

Ciclo de Planificación Hidrológica 2015/2021

PLAN HIDROLÓGICO

Demarcación Hidrográfica del Guadalete-Barbate



ANEJO 2

INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS



ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	1
2 BASE NORMATIVA	3
3 ANTECEDENTES	5
4 INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS NATURALES	6
4.1 ESQUEMATIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS NATURALES DE LA DEMARCACIÓN.	6
4.1.1 LÍMITES ADMINISTRATIVOS Y DE GESTIÓN. RED HIDROGRÁFICA PRINCIPAL	6
4.1.2 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA DEMARCACIÓN	9
4.1.3 ZONIFICACIÓN	13
4.2 DESCRIPCIÓN E INTERRELACIÓN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS	15
4.2.1 DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN	15
4.2.2 CONSIDERACIONES A LA APLICACIÓN DEL MODELO DE PRECIPITACIÓN-APORTACIÓN A LA DHGB 16	
4.2.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS	18
4.3 ESTADÍSTICAS DE LAS SERIES HIDROLÓGICAS EN LA DEMARCACIÓN	30
4.3.1 Series anuales	31
4.3.2 Series MENSUALES	36
4.3.3 Contraste de aportaciones y registros	47
4.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE CALIDAD DE LAS AGUAS EN CONDICIONES NATURALES	52
5 OTROS RECURSOS HÍDRICOS DE LA DEMARCACIÓN	53
5.1 RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES	53
5.1.1 Desalación	53
5.1.2 Reutilización	53
5.1.3 Recursos hídricos externos	55
5.2 RECURSOS HÍDRICOS EXISTENTES EN LA DEMARCACIÓN	57
5.3 RECURSOS DISPONIBLES EN LA DEMARCACIÓN	58
5.3.1 Recursos disponibles de origen superficial	59
5.3.2 Recursos disponibles de origen subterráneo	61
5.3.3 Recursos disponibles procedentes de otras cuencas	62
5.3.4 Recursos disponibles de origen no convencional	62
5.3.5 Estimación de los recursos disponibles totales en la Demarcación	62
6 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO	64

APÉNDICES:

APÉNDICE 2.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO UTILIZADO

APÉNDICE 2.2. SERIE DE APORTACIONES EN LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES TIPO RÍO

FIGURAS:

FIGURA 4.1.1. (1): MAPA DEL LÍMITE CONTINENTAL DE LA DHGB	7
FIGURA 4.1.1. (2): RED HIDROGRÁFICA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALETE Y BARBATE	9
FIGURA 4.1.2. (1): DEFINICIÓN DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALETE Y BARBATE	13
FIGURA 4.1.3.1. (1): MAPA DE LA ZONIFICACIÓN UTILIZADA EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALETE Y BARBATE PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.	14
FIGURA 4.2.1. (1): LOCALIZACIÓN DE LAS SERIES RESTITUIDAS EN ESPAÑA UTILIZADAS PARA LA CALIBRACIÓN DEL MODELO SIMPA.	15
FIGURA 4.2.1. (2): MAPA DE PUNTOS SELECCIONADOS DE LAS REDES DE PIEZOMETRÍA E HIDROMETRÍA	16
FIGURA 4.2.3.1. (1): DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL (MM/AÑO) EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA. (PERÍODO 1980/81-2011/12)	22
FIGURA 4.2.3.1. (2): DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C) EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALETE Y BARBATE. (PERÍODO 1940/41-2011/12)	23
FIGURA 4.2.3.1. (3): MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA SEGÚN EL ÍNDICE DE HUMEDAD O DE ARIDEZ DE LA UNESCO	25
FIGURA 4.2.3.2. (1): DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL TOTAL ANUAL (MM/AÑO) (PERÍODO 1980/81-2011/12) EN LA DEMARCACIÓN GB	26
FIGURA 4.2.3.2. (2): DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA INFILTRACIÓN/RECARGA TOTAL ANUAL (MM/AÑO)	28
FIGURA 4.3.1. (1): EJEMPLO DE FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE APORTACIONES POR MASA DE AGUA (APÉNDICE 2.2)	32
FIGURA 4.3.1. (2): APORTACIÓN ESTIMADA EN CADA UNA DE LAS MASAS DE AGUA TIPO RÍO. SERIE 1940/41-2011/12. DATOS EN HM3/AÑO	33
FIGURA 4.3.1. (3): APORTACIÓN ACUMULADA EN CADA UNA DE LAS MASAS DE AGUA TIPO RÍO. SERIE 1940/41-2011/12. DATOS EN HM3/AÑO	34
FIGURA 4.3.3. (1): ESTACIONES DE AFORO EXISTENTES EN LA DHGB DE LAS QUE SE DISPONE DE INFORMACIÓN	47
FIGURA 4.3.3. (2): SITUACIÓN DE LAS ZONAS DE CONTROL SELECCIONADAS	48
FIGURA 6 (1): DISMINUCIÓN DE LAS APORTACIONES HÍDRICAS EN 2021-2030 (A2). FUENTE: PROGRAMA ANDALUZ DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.	66
FIGURA 6 (2): DISMINUCIÓN DE LAS APORTACIONES HÍDRICAS EN 2021-2030 (B2). FUENTE: PROGRAMA ANDALUZ DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.	66

GRÁFICOS:

GRÁFICO 4.2.2. (1): COMPARACIÓN ENTRE LAS ENTRADAS REALES AL EMBALSE DE HURONES Y LAS SUPUESTAS POR EL MODELO SIMPA	17
GRÁFICO 4.2.2. (2): COMPARACIÓN ENTRE LAS ENTRADAS REALES AL EMBALSE DE HURONES Y LAS SUPUESTAS POR EL MODELO SIMPA, APLICADAS LAS CORRECCIONES AL MISMO	18
GRÁFICO 4.2.3.1. (1): EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL (MM/AÑO) EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA GUADALETE Y BARBATE PARA EL PERÍODO 1940-2011 SEGÚN DATOS PROPORCIONADOS POR SIMPA.	20
GRÁFICO 4.2.3.1. (2): DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL (MM/MES) EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA GUADALETE Y BARBATE.	21
GRÁFICO 4.2.3.1. (3): DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL TOTAL ANUAL (MM/MES) EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA GUADALETE Y BARBATE.	24
GRÁFICO 4.2.3.2. (1): DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA ESCORRENTÍA TOTAL ANUAL (MM/MES)	29
GRÁFICO 4.3.1. (1): SERIE DE APORTACIONES ANUALES (HM ³) EN EL RÍO GUADALETE. (PERÍODO 1940/41-2011/12).	35
GRÁFICO 4.3.1. (2): SERIE DE APORTACIONES ANUALES (HM ³) EN EL RÍO MAJACEITE. (PERÍODO 1940/41-2011/12).	35
GRÁFICO 4.3.1. (3): SERIE DE APORTACIONES ANUALES (HM ³) EN EL RÍO BARBATE (PERÍODO 1940/41-2011/12).	36
GRÁFICO 4.3.2.1. (2): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA LA DHGB. PERÍODO 1980/81-2011/12	38
GRÁFICO 4.3.2.2. (1): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA LA ZONA DEL ALTO GUADALETE. DHGB. PERÍODO 1940/41-2011/12	40
GRÁFICO 4.3.2.2. (2): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA LA ZONA DEL ALTO GUADALETE. PERIODO 1980/81-2011/12	40
GRÁFICO 4.3.2.3. (1): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA LA ZONA DEL BAJO GUADALETE. PERÍODO 1940/41-2011/12	42
GRÁFICO 4.3.2.3. (2): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA LA ZONA DEL BAJO GUADALETE. PERIODO 1980/81-2011/12	42
GRÁFICO 4.3.2.4. (1): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA ZONA DEL MAJACEITE. PERÍODO 1940/41-2011/12	44
GRÁFICO 4.3.2.4. (2): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA LA ZONA DEL MAJACEITE. PERIODO 1980/81-2011/12	44
GRÁFICO 4.3.2.5. (1): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA LA ZONA DEL BARBATE. PERÍODO 1940/41-2011/12	46

GRÁFICO 4.3.2.5. (2): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS PARA LA ZONA DEL BARBATE. PERIODO 1980/81-2011/12	46
GRÁFICO 4.3.3.1. (1): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LOS CAUDALES REALES DE ENTRADA AL EMBALSE DE ZAHARA COMPARADAS CON LOS RESULTADOS DEL MODELO EN ESE MISMO PUNTO	49
GRÁFICO 4.3.3.2. (1): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LOS CAUDALES REALES DE ENTRADA AL EMBALSE DE HURONES COMPARADAS CON LOS RESULTADOS DEL MODELO EN ESE MISMO PUNTO	50
GRÁFICO 4.3.3.2. (2): EVOLUCIÓN MEDIA ANUAL DE LOS CAUDALES REALES DE ENTRADA AL EMBALSE DE HURONES COMPARADAS CON LOS RESULTADOS DEL MODELO EN ESE MISMO PUNTO	50
GRÁFICO 4.3.3.3. (1): EVOLUCIÓN MEDIA MENSUAL DE LOS CAUDALES REALES DE ENTRADA AL EMBALSE DE BARBATE COMPARADAS CON LOS RESULTADOS DEL MODELO EN ESE MISMO PUNTO	51
GRÁFICO 4.3.3.4. (1): EVOLUCIÓN MENSUAL DE LOS CAUDALES REALES DE ENTRADA AL EMBALSE DE CELEMÍN COMPARADAS CON LOS RESULTADOS DEL MODELO EN ESE MISMO PUNTO	52
GRÁFICO 5.1.2. (1): ASIGNACIÓN DE RECURSOS REUTILIZABLES EN EL FUTURO SEGÚN LA ESTRATEGIA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN ANDALUCÍA.	55
GRÁFICO 5.1.3. (1): CAUDALES TRASVASADOS DESDE LA CUENCA DEL GUADIARO A LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA GUADALETE Y BARBATE	56

TABLAS:

TABLA 4.1.2. (1): ESTIMACIÓN DEL RECURSO DISPONIBLE EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LA DHGB.	12
TABLA 4.1.3.1. (1): RESUMEN DE LAS DIFERENTES ZONAS UTILIZADAS EN LA CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA DHGB	14
TABLA 4.2.3.2. (2): INFILTRACIÓN MEDIA ANUAL SEGÚN DATOS DEL MODELO SIMPA EN LAS DIFERENTES MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LA DHGB	27
TABLA 4.2.3.2. (3): APORTACIÓN EN RÉGIMEN NATURAL EN LAS DIFERENTES ZONAS DE LA DHGB	30
TABLA 4.3.1. (1): ESTADÍSTICAS BÁSICOS DE LAS SERIES ANUALES DE PRECIPITACIÓN (MM/AÑO). (PERÍODO 1940/41-2011/12)	31
TABLA 4.3.1. (2): ESTADÍSTICAS BÁSICOS DE LAS SERIES ANUALES DE PRECIPITACIÓN (MM/AÑO). (PERÍODO 1980/81-2011/12)	31
TABLA 4.3.2.1. (1): PROMEDIOS MENSUALES (MM/MES) PARA LA DHGB. (PERÍODO 1940/41-2011/12)	37
TABLA 4.3.2.1. (2): PROMEDIOS MENSUALES (MM/MES) PARA LA DHGB. (PERÍODO 1980/81-2011/12)	37
TABLA 4.3.2.2. (1): PROMEDIOS MENSUALES (MM/MES) PARA EL ALTO GUADALETE. (PERÍODO 1940/41-2011/12)	39
TABLA 4.3.2.2. (2): PROMEDIOS MENSUALES (MM/MES) PARA EL ALTO GUADALETE. (PERÍODO 1980/81-2011/12)	39

TABLA 4.3.2.3. (1): PROMEDIOS MENSUALES (MM/MES) PARA EL BAJO GUADALETE. SERIE 1940/41-2011/12	41
TABLA 4.3.2.3. (2): PROMEDIOS MENSUALES (MM/MES) PARA EL BAJO GUADALETE. SERIE 1980/81-2011/12	41
TABLA 4.3.2.4. (1): PROMEDIOS MENSUALES (MM/MES) PARA LA ZONA DEL MAJACEITE. (PERÍODO 1940/41-2011/12)	43
TABLA 4.3.2.4. (2): PROMEDIOS MENSUALES (MM/MES) PARA LA ZONA DEL MAJACEITE. (PERÍODO 1980/81-2011/12)	43
TABLA 4.3.2.5. (1): PROMEDIOS MENSUALES (MM/MES) PARA LA ZONA DEL BARBATE. (PERÍODO 1940/41-2011/12)	45
TABLA 4.3.2.5. (2): PROMEDIOS MENSUALES (MM/MES) PARA LA ZONA DEL BARBATE. (PERÍODO 1980/81-2011/12)	45
TABLA 4.3.3. (1): PUNTOS DE CONTROL SELECCIONADOS PARA EL CONTRASTE DE APORTACIONES Y REGISTROS	48
TABLA 5.3.1. (1): EMBALSES EN LOS QUE SE HA ESTIMADO EL RECURSO DISPONIBLE EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA GUADALETE Y BARBATE	59
TABLA 5.3.1. (2): CRITERIOS DE GARANTÍA UTILIZADOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS RECURSOS DISPONIBLES EN LOS EMBALSES DE LA DHGB	60
TABLA 5.3.1. (3): RECURSOS DISPONIBLES SUPERFICIALES ESTIMADOS EN LA DHGB	61
TABLA 5.3.5. (1): RECURSOS DISPONIBLES ESTIMADOS PARA LA DHGB EN LOS DIFERENTES ESCENARIOS DE PLANIFICACIÓN	63

1 INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el inventario de recursos hídricos de la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate (DHGB). Los recursos hídricos existentes en la demarcación están constituidos por los recursos hídricos propios, convencionales y no convencionales (reutilización, desalación, etc.), y los recursos hídricos externos (transferencias). La mayor parte de los recursos hídricos disponibles en la DHGB están constituidos por los recursos hídricos convencionales.

En el anterior proceso de Planificación, y dentro del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Guadalete y Barbate (PHDGB 2009/15) se llevó a cabo una caracterización de los recursos hídricos en la DHGB. Según el Artículo 13.7 de la Directiva Marco del Agua (DMA) que establece que los planes hidrológicos de cuenca se revisarán y actualizarán a más tardar quince años después de la entrada en vigor de la DMA, y posteriormente cada seis años.

El presente Anejo presenta la actualización del Inventario de Recursos en la DHGB. Para ello, se han incluido en el análisis los nuevos datos existentes, fruto de la ampliación de series hidrológicas, o de la mejora del conocimiento que se ha llevado a cabo en la demarcación en materia de recursos hídricos en los últimos años.

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, tal como se indica en el Reglamento de la Planificación Hidrológica (RPH) y en la Instrucción de Planificación Hidrológica Andaluza (IPHA), se ha considerado para la zonificación existente 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 han considerado los siguientes capítulos:

1. Introducción
2. Base Normativa
3. Antecedentes
4. Inventario de Recursos Hídricos Naturales (RRHHNN)
5. Otros recursos hídricos de la Demarcación
6. Evaluación del efecto del cambio climático.

7. Apéndices:

7.1. Descripción del modelo utilizado.

7.2. Series de aportaciones en los puntos definidos.

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, TRLA en adelante, aprobado por RD Legislativo 1/2001, de 20 de julio, hace referencia al inventario de recursos hídricos:

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

- *La descripción general de la demarcación hidrográfica, incluyendo:*

[...]

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, RPH en adelante, aprobado por Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, 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 de las Demarcaciones Intracomunitarias de Andalucía, IPHA en adelante, aprobada por la Orden de 11 de Marzo de 2015 de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía, desarrolla los contenidos mínimos que deberá abarcar el inventario de recursos hídricos naturales.

Según el Artículo 2.4.1. de la mencionada IPHA:

El inventario de recursos incluirá las aguas que contribuyan a las aportaciones de los ríos y las que alimenten almacenamientos naturales de agua, superficiales o subterráneos.

El inventario contendrá, en la medida que sea posible:

- A) Datos estadísticos que muestren la evolución del régimen natural de los flujos y almacenamientos a lo largo del año hidrológico.*
- B) Interrelaciones de las variables consideradas, especialmente entre las aguas superficiales y subterráneas, y entre las precipitaciones y las aportaciones de los ríos o recarga de acuíferos.*
- C) La zonificación y la esquematización de los recursos hídricos naturales en la demarcación hidrográfica.*
- D) Características básicas de calidad de las aguas en condiciones naturales.*

En la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate, parte de los recursos hídricos disponibles son de origen externo al ámbito territorial de la demarcación, procedentes de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, y más concretamente de la cuenca del río Guadiaro. Estas transferencias se encuentran regladas según lo dispuesto 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*.

Adicionalmente a esta Ley, también debe considerarse 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.

CAPÍTULO III. Previsión y condiciones de las transferencias

SECCIÓN 1ª. Principios generales y previsión de transferencias

Artículo 12. Principios generales

1. Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos generales recogidos en el artículo 38.1 de la Ley de Aguas y en el artículo 2 de esta Ley, podrán llevarse a cabo transferencias de recursos hídricos entre ámbitos territoriales de distintos Planes Hidrológicos de cuenca. Dichas transferencias estarán en todo caso supeditadas al cumplimiento de las condiciones que se prevén en la presente Ley.

2. Toda transferencia se basará en los principios de garantía de las demandas actuales y futuras de todos los usos y aprovechamientos de la cuenca cedente, incluidas las restricciones medioambientales, sin que pueda verse limitado el desarrollo de dicha cuenca amparándose en la previsión de transferencias. Se atenderá además a los principios de solidaridad, sostenibilidad, racionalidad económica y vertebración del territorio.

3. Las transferencias previstas en esta Ley deberán someterse igualmente al principio de recuperación de costes, de acuerdo con los principios de la Ley de Aguas y de la normativa comunitaria.

Respecto a los recursos hídricos propios procedentes de fuentes no convencionales: aguas reutilizadas 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 TRLA, se establecen las condiciones de utilización de las aguas procedentes de desalación.

3 ANTECEDENTES

En el Plan Hidrológico correspondiente al ciclo de planificación 2009-2015, aprobado por Real Decreto 1330/2012 de 14 de septiembre, se llevó a cabo una caracterización de los recursos hídricos en la DHGB. A modo de resumen, se muestran los recursos considerados como valores medios para el periodo 1940/41-2005/06:

- 1.096 hm³ procedentes de fuentes convencionales: infiltración, escorrentía, etc. De estos, hay que realizar la siguiente distribución:
 - 880 hm³ transcurren por los principales cauces de la demarcación (Guadalete y Barbate)
 - Los 216 hm³ restantes fluyen por cauces que vierten directamente al Océano Atlántico.
- 9,5 hm³ procedentes de reutilización de aguas procedentes de depuración de aguas residuales urbanas.
- 56 hm³ procedentes de la aportación del trasvase del Guadiaro. Se ha tomado como valor la media de trasvases resultados de los modelos de gestión para el periodo 1980/2005 realizado por la Cuenca Mediterránea Andaluza.

4 INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS NATURALES

En este apartado se realiza la descripción de los recursos hídricos naturales existentes en la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate. Para ello se analizan los diferentes aspectos que influyen en la evaluación de estos recursos, como por ejemplo la precipitación o la infiltración a las masas de agua subterránea existentes en la demarcación.

Este análisis se ha realizado tanto para la totalidad de la DHGB como para las diferentes zonas en las que se ha dividido la misma, de modo que se consideren las diferencias espaciales existentes en la zona en cuanto al aporte de recursos hídricos.

4.1 ESQUEMATIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS NATURALES DE LA DEMARCACIÓN.

4.1.1 LÍMITES ADMINISTRATIVOS Y DE GESTIÓN. RED HIDROGRÁFICA PRINCIPAL

Marco administrativo y de gestión:

La Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate (DHGB) tiene todo su territorio incluido en la Comunidad Autónoma de Andalucía, con una superficie de 5.948 km², casi en su práctica totalidad en la provincia de Cádiz, salvo unos 132 km² situados en la provincia de Málaga y 210 km² en la de Sevilla.

El ámbito de aplicación del nuevo Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate, se describe en *el Decreto 357/2009, de 20 de Octubre de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas de las cuencas intracomunitarias situadas en Andalucía*. 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.

Según lo dispuesto en el artículo 3 del Decreto 357/2009, la DHGB:

“Comprende el territorio de las cuencas hidrográficas de los ríos Guadalete y Barbate e intercuencas entre el límite de los términos municipales de Tarifa y Algeciras y el límite con la cuenca del Guadalquivir, así como, las aguas de transición a ellas asociadas.

Las aguas costeras comprendidas en esta demarcación hidrográfica tienen como límite oeste la línea con orientación 244° que pasa por la Punta Camarón en el municipio de Chipiona y como límite este la línea con orientación de 144° que pasa por el límite costero de los términos municipales de Tarifa y Algeciras”

En la siguiente figura se muestra la delimitación continental de la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate, mostrando también los límites provinciales anteriormente comentados.

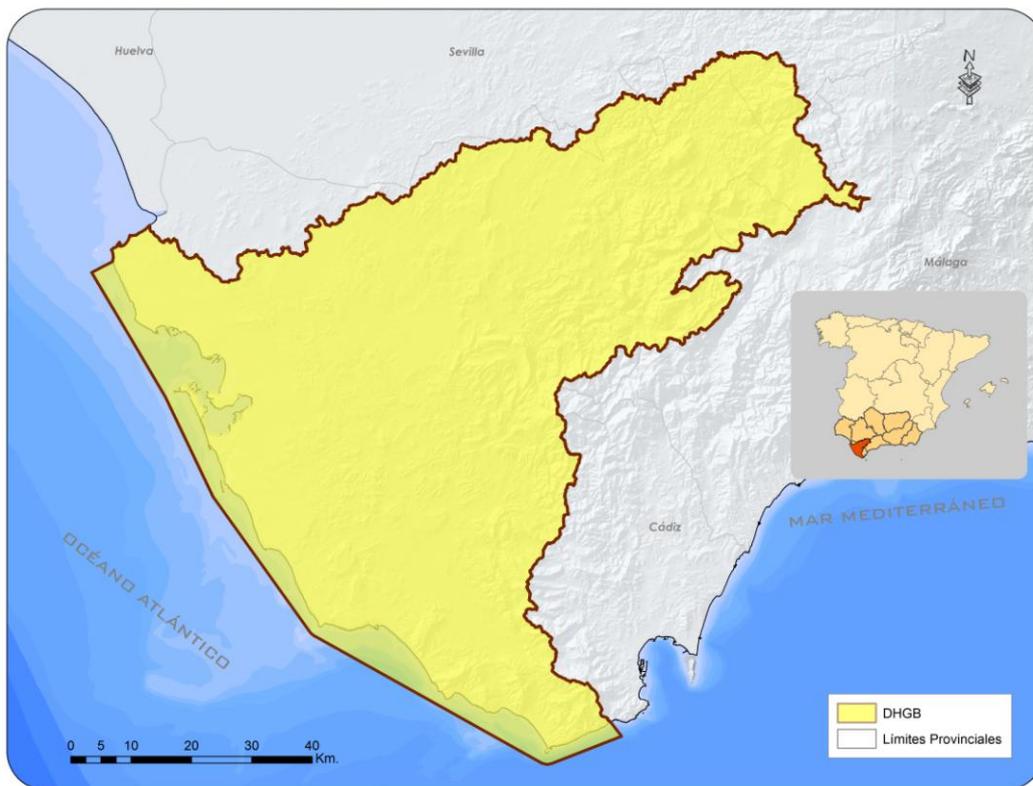


Figura 4.1.1. (1): Mapa del límite continental de la DHGB

Red hidrográfica principal:

Desde el punto de vista fluvial, la red hidrográfica de la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate está constituida por dos cauces principales (ríos Guadalete y Barbate), y el conjunto de sus afluentes. El resto de cauces de la red hidrográfica, está constituido fundamentalmente por cauces de carácter efímero y de respuesta hidrológica irregular.

