSMA-2 para el sector de cabecera, que tiene carácter acuífero, sumándole los aportes proporcionados por el SIMPA para las intercuenas impermeables localizadas aguas abajo. Los resultados de esta simulación, que abarca desde octubre de 1940 a septiembre de 1996, tienen en cuenta que la cuenca hidrogeológica hasta este punto es un 25% mayor que la hidrográfica. Los últimos años se han completado con los datos registrados en la estación de aforos 6054. Esta serie se ha validado mediante el contraste con las mediciones directas realizadas en el marco de una investigación en curso por la Universidad de Málaga.

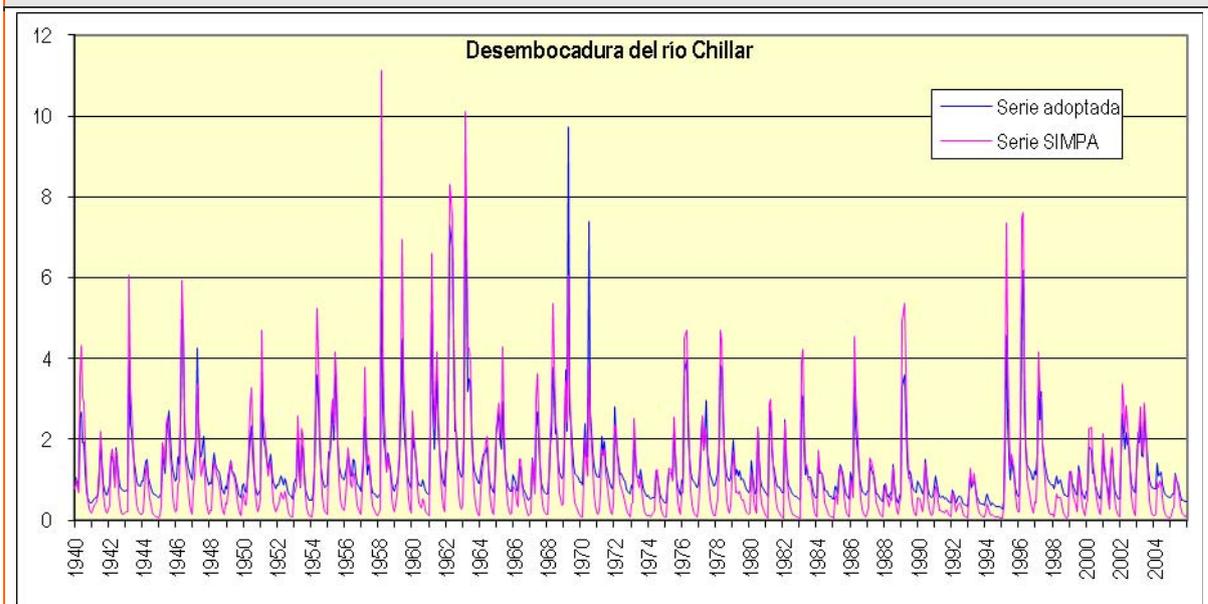
A continuación figura la comparativa entre la serie obtenida a partir del SIMPA y la serie finalmente adoptada para el río Torrox.

Figura 74. Comparativa entre la serie de aportaciones finalmente adoptada en la desembocadura del río Torrox y la simulada por SIMPA



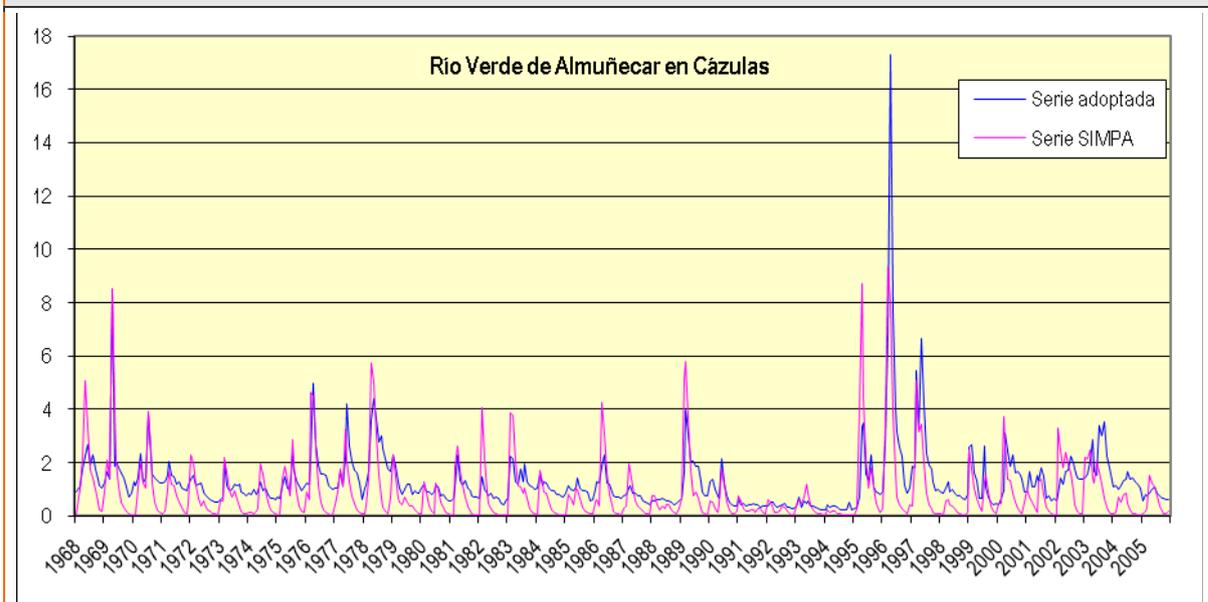
En el caso del río Chillar la diferencia entre el SIMPA y la serie adoptada es aún mayor, como muestra la siguiente figura:

Figura 75. Comparativa entre la serie de aportaciones finalmente adoptada en la desembocadura del río Chillar y la simulada por SIMPA



Otro ejemplo significativo es el río Verde de Almuñecar, en el subsistema III-1, para el cual se dispone de una larga serie de registros en la estación de aforo situada en el propio cauce y en la que mide los caudales turbinados en la central hidroeléctrica de Cázulas.

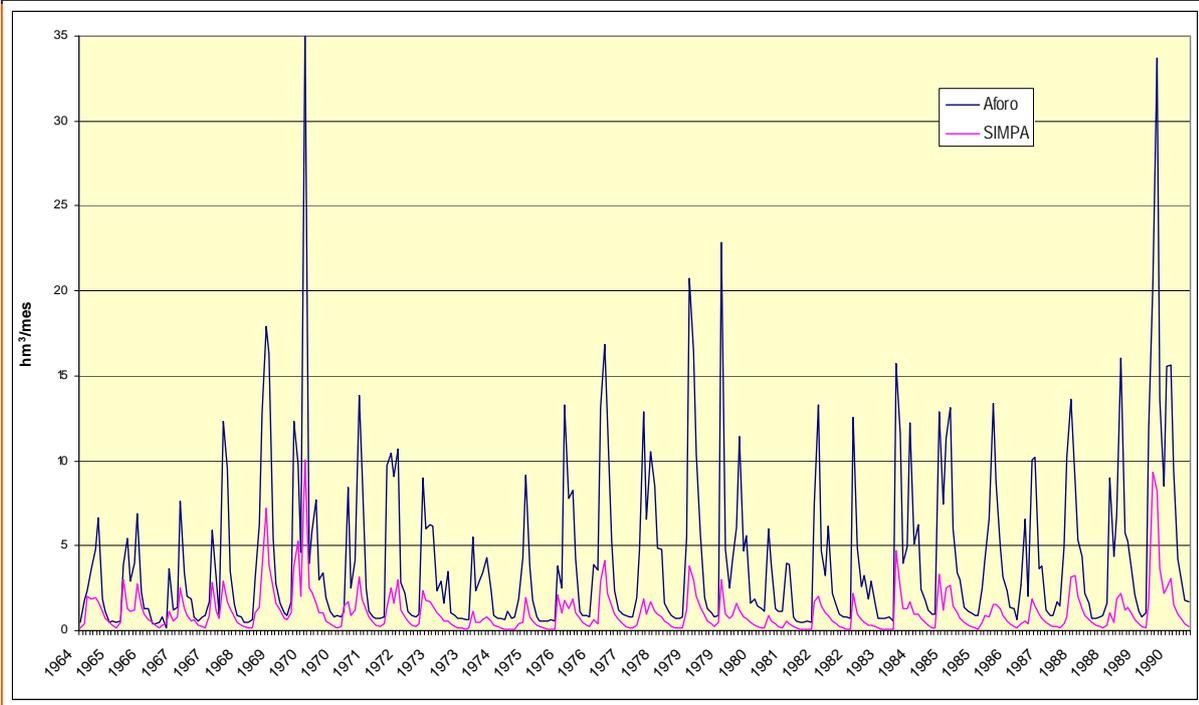
Figura 76. Comparativa entre la serie de aportaciones adoptada en la cuenca alta del río Verde de Almuñecar (E.A. 6052 y 6412) y la simulada por SIMPA.



- **Cuenca del Guadalhorce.** En ciertas subcuencas del subsistema I-4, se han detectado importantes diferencias entre los resultados suministrados por el modelo SIMPA y los aportes registrados en puntos de control. El caso más extremo lo constituye la cabecera del río Grande, en la que se dispone de un largo periodo de mediciones en régimen natural (estaciones de aforo 6035 y 6401).

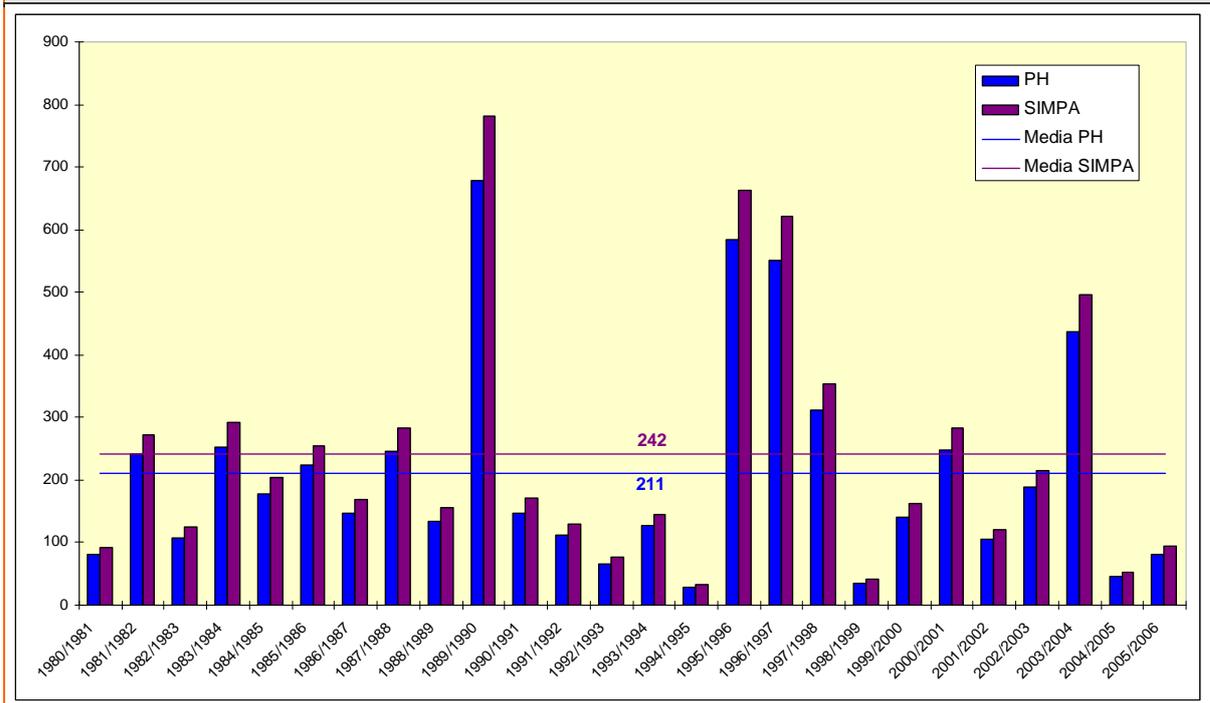
La Figura 77 muestra la comparativa entre ambas series, en la que se observa que los valores reales son, en promedio, 4 veces superiores a los simulados por el SIMPA.

Figura 77. Comparativa de los aportes aforados en el río Grande del Guadalhorce en Las Millanas (E.A. 6035 + 6401) y los simulados por SIMPA



Por el contrario, las aportaciones en régimen natural adoptadas para el conjunto de los embalses de Guadalhorce, Guadalteba y Conde Guadalhorce son, de media, unos 30 hm^3 inferiores que las suministradas por el SIMPA.

Figura 78. Comparativa entre los valores de aportación adoptados en el PH y los obtenidos con SIMPA para el conjunto de las cuencas vertientes a los embalses de Guadalteba, Conde Guadalhorce y Guadalhorce.



4.4. Características básicas de calidad de las aguas en condiciones naturales

4.4.1. Aguas superficiales

Con el fin de aportar una idea general de la calidad química de las masas de agua superficiales de la DHCMA, se ha realizado un análisis de Este a Oeste dentro de la demarcación, caracterizando las variaciones espaciales físico-químicas que afectan a la calidad química natural, desde los tramos de cabecera hasta la desembocadura.

Así, en el sector oriental, la calidad natural del agua de las masas de agua superficiales en sus tramos altos es buena, ya que presentan la peculiaridad hidrológica de poseer un clima húmedo en cabecera dentro de un contexto árido o semiárido. Las facies que se observan sí presentan diferencias en función de los aspectos litológicos y de la propia dinámica subterránea. Así, se distinguen desde aguas con facies predominantemente sulfatada cálcico-magnésica propia de las intercalaciones yesíferas que se observan en los materiales detríticos de cabecera del Río Almanzora, hasta aguas bicarbonatadas cálcicas de mineralización muy débil procedentes de la fusión nival y de las precipitaciones recogidas en las laderas meridionales de Sierra Nevada para las cuencas tanto del Andarax como del Adra.

Sin embargo, la calidad del agua en los tramos medios de estas cuencas varía considerablemente. En el caso particular del Río Almanzora el deterioro que se origina se debe a las intercalaciones yesíferas antes mencionadas que en su tramo medio afloran con mayor frecuencia, pero sobre todo a su paso por la cubeta de Overa, donde la facie predominante pasa a ser sulfatada-clorurada cálcico-sódica con mineralizaciones muy altas. En el caso de los ríos Andarax y Adra ocurre de forma similar, aunque el primero recibe las aguas procedentes de la masa superficial Río Nacimiento, de manera que la mineralización se ve incrementada como consecuencia de los materiales detríticos por los que trascu-

ren, que además poseen importantes afloramientos de sales en superficie, las cuales modifican las facies haciéndolas ligeramente cloruradas sódicas.

En los tramos bajos, la mineralización de las aguas varía de moderada a fuerte y las facies observadas, aunque se mantienen con respecto a los tramos medios, experimentan incrementos relativos de la facies clorurada sódica como consecuencia de la influencia del agua procedente del sector costero que origina un importante deterioro de la calidad química natural.

Por tanto, las aguas de cabecera de este sector, salvo la excepción del alto Almanzora que puede presentar valores elevados de sulfatos en sus aguas, constituyen aguas de buena calidad, con mineralizaciones débiles, propias de materiales carbonatados o de baja permeabilidad, mientras que en los tramos medio y bajo, las particularidades litológicas de este sector de la demarcación, originan un deterioro de la calidad química natural del agua.

En el sector central de la Demarcación, se encuentran dos de las cuencas más importantes de la demarcación; la cuenca del Río Guadalfeo y la cuenca del Río Guadalhorce.

El río Guadalfeo, en su tramo alto recibe las aguas procedentes de las laderas meridionales de Sierra Nevada, constituidas principalmente por materiales de baja permeabilidad, por lo que las aguas de las masas de agua superficiales de este sector provienen, principalmente, de la fusión nival y de las precipitaciones y, por tanto, son de excelente calidad y de mineralización muy leve. En su tramo medio transcurre por las Sierras de Lanjarón y Sierra de Lújar, ésta última de naturaleza carbonatada y principal responsable de los caudales de base de la masa de agua superficial, de manera que las facies principales son bicarbonatadas cálcicas, salvo algunos aportes procedentes de la Sierra de Escalate con mineralizaciones sensiblemente superiores y facies sulfatadas. En cuanto al tramo bajo de la cuenca del Río Guadalfeo, considerado a partir de la Sierra de Escalate hasta su desembocadura en Salobreña, presenta condiciones distintas a las descritas para sus dos tramos anteriores. Los materiales que conforman este sector son principalmente detríticos aluviales y la calidad del agua se ve ligeramente deteriorada. Las facies son bicarbonatadas mixtas convirtiéndose en cloruradas a medida que se avanza en dirección al sector costero, donde el deterioro de la calidad química se hace más evidente.

La cuenca del Río Guadalhorce es la más extensa de la demarcación. La heterogeneidad de sustratos por los que circula le confiere una calidad química a sus aguas superficiales muy diversa y fuertemente influenciada por algunos de los materiales que atraviesa. Así, en su tramo alto recogen la descarga de acuíferos localizados en materiales calizo-dolomíticos, por lo que se trata de aguas bicarbonatadas cálcico magnésicas de mineralización reducida y de muy buena calidad. En el tramo alto-medio de la cuenca, la mayor parte de las masas de agua superficiales del sector oriental de esta cuenca atraviesan materiales triásicos con abundantes materiales yesíferos, que provocan un deterioro de la calidad química, mostrando facies sulfatadas cálcicas y aumentos notables de la mineralización. No obstante, la mayor influencia en el deterioro de la calidad química de las aguas responde a un efecto de marcado carácter puntual relacionado con la descarga del manantial de Meliones, que aporta aguas con una elevada salinidad (más de 50 g/l de cloruros) que repercuten en la calidad química del Guadalhorce alcanzando mineralizaciones que hacen muy deficientes estas aguas para cualquier uso que quieran destinarse. Con respecto a su último tramo, desde el municipio de Álora, el bajo Guadalhorce continúa presentando una calidad química natural deficiente, aunque considerablemente mejor que en su tramo medio, con elevada mineralización y facies muy heterogéneas: bicarbonatadas cálcicas y en algunos sectores sulfatadas-cloruradas calcico-sódicas.

A lo largo de las provincias de Granada y Málaga se sitúan una serie de masas de agua superficiales que, por lo general, presentan características comunes que hacen que la calidad química natural de sus aguas sea también similar. Muchas de las cuencas de cabecera de estas masas de aguas superficiales están formadas por relieves de naturaleza carbonatada como es el caso de Sierra de las Guájaras, Sierra Alberquillas, Sierra Tejeda, Sierra Blanca o Sierra de las Nieves, por lo que los tramos altos de estos ríos presentan aguas de muy buena calidad, con facies bicarbonatadas cálcico-magnésicas y de mineralización ligera. En sus tramos medios y bajos circulan por materiales detríticos aluviales y se observan aumentos en la mineralización, siendo ésta moderada en la mayoría de los casos.

En el sector occidental de la demarcación, la mayor parte de las masas de agua superficiales nacen en los relieves carbonatados de las Serranía de Ronda, de manera que las aguas que discurren provienen, principalmente, del drenaje natural de las masas de agua subterránea que constituyen estos relieves. Por tanto, los tramos altos de la mayor parte de las masas de agua superficiales del sector occidental presentan aguas de buena calidad de naturaleza bicarbonatada cálcica y mineralización ligera. En los tramos medios y bajos, las masas de agua superficiales trascurren, principalmente, por materiales detríticos donde por lo general también las aguas presentan buena calidad química, debido en parte a los abundantes recursos de esta cuenca, y aunque se observen aumentos en la salinidad con respecto al primer tramo de cabecera, continúan siendo aguas poco mineralizadas, de facies bicarbonatadas cálcicas y con valores de salinidad moderados. Únicamente citar el deterioro natural en la calidad de las aguas que ocasionalmente puede observarse en la parte final de la masa de agua superficial del río Guadiaro, como consecuencia de la penetración de las mareas en el cauce.