Del mismo modo, también existen diferentes cauces que vierten directamente al Atlántico, sin formar parte de la red principal formada por los ríos Guadalete y Barbate, destacando el Arroyo de la Santilla y el Arroyo Salado.

El río Guadalete, de 157 km. de longitud, recibe diversos afluentes a lo largo de su recorrido, entre los que destacan el río Guadalporcún, el río Majaceite y el arroyo Salado. El Guadalete se haya regulado por los embalses de Zahara en cabecera, Bornos y Arcos. El Río Guadalporcún nace en Torre Alháuquime, en la confluencia del río Trejo y el arroyo Zumacal. Atraviesa la Reserva Natural del Peñón de Zaframagón formando la llamada Garganta del Estrechón. Aunque no cuenta con ningún embalse en su propio cauce, sus recursos se regulan en Bornos. El Río Majaceite, constituye el principal elemento de abastecimiento

de agua de boca del sistema, gracias a los embalses de Hurones y Guadalcaçín. Nace en la Sierra de Grazalema y se une al río Guadalete por su margen izquierda al sur del término municipal de Arcos de la Frontera.

El río Barbate discurre con dirección norte-sur, recibiendo por su margen izquierda a los ríos Celemín y Almodóvar, estando los tres ríos regulados por sus embalses homónimos, que se construyeron con la finalidad principal de desarrollar el regadío en la zona de la Janda. El Río del Álamo, afluente del Barbate por su margen derecha, presenta unas notables aportaciones. Sus aportes contribuyen a la recarga de los acuíferos aluvial y costero y al mantenimiento del ecosistema marismeño. Además de las cuencas del Guadalete y Barbate, otros ríos menores y arroyos vierten sus aguas directamente al mar, drenando la zona de intercuenca. Estos ríos nacen en las zonas montañosas más próximas al litoral y discurren de forma más o menos perpendicular a la costa.

De acuerdo con la clasificación realizada por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y marino (MARM), a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT) de precisión 100x100 m, la longitud total de los ríos significativos (cuenca vertiente mayor a 10 km² y caudal circulante superior a 100 l/s) en la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate es de 1.309 km, repartidos 744 km en la cuenca del río Guadalete y 344 km en la cuenca del río Barbate. Los 221 km restantes se deben a cauces que vierten directamente al mar.

A continuación se muestra el mapa de la red hidrográfica de la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate, formada por los ríos principales y sus afluentes:

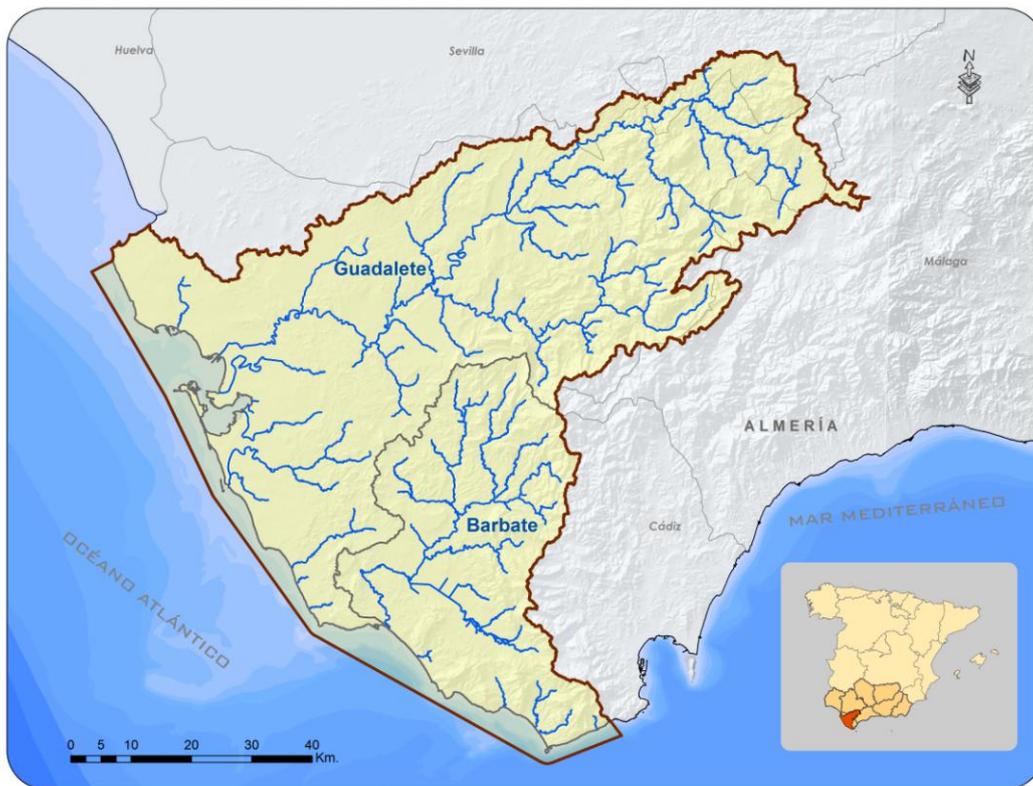


Figura 4.1.1. (2): Red Hidrográfica de la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate

Por otra parte, no todas las escorrentías discurren hacia la red fluvial, ya que existen numerosas áreas cerradas de carácter endorreico o semiendorreico. 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. Destacan las lagunas de Medina y Salada.

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 - salvo los efectos de transferencias subterráneas externas- con la recarga natural de los acuíferos.

El conocimiento de la recarga de las masas de agua subterránea presenta diversas dificultades a la hora de su cuantificación. No obstante, este es un aspecto de gran importancia a la hora de estimar los recursos hídricos existentes en la DHGB, pues viene a acotar las posibilidades máximas de explotación

sostenible a largo plazo de las masas de agua subterránea enclavadas en la Demarcación del Guadalete y Barbate.

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 (en adelante masb), formada por uno o más acuíferos, que se agrupan a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua, y que es el concepto que se utiliza en la Directiva Marco del Agua (DMA).

La mayor parte del agua que recarga los acuíferos pertenecientes a la Demarcación del Guadalete y Barbate se descarga diferida en el tiempo a la red fluvial, de forma difusa o a través de manantiales y afloramientos, siendo uno de los constituyentes básicos de la aportación total de los ríos de la demarcación. 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.

En la DHGB existen acuíferos compartidos con otras demarcaciones (masas subterráneas de Setenil, Sierra de Líbar y Sierra de Grazalema-Prado del Rey). Aunque administrativamente se han dividido en diferentes masas de agua subterránea, de modo que cada parte de acuífero que pertenece a una demarcación pasa a ser masa de agua subterránea, hidráulicamente el comportamiento sigue siendo único. Este aspecto es de gran importancia, ya que a la hora de estimar los diferentes recursos disponibles, será necesario considerar la interacción existente entre estas masas de agua.

En la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate existen un total de 14 masas de agua subterránea y según los últimos estudios de caracterización disponibles¹, los recursos hídricos naturales subterráneos disponibles se estiman en unos 166 hm³/año. Hay que destacar que existe un porcentaje de estos recursos disponibles se contabilizan también cuando se estiman los recursos disponibles superficiales, ya que parte de los mismos pasan, mediante manantiales u otras interacciones con la red hidrográfica, a incorporarse a la red superficial.

De hecho, detracciones excesivas en la masb de Setenil no provocaría únicamente un deterioro en la propia masa de agua subterránea, sino que los caudales circulantes por los ríos y arroyos de la zona se verían también mermados, provocando un descenso de la aportación a los diferentes embalses de la zona.

Se ha considerado como tasa de recarga de las masas de agua subterránea el sumatorio de la infiltración media de lluvia, los retornos de riego y las entradas laterales procedentes de otras cuencas. Estos valores son medios interanuales y en el caso de la infiltración por lluvia se corresponden con los valores medios de la serie histórica (1940/41-2011/12).

¹ "Adecuación de las masas de agua subterránea de la cuenca del Guadalete-Barbate a los requerimientos de la Directiva 2000/60/CE. Directiva Marco del Agua" realizado por la Agencia Andaluza del Agua.

El recurso disponible de aguas subterráneas se define como el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada, evitando cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados.

En la práctica, como normal general, se ha asumido que el recurso disponible equivale al 80% del valor de la recarga. No obstante, en determinadas masas de agua subterránea se ha reducido este porcentaje a la hora de calcular el recurso disponible, puesto que:

- En las masas de agua subterránea costeras se ha considerado, como una primera aproximación, que un porcentaje de recursos disponibles superior de la tasa de recarga 70% podría inducir procesos de intrusión marina por sobreexplotación en determinados sectores próximos a la costa. No obstante, y hasta que se obtenga un mejor conocimiento de las masas de agua, se estimará para el establecimiento de balances que el recurso disponible en estas masas de agua equivale al volumen extraído en la actualidad. Una vez que se tenga un mejor conocimiento de estas masas de agua se realizará un ajuste más veraz de estos recursos. De esta manera se evitarán posibles problemas de intrusión marina debida a sobreexplotación.
- En otros casos, el valor de los recursos disponibles se ha reducido debido al funcionamiento hidrogeológico de determinadas masas de agua subterránea, con presencia de flujos subterráneos y transferencias laterales hacia otras masas o bien, debido a la presencia de masas de agua superficiales o ecosistemas terrestres dependientes de los recursos subterráneos de la masa. En este caso, el valor del recurso disponible estimado depende del comportamiento hidráulico de cada masa:
 - 062.002. Sierra de Líbar: Estudios previos han constatado que los recursos hídricos subterráneos de esta masa de agua se transfieren prácticamente en su totalidad hacia la masa de agua subterránea 060.044. Sierra de Líbar, localizada en la demarcación hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. Por otro lado, este acuífero presenta una karstificación incipiente, que conlleva la presencia de flujos subterráneos con velocidades de hasta 100 m/h, lo cual dificulta el aprovechamiento de estos recursos. Por todo ello, se cree apropiado asignar un volumen de recursos disponibles equivalente al 25% de la recarga media estimada.
 - 062.004. Sierra de Grazalema-Prado del Rey: Los recursos hídricos subterráneos de los acuíferos que constituyen esta masa de agua alimentan, en mayor o menor medida, los embalses de Zahara, Los Hurones, Bornos-Arcos y Guadalcaçín, de los cuales depende gran parte del suministro de agua para uso urbano, agrícola e industrial de la zona occidental de la provincia de Cádiz. Por otro lado, estos acuíferos presentan un valor ambiental elevado al localizarse dentro de los límites del Parque Natural de la Sierra de Grazalema. Por todo ello, se considera conveniente reducir los recursos disponibles a un 40% de la recarga.

A continuación en la tabla se muestran por cada masa de agua subterránea, los recursos renovables y los recursos subterráneos disponibles según los estudios realizados por la Agencia Andaluza del Agua para la redacción de este Plan Hidrológico, y que pretenden mejorar el conocimiento de las masas de agua subterránea de la demarcación.

Código	Nombre	Superficie (km ²)	Entradas a las masas de agua (hm ³ /año)			Recursos disponibles ² (hm ³ /año)
			Infiltración por lluvia	Retornos procedentes de riego	Otras entradas	
062.001	Setenil	227,85	15,8	0,2	2	14,4
062.002	Sierra de Libar	49,77	35,4	-	-	- ³
062.003	Sierra de Lijar	24,16	6,2	-	-	5,0
062.004	Sierra de Grazalema – Prado del Rey	362,38	91,4	0,1	-	36,6
062.005	Arcos de la Frontera - Villamartín	330,18	20,8	2,4	-	18,6
062.006	Sierra Valleja	37,12	3,2	0,5	-	3,0
062.007	Sierra de las Cabras	63,76	9,9	-	-	7,9
062.008	Aluvial del Guadalete	225,28	17,5	9,8	-	21,8
062.009	Jerez de la Frontera	75,75	6,2	3,1	-	7,4
062.010	Sanlúcar – Chipiona – Rota – Puerto de Santa María	152,16	13,8	2,2	1	11,9
062.011	Puerto Real	114,09	8,8	1,3	0,7	7,6
062.012	Conil de la Frontera	115,51,	10,8	0,7	0,3	8,3
062.013	Barbate	116,01	13,2	2,4	2,2	13,5
062.014	Benalup	32,59	4,3	0,3	-	3,9

Tabla 4.1.2. (1): Estimación del recurso disponible en las masas de agua subterránea de la DHGB.

² Los datos de recursos renovables en las masas de agua subterránea deben considerarse conjuntamente con los recursos superficiales, ya que gran parte de los recursos subterráneos son contabilizados en los recursos superficiales debido a los volúmenes drenantes de las masb hacia los ríos mediante, por ejemplo, de los manantiales existentes en la DHGB

³ Los recursos hídricos de la Masb 062.002 Sierra de Libar son transferidos en su totalidad a la DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (Masb 060.044 Sierra de Libar).

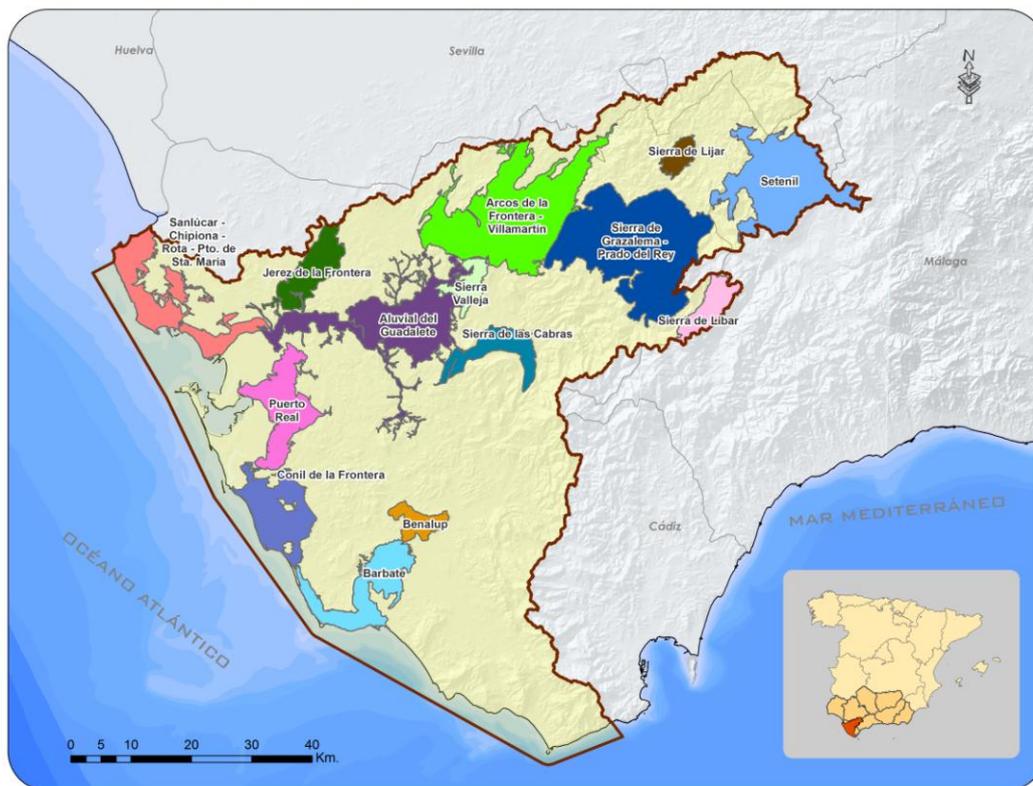


Figura 4.1.2. (1): Definición de masas de agua subterránea en la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate

4.1.3 ZONIFICACIÓN

4.1.3.1 ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA DELIMITACIÓN

La Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate se ha dividido para la determinación de los recursos disponibles en 4 zonas atendiendo principalmente a criterios hidrográficos, aunque también se han considerado otros como los administrativos, socioeconómicos y/o medioambientales.

Se ha tomado la cuenca del Barbate como una única zona, debido a la homogeneidad de los parámetros analizados.

En el caso de la cuenca del Guadalete, se ha dividido en tres zonas, considerado, además de los criterios hidrográficos, los de gestión del recurso dentro de la Demarcación. Las zonas en las que se ha dividido esta cuenca han sido:

- Alto Guadalete: Zona que comprende la zona de cabecera del río Guadalete, hasta el embalse de Bornos. Es en esta zona donde se producen las mayores aportaciones de recursos a la demarcación y donde la relación entre las masas de agua superficial y subterránea es más importante.

- Bajo Guadalete: Desde el embalse de Bornos hasta la desembocadura del río Guadalete, sin incluir la cuenca del río Majaceite. En esta zona también se ha considerado la zona de la DHGB que, aun no perteneciendo a la propia cuenca del río Guadalete, vierte directamente al Océano Atlántico.
- Río Majaceite: En esta zona se incluye la cuenca del río Majaceite, hasta su desembocadura en el río Guadalete. Este río se encuentra regulado por los embalses de Hurones y Guadalcacín. En esta cuenca tiene lugar la entrada de los recursos procedentes del trasvase del Guadiaro. La gran importancia de esta zona radica en que con los recursos propios, y los del trasvase, se satisface la gran mayoría de las demandas urbanas de la Demarcación del Guadalete y Barbate.

En la siguiente figura se muestran las cuatro zonas en las que se ha dividido la DHGB para el análisis de los recursos hídricos naturales existentes en la misma y comentadas anteriormente.

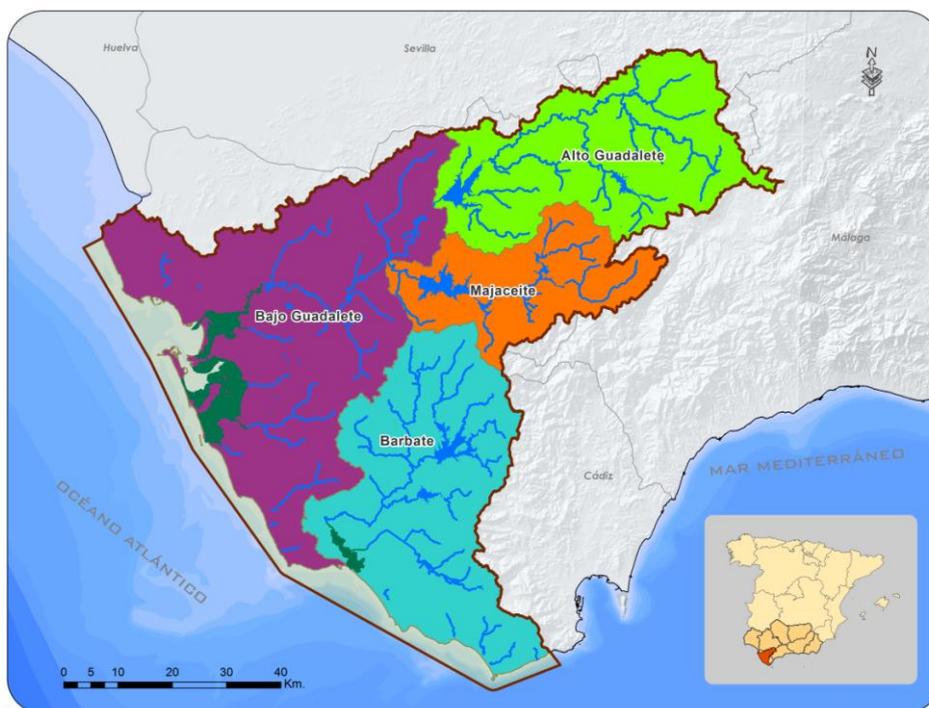


Figura 4.1.3.1. (1): Mapa de la zonificación utilizada en la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate para la determinación de los recursos hídricos.

Sistema de explotación	Nombre	Superficie (km2)
1	Alto Guadalete	1.353
2	Bajo Guadalete	2.265
3	Majaceite	767
4	Barbate	1.563

Tabla 4.1.3.1. (1): Resumen de las diferentes zonas utilizadas en la caracterización de los recursos hídricos de la DHGB

4.2 DESCRIPCIÓN E INTERRELACIÓN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS

4.2.1 DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

Las series hidrológicas utilizadas en la elaboración del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate han sido dos: la serie larga correspondiente al período 1940/41-2011/12, y la serie corta correspondiente al período 1980/81-2011/12. Los datos corresponden a valores del registro de la red foronómica de la DHGB completándose cuando no existían datos con valores procedentes de la restitución al régimen natural.

El modelo de simulación utilizado ha sido el modelo conceptual y cuasidistribuido SIMPA (Sistema Integrado para la Modelación del proceso Precipitación Aportación) de precipitación-aportación, actualizado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Se han utilizado como variables de la fase atmosférica: la temperatura, la precipitación y la evapotranspiración potencial, y como variables de la fase terrestre: la infiltración o recarga, la evapotranspiración real, y las escorrentías: superficial, subterránea y total. El terreno se ha discretizado en el modelo SIMPA en celdas de 1000 x1000 m.

A continuación se muestra el mapa de España con la localización de los puntos de la red hidrográfica donde se toman los registros de datos de caudales y volúmenes para la restitución al régimen natural de las series hidrológicas:

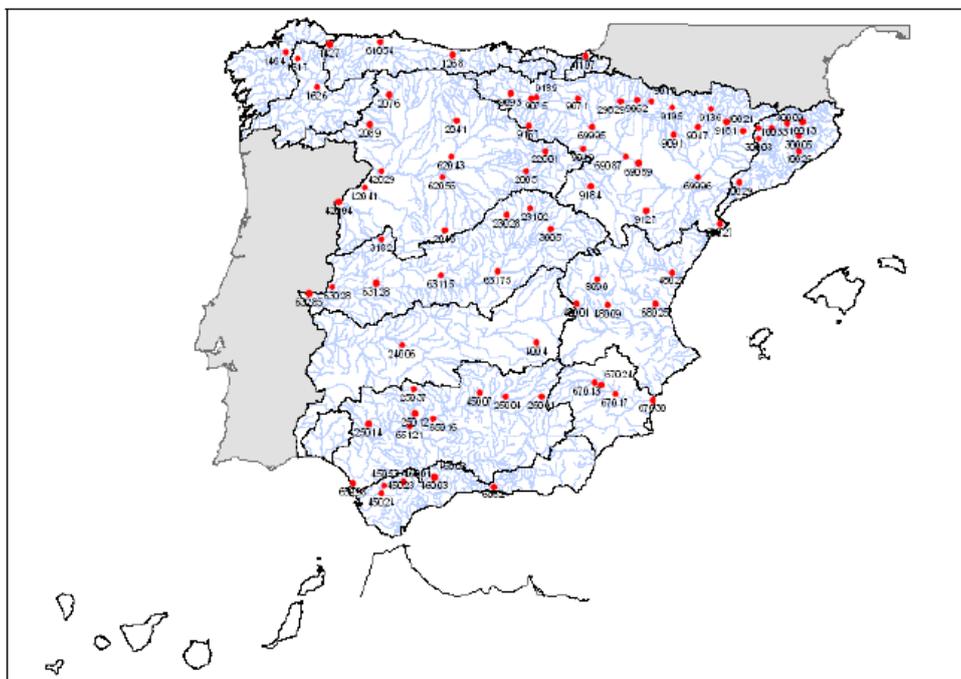


Figura 4.2.1. (1): Localización de las series restituidas en España utilizadas para la calibración del modelo SIMPA.

Respecto a la información de recursos de aguas subterráneas (niveles piezométricos en los acuíferos), la información se obtiene de la red de piezometría e hidrometría de España, tal y como se muestra en el siguiente mapa de la demarcación:

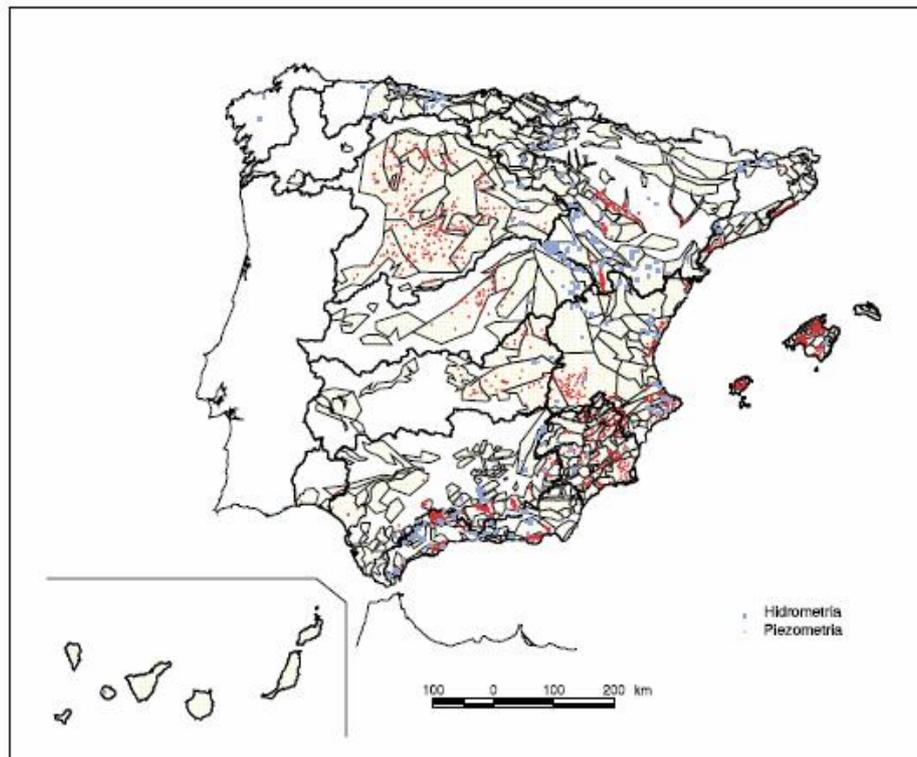


Figura 4.2.1. (2): Mapa de puntos seleccionados de las redes de piezometría e hidrometría

4.2.2 CONSIDERACIONES A LA APLICACIÓN DEL MODELO DE PRECIPITACIÓN-APORTACIÓN A LA DHGB

Como se ha comentado anteriormente, los datos utilizados para la caracterización de los recursos naturales existentes en la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate son los utilizados por el modelo SIMPA, tanto en las salidas del mismo (evapotranspiración real, infiltración, escorrentía superficial, subterránea y total) como en los datos de entrada al modelo (precipitación, temperatura, evapotranspiración potencial).

Al comparar los datos acumulados de escorrentía total en la Cuenca del Barbate, se observa que los datos del modelo se comportan de modo similar tanto a los datos reales medidos en la cuenca como a los planteados en estudios anteriores.

No ocurre lo mismo en la Cuenca del Guadalete donde al comparar con valores reales se ha comprobado que los valores arrojados por el modelo SIMPA son muy superiores.

Como ejemplo, se muestra una comparativa entre los valores de entrada al embalse de Hurones y las entradas consideradas por el modelo SIMPA. Se ha considerado un período en el que no influyan las entradas al embalse procedentes del trasvase del Guadiaro.

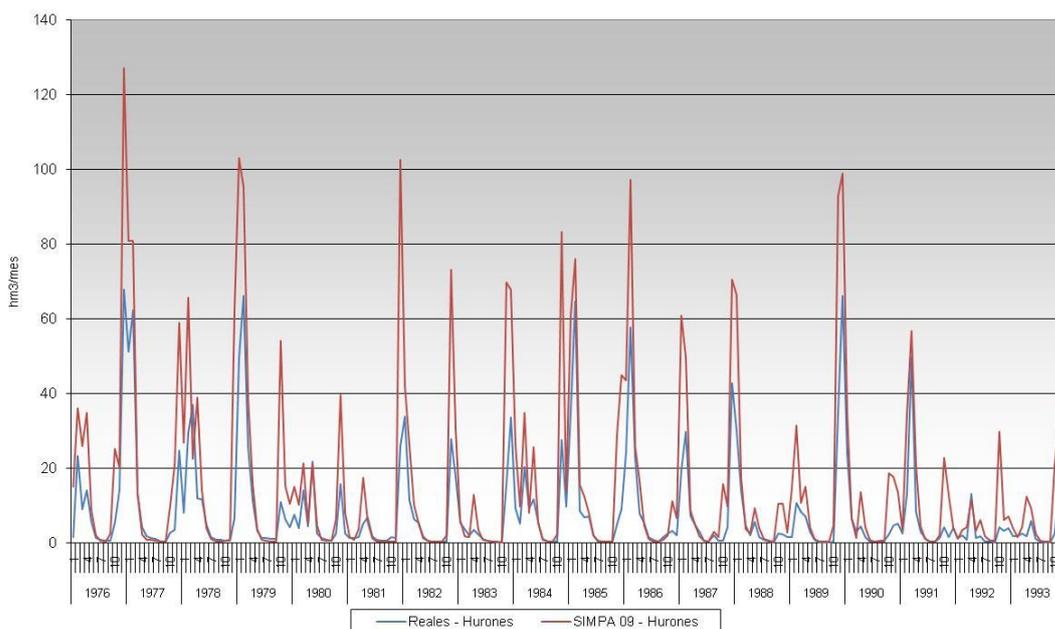


Gráfico 4.2.2. (1): Comparación entre las entradas reales al embalse de Hurones y las supuestas por el modelo SIMPA

Como se puede observar, aunque el modelo no refleja la realidad del sistema, si que representa correctamente la variabilidad temporal. Por ello, se ha estimado oportuna la utilización del modelo SIMPA en la caracterización de los recursos naturales en la DHGB, realizando algunas correcciones a los resultados del mismo.

Para ello, se han analizado cada una de las zonas hidráulicamente más importantes, comparando los resultados del modelo SIMPA con los datos reales medidos en condiciones naturales, así como con los resultados obtenidos en un estudio adicional para el cálculo de los caudales ecológicos en la DHGB. Una vez realizadas las comparaciones, se han estimado diferentes coeficientes de corrección que se aplican a las diferentes salidas del modelo, de modo que los resultados finales se ajustan a la realidad del sistema, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura, en la que se comparan los mismos datos de la gráfica anterior, pero esta vez con la corrección del modelo SIMPA.

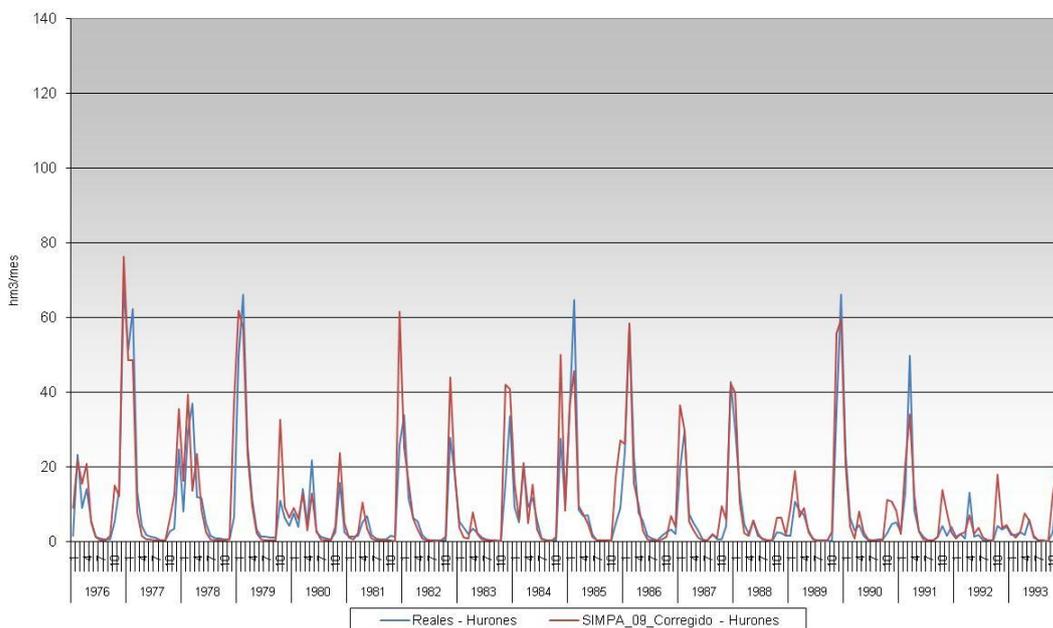


Gráfico 4.2.2. (2): Comparación entre las entradas reales al embalse de Hurones y las supuestas por el modelo SIMPA, aplicadas las correcciones al mismo

Como se ha comentado anteriormente, estos coeficientes de corrección solo se han aplicado en la cuenca del Guadalete. Las mayores correcciones se han considerado en las cabeceras del río Majaceite y el Guadalete, con reducciones de hasta el 50%.

Del mismo modo, se ha comprobado que los datos de precipitación y evapotranspiración considerados en el modelo también se encuentran sobredimensionados, por lo que se han aplicado los mismos coeficientes de reducción en estos parámetros.

4.2.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS

El siguiente apartado trata de mostrar la distribución espacial de las variables hidrológicas consideradas para todo el territorio de la DHGB y para el periodo de evaluación definido.

Los mapas anuales que se muestran en los siguientes apartados, se han obtenido como suma de los datos promedio mensuales de la serie temporal analizada. Se representan los mapas medios de las variables indicadas en la IPHA.

4.2.3.1 VARIABLES DE LA FASE ATMOSFÉRICA

Según el apartado 2.4.2 de la IPHA, el inventario de recursos hídricos naturales contendrá:

El inventario incluye series hidrológicas de, al menos, las siguientes variables: precipitación, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real, recarga a los acuíferos, escorrentía superficial, escorrentía subterránea y escorrentía o aportación total. En aquellas zonas en que la nieve sea un fenómeno característico se debe añadir información sobre esta variable. (...)

Las series meteorológicas proceden de la Agencia Española de Meteorología, AEMET. Se ha utilizado el histórico de la red de medida de lluvia, temperatura máxima y mínima y, en un número limitado de estaciones, datos de velocidad de viento, número de horas de sol y humedad relativa.

A todas estas series se les han aplicado pruebas de homogeneidad, dobles acumulaciones y test de la elipse principalmente para identificar errores en las medidas. Posteriormente se llevó a cabo un proceso de rellenado de las carencias de información utilizando un procedimiento de correlación bivariada con estacionalización mensual previa.

Los mapas de lluvia se han interpolado usando patrones de precipitación que permitieran descomponer cada dato en un residuo y una tendencia media. La interpolación consideraba únicamente el residuo de precipitaciones. Y sobre el patrón de precipitaciones se realizaron los estudios que permitieran corregir los problemas derivados de la escasa densidad de datos en altura o la de las aglomeraciones y redundancias de información.

En la interpolación de temperaturas máximas y mínimas se ha seguido el mismo procedimiento. La evapotranspiración potencial se ha obtenido 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.

El clima de la DHGB se encuentra, como es lógico, condicionado a su situación geográfica. De hecho, aunque muestra las características esenciales del ámbito climático mediterráneo, su apertura hacia el Atlántico introduce, facilitado por el relieve de la zona, matices oceánicos que determinan niveles pluviométricos más elevados.

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

Precipitación:

En la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate, según los datos utilizados en el modelo SIMPA, la precipitación total anual se encuentra en torno a los 606 mm/año, o lo que es lo mismo, 3.600 hm³/año en los 5.948 km² de la DHGB, como media de los valores de la serie registrada en la red

de pluviómetros existentes con datos desde el año 1940, oscilando entre valores máximos de 1.143 mm (año hidrológico 1962/1963) en los años más húmedos y mínimos de 295 mm (año hidrológico 1998/1999) en los años más secos (según datos del modelo SIMPA).

Hay que destacar que la media anual de precipitación desciende si se toma como período de referencia los últimos 32 años (1980/1981-2011/12), con un valor de 573 mm/año (3.420 hm³/año).

En la siguiente figura se muestra la evolución de la precipitación media anual en la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate, junto con el valor medio, tanto para la serie completa como para la serie de los últimos 32 años. Es destacable el importante descenso en las precipitaciones que se ha producido en la DHGB en los últimos años, con un descenso cercano a los 33 mm anuales.

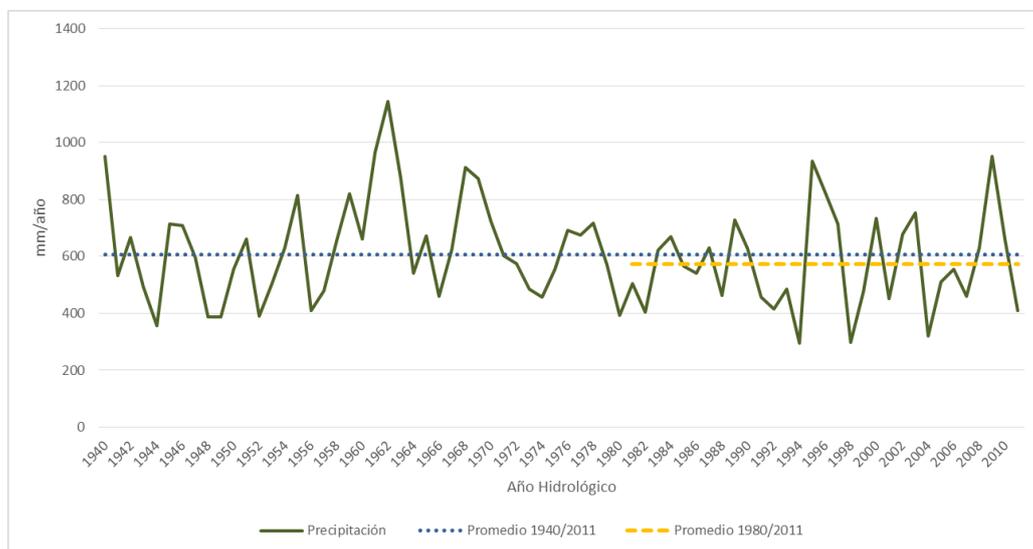


Gráfico 4.2.3.1. (1): Evolución de la precipitación anual (mm/año) en la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate para el período 1940-2011 según datos proporcionados por SIMPA.

Por otra parte, la distribución mensual y espacial de esta precipitaciones, se caracteriza por la heterogeneidad, habiendo meses bastante lluviosos (fundamentalmente los meses de otoño e invierno) y meses secos (verano). En cuanto a la distribución espacial de estas precipitaciones, como es lógico, es en la zona de cabecera de los ríos Guadalete y Majaceite (Sierra de Grazalema) donde se dan los valores máximos de precipitación. De este modo, la zona de la Cuenca del Majaceite alcanza valores medios de precipitación anual en torno a los 730 mm, con máximos de 1.277 mm (año hidrológico 1962/1963).

Además, la zona final del Guadalete es donde se presentan las menores precipitaciones medias, con valores medios anuales de 526 mm y mínimos inferiores a 255 mm (año 1994/1995).

En la zona del Barbate, la precipitación media se encuentra en 845 mm anuales, para el período 1940/2011, mientras que desciende hasta los 808 mm/año si se toma como media los últimos 32 años.

En la siguiente figura se compara la serie mensual en la que se incluyen los valores medios mensuales tanto en la serie 1940-2011 como 1980-2011. Como se puede observar, las precipitaciones en los meses de verano son muy bajas, con medias en el mes de julio, en los 72 años analizados, cercanas a 1 mm. De hecho, son frecuentes épocas de precipitación prácticamente nula en los meses de verano en la mayoría de la DHGB.

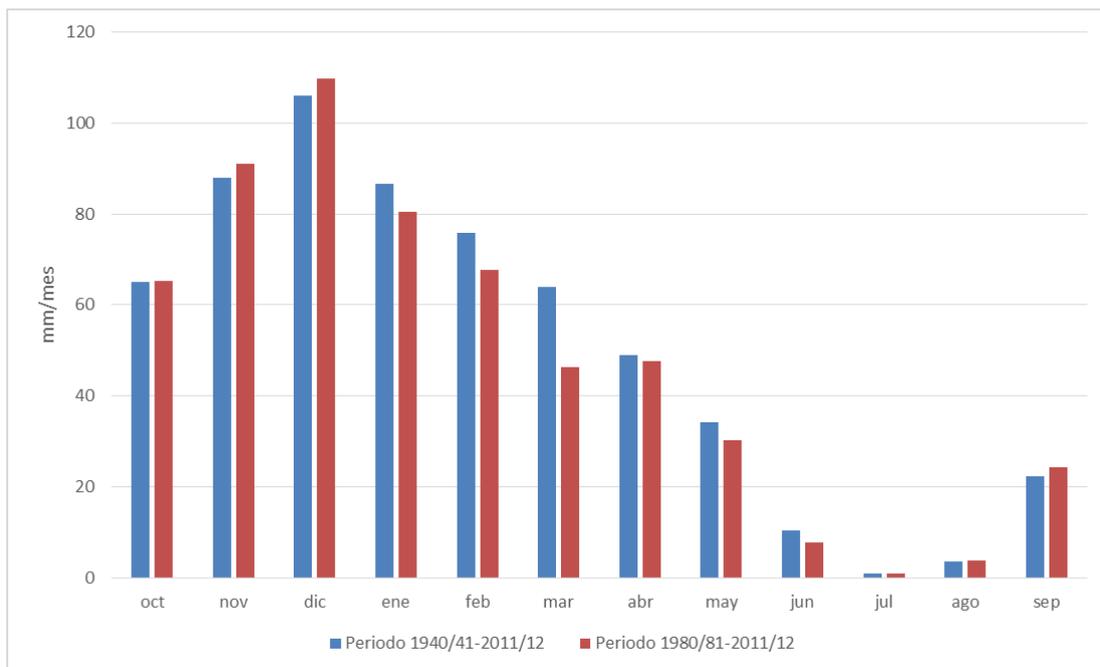


Gráfico 4.2.3.1. (2): Distribución mensual de la precipitación total anual (mm/mes) en la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate.

En el siguiente mapa, se muestra la distribución espacial de los valores medios anuales totales de precipitación en la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate para el período 1980/81-2011/12. Como se puede observar, los valores más elevados de precipitaciones se dan en la zona de las Sierras de Grazalema y Los Alcornocales, con valores medios anuales superiores a los 1700 mm. La zona con las precipitaciones más bajas se da en la zona oeste de la demarcación (Bajo Guadalete).

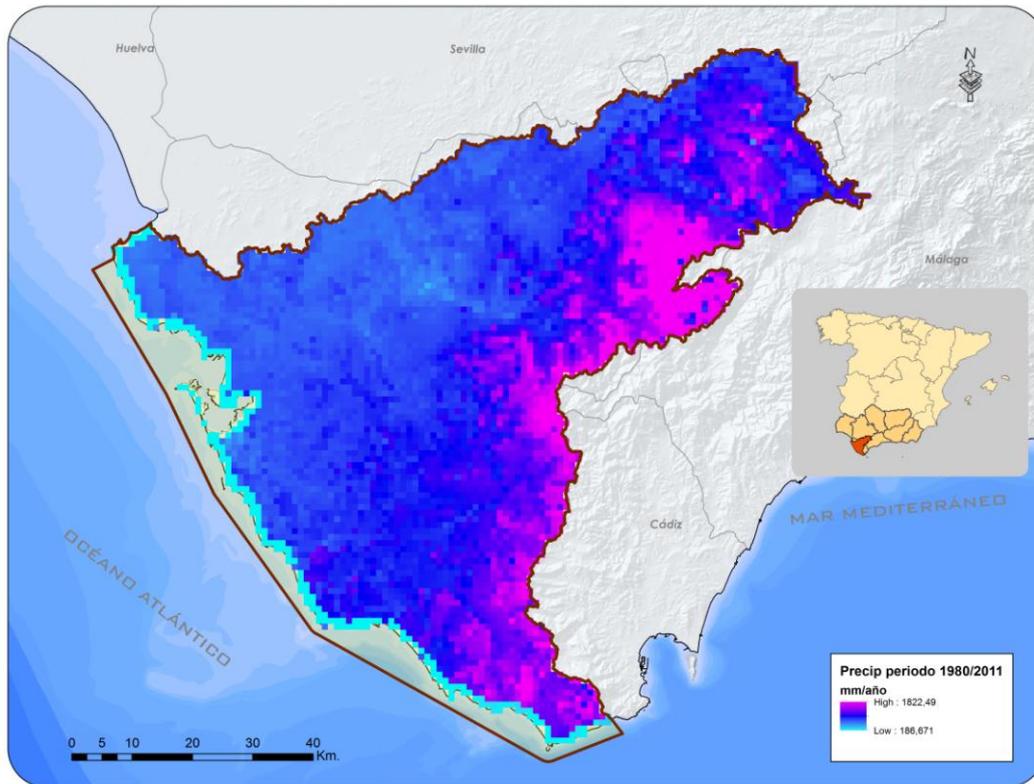


Figura 4.2.3.1. (1): Distribución espacial de la precipitación total anual (mm/año) en la demarcación hidrográfica. (Período 1980/81-2011/12)

Temperaturas:

El clima de la vertiente atlántica gaditana viene definido por su situación geográfica que justifica su pertenencia al ámbito climático mediterráneo, cuyos caracteres principales dominan toda la región. No obstante, su apertura hacia el Atlántico, facilitada por la disposición del relieve, introduce matices oceánicos que determinan en ciertos parajes niveles pluviométricos similares a los de latitudes más húmedas.