4.4.2. Aguas subterráneas

A continuación se expone un resumen sobre las principales características de la calidad química natural y actual del agua subterránea en la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. Para abordarlo, hay que tener en cuenta la heterogeneidad de calidades que presentan las aguas subterráneas de esta Demarcación y que responde a la multitud de factores que intervienen en su composición final. Así, la naturaleza detrítica o carbonatada de los acuíferos que constituyen las masas de agua subterránea juega un papel fundamental, no sólo en cuanto a las características químicas naturales, sino también en cuanto a la respuesta a los distintos tipos de presiones que experimentan las aguas subterráneas y cuyo efecto da lugar a las características químicas actuales.

4.4.2.1. Características naturales de la calidad química de las aguas subterráneas de la DHCMA

Las masas de aguas subterráneas constituidas por acuíferos carbonatados presentan, predominantemente, aguas con facies bicarbonatadas cálcicas y/o cálcico-magnésicas, dependiendo de la mayor o menor presencia de materiales calizos o dolomíticos. La mineralización de estos acuíferos es, por lo general, ligera y las aguas son perfectamente aptas para su uso en abastecimiento o regadío. La aparición de facies bicarbonatadas-sulfatadas o incluso sulfatadas ocurre en aquellas masas de agua en las que el sustrato o los bordes están definidos por materiales triásicos compuestos por arcillas y yesos. Esta singularidad queda patente en el sector de cabecera del Guadalhorce y sobre todo en el sector almeriense de la demarcación, donde las masas de agua Bédar-Alcornia, Macael, Sierra de Almagro o Sierra Alhama, presentan valores naturales de sulfatos que oscilan entre los 200 mg/l y los 1000 mg/l, que las hacen deficientes o incluso no aptas para el abastecimiento urbano.

Otra característica que se observa en las aguas asociadas a acuíferos carbonatados es la presencia de metales de origen natural, que exceden las concentraciones permitidas para aguas de abastecimiento. Es el caso de acuíferos como los constituidos por la Sierra de Líbar o Lanjarón-Sierra de

Lújar, donde se registran concentraciones de plomo que duplican los límites establecidos para aguas de consumo, o el caso de la masa de agua subterránea de Sierra Tejeda donde se observan valores puntuales de arsénico de origen natural, también superiores a las concentraciones permitidas. Además, otros metales como el zinc o el cromo también aparecen ocasionalmente en alguna de las masas de agua, sin embargo, el carácter puntual de estos registros no parece afectar seriamente la calidad global de ninguna de las masas citadas.

Por tanto, en términos generales, las masas de agua subterráneas de la demarcación de naturaleza carbonatada ofrecen una calidad química muy buena, con conductividades eléctricas que oscilan entre los 300 y 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y con concentraciones óptimas para los restantes parámetros hidroquímicos.

En cuanto a la calidad natural de las aguas de masas de agua subterráneas constituidas por acuíferos detríticos, entre los que se incluyen los que presentan características mixtas con los carbonatados como los conformados por calcarenitas, la variedad de facies hidroquímicas y mineralizaciones es sensiblemente mayor que las masas de agua subterráneas constituidas por acuíferos carbonatados. Así, las facies predominantes continúan siendo la bicarbonatada cálcica y cálcico-magnésica, aunque aparecen abundantes aguas bicarbonatadas-sulfatadas y sulfatadas, por lo general cálcicas, así como facies clorurada sódica, asociada a acuíferos profundos con elevados tiempos de residencia de sus aguas. La mineralización de la mayor parte de estos acuíferos suele ser notable, de manera que son las aguas subterráneas con facies sulfatadas y cloruradas las que muestran una mayor mineralización global.

De igual modo a como sucede con las masas de agua carbonatadas, la aparición de las facies sulfatadas ocurre de forma generalizada en las masas de agua ubicadas en el sector almeriense, donde las concentraciones naturales de sulfatos que se registran en las masas de agua subterránea del Valle del Almanzora - incluida la masa Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas - alcanzan valores superiores a 1500 mg/l y conductividades eléctricas en torno a 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos valores comprometen de forma importante los usos a los que se destine el agua, haciéndola incluso deficiente para el riego.

Las facies cloruradas sódicas aparecen ligadas a aguas con elevados tiempos de residencia, asociadas a acuíferos profundos como es el caso de masas de Cubeta de Overa, Campo de Tabernas o Campo de Níjar, donde se registran concentraciones naturales de cloruros superiores a 300 mg/l. En relación con las facies cloruradas sódicas se encuentra el boro, que aparece sobre todo en las masas de agua de la zona sur de la provincia de Almería. Tiene carácter natural, asociado a los materiales evaporíticos y a procesos termales, pero su puesta en circulación se considera como una consecuencia de las actividades antrópicas por sobreexplotación de acuíferos profundos. Así en masas como el Campo de Níjar se observan valores de 15 mg/l, lo que supone 15 veces más del valor paramétrico establecido como concentración máxima permitida para aguas de consumo humano. Además, señalar el carácter endorreico que presentan algunas de las masas de agua de este sector, sobre todo en la zona norte de la provincia de Almería donde la existencia de cubetas, empobrece aún más la calidad química del agua.

De forma similar a como ocurre en el sector almeriense, la cabecera del Río Guadalhorce, también presenta las mismas características asociadas al Trías, donde masas de agua subterránea como Llanos de Antequera-Vega de Archidona presentan niveles naturales de sulfatos superiores a 500 mg/l y valores de conductividad eléctrica cercanos a los 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La calidad química natural de las masas de agua detríticas aluviales de la Costa Tropical de Granada y Costa del Sol Oriental es, en términos generales, apta para abastecimiento y riego de cualquier tipo de cultivo, con facies mixtas bicarbonatadas-sulfatadas cálcico y cálcico magnésicas y valores medios de conductividad eléctrica que oscilan entre los 650 y los 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Del mismo modo, las masas de agua detríticas aluviales que conforman el sector occidental de la demarcación presentan la calidad química natural más apropiada entre las de esta naturaleza para cualquiera de los usos a los que se quiera destinar. La facies predominante es bicarbonatada cálcica y en algunos casos bicarbonatada sódica. La conductividad eléctrica no suele sobrepasar los 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por otra parte, al igual que sucedía en masas de agua de naturaleza carbonatada, en algunas de las detríticas se observan valores puntuales de origen natural para algunos metales como es el caso del selenio.

Por último, en algunos sectores de la provincia almeriense, y en particular en la cuenca del Almanzora, se han identificado valores de radioactividad de origen natural que sobrepasan los límites establecidos en el Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Ello inhabilita tales aguas para abastecimiento de la población si no se someten a un tratamiento específico previo.

4.4.2.2. Características actuales de la calidad química de las aguas subterráneas de la DHCMA

Las características actuales que presenta la calidad química del agua queda en muchos casos alejada de la descrita anteriormente. Las fuertes presiones extractivas, la agricultura de regadío o las numerosas presiones puntuales que tienen lugar en la demarcación repercuten de modo muy importante en la calidad química actual.

No obstante, se puede diferenciar entre los impactos que se observan en las masas de agua carbonatadas y las detríticas.

La calidad actual de las masas de agua de naturaleza carbonatada es bastante similar a la calidad natural definida. Las condiciones que presentan este tipo de masas con elevados relieves, fuertes pendientes, etc., no aptas por lo general para el cultivo ni los asentamientos de las actividades humanas, es una de las causas de que los problemas de contaminación antrópica en la demarcación sean escasos y generalmente puntuales. Además, las condiciones hidrodinámicas asociadas a este tipo de acuíferos favorece que los impactos que se observan sean moderados y con menor repercusión en la calidad global de la masa que en el caso de las detríticas.

Uno de los problemas de calidad química que se identifican está relacionado con la intrusión marina. Éste se observa en Sierra Alberquillas, única masa carbonatada del sector costero, donde los impactos detectados son moderados y se encuentran muy localizados en el sector oriental, por lo que tampoco repercuten de forma notoria en la calidad química global de la masa.

Otro problema de calidad en este tipo de masas es la presencia puntual de amonio y nitritos en concentraciones elevadas, que junto con la contaminación bacteriológica (salmonela y coliformes fecales) aparece como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica. Estos problemas se asocian a deficiencias en las redes de saneamiento de pequeños núcleos de población como ocurre en masas como Sierra de Padul Sur, Sierra Albuñuelas, Sierra Alberquillas o Sierra de Líbar, donde los valores de amonio y nitritos que se registran alcanzan en algunos casos los 5 mg/l y 0,8 mg/l respectivamente.

Con respecto a los nitratos de origen agrario, son muy pocas las masas donde se detectan concentraciones superiores a 20 mg/l, y únicamente en Sierra de Archidona se han superado los 50 mg/l y de manera esporádica.

Por tanto, en general, a pesar de que se identifican impactos que repercuten en la calidad química, éstos son de poca importancia y de carácter puntual, conformando así estas aguas la mejor opción para el consumo humano, con la excepción de algunos casos del sector almeriense.

Un caso especial lo constituye la masa de agua Sierra del Cabo de Gata que, aunque se define como carbonatada, realmente se ha considerado como masa de baja permeabilidad. Los impactos que se observan están relacionados con la intrusión marina y los nitratos. Las concentraciones de cloruros que se alcanzan varían entre los 500 y 1.200 mg/l, con valores de conductividad eléctrica entre 2.000 y 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las concentraciones de nitratos registradas se encuentran en las escasas zonas detríticas de la masa, donde se alcanzan los 73 mg/l.

En las masas de agua detríticas de la demarcación los impactos producidos por las actividades humanas si han repercutido de forma muy importante en la calidad química. Los impactos identificados obedecen a las numerosas presiones que sobre estas masas se ejercen, repercutiendo tanto en la salinidad como en las concentraciones de nitratos y contaminantes de origen urbano e industrial.

El problema más generalizado de la calidad de estas masas es la presencia de concentraciones de nitratos por encima del límite permitido. Este impacto se identifica en muchas de las masas del sector almeriense donde, en algunas como Cubeta de Overa, Campo de Níjar o Medio Bajo Andarax, las concentraciones de nitratos están comprendidas entre 50 y 315 mg/l. La zona norte de la provincia de Málaga, también se ve afectada seriamente por esta cuestión. Así, masas de agua subterránea como Llanos de Antequera-Vega de Archidona o Fuente de Piedra registran valores de hasta 500 mg/l como consecuencia del uso abusivo de los fertilizantes empleados en la agricultura de regadío.

Otro sector con problemas de nitratos son los aluviales de la zona costera. Las cuatro provincias cuentan con masas de agua subterránea cuya calidad del agua queda comprometida por este parámetro, si bien los valores no son tan elevados y usuales como en el sector almeriense. Los problemas más generalizados se encuentran en las masas de agua pertenecientes al Delta del Adra, Carchuna-Castell de Ferro y Bajo Guadalhorce, con concentraciones que oscilan entre los 30 y los 140 mg/l. Sin embargo, también cabe destacar que la calidad química del agua de varios de estos aluviales está experimentando una notable mejoría, tanto en el caso de los nitratos como en lo que a otros parámetros se refiere. Así sucede en masas de agua como Motril-Salobreña, Río Verde, Río Fuengirola o Río Vélez. Únicamente en ésta última se sobrepasan de manera puntual los 50 mg/l en las campañas más recientes realizadas.

Otro de los problemas que afectan a la calidad química de las aguas subterráneas de la demarcación es la elevada mineralización como consecuencia de la intrusión, la sobreexplotación y los retornos de riego. Sobre todo afecta, nuevamente, a las masas de la provincia de Almería, donde la conductividad eléctrica de muchas de sus masas está comprendida entre 3000 y 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, al confluir en ellas casi todas las presiones descritas. Las facies que se observan también traducen muy bien los impactos producidos, ya que facies bicarbonatadas-sulfatadas cálcicas suelen dar paso a facies cloruradas-sulfatadas sódicas con mineralizaciones además muy superiores a las de origen.

Una situación similar sucede en las masas de la zona norte de la provincia de Málaga y la cuenca del Guadalhorce donde además de las características naturales asociadas al Trías, la presión extractiva, los retornos de riego y los procesos de intrusión en el sector costero, hacen que las conductividades eléctricas varíen entre los 2.000 y 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alcanzando incluso máximos de 8.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en algunos de los registros pertenecientes a la masa de agua Fuente de Piedra.

Exceptuando el sector almeriense y la masa de agua Bajo Guadalhorce, las restantes masas de agua costeras de la demarcación también sufren un deterioro de la calidad química a consecuencia de la intrusión marina, aunque en la mayoría de casos es zonal y no repercute en la calidad más allá del sector costero.

Por último, señalar las masas cuya calidad se ve afectada por la presencia de concentraciones de amonio, nitritos y contaminación bacteriológica. La principal diferencia con las masas de agua de naturaleza carbonatada es que en este caso el principal motivo del deterioro es la contaminación industrial. Así, en masas como el Bajo Guadalhorce o el Río Palmones se observan con cierta frecuencia valores de amonio comprendidos entre 0,5 y 5 mg/l y de nitritos entre 0,5 y 1,5 mg/l, asociados a la presencia de salmonela y coliformes fecales.

Por lo tanto, salvo algunas excepciones, las masas detríticas de la demarcación presentan en la actualidad una deficiente calidad que supera en numerosas ocasiones los límites de potabilidad para muchos de los parámetros considerados. Incluso para su utilización en riego podría haber ciertas objeciones al presentar en algunos casos riesgos altos de salinización.



5. OTROS RECURSOS HÍDRICOS DE LA DEMARCACIÓN

5.1. Recursos hídricos no convencionales

5.1.1. Desalación

Una técnica de incremento de las disponibilidades tradicionalmente considerada como no convencional es la de la desalación del agua, consistente en tratar aguas saladas o salobres procedentes del mar o de acuíferos salinos y quitarles las sales, transformándolas en aguas aptas para usos como el de abastecimiento a poblaciones o los riegos.

En España se ha venido utilizando la desalación de agua de mar desde finales de los 60 para los abastecimientos urbanos de Ceuta, Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria, que tienen en común la escasa disponibilidad de recursos hídricos. En todos estos casos la desalación se reveló como la mejor solución - y en algunos de ellos como la única - al problema del déficit en el abastecimiento urbano. Otras soluciones estudiadas (transporte de agua en barcos o incremento artificial de precipitaciones) se abandonaron en su momento por considerarse inviables técnica o económicamente.

La desalación de agua del mar puede jugar un papel significativo en el suministro urbano de poblaciones costeras, pero de forma puntual y selectiva dado que sus costes actuales, aunque claramente a la baja en los últimos años, aún se encuentran generalmente lejos de los de otras posibles fuentes alternativas convencionales de suministro. Para los regadíos, estas aguas se encuentran a niveles de coste prohibitivos salvo en situaciones puntuales de muy grave escasez, producciones de alta rentabilidad y disponibilidad de otras aguas a coste inferior para su mezcla.

Por otra parte, la muy alta dependencia del coste de producción con relación al precio de la energía sugiere una cierta prudencia ante la eventual posibilidad de una generación masiva de estas aguas, y aconseja estratégicamente plantear opciones alternativas de forma que el sistema global de suministro tenga una menor dependencia energética.

En lo relativo al agua salobre, los costes de producción y transporte son apreciablemente inferiores, pero presentan los problemas de su posible agotamiento y cambios de características (es decir, del mantenimiento de su disponibilidad cuantitativa y cualitativa), y de la evacuación de las salmueras generadas en el proceso. Por ello, el estudio de su viabilidad y costes requiere análisis pormenorizados en cada caso concreto.

En conjunto, la desalación de agua de mar y salobre supone actualmente una aportación al ciclo hidrológico de unos 220 hm³/año, lo que coloca a España en el primer lugar de Europa, con un 30% del conjunto instalado en todo el continente.

En la DHCMA en la actualidad están en servicio las plantas de Marbella, Almería, Carboneras y Rambla Morales, aunque estas tres últimas a un ritmo bajo de funcionamiento, de modo que de los 0,2 hm³ de recursos desalados que se utilizaban en el año 2000 se ha pasado a contar en la actualidad con una capacidad de producción teórica de unos 100 hm³/año. Además, existe otra planta de pequeña capacidad, propiedad de la comunidad de regantes de Pulpí, en el entorno de la divisoria con la demarcación hidrográfica del Segura que trata agua de un pozo salobre y cuyo punto de vertido se localiza en aguas litorales de la DHCMA. No obstante, los recursos de esta planta se destinan a regadíos exteriores en la demarcación vecina.

En ejecución se encuentran las desaladoras del Campo de Dalías y del Bajo Almanzora, mientras que en breve se iniciará la construcción de la planta de Mijas-Fuengirola, de 20 hm³ anuales pero diseñada para duplicar su capacidad. También se prevén para el primer horizonte dos nuevas plantas con las que garantizar el abastecimiento urbano la ciudad de Málaga y de la Costa del Sol Oriental.

Por otro lado, la obsoleta instalación del Cabo de Gata se ha clausurado por innecesaria, y la fecha de la segunda fase de Carboneras se posterga hasta que la evolución de la demanda justifique la ampliación.

Los recursos hídricos efectivamente utilizados que provienen de la desalación en la situación actual se han estimado en 23 hm³/año, lo que supone un 2,1% de los recursos disponibles totales de la demarcación, mientras que la entrada en funcionamiento de las nuevas infraestructuras y la intensificación del uso de las ya operativas permitirá alcanzar los 184 hm³ anuales en el horizonte 2015, y los 244 hm³ en el 2027.

A estas instalaciones hay que sumar dos desaladoras: la de El Atabal (Bajo Guadalhorce), con 60 hm³ para el abastecimiento de Málaga, y Palomares (Bajo Almanzora), con 9-10 hm³ para riego.

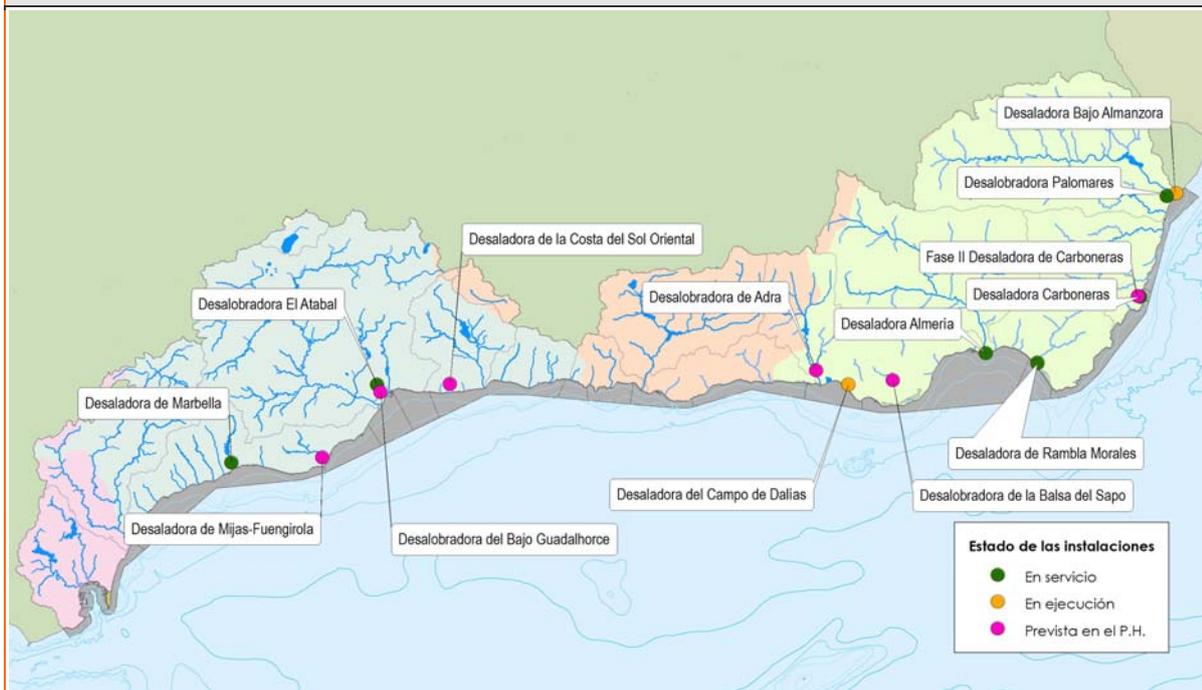
La tecnología empleada en la desalación es la de membranas, tanto de ósmosis inversa como de electrodiálisis, en función de las características del agua bruta. Los costes de producción son parecidos en ambas tecnologías, si bien la ósmosis, por su mayor versatilidad, ha experimentado una mayor generalización.