En el territorio de la DHGB, debido a su situación geográfica anteriormente comentada, existen zonas con características climáticas diferenciadas. Al igual que ocurre con el régimen pluviométrico, el térmico, está también muy influenciado por la orografía.

No obstante, las temperaturas medias, según los datos utilizados en el modelo SIMPA, muestran cierta homogeneidad en toda la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate, tal y como se observa en la siguiente figura en la que se muestran las temperaturas medias para la serie 1940/41-2011/12. En ella se observa que la diferencia entre la zona más fría (15,5°C en la zona del Alto Guadalete) y en la zona más cálida, situada en la zona central (municipios de Arcos de la Frontera y Medina Sidonia, con 18,2°C), la diferencia es de unos 2,7°C.

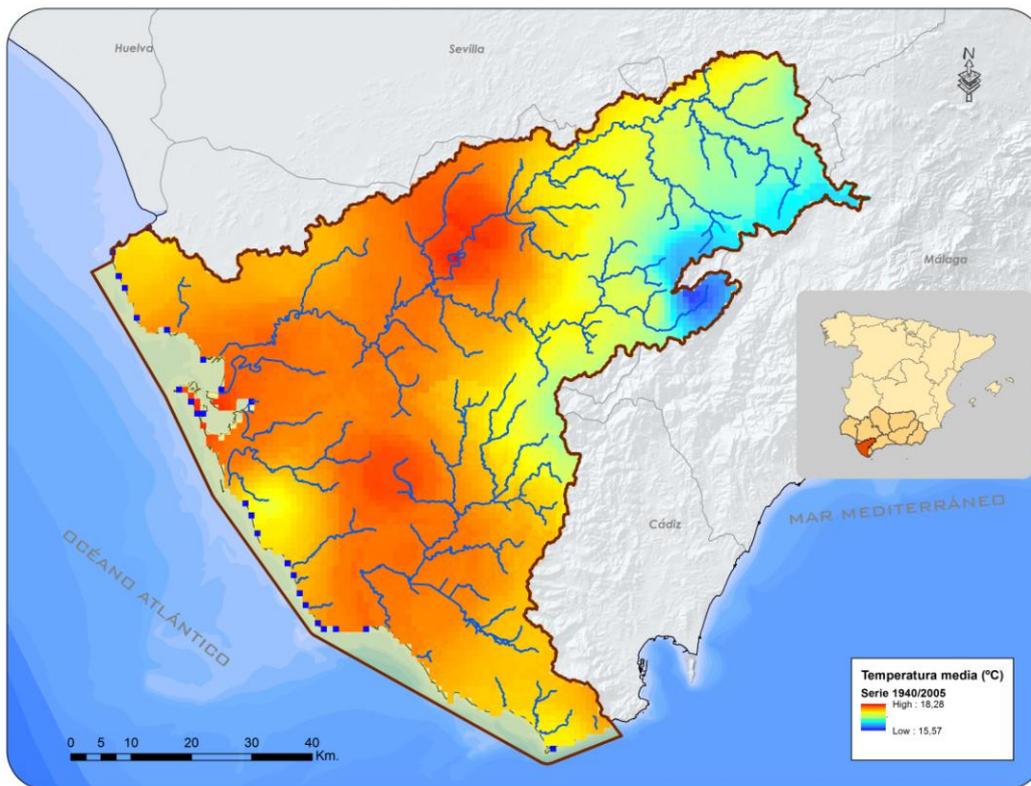


Figura 4.2.3.1. (2): Distribución espacial de la temperatura media anual (°C) en la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate. (Periodo 1940/41-2011/12)

Hay que recordar que los datos proporcionados se deben a medias mensuales, no representándose aquí valores puntuales, que como es normal, serán más acusados, con valores superiores a los 40°C en los meses de verano e inferiores a 0° C en los meses de invierno.

Evapotranspiración potencial:

La evapotranspiración es la consideración conjunta de dos fenómenos físicos diferenciados: la evaporación y la transpiración, evaluando así 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.

La evapotranspiración es un componente fundamental del balance hidrológico y un factor clave en la interacción entre la superficie terrestre y la atmósfera. De hecho, es un factor clave en la evaluación de los recursos hídricos disponibles en el territorio.

Los valores de evapotranspiración potencial (ETP) utilizados en este apartado 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.

La ETP anual de la DHGB se estima en 1110 mm para el periodo 1940/41-2011/12 con máximos anuales de 1166 mm y mínimos de 980 mm.

En el periodo 1980/81-2011/12 este valor aumenta hasta los 1132 mm.

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

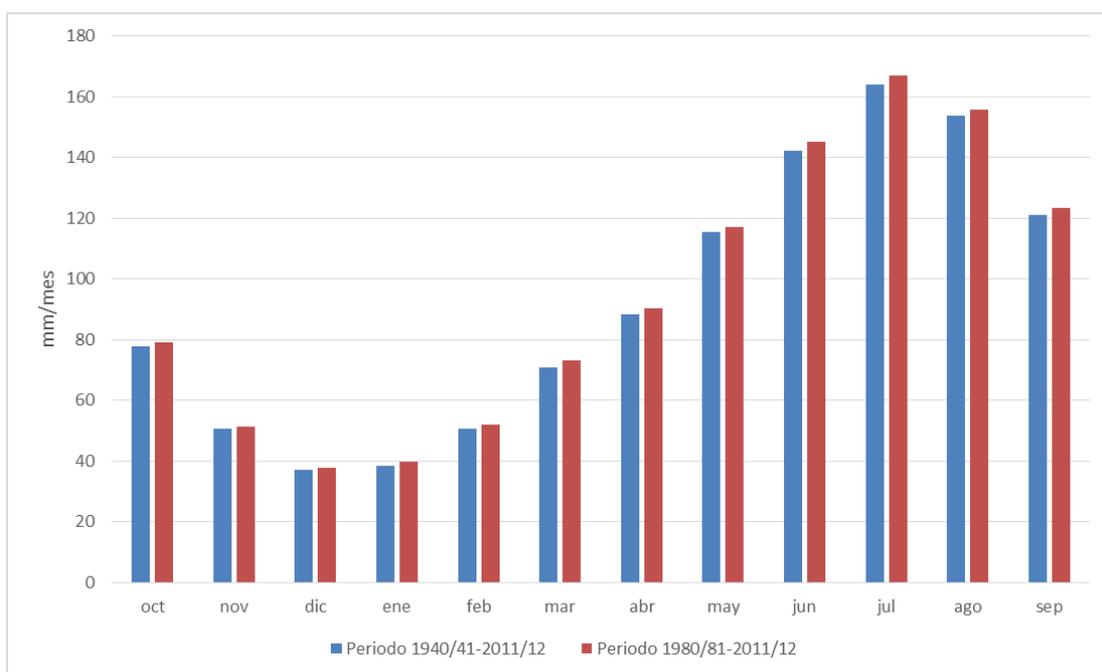


Gráfico 4.2.3.1. (3): Distribución mensual de la evapotranspiración potencial total anual (mm/mes) en la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate.

Por otra parte, según el índice de humedad o índice de aridez, definido (UNESCO, 1979) como el cociente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial anual según Penman, en España existen regiones áridas, semiáridas, subhúmedas y húmedas.

Las regiones áridas ocupan una extensión reducida y se localizan en parte de las islas Canarias y en el área del desierto de Tabernas (Almería). Las zonas semiáridas afectan principalmente a la Depresión del Ebro, Almería, Murcia, sur de la cuenca del Júcar, cabecera del Guadiana y parte de Canarias. Las zonas subhúmedas se sitúan básicamente en la cuenca del Duero, sur de las Cuencas Internas de Cataluña, Baleares, Guadalquivir y a lo largo de las cordilleras de menor altitud. Finalmente, la zona húmeda afecta al resto del país.

En la siguiente figura se muestra el Índice de Aridez en la Demarcación Guadalete y Barbate. Como se puede observar, la zona norte de la misma es húmeda, mientras que el resto de la Demarcación se encuentra dentro de los niveles de subhúmeda o semiárida.

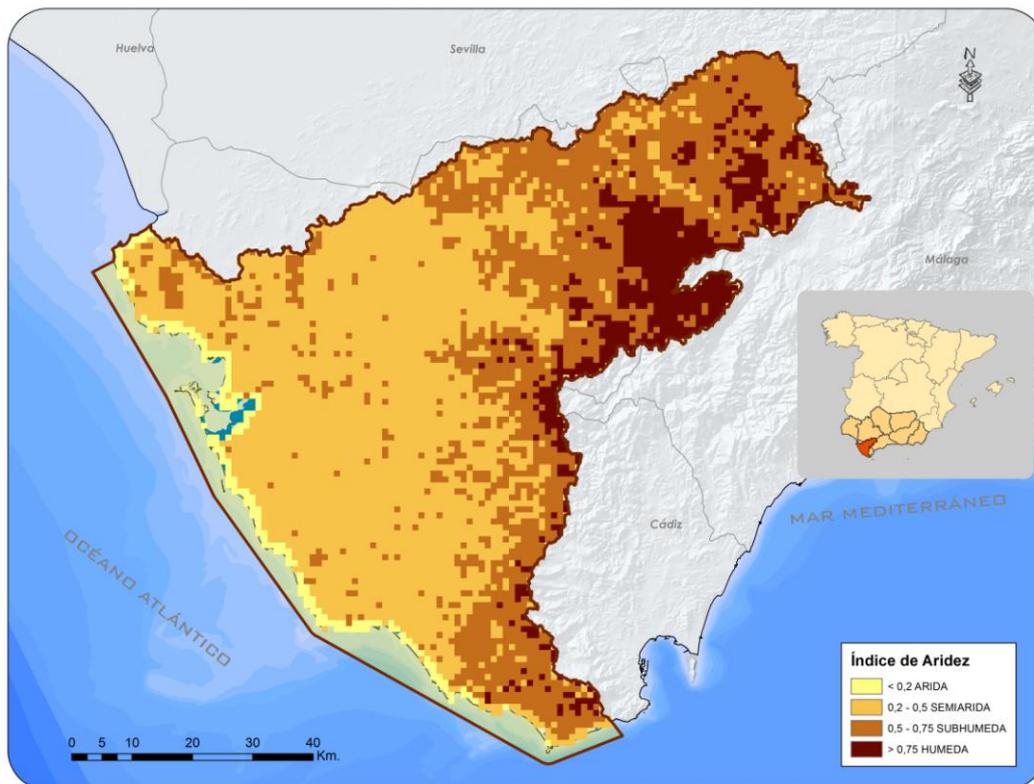


Figura 4.2.3.1. (3): Mapa de clasificación climática según el índice de humedad o de aridez de la UNESCO

4.2.3.2 VARIABLES DE LA FASE TERRESTRE.

Evapotranspiración Real:

Como se ha comentado anteriormente, la evapotranspiración es la consideración conjunta de dos fenómenos físicos diferenciados: la evaporación y la transpiración.

En la España peninsular, las pérdidas totales por evapotranspiración son unas 3 veces superiores a las pérdidas 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 vegetativo 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 vegetativo óptimo y una capacidad de campo permanentemente completa.

La evapotranspiración es una 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 por unidad de superficie, equivalente a 10 m³/ha. La medida siempre se refiere a un determinado intervalo de tiempo.

Es muy importante diferenciar entre evapotranspiración potencial (ETP) y evapotranspiración real (ETR). La ETP sería la evapotranspiración que se produciría si la humedad del suelo y la cubierta vegetal estuvieran en condiciones óptimas. La ETR 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.

En la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate, la ETR media anual está en torno a los 414 mm/año o los 4140 m³/ha/año, con valores de los últimos 32 años. Los valores máximos de ETR se dan en la Cuenca del Barbate, donde predomina la masa forestal formada, entre otros, por alcornoques, encinas y quejigos, con valores de 585 mm/año. Los valores mínimos de ETR están en torno a los 251 mm/año y se dan en la zona del Bajo Guadalete.

En el siguiente mapa se aprecia la distribución de esta variable en la demarcación hidrográfica:

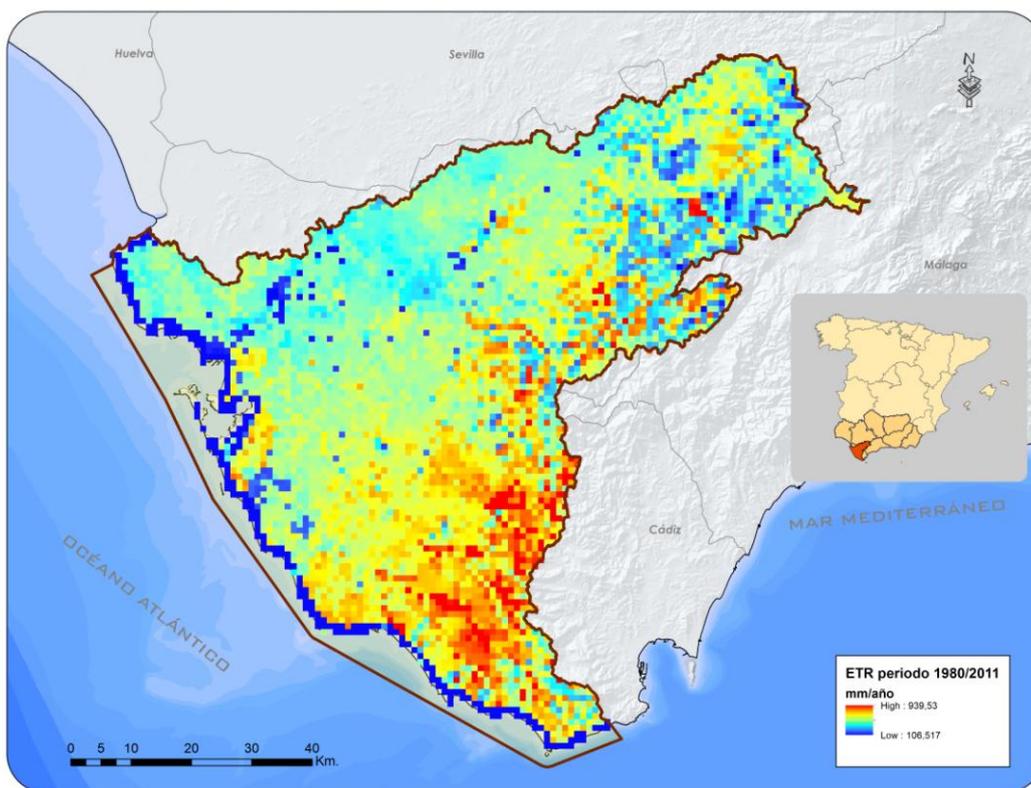


Figura 4.2.3.2. (1): Distribución espacial de la evapotranspiración real total anual (mm/año) (periodo 1980/81-2011/12) en la Demarcación GB

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 a generar escorrentía superficial, cuando el suelo está saturado y se sobrepasa el umbral de escorrentía del suelo.

Hay que destacar que en la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate los datos del modelo SIMPA están calculados a partir de las antiguas delimitaciones de Unidades Hidrogeológicas, que no se corresponden con la actual definición espacial de las masas de agua subterránea. Esto provoca que la superficie en la que el modelo supone que existe infiltración sea muy superior a la actual. Este aspecto provoca que, según el modelo SIMPA, el volumen infiltrado total en la DHGB sea superior a 375 hm³/año, valor muy superior al real.

Para considerar solamente las zonas en las que es posible que exista infiltración, en el estudio de este parámetro se ha considerado la infiltración que tiene lugar en las masas de agua subterráneas definidas actualmente. De este modo, la infiltración supuesta en la DHGB es de 222 hm³ anuales, valor ligeramente superior a los que muestran otros estudios existentes en la Demarcación.

En la siguiente tabla se muestra la infiltración supuesta en cada una de las masas de agua subterránea consideradas actualmente según el modelo SIMPA. Como es lógico, las mayores infiltraciones se producen en las masas subterráneas de cabecera de los ríos Guadalporcún, Guadalete y Majaceite.

Código	NOMBRE	Infiltración (mm/año)	Superficie (km2)	Infiltración (hm3/año)
062.001	Setenil	161,6	219	35,4
062.002	Sierra de Líbar	280	50	14,0
062.003	Sierra de Lijar	151,2	25	3,8
062.004	Sierra de Grazalema - Prado del Rey	241,6	361	87,2
062.005	Arcos de la Frontera - Villamartín	60,8	328	19,9
062.006	Sierra Valleja	78,4	36	2,8
062.007	Sierra de la Cabras	152	64	9,7
062.008	Aluvial del Guadalete	49,6	232	11,5
062.009	Jerez de la Frontera	64	77	4,9
062.010	Sanlúcar - Chipiona - Rota - Pto. de Sta. María	57,6	138	7,9
062.011	Puerto Real	53,6	115	6,2
062.012	Conil de la Frontera	74,4	112	8,3
062.013	Barbate	70	109	7,6
062.014	Benalup	85	32	2,7
	Total		1,898	222

Tabla 4.2.3.2. (2): Infiltración media anual según datos del modelo SIMPA en las diferentes masas de agua subterránea de la DHGB

En el siguiente mapa se muestra la distribución espacial de esta variable en el territorio de la demarcación:

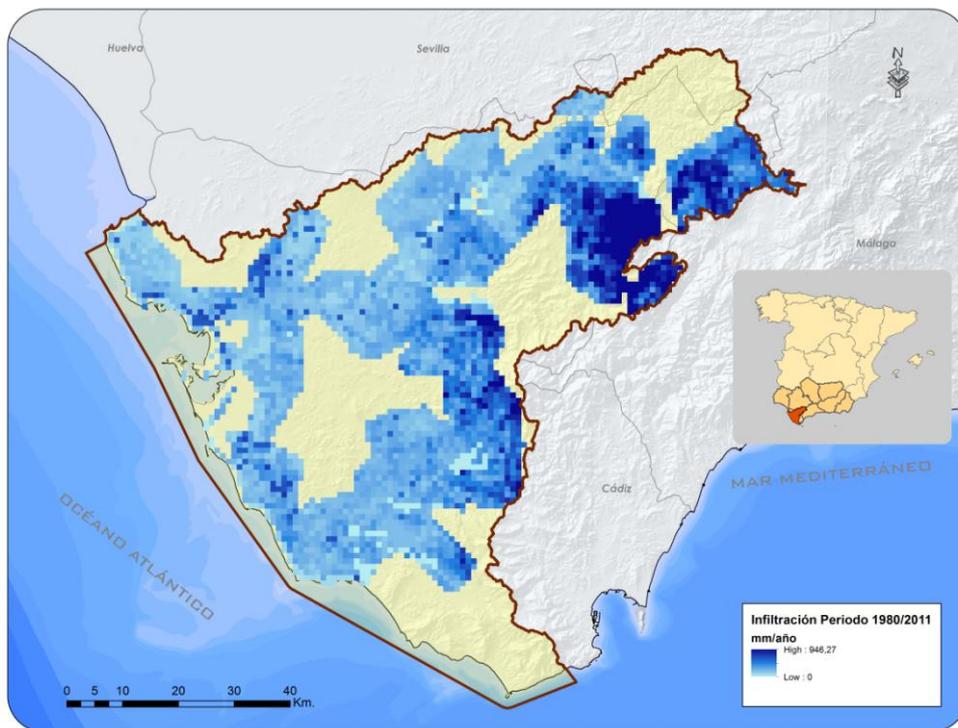


Figura 4.2.3.2. (2): Distribución espacial de la infiltración/recarga total anual (mm/año)

Las variables hidrológicas están todas relacionadas entre sí y con otros factores del medio físico como pueda ser la litología, edafología, etc. Al igual que ocurre con la evapotranspiración, en el caso de la infiltración también se distingue de la máxima capacidad de infiltración o infiltración potencial, y la que realmente se produce. Ésta depende directamente de la precipitación y del contenido de humedad del suelo, entre otros factores.

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 escurrida y extendida en el terreno mediante los diferentes cauces. 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.

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

$$E_T = ES + EH + PS + PD$$

- 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.

Como se ha comentado anteriormente, los valores de escorrentía utilizados en la Cuenca del Guadalete, son fruto de un trabajo de adecuación de los resultados proporcionados por el modelo SIMPA a los datos reales medidos en la demarcación. Para ello, ha sido necesario utilizar diferentes factores correctores en cada una de las zonas estudiadas para poder adecuar los valores del modelo a la realidad de la zona.

En la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate la escorrentía total interanual media, tiene un valor de unos 180 mm/año para la serie 1940/41-2011/12, descendiendo hasta los 164 mm/año en la serie corta (1980/81-2011/12).

Dentro de la distribución mensual, los valores máximos de 42 mm/mes se producen en el mes de diciembre y los valores mínimos, con 1 mm/mes se produce en los meses de Julio, Agosto y Septiembre.

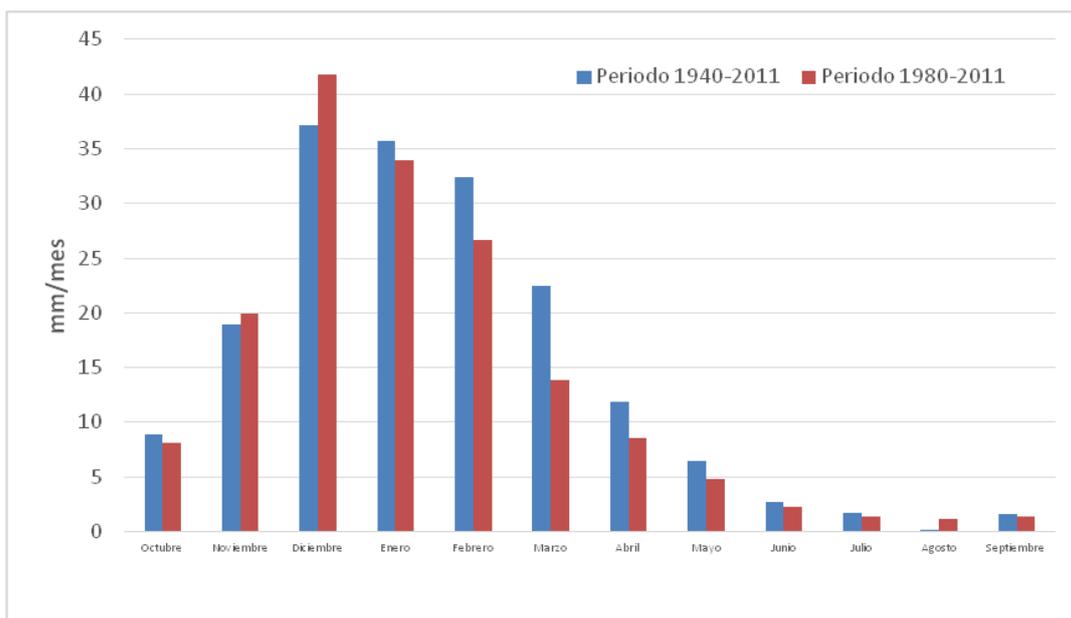


Gráfico 4.2.3.2. (1): Distribución temporal de la escorrentía total anual (mm/mes)

Por zonas, son la zona de Majaceite y Barbate las que presentan mayor escorrentía, con valores 325 y 248 mm/año respectivamente. En el caso del Alto Guadalete, los valores son menores, con valores de 151 mm/año. Mientras tanto, en el Bajo Guadalete, la aportación total se estima en 101 mm/año. En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los resultados obtenidos, indicando, en cada caso la aportación en términos de volumen anual de aportación. Al comparar la serie temporal desde 1940/41-2011/12 con la serie de los últimos 32 años (1980/81-2011/12) se observa un descenso en las aportaciones del 10 % para ésta última con respecto a la primera.

	Superficie (km²)	Serie SIMPA 1940/2012		Serie SIMPA 1980/2012	
		Escorrentía total (mm/año)	Aportación (hm³/año)	Escorrentía total (mm/año)	Aportación (hm³/año)
Alto Guadalete	1.355	157	212	135	183
Bajo Guadalete	2.258	102	230	92	208
Majaceite	768	316	243	283	217
Barbate	1.567	249	390	234	367
Total	5.948		1075		975

Tabla 4.2.3.2. (3): Aportación en régimen natural en las diferentes zonas de la DHGB

4.3 ESTADÍSTICAS DE LAS SERIES HIDROLÓGICAS EN LA DEMARCACIÓN

Como indica el apartado 2.4.4 de la IPHA, en el plan hidrológico se han recogido de forma sintética las principales características 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 indicado los valores mínimo, medio y máximo, los coeficientes de variación y de sesgo y el primer coeficiente de autocorrelación. Con objeto de caracterizar las sequías hiperanuales, se han recogido los estadísticos correspondientes a dos o más años consecutivos.

Asimismo, para conocer la distribución mensual 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.

Todas estas variables se han calculado tanto para la serie completa o histórica 1940/41-2011/12 como para el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1980/81-2011/12.

4.3.1 SERIES ANUALES

En la siguiente tabla se muestran las estadísticas de las series de precipitación de la demarcación, según zonificación realizada y según tome una serie u otra de datos.

	Media aritmética (mm/año)	Máximo (mm/año)	Mínimo (mm/año)	Desv. Típica (mm/año)	Coef. Variación	Coef. sesgo
DHGB	606	1143	295	178	0,293	0,591
Alto Guadalete	500	924	240	149	0,298	0,564
Bajo Guadalete	527	976	255	156	0,296	0,588
Majaceite	729	1278	318	224	0,307	0,293
Barbate	845	1666	428	246	0,292	0,822

Tabla 4.3.1. (1): Estadísticas básicos de las series anuales de precipitación (mm/año). (Período 1940/41-2011/12)

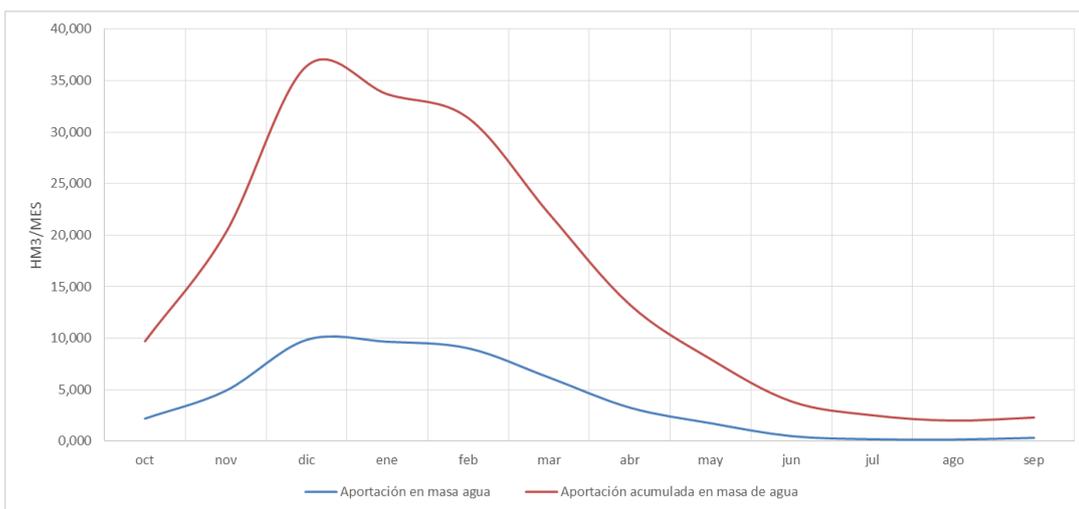
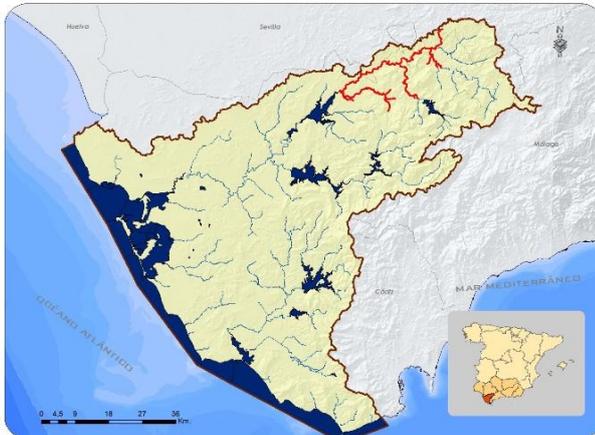
	Media aritmética (mm/año)	Máximo (mm/año)	Mínimo (mm/año)	Desv. Típica (mm/año)	Coef. Variación	Coef. sesgo
DHGB	573	952	295	169	0.295	0.420
Alto Guadalete	471	827	240	143	0.302	0.489
Bajo Guadalete	497	855	255	150	0.302	0.476
Majaceite	684	1179	318	219	0.320	0.347
Barbate	807	1385	428	234	0.290	0.539

Tabla 4.3.1. (2): Estadísticas básicos de las series anuales de precipitación (mm/año). (Período 1980/81-2011/12)

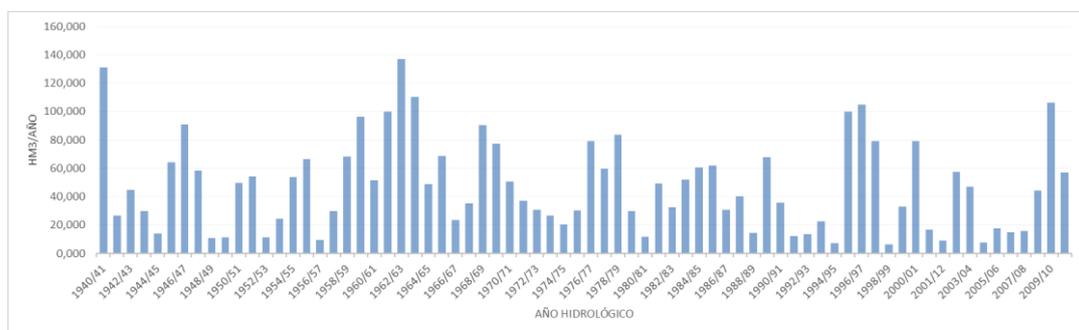
En cuanto a la escorrentía, se ha llevado a cabo un análisis en cada una de las masas de agua superficiales tipo río, evaluando tanto la aportación originada en cada una de sus subcuencas, así como la aportación acumulada en dicha masa de agua. De esta manera, se ha podido considerar el régimen de caudales circulantes en condiciones naturales, es decir, sin la existencia de presión antropogénica. En el Apéndice 7.2 de este Anejo se encuentra, en forma de ficha, un pequeño resumen de las principales características para cada una de las masas de agua tipo río.

11710 R. Guadalete II

	Aportación promedio en masa de agua		Aportación acumulada en masa de agua	
	1940/2011	1980/2011	1940/2011	1980/2011
oct	2,188	1,998	9,697	8,284
nov	4,894	5,617	20,239	21,818
dic	9,833	10,380	36,415	36,318
ene	9,647	8,282	33,682	27,315
feb	9,012	6,470	31,365	23,482
mar	6,178	3,427	22,081	13,294
abr	3,251	2,406	13,242	10,409
may	1,739	1,317	7,960	6,060
jun	0,487	0,412	3,853	3,015
jul	0,184	0,173	2,510	1,984
ago	0,149	0,152	1,993	1,628
sep	0,317	0,267	2,291	1,864
Total general	47,879	40,898	185,327	155,470



Aportación media y acumulada anual



Aportación anual de la masa de agua

Figura 4.3.1. (1): Ejemplo de ficha de caracterización de aportaciones por masa de agua (Apéndice 2.2)

En los siguientes mapas se muestran las aportaciones medias estimadas en cada una de las masas de agua superficiales tipo río y muy modificadas asimilables a río, así como el régimen natural estimado en la Demarcación Hidrográfica de Guadalete y Barbate.

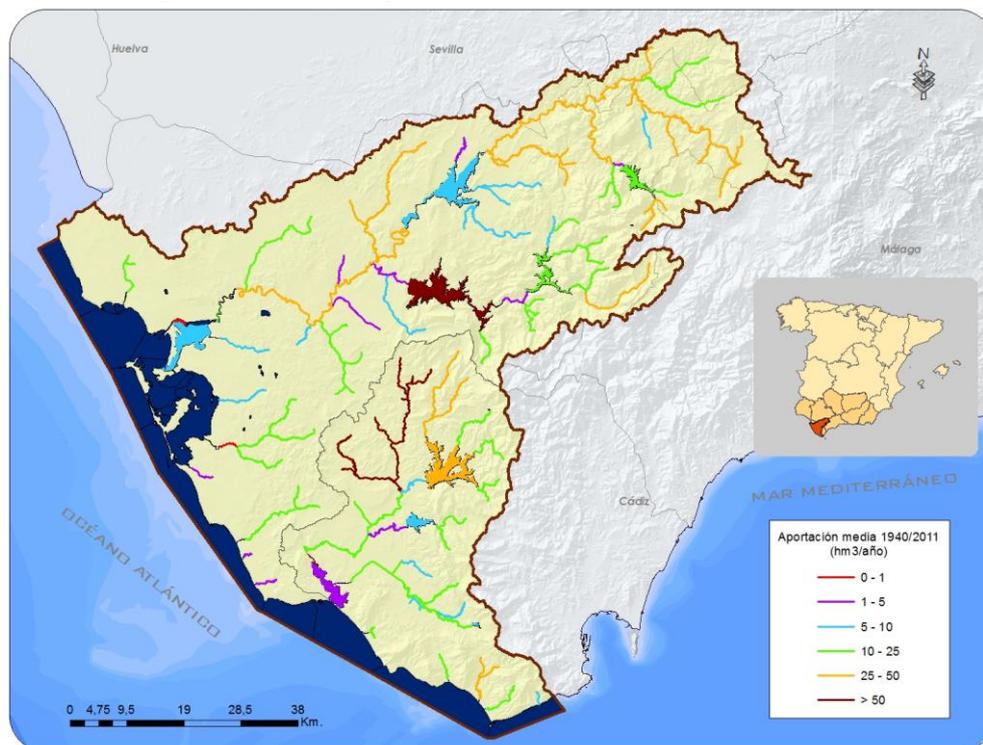


Figura 4.3.1. (2): Aportación estimada en cada una de las masas de agua tipo río. Serie 1940/41-2011/12. Datos en hm³/año

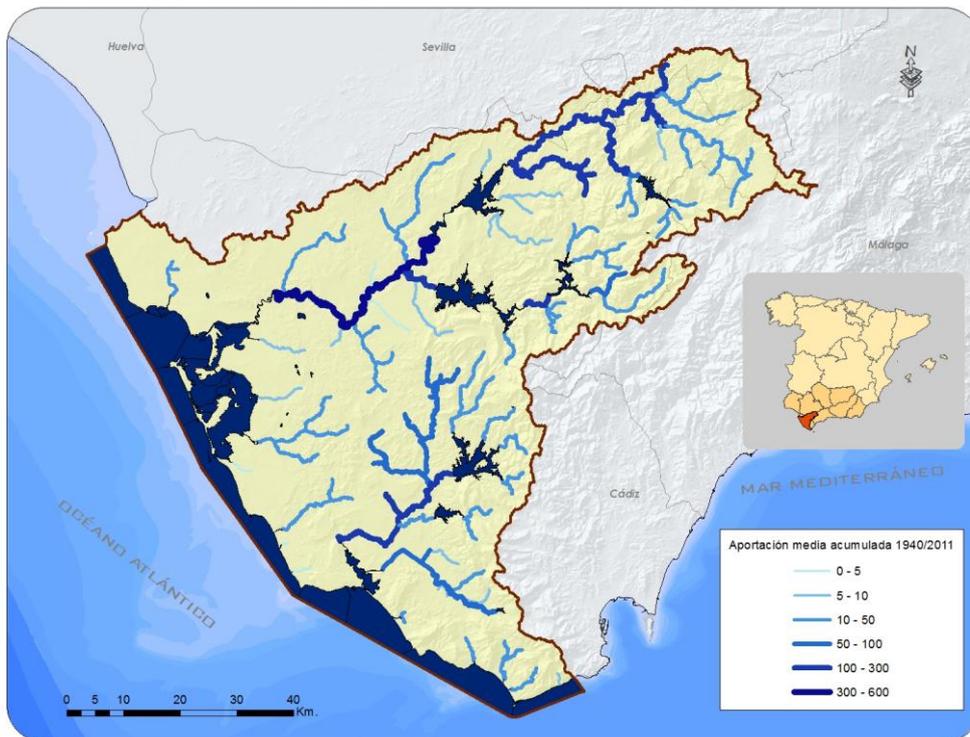


Figura 4.3.1. (3): Aportación acumulada en cada una de las masas de agua tipo río. Serie 1940/41-2011/12. Datos en hm³/año

En las siguientes gráficas se muestran las aportaciones acumuladas en algunos de los puntos más significativos de cada uno de los principales cauces del DHGB. Recordar que estas aportaciones son acumuladas en régimen natural, y que por lo tanto, no tienen en cuenta la existencia de ningún tipo de infraestructuras de regulación ni extracciones de agua para el abastecimiento de demandas.

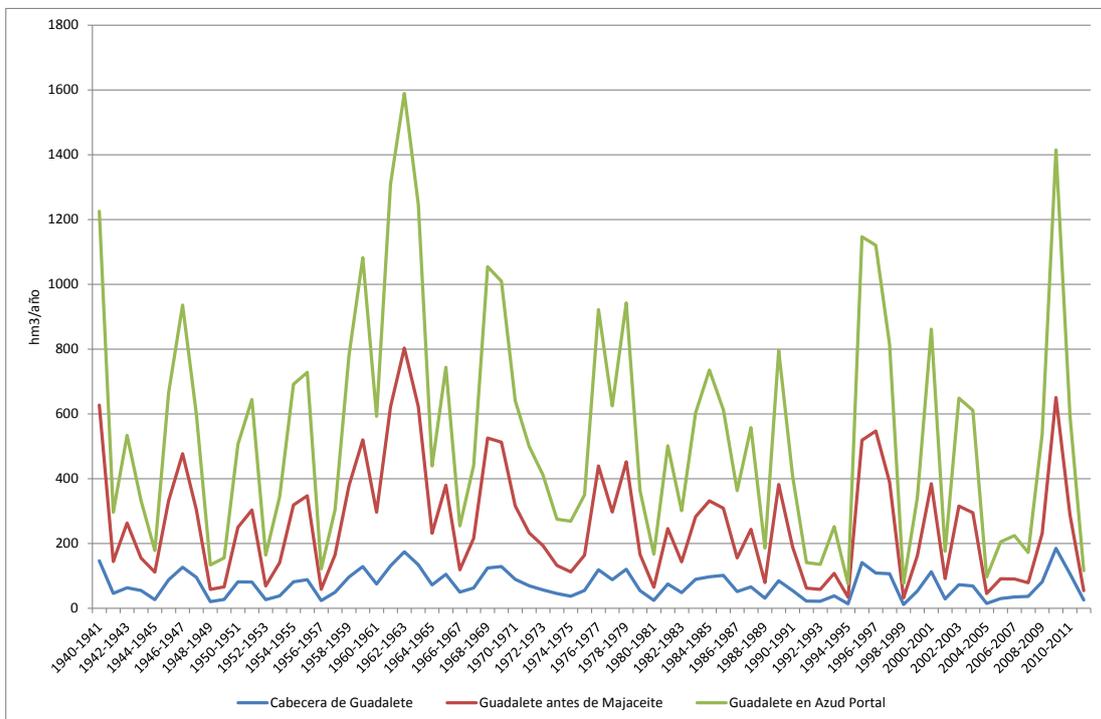


Gráfico 4.3.1. (1): Serie de aportaciones anuales (hm³) en el Río Guadalete. (Período 1940/41-2011/12).

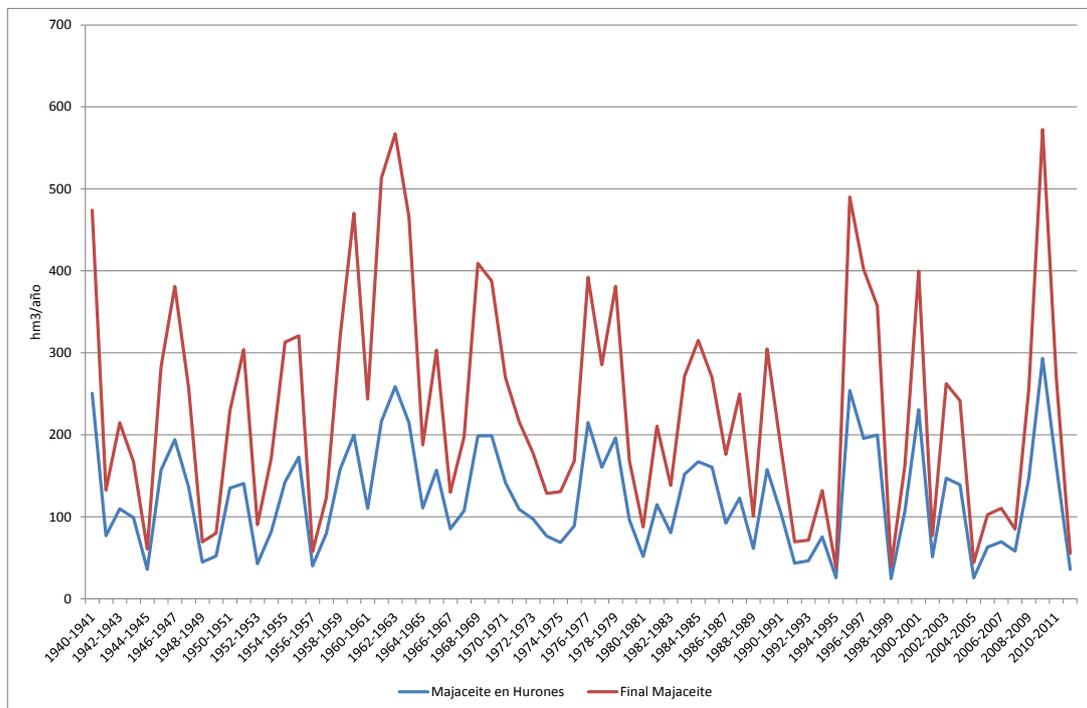


Gráfico 4.3.1. (2): Serie de aportaciones anuales (hm³) en el Río Majaceite. (Período 1940/41-2011/12).

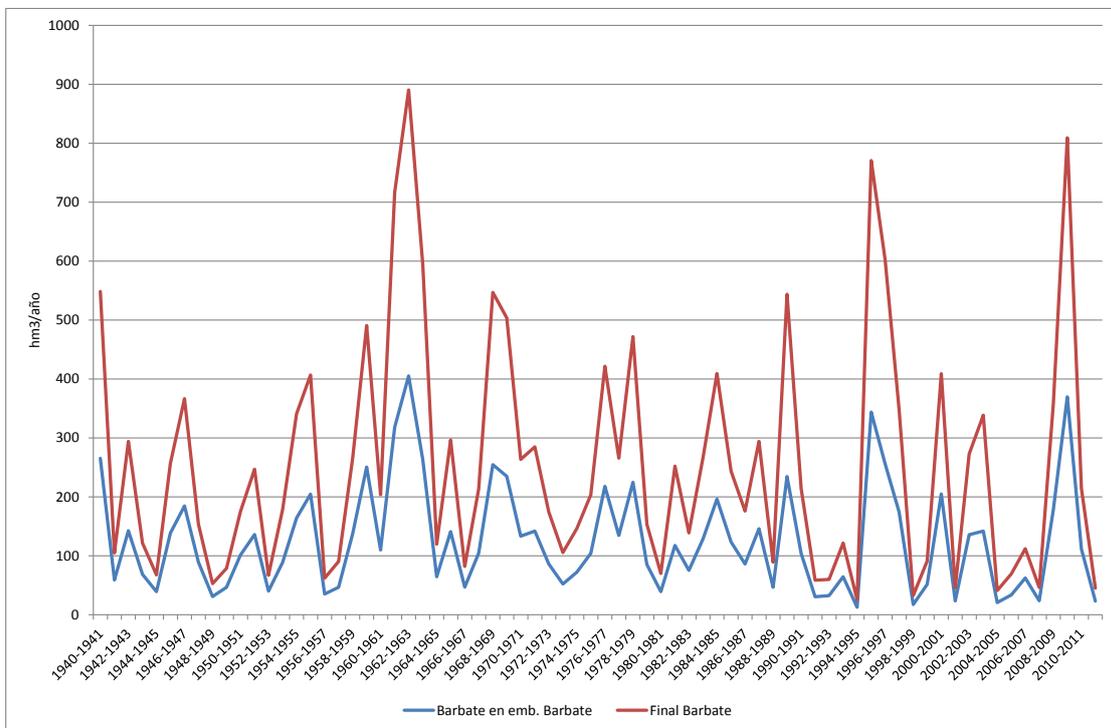


Gráfico 4.3.1. (3): Serie de aportaciones anuales (hm3) en el Río Barbate (Período 1940/41-2011/12).