Tabla 56. Principales instalaciones de desalación de agua de mar actuales y previstas

Instalación	Código masa	Ubicación	Localización		Capacidad (hm ³ /año)	Situación	Tecnología	Observaciones
			X UTM	Y UTM				
Desaladora de Marbella	610007	Marbella (Málaga)	325693	4042723	20	En servicio	Ósmosis inversa	Abastecimiento
Desaladora de Mijas-Fuengirola	610008	Mijas (Málaga)	352912	4044188	20 (ampliables a 40)	Próximo inicio construcción	Ósmosis inversa	Abastecimiento
Desaladora El Atabal	-	Málaga (Málaga)	369316	4066220	60	En servicio	Ósmosis inversa	Abastecimiento de Málaga
Desaladora del Bajo Guadalhorce	-	Málaga	-	-	30	Prevista en el P.H. de la DHCMA	-	Abastecimiento
Desaladora de la Costa del Sol oriental	-	Vélez-Málaga (Málaga)	-	-	20	Prevista en el P.H. de la DHCMA	-	Abastecimiento
Desaladora de Adra	-	Adra (Almería)	-	-	5	Prevista en el P.H. de la DHCMA	Ósmosis inversa	-
Desaladora del Campo de Dalías	610016	El Ejido (Almería)	-	-	30 (60 en el 2º Horiz. ¹)	En ejecución	Ósmosis inversa	Abastecimiento y riego
Desaladora de la Balsa del Sapo	-	El Ejido (Almería)	-	-	2	Prevista en el P.H. de la DHCMA	-	Riego
Desaladora Almería	610017	Almería (Almería)	551486	4075546	20	En servicio	-	Abastecimiento
Desaladora de Rambla Morales	610018	Almería (Almería)	566942	4072717	22	En servicio	-	Iniciativa privada. Riego
Desaladora de Carboneras	610037	Carboneras (Almería)	597702	4092534	42	En servicio	Ósmosis inversa	Abastecimiento y riego
Desaladora de Carboneras. Fase II	610037	Carboneras (Almería)	597702	4092534	42	Prevista en el P.H. de la DHCMA	-	Abastecimiento y riego
Desaladora de Palomares	-	Cuevas del Almanzora (Almería)	-	-	9-10	En servicio	-	Riego
Desaladora del Bajo Almanzora	610020	Cuevas del Almanzora (Almería)	608182	4123877	20	En ejecución	Ósmosis inversa	Abastecimiento y riego

¹ La instalación ha sido diseñada para su posible ampliación hasta los 45 hm³ pero, considerando los balances de recursos hídricos recogidos en el Anejo VI, serán necesarios 60 hm³ de capacidad en el horizonte 2027.

Figura 79. Localización y estado de las desaladoras y desalobradoras.



En el caso de la demarcación, la pujanza de la desalación de agua marina se debe en gran parte a la falta de alternativas viables técnicamente, y compatibles desde un punto de vista medioambiental, para satisfacer las demandas asociadas al gran desarrollo de la franja costera con recursos de origen natural. Tal circunstancia, que está determinando un cambio radical en el origen de los caudales suministrados para el abastecimiento de la población del litoral almeriense y de la Costa del Sol Occidental, puede también ejemplificarse con el caso de la ciudad de Málaga, ubicada en un subsistema de explotación fuertemente deficitario cuyos limitados recursos son ya de por sí manifiestamente insuficientes para garantizar las demandas hídricas actuales, lo que compromete las posibilidades de crecimiento socioeconómico tanto de la capital como de toda la cuenca del Guadalhorce si no se apuesta de manera decidida por incorporar la desalación de agua de mar en los esquemas de suministro.

Junto a la ausencia de alternativas en determinadas zonas de la demarcación, otro motivo para explicar el incremento exponencial observado de los volúmenes procedentes de desalación, reside en la introducción de mejoras tecnológicas que han permitido el abaratamiento del metro cúbico producido. No obstante, el coste resultante continúa siendo en general (con muy contadas excepciones) más alto que el de otras fuentes de suministro, lo que sitúa su utilización sólo al alcance de actividades que generen un margen suficiente para hacer frente a este coste adicional y, en ocasiones, explica por qué determinados gestores de servicios de abastecimiento optan por continuar extrayendo recursos de acuíferos sobreexplotados aún a costa de infrautilizar las instalaciones de desalación a las que tienen acceso.

En este sentido, en lo que respecta a los usos agrarios, hay que resaltar que, a diferencia de otras cuencas hidrográficas, la alta rentabilidad de muchas áreas regadas de la demarcación, en particular de su mitad oriental, permiten que la desalación (por sí sola o previa mezcla con otros recursos más económicos) constituya hoy en día una solución viable para resolver sus problemas de suministro.

En lo que se refiere a la utilización de recursos desalados en la industria, al margen de las conectadas a redes municipales ya abastecidas -o que lo harán próximamente- con recursos desalados, su empleo en el suministro de éstas, por el momento, sólo parece presentar un potencial relevante en la provincia de Almería, donde el fuerte déficit de recursos disponibles limita en gran medida la posibilidad de que se establezcan nuevas empresas con requerimientos hídricos de cierta entidad. En este sentido, hay que señalar que ya existe en el levante almeriense una importante planta cementera que trata mediante ósmosis inversa más de medio hectómetro cúbico anual de aguas salobres para garantizar su autoabastecimiento.

5.1.2. Reutilización

Otra técnica de incremento de la disponibilidad de recursos hídricos considerada como no convencional es la de la reutilización de las aguas. Aunque, obviamente, el volumen de recurso es el mismo, su aplicación sucesiva permite satisfacer más usos y, por tanto, incrementar las disponibilidades internas del sistema de utilización.

La reutilización es un componente intrínseco del ciclo del agua, ya que mediante el vertido de efluentes a los cursos de agua y su dilución con el caudal circulante, las aguas residuales han venido siendo reutilizadas tradicionalmente por tomas aguas abajo del punto de incorporación al cauce. Es importante distinguir entre reutilización indirecta, que es la mencionada y la más común, y reutilización directa, que es aquella en que el segundo uso se produce a continuación del primero, sin que entre ambos el agua se incorpore a ningún cauce público.

En efecto, esta reutilización directa o planificada, a gran escala, tiene un origen más reciente y supone el aprovechamiento directo de efluentes depurados con un mayor o menor grado de tratamiento previo, mediante su transporte hasta el punto del segundo aprovechamiento a través de una conducción específica, sin mediar para ello la existencia de un vertido a cauce público.

Las posibilidades de reutilización están directamente relacionadas con las disponibilidades de volúmenes de efluentes tratados, que a su vez dependen del número y capacidad de las estaciones depuradoras (EDARs) existentes.

Este número y capacidad de las EDARs está experimentando un importante aumento por la obligatoriedad de cumplir la Directiva Comunitaria 91/271/CEE, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas, y la ejecución del Plan Nacional de Saneamiento y Depuración (PNSD) o Plan Nacional de Calidad (PNC). La necesidad de obtener agua con unas calidades mínimas para cada uso y garantizar unas condiciones sanitarias satisfactorias obliga, en la mayoría de los casos, a someter los efluentes depurados a tratamientos terciarios específicos (filtración, microfiltración, tratamiento físico-químico, desinfección, tratamientos de eliminación de sales, etc.), que deben por supuesto prevalecer en una reutilización planificada.

Además de las muy frecuentes reutilizaciones indirectas (de las que un excelente ejemplo es el proporcionado por las vegas del Segura, en las que el agua se aplica dos, tres y cuatro veces a los riegos tradicionales mediante el sistema de riego-avenamiento-nuevo riego, o el de los riegos del Jarama, con aguas depuradas de Madrid), en España existen identificadas en la actualidad más de 100 actuaciones de reutilización directa, siendo uno de los países más desarrollados en este campo. Estas actuaciones permiten atender una demanda de unos 230 hm³/año, siendo el riego el aprovechamiento más extendido (89% del volumen total, frente al 6% de usos recreativos y campos de golf, 2% de usos municipales, 2% para requerimientos ambientales y 1% de usos industriales). Las instalaciones están ubicadas, sobre todo, en las islas y zonas costeras mediterráneas con escasez de recursos hídricos.

En la DHCMA, la reutilización de aguas depuradas muestra un crecimiento continuado, aunque hasta ahora a un ritmo insuficiente, pasando desde los volúmenes anecdóticos aprovechados a principios de los noventa hasta alcanzar los 21 hm³ en el año 2005. Según las previsiones reflejadas en el SRPHCS, que incluía numerosas actuaciones a este respecto en consonancia con las actuales directrices de la planificación hidrológica, los volúmenes a reutilizar debían llegar a los 75 hm³ anuales en 2008 y a 139 hm³ en 2018, cifras que no contemplaban las posibilidades en los sectores urbano e industrial, pendientes de evaluar. Concretamente, en lo que se refiere a la gran industria, el documento de planificación señalaba el interés de promover iniciativas de ese tipo en el Campo de Gibraltar, dado, por una parte, que en dicha zona las demandas potenciales de recursos regenerados para riegos agrícolas y de campos de golf son muy inferiores al volumen de aguas residuales a tratar en un futuro próximo, y por otra, como una manera de reducir la dependencia de los embalses y, por consiguiente, aumentar las garantías globales de servicio de los distintos usuarios.

Tras unos años de cierta parálisis, se están produciendo importantes avances (potenciados por la situación de sequía iniciada en 2005) que proceden tanto de planes promovidos desde las administraciones central y autonómica, como por iniciativas a nivel municipal o de agentes privados. La aprobación del Decreto de la Junta de Andalucía 43/2008, de 12 de febrero, regulador de las condiciones de implantación y funcionamiento de campos de golf en Andalucía (modificado por el Decreto 309/2010), ha supuesto un impulso añadido ya que en el mismo se contempla la exigencia de que todas esas instalaciones, salvo en casos excepcionales, reutilicen aguas residuales regeneradas para cubrir sus necesidades de riego.

En este sentido, en los últimos años se ha observado un fuerte incremento en el aprovechamiento de este tipo de recursos para riego de campos de golf e instalaciones deportivas y de ocio en la Costa del Sol Occidental, zona cuyo potencial de reutilización se verá próximamente muy ampliado con la incorporación de las nuevas instalaciones de depuración de Arroyo de la Miel y Fuengirola (Cerros del Águila), y de los recién finalizados tratamientos terciarios de las plantas de Manilva, La Víbora y La Cala del Moral (Mijas). Otras zonas que se verán pronto beneficiadas con la entrada en servicio de nuevas instalaciones son la Costa del Sol Oriental (EDARs de Vélez-Málaga y Rincón de la Victoria), Campo de Dalías y Adra (instalaciones de El Ejido, Roquetas de Mar y Adra), cuyos efluentes tratados a nivel terciario van a ser aprovechados en riegos agrícolas, urbanos y de campos de golf, y el Bajo Andarax, con la extensión hasta 3.200 hectáreas de los cultivos servidos desde la EDAR de Almería, de próxima ampliación y que tratará asimismo los efluentes de los siete municipios de la Mancomunidad del Bajo Andarax.

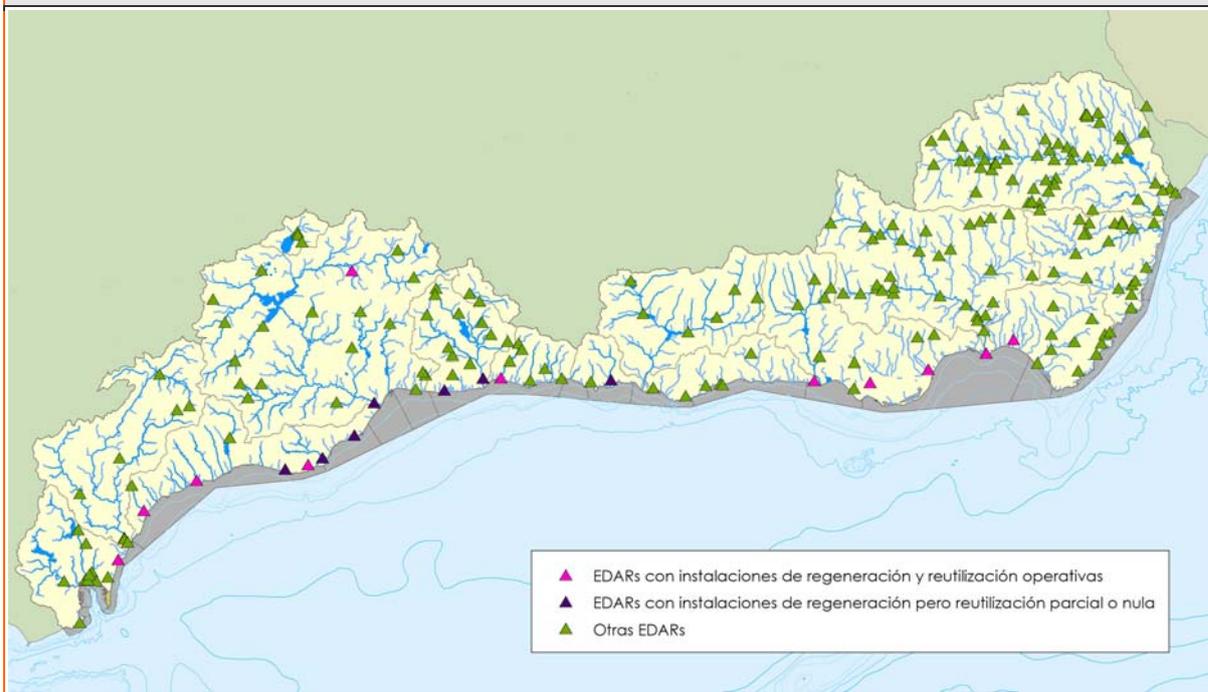
Sin embargo, la puesta en marcha de la reutilización en Málaga capital para riego de parques y jardines y baldeo de calles, con recursos tratados en las EDARs de Guadalhorce y Peñón del Cuervo, aún se encuentra en sus primeras fases, y en cualquier caso sería manifiestamente insuficiente para alcanzar los objetivos planificados si no se extiende su ámbito de aplicación a riegos agrícolas del valle del Guadalhorce y a las instalaciones de golf existentes en la zona. Por el contrario, sí está en fase muy avanzada el aprovechamiento de 250 l/s de los efluentes de la depuradora principal para su uso en refrigeración de la central de ciclo combinado situada en Campanillas, que entrará previsiblemente en servicio a comienzos de 2011, aunque al tratarse de una demanda no prevista en la planificación hidrológica vigente no contribuirá a reducir el cuantioso déficit del subsistema I-4.

En cuanto a la comarca de la Axarquía, el funcionamiento del plan de reutilización para riegos locales a partir de las ocho plantas construidas por la Consejería de Agricultura y Pesca resulta aún insatisfactorio, mientras que en algunas instalaciones terciarias de gran potencial, como la de Almuñécar



(subsistema III-1), localizada en un área con regadíos infradotados y problemas de sobreexplotación de acuíferos, no terminan de concretarse los esquemas de aprovechamiento.

Figura 80. Localización las principales instalaciones de regeneración y reutilización de agua.



En resumen, como zonas con mayor potencial remanente en lo que se refiere al aprovechamiento de aguas regeneradas hay que señalar a toda la costa malagueña, Valle del Guadalhorce, Campo de Gibraltar (con la particularidad de posibles beneficiarios industriales), la Costa Tropical granadina, el Campo de Dalías (actuaciones casi finalizadas), Almería-Bajo Andarax y el Levante almeriense.

El presente plan contempla para los horizontes futuros la entrada en funcionamiento de las instalaciones para regeneración y reutilización de Algeciras, San Roque y La Línea de la Concepción en el subsistema I-1; Alozaina, Coín, Álora-Pizarra, Guadalhorce norte y Peñon del Cuervo en el subsistema I-4; Zafarraya-El Almendral y Venta de Zafarraya en el subsistema II-2; Torrox (costa), Frigiliana y Nerja en el subsistema II-3; La Herradura en el subsistema III-1, para regadío de zonas agrícolas y campos de golf; Órgiva en el subsistema III-2; Motril-Salobreña, Carchuna-Calahonda y Albuñol, destinadas al regadío de zonas agrícolas en el subsistema III-3; Níjar en el IV-2; Costa levante en el subsistema V-1; y Huerca Overa, Cuevas de Almanzora y Vera en el subsistema V-2. Estarán disponibles también los efluentes tratados en las estaciones de regeneración de Guadalhorce en el subsistema I-4 o las de Rincón de la Victoria y Vélez- Málaga en el subsistema II-1, que actualmente están operativas pero con una reutilización parcial de sus efluentes.

Además, se contempla la construcción de instalaciones complementarias en las instalaciones que, aunque ya disponen de infraestructuras de regeneración de aguas residuales, no tienen las necesarias para reutilizar los efluentes. Este es el caso de Arroyo de la Víbora I, Cerros del Águila y Arroyo de la Miel en el subsistema I-3 o Gualchos-Castel de Ferro en el subsistema III-3.

El caudal reutilizado en la actualidad, 21 hm³/año (11,9 hm³ en regadío y 9,1 hm³ en golf) que suponen un 2% de los recursos hídricos disponibles de la demarcación, se verán ampliados con las actuaciones previstas hasta 123 hm³ anuales en el horizonte 2015 y 158 hm³/año para el 2027. No obstante, frente a sus inmensas posibilidades, los principales obstáculos actuales al desarrollo de la

reutilización se derivan de la ausencia en muchas depuradoras de los tratamientos terciarios necesarios, de la falta de redes de conexión entre las instalaciones y las demandas y, en muchos casos, de la resistencia de los potenciales usuarios, en especial de los agrícolas, bien por considerar estos recursos como de baja calidad o por tener un coste superior al de otras fuentes de suministro.

5.2. Recursos hídricos externos

Además de los recursos convencionales y no convencionales que se generan internamente en el ámbito de un determinado territorio, y que se han ido examinando en secciones previas, existen situaciones en que se producen transferencias externas, superficiales o subterráneas, entre distintos territorios, lo que da lugar a modificaciones en sus recursos.

Las transferencias superficiales entre distintas cuencas consiguen incrementar los recursos disponibles y atender las demandas existentes en aquellos sistemas de utilización en que, exclusivamente con sus recursos de origen interno, son incapaces de cumplir dicho objetivo.

La previsión y las condiciones de este tipo de transferencias que trasladan recursos de una cuenca para su utilización en otra es uno de los contenidos obligatorios del Plan Hidrológico Nacional, de acuerdo con el artículo 43 de la Ley de Aguas.

Existen, por otra parte, determinados intercambios fluviales con países vecinos, que son también asimilables a una transferencia superficial natural.

Además de las transferencias superficiales, también se presenta el caso de flujos subterráneos que, de modo natural, son transferidos desde algunas masas de agua a otras contiguas, que pueden pertenecer a ámbitos de planificación diferentes y, por tanto, constituir propiamente una transferencia externa.

En el ámbito territorial de la DHCMA, 43 hm³/año corresponden a recursos procedentes de transferencias de otras demarcaciones hidrográficas. Concretamente de los trasvases Tajo-Segura, Negratín-Almanzora y del sistema Bujeo procedentes, respectivamente, de las cuencas del Tajo, Guadalquivir y la Guadalete-Barbate. Este volumen representa un 4% de los recursos hídricos disponibles de la demarcación.