4.3.2 SERIES MENSUALES

En este apartado se indica 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 de explotación y en el conjunto de la demarcación.

Estos datos se han estimado en cada una de las zonas consideradas, así como para la Demarcación Hidrográfica de Guadalete y Barbate. Del mismo modo, se ha analizado la serie temporal 1940-2011 como la 1980-2011.

4.3.2.1 TOTAL DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALETE Y BARBATE

	Precipitación	Evapotransp. Potencial	Evapotransp. Real	Escurrentía Superficial	Escurrentía Subterránea	Escurrentía Total
Octubre	64,96	77,75	42,87	6,14	2,79	8,93
Noviembre	87,90	50,57	41,55	13,47	5,48	18,95
Diciembre	106,13	37,03	34,46	27,69	9,47	37,16
Enero	86,69	38,60	35,91	24,08	11,69	35,77
Febrero	75,92	50,69	45,78	20,74	11,69	32,43
Marzo	63,91	70,71	60,01	12,23	10,21	22,43
Abril	48,89	88,50	66,80	4,59	7,31	11,90
Mayo	34,09	115,57	54,36	2,97	3,52	6,49
Junio	10,30	142,11	19,29	0,10	2,63	2,73
Julio	0,93	164,09	1,96	0,02	1,63	1,65
Agosto	3,52	153,72	3,56	0,01	1,26	1,27
Septiembre	22,35	121,06	21,56	0,36	1,18	1,54

Tabla 4.3.2.1. (1): Promedios mensuales (mm/mes) para la DHGB. (Período 1940/41-2011/12)

	Precipitación	Evapotransp. Potencial	Evapotransp. Real	Escurrentía Superficial	Escurrentía Subterránea	Escurrentía Total
Octubre	65,36	79,13	44,97	5,60	2,54	8,14
Noviembre	91,07	51,46	42,17	14,35	5,53	19,88
Diciembre	109,80	37,90	34,82	31,80	9,95	41,76
Enero	80,40	39,86	35,74	22,18	11,72	33,89
Febrero	67,69	51,85	45,03	15,96	10,65	26,61
Marzo	46,20	73,20	58,41	5,91	7,90	13,81
Abril	47,72	90,31	64,57	3,15	5,44	8,59
Mayo	30,31	117,00	47,06	1,25	3,58	4,82
Junio	7,74	145,22	13,96	0,09	2,13	2,23
Julio	0,83	166,98	1,46	0,01	1,41	1,43
Agosto	3,79	155,91	3,79	0,10	1,07	1,17
Septiembre	24,19	123,41	23,50	0,24	1,09	1,33

Tabla 4.3.2.1. (2): Promedios mensuales (mm/mes) para la DHGB. (Período 1980/81-2011/12)

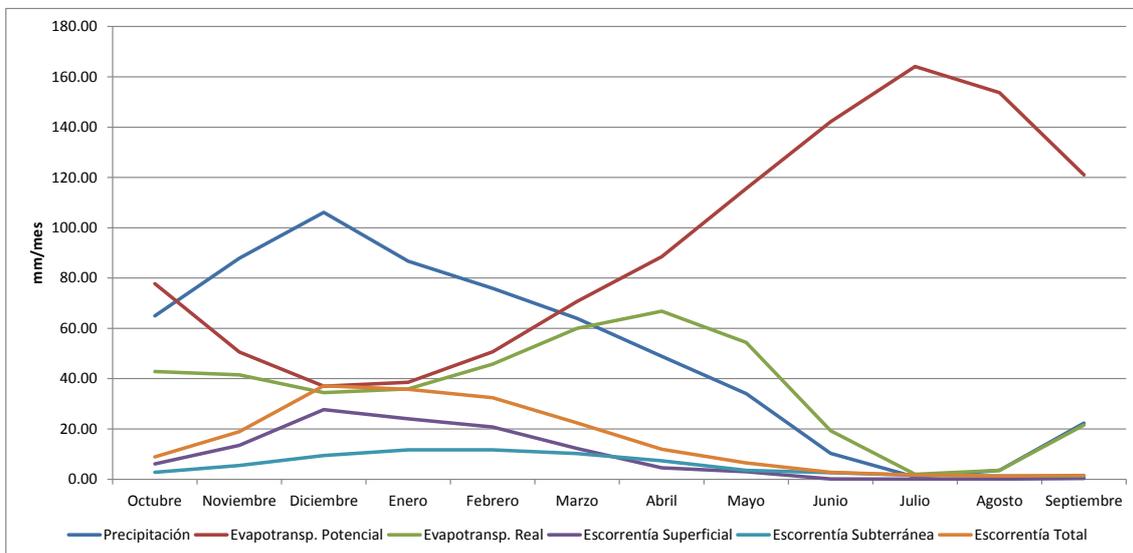


Gráfico 4.3.2.1. (1): Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas para la DHGB. Período 1940/41-2011/12

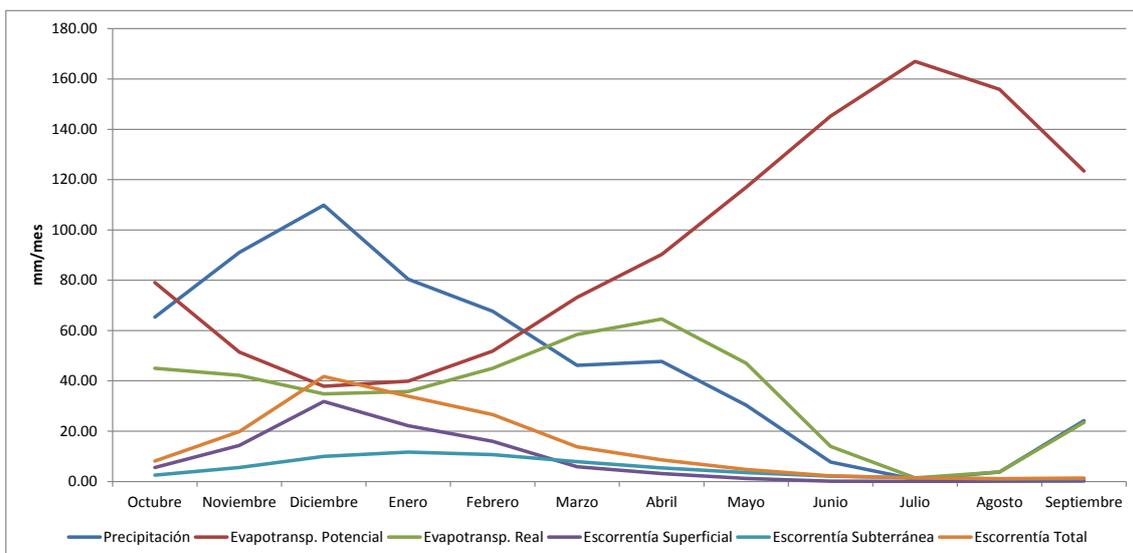


Gráfico 4.3.2.1. (2): Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas para la DHGB. Período 1980/81-2011/12

4.3.2.2 ALTO GUADALETE

	Precipitación	Evapotransp. Potencial	Evapotransp. Real	Escorrentía Superficial	Escorrentía Subterránea	Escorrentía Total
Octubre	43,00	37,37	24,48	4,73	3,31	8,03
Noviembre	57,04	22,03	19,65	11,06	5,86	16,91
Diciembre	68,12	15,56	15,14	21,45	9,39	30,84
Enero	54,51	16,53	16,21	18,33	10,84	29,17
Febrero	49,41	22,98	22,29	16,52	10,67	27,20
Marzo	41,10	33,82	31,44	9,70	9,41	19,11
Abril	34,41	45,41	40,05	3,89	7,23	11,12
Mayo	24,53	60,81	40,59	2,18	4,38	6,57
Junio	7,94	79,08	19,34	0,04	3,02	3,06
Julio	0,81	91,77	2,04	0,00	1,96	1,96
Agosto	2,93	86,49	3,00	0,01	1,56	1,57
Septiembre	15,63	64,52	14,77	0,28	1,54	1,82

Tabla 4.3.2.2. (1): Promedios mensuales (mm/mes) para el Alto Guadalete. (Período 1940/41-2011/12)

	Precipitación	Evapotransp. Potencial	Evapotransp. Real	Escorrentía Superficial	Escorrentía Subterránea	Escorrentía Total
Octubre	41,41	37,70	24,62	3,88	3,03	6,91
Noviembre	59,37	22,13	19,85	12,05	6,01	18,06
Diciembre	67,20	15,79	15,44	22,11	9,51	31,62
Enero	47,48	16,94	16,50	15,65	10,11	25,76
Febrero	41,44	23,44	22,64	11,53	9,23	20,76
Marzo	28,27	35,05	31,35	4,55	7,03	11,58
Abril	34,72	46,06	39,68	2,98	5,55	8,53
Mayo	22,14	61,12	37,32	0,97	4,02	4,98
Junio	5,43	80,35	14,04	0,04	2,39	2,42
Julio	0,56	92,95	1,17	0,00	1,59	1,59
Agosto	3,30	87,00	3,29	0,10	1,22	1,32
Septiembre	16,75	65,09	16,09	0,20	1,31	1,51

Tabla 4.3.2.2. (2): Promedios mensuales (mm/mes) para el Alto Guadalete. (Período 1980/81-2011/12)

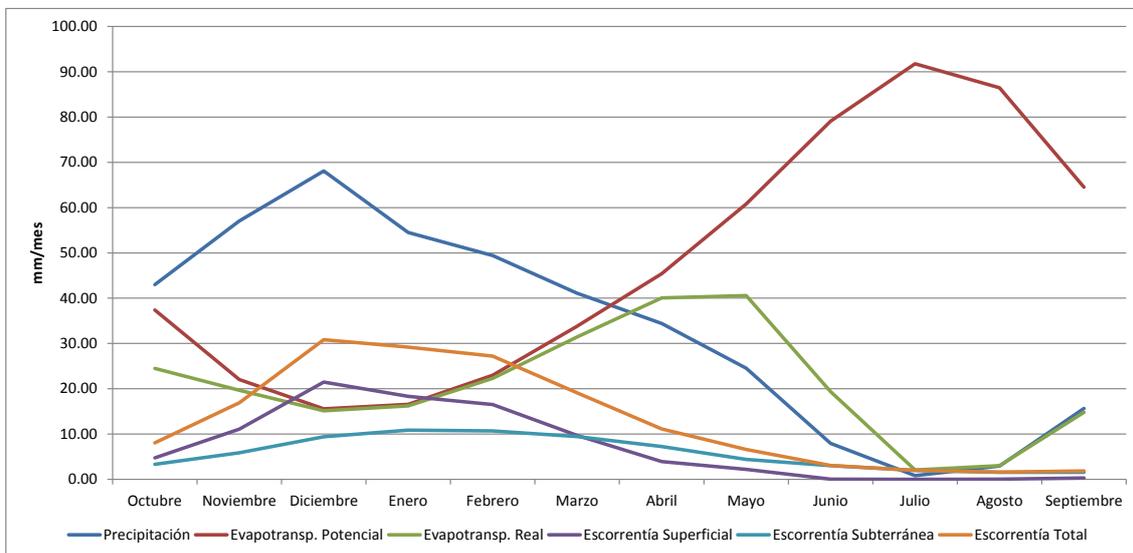


Gráfico 4.3.2.2. (1): Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas para la zona del Alto Guadalete. DHGB. Periodo 1940/41-2011/12

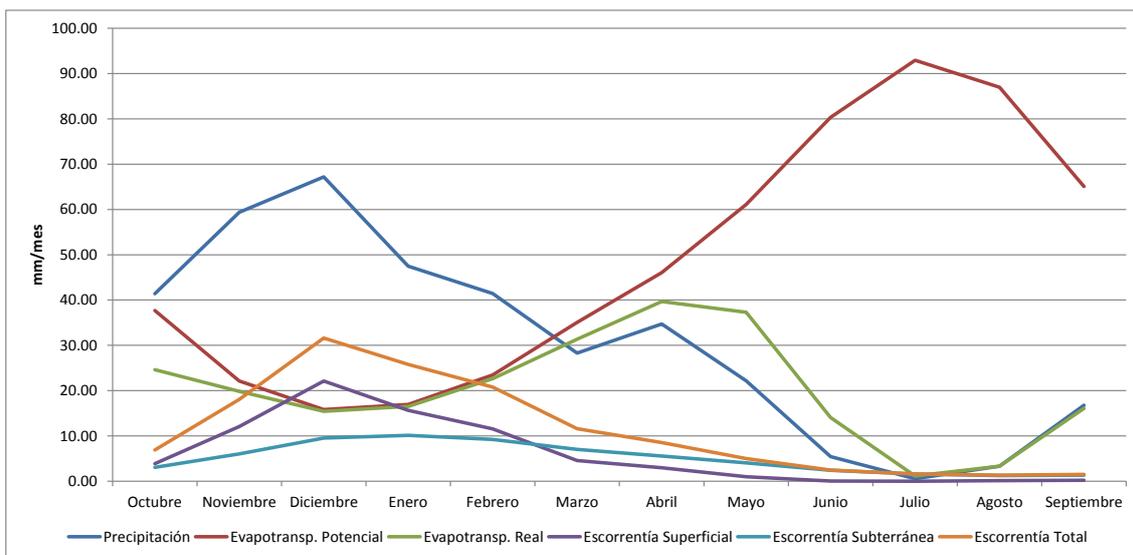


Gráfico 4.3.2.2. (2): Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas para la zona del Alto Guadalete. Periodo 1980/81-2011/12

4.3.2.3 BAJO GUADALETE

	Precipitación	Evapotransp. Potencial	Evapotransp. Real	Escorrentía Superficial	Escorrentía Subterránea	Escorrentía Total
Octubre	60,13	81,51	42,55	2,44	2,01	4,46
Noviembre	79,48	51,55	41,55	5,36	3,73	9,09
Diciembre	89,29	36,53	33,83	12,48	6,56	19,03
Enero	74,15	38,26	35,28	12,01	8,54	20,55
Febrero	63,20	52,76	46,66	9,34	8,93	18,27
Marzo	56,00	75,17	62,86	5,66	7,99	13,65
Abril	41,70	96,98	71,52	1,10	5,73	6,83
Mayo	30,33	126,18	55,66	1,58	2,55	4,13
Junio	9,33	154,40	15,97	-0,57	3,07	2,50
Julio	0,92	177,36	1,36	0,00	1,81	1,81
Agosto	3,58	163,12	3,58	-1,35	1,47	0,12
Septiembre	21,29	128,15	21,07	0,05	1,23	1,28

Tabla 4.3.2.3. (1): Promedios mensuales (mm/mes) para el Bajo Guadalete. Serie 1940/41-2011/12

	Precipitación	Evapotransp. Potencial	Evapotransp. Real	Escorrentía Superficial	Escorrentía Subterránea	Escorrentía Total
Octubre	59,57	82,77	44,49	1,82	1,68	3,50
Noviembre	79,89	52,44	42,26	4,83	3,37	8,20
Diciembre	93,57	37,33	34,26	15,49	6,87	22,36
Enero	70,07	39,48	34,87	12,04	8,78	20,81
Febrero	57,25	54,01	45,82	7,07	8,15	15,21
Marzo	40,46	77,98	61,41	2,24	6,17	8,42
Abril	41,11	98,45	68,44	0,46	4,20	4,66
Mayo	27,21	127,55	47,05	0,14	2,91	3,05
Junio	7,01	157,15	10,59	0,00	2,08	2,08
Julio	0,95	180,32	1,16	0,00	1,60	1,60
Agosto	3,55	165,49	3,54	0,08	1,25	1,33
Septiembre	23,92	130,52	23,65	0,04	1,13	1,17

Tabla 4.3.2.3. (2): Promedios mensuales (mm/mes) para el Bajo Guadalete. Serie 1980/81-2011/12

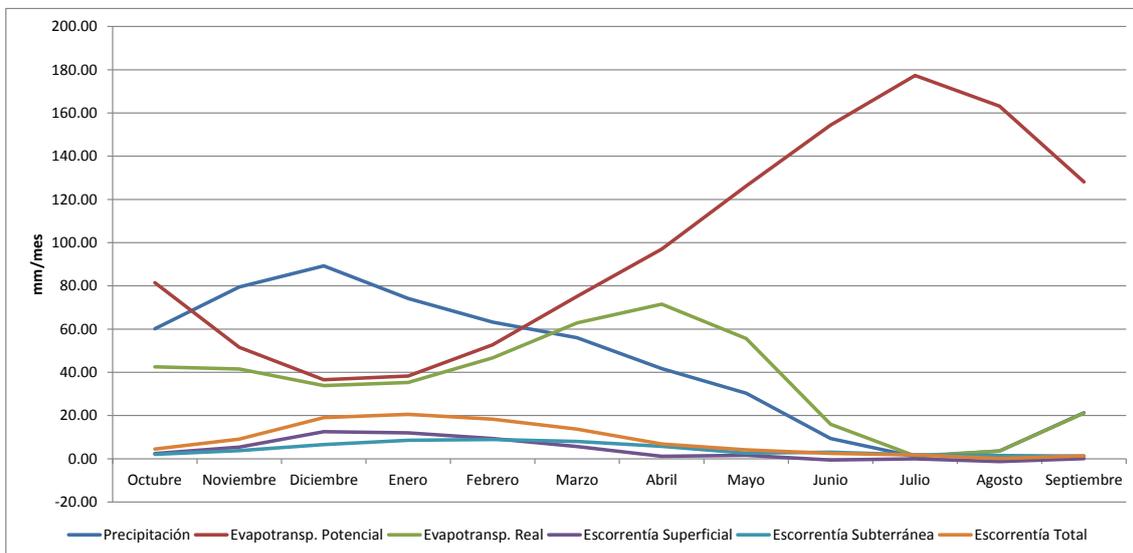


Gráfico 4.3.2.3. (1): Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas para la zona del Bajo Guadalete. Período 1940/41-2011/12

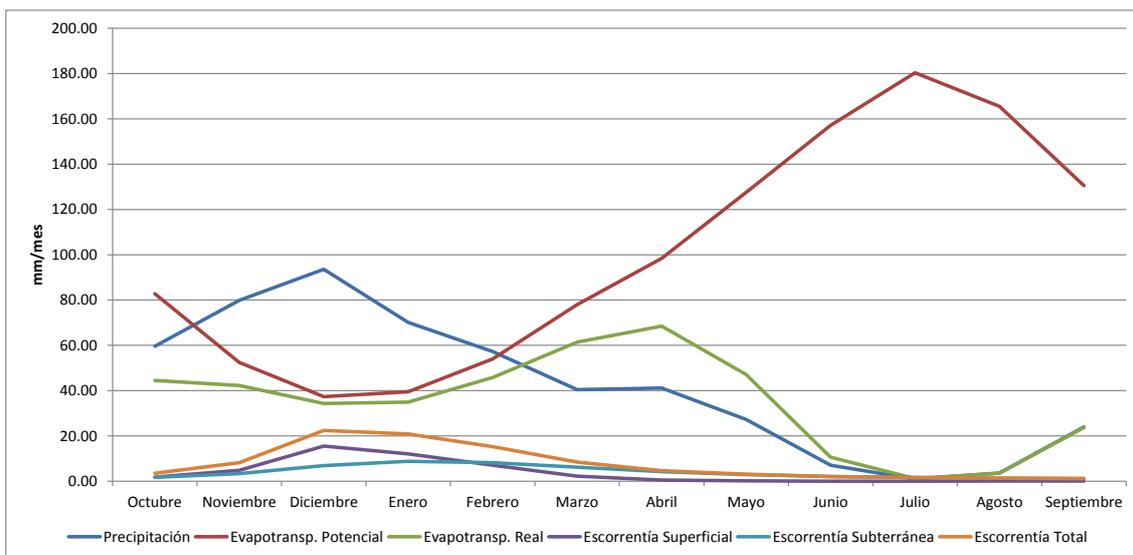


Gráfico 4.3.2.3. (2): Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas para la zona del Bajo Guadalete. Período 1980/81-2011/12

4.3.2.4 MAJACEITE

	Precipitación	Evapotransp. Potencial	Evapotransp. Real	Escorrentía Superficial	Escorrentía Subterránea	Escorrentía Total
Octubre	73,21	62,01	39,77	13,19	4,82	18,01
Noviembre	94,10	38,58	33,81	25,06	9,74	34,80
Diciembre	124,91	28,14	27,00	51,14	16,02	67,16
Enero	102,43	29,25	28,07	44,52	18,11	62,63
Febrero	89,94	39,20	36,71	38,47	16,80	55,27
Marzo	76,89	55,46	49,24	25,18	13,97	39,15
Abril	61,08	69,04	57,07	12,31	9,66	21,96
Mayo	40,98	90,73	52,33	5,18	5,87	11,05
Junio	12,57	111,97	24,72	0,02	2,63	2,65
Julio	1,15	132,67	3,79	0,00	0,78	0,78
Agosto	3,96	132,01	4,06	0,02	0,56	0,58
Septiembre	25,40	98,86	22,86	1,17	0,99	2,16

Tabla 4.3.2.4. (1): Promedios mensuales (mm/mes) para la zona del Majaceite. (Período 1940/41-2011/12)

	Precipitación	Evapotransp. Potencial	Evapotransp. Real	Escorrentía Superficial	Escorrentía Subterránea	Escorrentía Total
Octubre	73,76	63,14	41,70	11,96	4,55	16,51
Noviembre	101,83	39,43	34,67	28,99	10,38	39,37
Diciembre	129,18	29,06	27,59	56,79	16,72	73,51
Enero	92,73	30,48	28,59	38,81	17,33	56,14
Febrero	77,81	40,35	36,41	29,75	14,64	44,39
Marzo	52,81	57,59	47,48	12,74	10,05	22,79
Abril	58,86	70,28	56,43	8,96	7,14	16,09
Mayo	37,96	91,44	47,96	4,09	4,50	8,58
Junio	9,43	114,33	19,36	0,37	1,87	2,24
Julio	0,76	134,35	2,66	0,00	0,76	0,76
Agosto	4,68	133,24	4,67	0,15	0,56	0,71
Septiembre	25,99	100,09	24,06	0,70	0,98	1,68

Tabla 4.3.2.4. (2): Promedios mensuales (mm/mes) para la zona del Majaceite. (Período 1980/81-2011/12)