Tabla 57. Transferencias de recursos intercuenas en Andalucía			
	Trasvase Tajo-Segura-Almanzora	Trasvase Negratín – Almanzora	Trasvase Guadiaro-Majaceite
Cuenca Cedente	D.H. del Tajo	D.H. del Guadalquivir	Cuenca del Guadiaro (DHCMA)
Cuenca Receptora	Cuenca del Almanzora (DHCMA)	Cuenca del Almanzora (DHCMA)	Cuenca del Guadalete (DHGB)
Volumen de trasvase máximo anual	15 hm ³ + 10 hm ³ (*)	50 hm ³	110 hm ³
Usos	Regadío y abastecimiento	Regadío	Abastecimiento
Año Aprobación	1980	1998	1995
Año entrada en funcionamiento	1984	2004	2000/2001
Inversión estimada	1.126.000.000 €	175.000.000 €	54.000.000 €
Instrumento de recuperación de costes	Tarifa de conducción	Canon de trasvase	Canon de trasvase

Históricamente, el primer trasvase a la cuenca se lleva a cabo mediante el Acueducto Tajo-Segura (ATS)². La provincia de Almería cuenta con una dotación de 15 hm³/año concedidos en las leyes 21/1971 y 52/1980. A esta cifra se suma el 30% de los excedentes que pudieran producirse por una evaporación menor de la calculada, por mejor tecnología de los regadíos u otras causas. Sin embargo, puesto que estas dotaciones tenían la consideración de cifras máximas supeditadas a la existencia de excedentes en la cuenca cedente, las cantidades realmente trasvasadas presentaban valores netamente inferiores, como confirmaba el Libro Blanco del Agua.

Hay que precisar que la Confederación Hidrográfica del Segura tiene a su cargo las tareas de la gestión técnica y económica de la explotación de la infraestructura hidráulica de las aguas recibidas en el embalse del Talave procedentes del Tajo, gestión de la que dependen la totalidad de las zonas regables del trasvase con independencia de su ubicación geográfica, conformando un sistema singular de explotación. La integridad del sistema se refuerza por el hecho de que todas las comunidades de regantes y usuarios individuales para regadío en las demarcaciones hidrográficas beneficiarias (Segura, Júcar y Cuencas Mediterráneas Andaluzas) son miembros originarios del Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo-Segura, que fuera constituido mediante Orden Ministerial de 19 de noviembre de 1982.

El segundo trasvase del que la DHCMA es receptora es el Negratín-Almanzora³, que tiene por objeto la transferencia de un máximo de 50 hm³ anuales desde la cuenca del Negratín, en el río Guadiana Menor (afluente del Guadalquivir) hasta el partidor de El Saltador, desde donde se lleva el agua al

² Regulación:

Art. 17 de la Ley 1/1969, de 11 de febrero, ordena la regulación, mediante Ley, del sistema hidráulico Tajo-Segura:

<http://www.boe.es/boe/dias/1969/02/12/pdfs/A02137-02142.pdf>

Ley 21/1971, de 19 de junio, de aprovechamiento conjunto de los ríos Tajo y Segura:

<http://www.boe.es/boe/dias/1971/06/22/pdfs/A10115-10116.pdf>

Real Decreto 1982/1978, de 26 de julio, sobre la organización de los servicios encargados de gestionar la explotación de la infraestructura hidráulica "Trasvase Tajo-Segura":

<http://www.boe.es/boe/dias/1978/08/22/pdfs/A19589-19590.pdf>

Real Decreto 2529/1980, de 14 de noviembre, por el que se amplía la composición de la Comisión Central de Explotación del Acueducto Tajo-Segura, incorporándose la CHSur:

<http://www.boe.es/boe/dias/1980/11/22/pdfs/A26053-26053.pdf>

Ley 52/1980, de 16 de octubre, de Regulación del Régimen Económico de la explotación del acueducto Tajo-Segura:

<http://www.boe.es/boe/dias/1980/10/24/pdfs/A23702-23704.pdf>

Real Decreto 2529/1980, de 14 de noviembre, por el que incorporan nuevos Vocales a la comisión de Explotación del Acueducto Tajo-Segura:

<http://www.boe.es/boe/dias/1980/11/22/pdfs/A26053-26053.pdf>

Resolución de 4 de diciembre de 2009, de la Dirección general del agua, por la que se publica el Acuerdo de Consejo de Ministros sobre aprobación de las nuevas tarifas para aprovechamiento del acueducto Tajo-Segura:

<http://www.boe.es/boe/dias/2009/12/14/pdfs/BOE-A-2009-20060.pdf>

³ Regulación:

Real Decreto-ley 9/1998, de 28 de agosto, por el que se aprueban y declaran de interés general determinadas obras hidráulicas - Artículo 1 F) 2:

<http://www.boe.es/boe/dias/1998/08/29/pdfs/A29488-29497.pdf>

Ley 55/1999, de 29 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social. Disposición adicional vigésima segunda. *Transferencia de recursos entre el Negratín y el Almanzora*:

<http://www.boe.es/boe/dias/1999/12/30/pdfs/A46095-46149.pdf>

ORDEN MAM/2313/2003, de 1 de agosto, por la que se crea la Comisión de Gestión Técnica de la transferencia de recursos hídricos desde el embalse del Negratín al de Cuevas de Almanzora:

<http://www.boe.es/boe/dias/2003/08/14/pdfs/A31523-31523.pdf>

Ley 62/2003, de 30 de diciembre, art. 124. Régimen transitorio de la transferencia:

<http://www.boe.es/boe/dias/2003/12/31/pdfs/A46874-46992.pdf>

embalse de Cuevas de Almanzora. La finalidad es aportar los caudales complementarios que permitan garantizar el abastecimiento de la población, incluidos núcleos del Almanzora, y consolidar los regadíos infradotados existentes.

Por último, la ciudad de Algeciras cuenta con una concesión para el aprovechamiento del manantial de El Bujeo, ubicado en la vecina cuenca del Barbate.

Por otra parte, mediante el trasvase Guadiaro-Majaceite⁴ se transfiere agua de la DHCMA hacia la cuenca del río Guadalete con destino al abastecimiento urbano e industrial de la llamada Zona Gaditana. Esta incluye las poblaciones de Algar, Cádiz, Conil, Chiclana de la Frontera, Chipiona, Jédula (Arcos), Jerez de la Frontera, Medina Sidonia, Paterna de Rivera, Puerto Real, Puerto de Santa María, Rota, San Fernando, Sanlúcar de Barrameda y Trebujena. Esta transferencia se hace mediante el Túnel de Buitreras que une el río Guadiaro a su paso por Cortes de la Frontera (Málaga) con el río Ubrique, afluente de río Majaceite que vierte sus aguas al embalse de Los Hurones. El trasvase, que entró en funcionamiento el 27 de noviembre de 2000, tiene una capacidad máxima de 110 hm³/año.

Figura 81. Transferencias de recursos hídricos externos.



La Tabla 58 resume los trasvases de recursos entre la DHCMA y otras demarcaciones hidrográficas:

⁴ Regulación:
Ley 17/1995, de 1 de junio, de transferencia de volúmenes de agua de la cuenca del río Guadiaro a la cuenca del río Guadalete:
<http://www.cma.junta-andalucia.es/medioambiente/web/aplicaciones/Normativa/ficheros/e3.pdf>
RD 1599/1999, de 15 de octubre, por el que se crea la Comisión de Explotación del Trasvase Guadiaro-Guadalete y se señalan los criterios para la determinación del canon que deben pagar los usuarios:
<http://www.cma.junta-andalucia.es/medioambiente/web/aplicaciones/Normativa/ficheros/e14.pdf>

Tabla 58. Transferencia de recursos hídricos entre la DHCMA y otras demarcaciones

Trasvase	Capacidad máxima (hm ³ /año)	Demarcación cedente	Uso de los recursos transferidos	Volúmenes promedio cedidos (hm ³ /año)
Tajo-Segura	27	Tajo	Riego y abastecimiento	16
Negratín-Almanzora	50	Guadalquivir	Abastecimiento y riego	25
Sistema Bujeo	sd	Atlántica Andaluza	Abastecimiento	2
Guadiaro-Majaceite	110	Mediterránea Andaluza	Abastecimiento	-56

Las capacidades mostradas en la tabla anterior se refieren a valores máximos teóricos de los distintos intercambios con el exterior. Sin embargo, tanto en lo que se refiere al ATS como al trasvase del Negratín, dichas cifras no son representativas de los aportes netos.

En el caso del ATS, suponer que todos los años el estado de las reservas en los embalses de cabecera del Tajo va a permitir enviar las dotaciones máximas previstas, no sería una hipótesis realista. Los análisis realizados por el CEDEX para elaborar una guía de ayuda a las decisiones de la Comisión del Trasvase así lo demuestran, y la experiencia histórica lo confirma, ya que hasta ahora han sido muy pocos los ejercicios en los que se ha recibido la dotación íntegra.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que la delimitación entre las demarcaciones del Segura y Mediterránea no se corresponde con los ámbitos reales de gestión del recurso. De hecho, la totalidad de las necesidades de abastecimiento del término de Pulpí, integrado en el sistema GALASA, se sirven desde el Sistema V, así como algunas demandas de regadío del Bajo Almanzora que se localizan en realidad en áreas asignadas a la demarcación vecina por el Real Decreto 650/1987, de 8 de mayo.

En consecuencia, de cara a la revisión de los balances actuales, se ha supuesto que el envío neto promedio desde el ATS para abastecimiento y riegos en la DHCMA se sitúa en 16 hm³/año, pero que al mismo tiempo desde el Sistema V se trasvasan recursos desalados propios a Pulpí para suministro de abastecimientos que, administrativamente, están en el exterior.

5.3. Recursos hídricos disponibles en la demarcación

En este apartado se trata de sintetizar los recursos hídricos totales disponibles en la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. Éstos están formados por los recursos hídricos convencionales disponibles, de los totales en la demarcación, los no convencionales y los recursos hídricos externos procedentes de transferencias intercuenas. Suelen considerarse tradicionalmente como recursos no convencionales los procedentes de la desalación de aguas marinas y salobres, la reutilización directa de aguas residuales, entre otros. Así, los recursos internos disponibles en cada cuenca, convencionales y no convencionales, junto con las transferencias que le afectan, configuran la oferta de recursos disponibles totales con que atender las diferentes necesidades de agua.

Los recursos convencionales, son los obtenidos mediante la ejecución de técnicas de movilización clásicas y suficientemente probadas, y los recursos no convencionales, los obtenidos mediante el desarrollo de técnicas nuevas. En este sentido cabe hablar de un recurso potencial, que podría definirse como la parte del recurso natural que constituye un potencial de oferta una vez que se han tenido en cuenta las posibles restricciones exteriores. Estas restricciones pueden ser de carácter ambiental, socioeconómico o geopolítico.

Las restricciones de carácter ambiental, los llamados caudales ecológicos, tienen como objetivo la protección, en determinados territorios y periodos de tiempo, de las funciones naturales del agua (ecosistemas acuáticos, fundamentalmente) mediante la preservación de flujos, de velocidades, de niveles, de volúmenes, o de sus características físico-químicas. Los caudales ecológicos: no son un uso más de los contemplados en el sistema de utilización, sino una restricción externa y previa que opera sobre los recursos hídricos naturales para configurar el recurso potencial, o, dicho de otra forma, un supuesto previo a la gestión del dominio público hidráulico.

Es importante comprender que solo cabe hablar de oferta o disponibilidad de recursos tras haber satisfecho -entre otras- estas restricciones ambientales, y sólo en la medida en que la utilización del agua no distorsione sensiblemente su función ambiental (biológica, climática,...) podrá aceptarse su carácter de bien económico-productivo al servicio del bienestar y el desarrollo. Considerando todo ello, y en el marco de los trabajos de planificación hidrológica y del programa de medidas, se están realizando estudios que tienen como finalidad la determinación de los regímenes de caudales ecológicos en las masas de agua superficiales continentales y de transición de acuerdo con la DMA. Estos trabajos consideran también las necesidades de agua de los lagos y de las zonas húmedas, de modo que permitan mantener de forma sostenible la funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados.

Las restricciones de carácter social o socioeconómico pueden proceder de servidumbres derivadas de actividades consideradas prioritarias y que resultan incompatibles con la utilización del recurso, como consecuencia, por ejemplo, de determinadas opciones de ordenación territorial. Este sería el caso de aquellos equipamientos que, aun siendo técnica y económicamente factibles, pueden entrar en conflicto con determinados criterios de ocupación del suelo.

Además de estas restricciones exteriores que determinan el recurso potencial, existen otras restricciones de carácter técnico que pueden limitar el aprovechamiento de las aguas. En este sentido cabe hablar de unos recursos realmente disponibles para su utilización productiva como consecuencia del conjunto de restricciones técnicas que limitan el posible aprovechamiento del recurso natural o potencial. La cuantía de estos recursos disponibles depende, fundamentalmente, de las características del recurso natural y del nivel tecnológico del sistema de utilización. Así, por ejemplo, los recursos de agua subterránea de un acuífero pueden ser potencialmente aprovechables, pero estarán realmente disponibles en función de la tecnología de perforación y bombeo existente en cada momento.

La siguiente tabla recoge los recursos hídricos totales disponibles en la DHCMA desglosados por sub-sistemas:

Tabla 59. Recursos hídricos disponibles en la DHCMA

Zona	Recursos propios					Transferencias ⁵		Recursos Netos	
	Superficiales		Subterráneos	Desalación	Reutilización	Totales	Internas		Externas
	Regulados	Fluyentes							
I-1	51,17	3,16	1,83	0,00	0,69	56,85	0,00	1,55	58,40
I-2	0,60	74,84	14,18	0,00	0,25	89,87	-0,11	-56,00	33,76
I-3	48,93	5,10	40,38	5,95	6,17	106,53	0,11	0,00	106,64
I-4	95,35	38,62	87,61	0,00	2,79	224,38	1,30	-0,11	225,57
I-5	0,00	0,06	3,40	0,00	0,00	3,46	-1,28	0,00	2,17
Sistema I	196,05	121,77	147,40	5,95	9,91	481,08	0,01	-54,56	426,54

⁵ El valor es positivo si el sistema importa agua y negativo si exporta

Tabla 59. Recursos hídricos disponibles en la DHCMA

Zona	Recursos propios					Transferencias ⁵		Recursos Netos	
	Superficiales		Subterráneos	Desalación	Reutilización	Totales	Internas		Externas
	Regulados	Fluyentes							
II-1	37,40	4,81	19,74	0,00	0,17	62,12	-6,64	0,00	55,48
II-2	0,00	0,20	8,02	0,00	0,00	8,22	0,00	0,00	8,22
II-3	0,00	4,43	11,39	0,00	0,00	15,82	6,63	0,00	22,45
Sistema II	37,40	9,44	39,15	0,00	0,17	86,16	-0,01	0,00	86,15
III-1	0,00	4,04	12,90	0,00	0,00	16,94	4,41	0,00	21,35
III-2	86,55	99,13	19,66	0,00	0,14	205,48	-15,74	0,00	189,73
III-3	0,00	0,07	9,76	0,00	0,00	9,83	13,88	0,00	23,71
III-4	16,60	33,00	97,84	0,00	1,09	148,53	2,58	0,00	151,11
Sistema III	103,15	136,24	140,16	0,00	1,23	380,77	5,12	0,00	385,89
IV-1	0,88	17,77	28,93	5,12	8,00	60,71	-11,22	0,00	49,49
IV-2	0,00	0,40	11,44	0,00	0,50	12,33	6,10	0,00	18,43
Sistema IV	0,88	18,17	40,37	5,12	8,50	73,04	-5,12	0,00	67,92
V-1	0,00	1,15	8,87	3,00	0,00	13,03	-1,40	4,46	16,09
V-2	0,00	15,74	25,99	9,28	1,17	52,17	1,40	36,47	90,04
Sistema V	0,00	16,89	34,86	12,28	1,17	65,20	0,00	40,94	106,14
DHCMA	337,5	302,5	401,9	23,3	21,0	1.086,2	0,0	-13,6	1.072,6

Con todo esto, los recursos hídricos de origen interno al ámbito territorial de la DHCMA ascienden a 1.086 hm³/año, repartidos de la siguiente forma:

- a) 1.042 hm³ de fuentes convencionales (superficiales reguladas o no y subterráneas).
- b) 23 hm³ procedentes de desalación de aguas marinas.
- c) 21 hm³ procedentes de reutilización de aguas residuales urbanas regeneradas.

Los recursos hídricos externos procedentes de transferencias, 43 hm³, son:

- d) 27 hm³ procedentes del trasvase Negratín-Almanzora.
- e) 14 hm³ procedentes del trasvase Tajo-Segura.
- f) 1,6 hm³ procedentes del manantial de Bujeo.

Los recursos hídricos cedidos a otras demarcaciones desde la DHCMA son 56 hm³, correspondientes al trasvase Guadiaro-Majaceite y 110 hm³ anuales que se exportan a Villanueva de Tapia desde la Masa de agua subterránea 060.030 Sierra de Archidona.

6. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es un problema global reconocido por la comunidad internacional, ante el cual diferentes organismos e instituciones han puesto en marcha actuaciones para evaluar el posible impacto que podría ocasionar, e intentar minimizar sus consecuencias.

En particular, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía se ha involucrado en varios proyectos para la generación de escenarios de cambio climático regionalizados para la comunidad autónoma. Los resultados de la modelización del cambio climático derivados de uno de esos proyectos y recogidos en el documento EL CAMBIO CLIMÁTICO EN ANDALUCÍA. ESCENARIOS ACTUALES Y FUTUROS DEL CLIMA (2008), reflejan que las precipitaciones aumentarán un 3% en el primer tercio del siglo XXI y después descenderán hasta un 7% para el conjunto de Andalucía. Se prevé, por tanto, un aumento de precipitaciones para el horizonte 2027 considerado en el actual proceso de planificación hidrológica.

La ponderación de las variaciones recogidas en el estudio para las capitales de provincia en dicho horizonte sugiere que la precipitación se incrementaría en la DHCMA en un 0,8%, mientras que para la demarcación del Guadalquivir se produciría un descenso del 1,0%. Sin embargo, una estimación paralela a partir de los resultados del mismo estudio para los espacios protegidos de la DHCMA (Punta Entinas-Sabinar, Laguna de Fuente de Piedra, Torcal de Antequera, Cabo de Gata-Níjar, Los Alcornocales, Sierra de Grazalema, Sierra de Baza, Sierra Nevada y Montes de Málaga), indica que tendría lugar un descenso del 0,8%. En síntesis, la combinación de los dos indicadores muestra que, para el horizonte 2027, la precipitación media sería previsiblemente análoga a la actual.

En lo que se refiere a las temperaturas, el documento sugiere para el mismo escenario temporal un aumento de 0,2 °C en la DHCMA y 0,15 °C en el Guadalquivir.

Por otra parte, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino ha realizado un estudio, a través del CEDEX, con el fin de evaluar en las cuencas intercomunitarias los porcentajes de disminución de las aportaciones naturales ante una situación de cambio climático. Estos valores, recogidos en el punto 2.4.6 de la IPH, oscilan para las demarcaciones del entorno de la DHCMA entre el 11% del Segura y el 8% del Guadalquivir. Se trata, por tanto, de escenarios más pesimistas que el planteado en el estudio de la Junta.

Puesto que el objetivo de considerar la afección del Cambio Climático es poder evaluar su efecto sobre los recursos naturales, y por tanto su repercusión sobre los balances de la demarcación, se ha optado por trabajar con una hipótesis de reducción del 8% en la DHCMA, que es la que la IPH establece para el Guadalquivir. Teniendo en cuenta la incertidumbre actual asociada a la previsión de los efectos del cambio climático para el año 2027, que se manifiesta por la dispersión de los resultados de diferentes modelos empleados con este fin, considerar dicho porcentaje de reducción de los recursos representa sin duda situarse del lado de la seguridad.