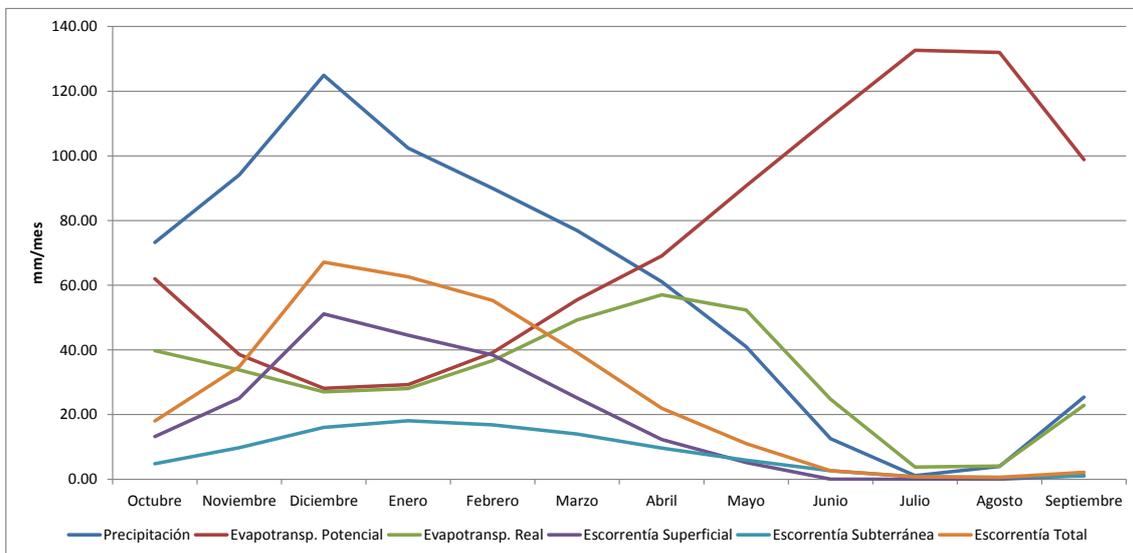


Gráfico 4.3.2.4. (1): Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas para zona del Majaceite. Período 1940/41-2011/12

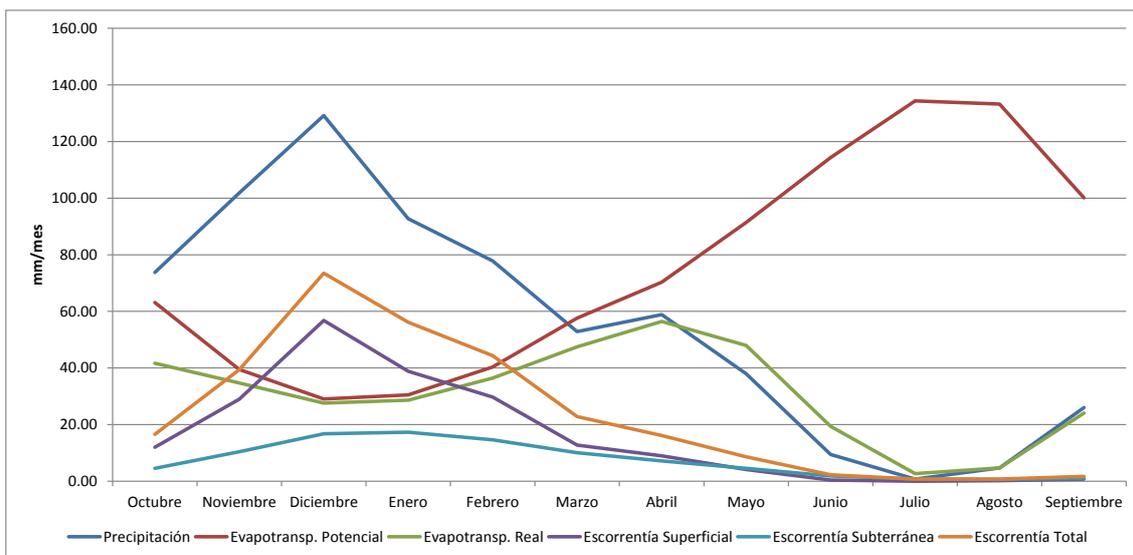


Gráfico 4.3.2.4. (2): Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas para la zona del Majaceite. Período 1980/81-2011/12

4.3.2.5 BARBATE

	Precipitación	Evapotransp. Potencial	Evapotransp. Real	Escorrentía Superficial	Escorrentía Subterránea	Escorrentía Total
Octubre	87,33	115,83	61,15	9,27	2,47	11,73
Noviembre	124,41	80,38	64,79	21,66	5,58	27,24
Diciembre	155,00	61,20	56,20	43,70	10,53	54,23
Enero	125,61	63,30	58,19	36,57	13,83	50,41
Febrero	110,94	77,93	69,81	32,28	14,06	46,34
Marzo	89,18	104,45	86,49	17,59	12,26	29,85
Abril	66,12	123,97	88,44	6,45	8,53	14,98
Mayo	44,61	160,90	65,67	4,60	3,00	7,60
Junio	12,69	194,96	21,39	0,01	2,83	2,84
Julio	0,95	224,38	1,84	0,08	1,49	1,57
Agosto	3,72	210,30	3,79	0,08	1,03	1,11
Septiembre	28,31	171,80	27,61	0,49	0,89	1,38

Tabla 4.3.2.5. (1): Promedios mensuales (mm/mes) para la zona del Barbate. (Período 1940/41-2011/12)

	Precipitación	Evapotransp. Potencial	Evapotransp. Real	Escorrentía Superficial	Escorrentía Subterránea	Escorrentía Total
Octubre	90,79	118,45	65,31	9,46	2,35	11,81
Noviembre	130,05	81,97	65,55	22,98	5,82	28,80
Diciembre	161,53	62,70	56,40	51,72	11,47	63,19
Enero	118,45	65,41	57,59	34,47	14,62	49,09
Febrero	101,12	79,58	67,99	26,00	13,56	39,55
Marzo	67,15	107,79	83,45	9,06	10,12	19,17
Abril	63,32	127,58	85,02	4,33	6,31	10,64
Mayo	38,25	163,78	55,23	1,69	3,70	5,39
Junio	10,02	200,60	16,12	0,14	2,12	2,26
Julio	0,90	229,30	1,56	0,05	1,31	1,36
Agosto	4,12	214,22	4,15	0,11	0,94	1,05
Septiembre	30,25	176,28	29,55	0,34	0,89	1,24

Tabla 4.3.2.5. (2): Promedios mensuales (mm/mes) para la zona del Barbate. (Período 1980/81-2011/12)

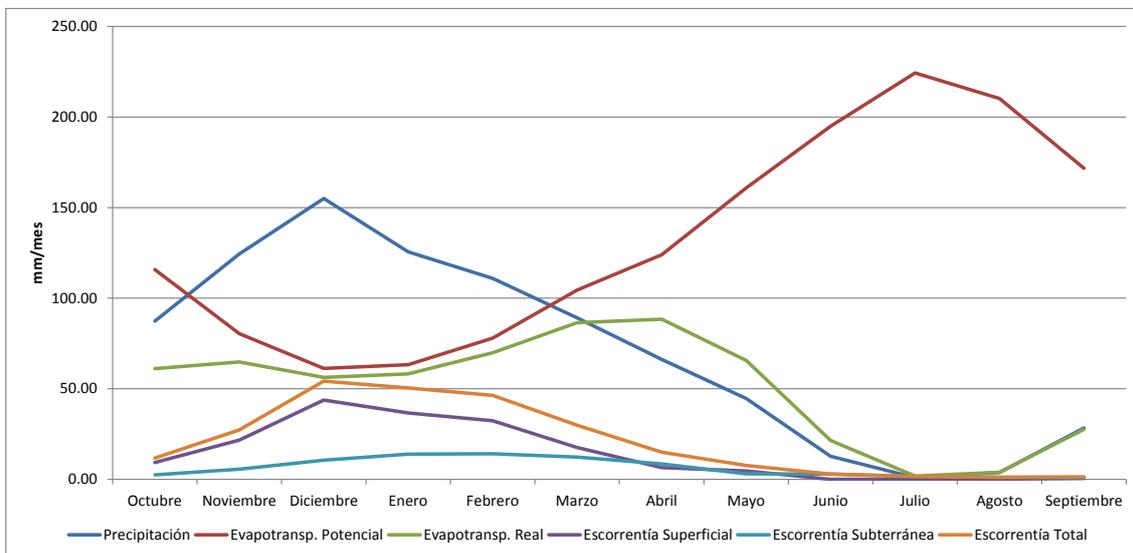


Gráfico 4.3.2.5. (1): Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas para la zona del Barbate. Período 1940/41-2011/12

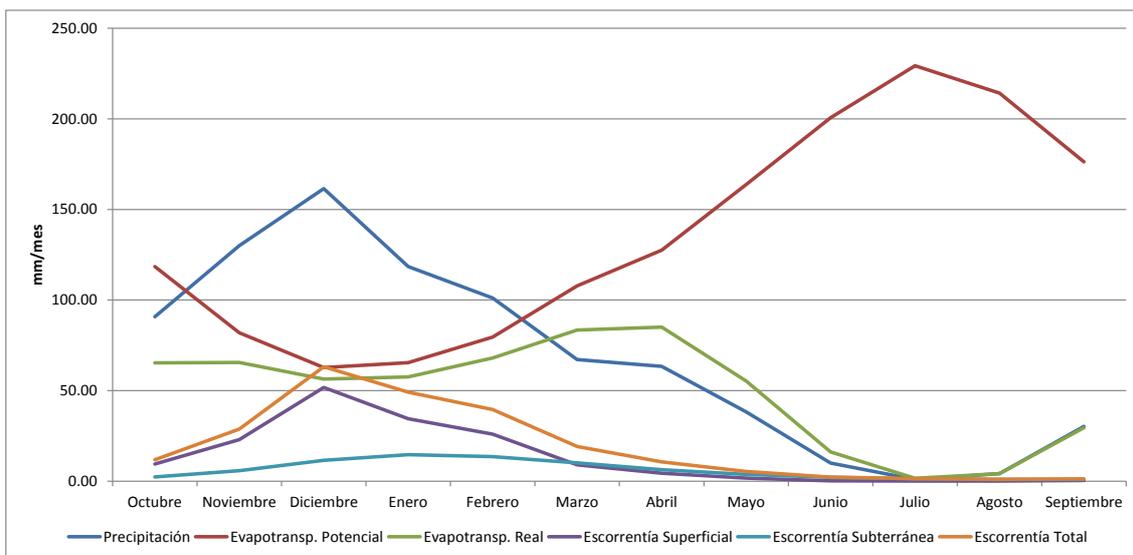


Gráfico 4.3.2.5. (2): Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas para la zona del Barbate. Período 1980/81-2011/12

4.3.3 CONTRASTE DE APORTACIONES Y REGISTROS

Se ha llevado a cabo un proceso de comparación de las aportaciones naturales modeladas con series de caudales existentes. Para ello ha sido necesario delimitar las zonas en las que los resultados son comparables ya que, los resultados del modelo SIMPA son aportaciones en régimen natural, y por lo tanto las aportaciones reales con las que se comparen, aun no siendo en régimen natural, deben ser representativas del régimen natural. Por ello, es necesario buscar datos en zonas cuya alteración aguas arriba sea despreciable.

Se han considerado tanto las estaciones de aforo existentes en la DHGB como los datos de entradas a embalses de cabecera. En cuanto a las estaciones de aforo de las que se dispone información y que estén dentro de la DHGB, no ha sido posible tomar ninguna de ellas como representativa de condiciones naturales, ya que ninguna es representativa del régimen natural al estar todas aguas abajo de algún embalse, por lo que reflejan el régimen alterado que provoca dicha infraestructura.

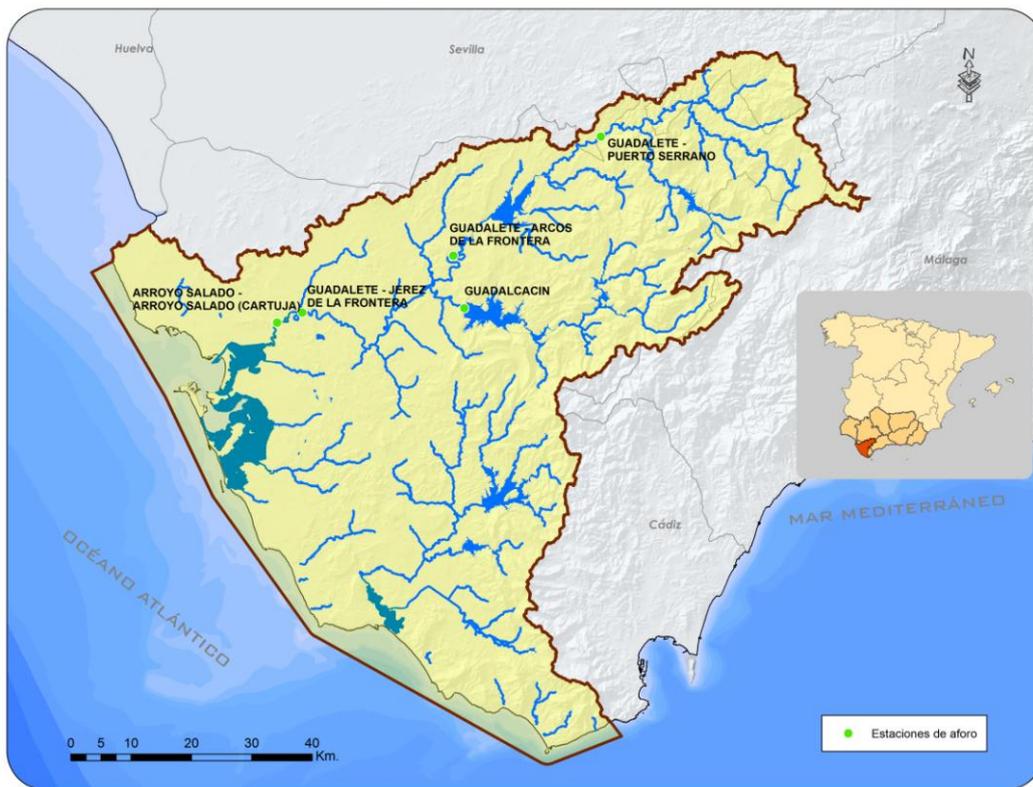


Figura 4.3.3. (1): Estaciones de aforo existentes en la DHGB de las que se dispone de información

Según los datos disponibles, se ha realizado la comparación entre los datos reales y los proporcionados por el modelo en cuatro puntos, que se describen en la siguiente tabla.

Nombre	Río	Zona	Superficie Cuenca Vertiente (km2)
Embalse de Zahara	Guadalete	Alto Guadalete	130
Embalse de Hurones	Majaceite	Majaceite	339
Embalse de Barbate	Barbate	Barbate	340
Embalse de Celemin	Celemin	Barbate	95

Tabla 4.3.3. (1): Puntos de control seleccionados para el contraste de aportaciones y registros

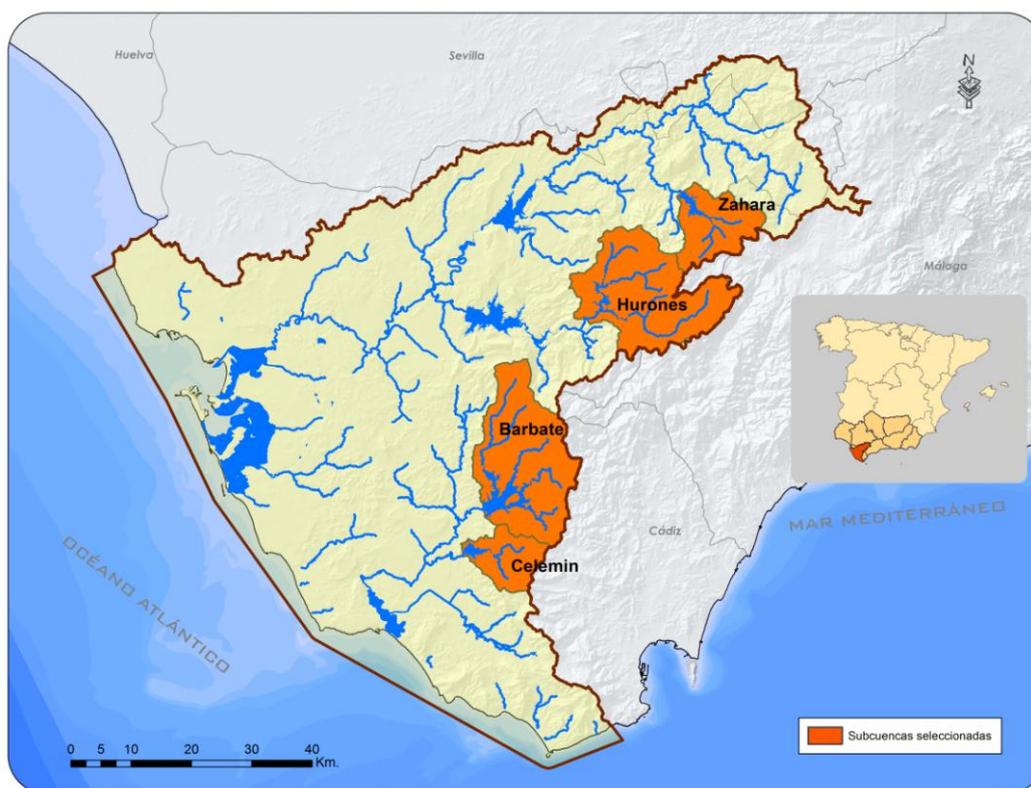


Figura 4.3.3. (2): Situación de las zonas de control seleccionadas

4.3.3.1 EMBALSE DE ZAHARA

En el siguiente gráfico se compara la serie mensual existente de entradas al embalse de Zahara con la aportación estimada en ese mismo punto a partir del modelo SIMPA, con las correcciones anteriormente comentadas. Como se puede comprobar, el modelo refleja el comportamiento de las entradas al embalse analizado.

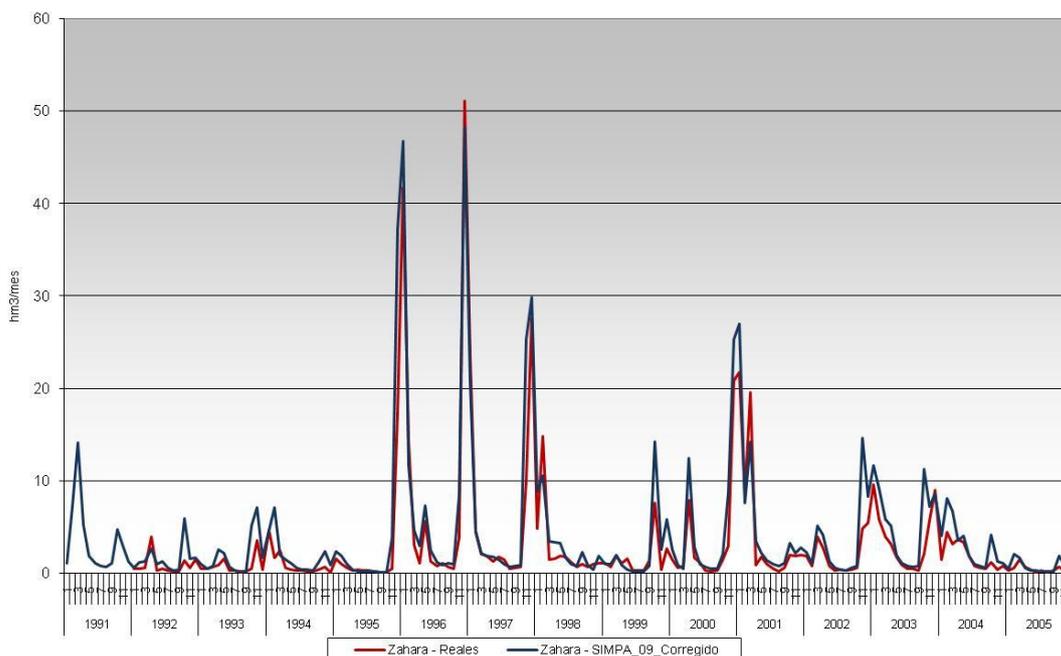


Gráfico 4.3.3.1. (1): Evolución media mensual de los caudales reales de entrada al embalse de Zahara comparadas con los resultados del modelo en ese mismo punto

4.3.3.2 EMBALSE DE HURONES

En la siguiente figura se muestra, para el embalse de Hurones, la comparación de las entradas mensuales reales y las proporcionadas por el modelo SIMPA, una vez aplicadas las correcciones necesarias. Se ha tomado como periodo de comparación hasta el año 1994, ya que a partir de esta fecha los valores de entradas al embalse incluyen las aportaciones procedentes del trasvase del Guadiaro, por lo que no representan las condiciones naturales de la zona de estudio.

Hay que destacar, tal y como se ha comentado anteriormente, el buen comportamiento del modelo SIMPA a la hora de representar la variabilidad temporal de las aportaciones, ya que el coeficiente reductor aplicado es constante para todo el período modelado (1940/41-2011/12).

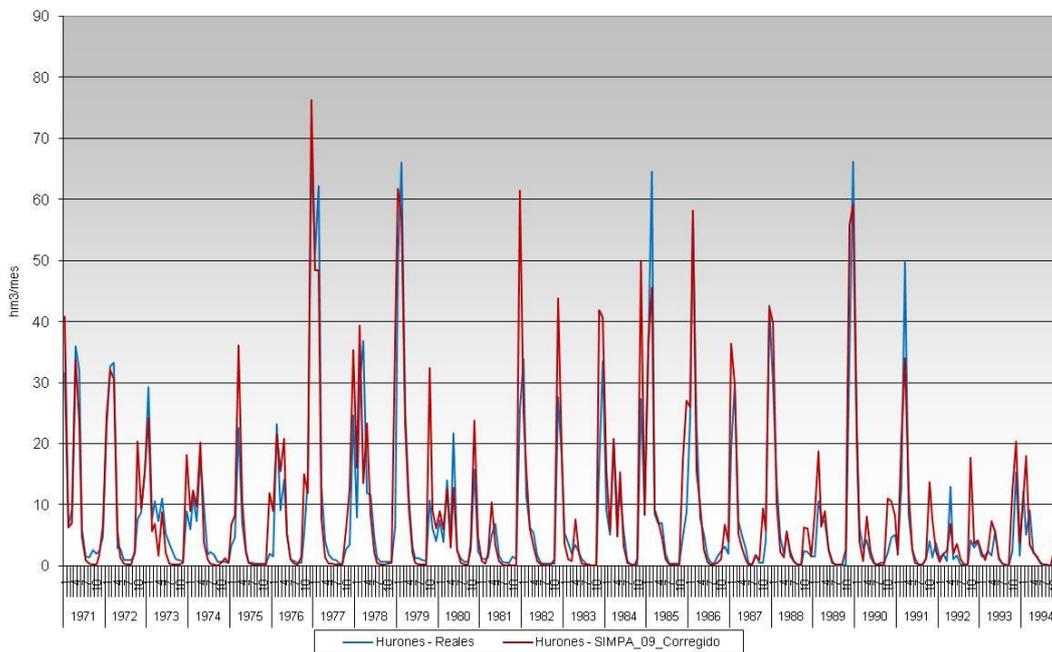


Gráfico 4.3.3.2. (1): Evolución media mensual de los caudales reales de entrada al embalse de Hurones comparadas con los resultados del modelo en ese mismo punto

A continuación se muestra también la comparación de los valores totales anuales de entrada al embalse de Hurones:

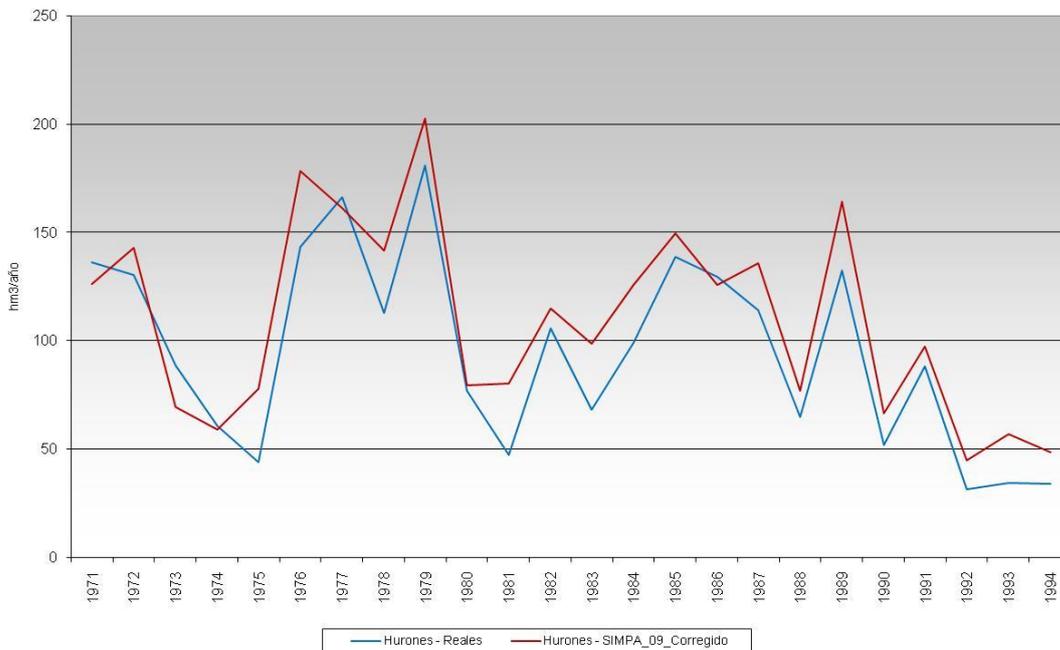


Gráfico 4.3.3.2. (2): Evolución media anual de los caudales reales de entrada al embalse de Hurones comparadas con los resultados del modelo en ese mismo punto

4.3.3.3 EMBALSE DE BARBATE

En el siguiente gráfico se comparan los datos reales de entradas al embalse de Barbate con los obtenidos en el modelo SIMPA. Hay que destacar que en este caso no ha sido necesario realizar corrección alguna al modelo, ya que como se ha comentado anteriormente, solo se han encontrado diferencias en la cuenca del Guadalete.

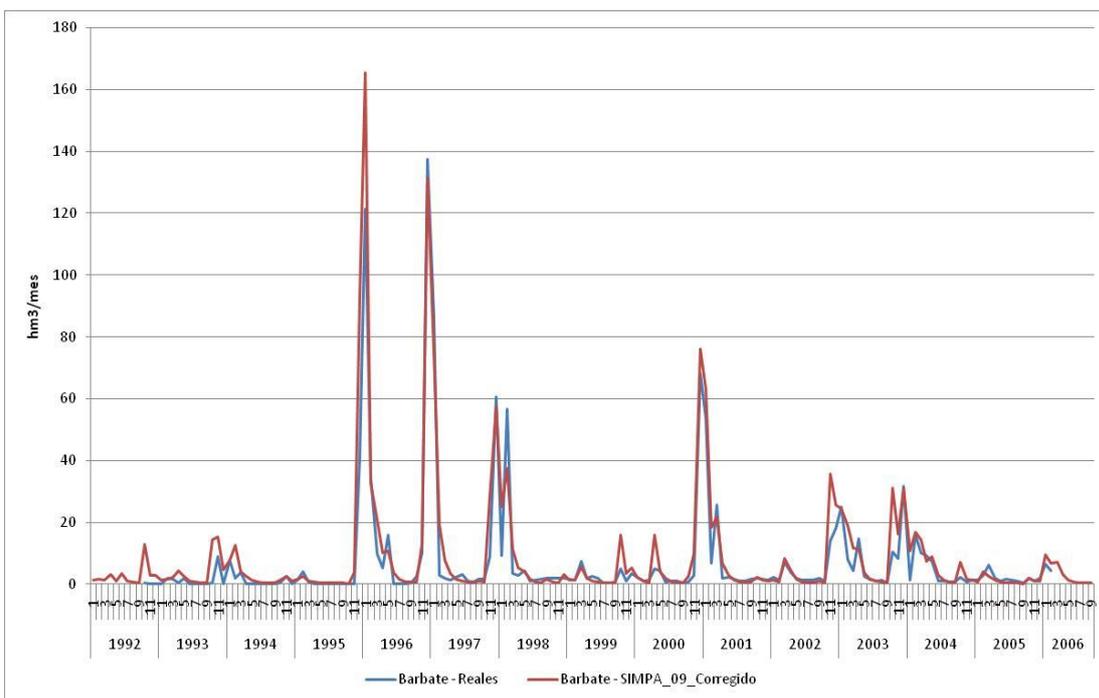


Gráfico 4.3.3.3. (1): Evolución media mensual de los caudales reales de entrada al embalse de Barbate comparadas con los resultados del modelo en ese mismo punto

4.3.3.4 EMBALSE DE CELEMÍN

Como se puede comprobar en la siguiente figura, el modelo refleja aceptablemente el comportamiento real de las aportaciones al embalse de Celemín.

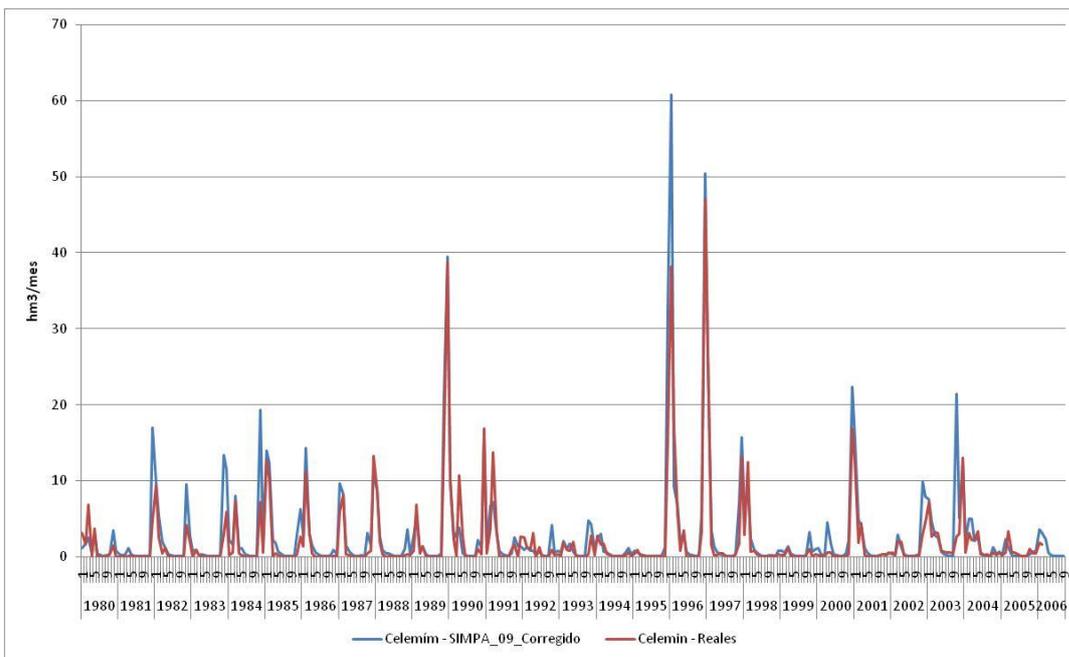


Gráfico 4.3.3.4. (1): Evolución mensual de los caudales reales de entrada al embalse de Celemín comparadas con los resultados del modelo en ese mismo punto

4.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE CALIDAD DE LAS AGUAS EN CONDICIONES NATURALES

Se ha realizado una estimación de las condiciones fisicoquímicas correspondientes a las condiciones naturales de las aguas incluidas en el inventario de recursos.

Para la determinación de la calidad de las aguas en régimen natural se ha tenido en cuenta la evaluación de los recursos hídricos naturales. La información litológica y climática de la cuenca y las aportaciones de la fase atmosférica.

En general, las aguas de la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate no tienen carácter salino ya que los valores de conductividad están en torno a los 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, variando su alcalinidad según la zona en la que nos encontremos de la demarcación hidrográfica. En cuanto a otros parámetros fisico-químicos, cabe comentar que, en condiciones naturales, la calidad del agua es muy buena, con niveles de DBO_5 en torno a 3 $\text{mg O}_2/\text{l}$ y valores de oxígeno disuelto que muestran unas aguas de gran calidad fisico-química.

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 conjunto, la desalación de agua de mar y salobre supone actualmente una aportación al ciclo hidrológico nacional 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 Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate, actualmente no dispone de capacidad de desalación, ya que para la satisfacción de las demandas, hasta el momento, no ha sido necesario plantear la construcción de este tipo de instalaciones.

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. Mediante este método se logra la aplicación sucesiva del recurso, que permite, por lo tanto, 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 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).

En la Comunidad Autónoma de Andalucía, según los datos recogidos en la Estrategia de Reutilización de Aguas residuales elaborada en marzo de 2007, se están reutilizando en torno a 53 hectómetros cúbicos anuales de aguas residuales urbanas recicladas. Según este estudio, el volumen reutilizado se encuentra en torno a 9,5 hm³/año, de los cuales, el 87% se utiliza para la satisfacción de demandas agrícolas, y el 13% restante para riegos de campos de golf.

Por otro lado, según el Estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino “Posibilidades de reutilización de agua en Andalucía” actualmente en la DHGB se dispone de 15 aprovechamientos de reutilización con recursos procedentes de 14 estaciones depuradoras, todas en la provincia de Cádiz. El volumen reutilizado se estima en 3 hm³/año con una capacidad potencia de regeneración de 15,1 hm³/año. Actualmente, el caudal concedido/autorizado para la reutilización es de 9,2 hm³/año.

Nombre			
EDAR Medina Sidonia	EDAR La Barrosa	EDAR El Torno	EDAR Cádiz-San Fernando
EDAR Benalup	EDAR Ubrique	EDAR Roa Martín (Rota)	EDAR Guadalete
EDAR Villamartín	EDAR Arcos de la Frontera	EDAR Conil de la Frontera	
EDAR Vejer de la Frontera	EDAR Puerto Real /Tracadero	EDAR Chipiona	

Tabla 5.1.2. (1): Estaciones depuradoras con capacidad de reutilización

Para escenarios futuros, según la política a seguir en Andalucía se tiende al aprovechamiento máximo de las aguas residuales regeneradas en las demandas más importantes de la región, como son el riego de parques y jardines, campos de golf y regadíos, sustituyendo recursos convencionales en el interior o liberando un volumen de agua importante en las zonas costeras, dando así salida a unos caudales que de otra manera quedarían desaprovechados y se verterían al mar.

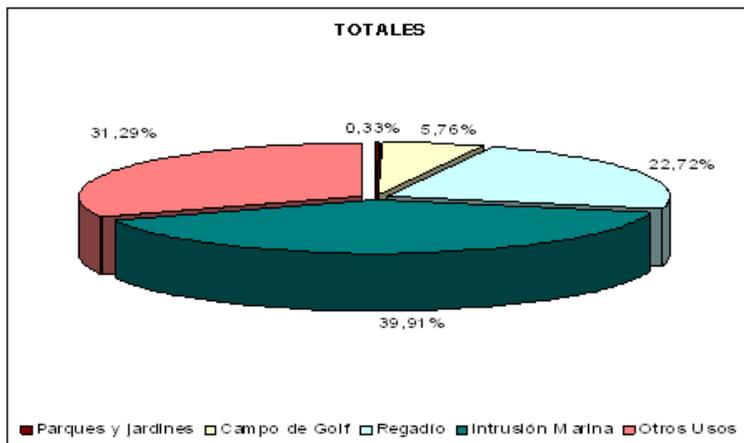


Gráfico 5.1.2. (1): Asignación de recursos reutilizables en el futuro según la Estrategia de Reutilización de aguas residuales en Andalucía.

Se estima que en el futuro se reutilice un porcentaje importante de las aguas residuales en la Demarcación, con un volumen potencialmente reutilizable de 68 hm³ anuales, de los cuales 25,5 hm³ se prevén para solucionar problemas de intrusión marina en las masas de agua subterráneas costeras de la DHGB.

5.1.3 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 a otra es uno de los contenidos obligatorios del Plan Hidrológico Nacional, de acuerdo con el artículo 43 de la Ley de Aguas.

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

En la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate, parte de los recursos hídricos disponibles son de origen externo al ámbito territorial de la demarcación, procedentes de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, y más concretamente de la cuenca del río Guadiaro. Estas transferencias se encuentran regladas según lo dispuesto 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*.

A continuación se muestran las principales condiciones a las que está sometido dicho trasvase:

- a) *No se efectuará ningún trasvase mientras no circule por el río Guadiaro, en la obra de derivación, un caudal mínimo de 6 m³/s (1 m³/s corresponde al caudal ecológico y 5 m³/s a la concesión de caudal a Sevillana-Endesa en el salto de Corbacho)*
- b) *Sólo se trasvasará el caudal circulante por el río que exceda los indicados 6 m³/s*
- c) *Los caudales a transferir no podrán exceder los 30 m³/s*
- d) *El volumen anual transferido no será mayor de 110 hm³*

Desde la entrada en funcionamiento de las obras en noviembre de 2000, se cuenta con los datos reales de trasvase, que se muestran en la siguiente figura.

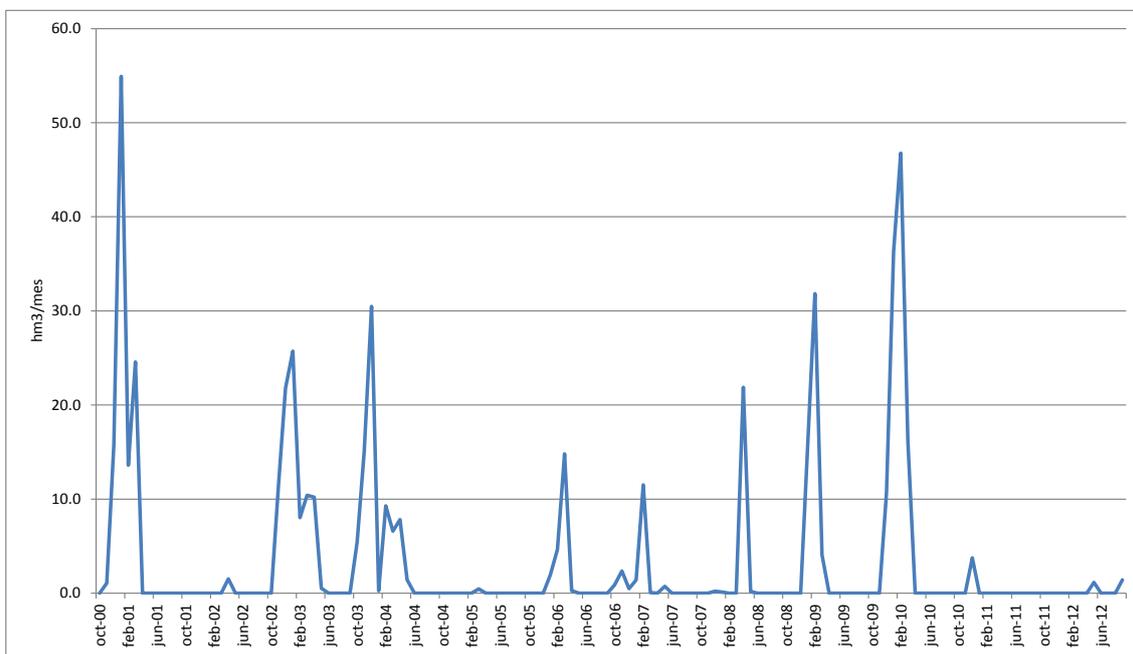


Gráfico 5.1.3. (1): Caudales trasvasados desde la cuenca del Guadiaro a la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate

Actualmente, según trabajos realizados en la modelación de la cuenca del Guadiaro, se estima que los volúmenes anuales medios trasvasables a la DHGB serán cercanos a 52 hm³ (media estimada para la serie 1980-2011).

5.2 RECURSOS HÍDRICOS EXISTENTES EN LA DEMARCACIÓN

En este apartado se trata de sintetizar los recursos hídricos totales existentes en la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate. 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. 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 recursos no convencionales, obtenidos mediante el desarrollo de técnicas nuevas, a menudo de carácter experimental o que se llevan a cabo de forma excepcional. 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 o socioeconómico.

Las restricciones de carácter ambiental, régimen de caudales ecológicos, tienen como objetivo la protección, en determinados territorios y periodos de tiempo, de las funciones naturales del agua (ecosistemas acuáticos) 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.

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 del medio natural. 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.

Con todo esto, los recursos hídricos de origen interno al ámbito territorial de la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate ascienden a 1.183,5 hm³/año, repartidos de la siguiente forma:

- 1.108 hm³ procedentes de fuentes convencionales: infiltración, escorrentía, etc. De estos, hay que realizar la siguiente distribución:
 - 889 hm³ transcurren por los principales cauces de la demarcación (Guadalete y Barbate).
 - 174 hm³ fluyen por otras masas de agua tipo río que vierten directamente al Océano Atlántico.
 - Los 45 hm³ restantes se producen como escorrentía por pequeños cauces que vierten directamente al Océano Atlántico y que no han sido identificadas como masas de agua, o escorrentía directa sobre las masas de agua de transición existentes en la demarcación.
- 9,5 hm³ procedentes de reutilización de aguas procedentes de depuración de aguas residuales urbanas.
- 66 hm³ procedentes de la aportación del trasvase del Guadiaro. Se ha tomado como valor la media de trasvases resultados de los modelos de gestión para el período 1940/2011 realizado por la Cuenca Mediterránea Andaluza. Destacar que si se toma la serie 2980/2011 este valor desciende hasta 52 hm³

Por otra parte, y para el análisis de los recursos hídricos disponibles deberá descontarse las restricciones medioambientales por caudales ecológicos que deben cumplirse en la parte final de los principales cauces, que en principio se sitúan en torno a 65 hm³ anuales en condiciones normales (41 hm³ en la parte final del río Guadalete y 24 hm³ en la parte final del río Barbate).

5.3 RECURSOS DISPONIBLES EN LA DEMARCACIÓN

Los recursos existentes en la demarcación, descontadas las restricciones medioambientales (tanto en aguas superficiales como subterráneas) solo podrían utilizarse en su totalidad en el caso hipotético de que existiera una capacidad de regulación infinita en todos los puntos de la misma. Esto, como es lógico, es solo una situación teórica, y la disponibilidad del recurso para el abastecimiento de las diferentes demandas estará sujeto a distintos condicionantes, entre los que destaca:

- Posibilidad de almacenamiento del recurso: si no existiera ninguna infraestructura capaz de almacenar el recurso, sería imposible garantizar la satisfacción de ninguna demanda.
- Distribución de las diferentes demandas existentes en la demarcación, tanto espacial como temporalmente. Por ejemplo, las demandas agrarias concentran su volumen en los meses de verano,

que coinciden con los meses en los que las aportaciones en la demarcación son menores. Además, las demandas normalmente se concentran donde las aportaciones son menores.

- Criterios de garantía asociados a cada demanda: en función del tipo de demanda (urbana, agraria, industrial, etc.) se permite un cierto déficit asumible que determine que la demanda se ha abastecido satisfactoriamente.

Dentro de la elaboración del Plan Hidrológico de la Demarcación Guadalete y Barbate se ha realizado una estimación de los recursos disponibles en la misma. Para ello, se ha diferenciado en función del origen del recurso. En los siguientes apartados se contemplan los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

5.3.1 RECURSOS DISPONIBLES DE ORIGEN SUPERFICIAL

En este apartado se contemplan los recursos que, en función de los episodios hidrológicos de los últimos 66 años, puede abastecerse desde los diferentes embalses existentes en la actualidad con unos criterios de garantía asociados.

Para realizar estas estimaciones se ha utilizado un modelo de simulación de gestión, creado bajo el entorno del Sistema de Soporte a la Decisión AQUATOOL. Para obtener más información sobre el modelo, consultar el Anejo 6 de este Plan Hidrológico.

Se ha realizado un análisis de los recursos disponibles en los siguientes embalses o grupos de embalses, por considerar que tienen asociado una gestión conjunta.

Embalse o Grupo de Embalses	Río	Sistema de Explotación
Zahara-Bornos-Arcos	Guadalete	Guadalete
Hurones-Guadalcacín	Majaceite	Guadalete
Barbate	Barbate	Barbate
Celemín	Celemín	Barbate
Almodóvar	Almodóvar	Barbate

Tabla 5.3.1. (1): Embalses en los que se ha estimado el recurso disponible en la Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate

Para la consideración de los recursos disponibles en cada uno de los embalses (o grupos de embalses) se han realizado las siguientes consideraciones:

- Se han tomado las aportaciones en régimen natural en cada embalse según los datos proporcionados por el modelo SIMPA, con las correcciones anteriormente expuestas para adecuar el modelo a la realidad de la demarcación para el periodo comprendido entre Octubre de 1940 hasta Septiembre de 2006 (66 años hidrológicos).

- Se han caracterizado los diferentes embalses, a nivel mensual, en cuanto a los siguientes parámetros:
 - Volumen máximo.
 - Volumen mínimo.
 - Resguardos para protección frente a avenidas.
 - Estimación de las pérdidas por evaporación.
- Se han considerado las restricciones ambientales consideradas en cada embalse, según los resultados obtenidos en el Anejo 5 de este Plan Hidrológico.
- Se ha tenido en cuenta las interacciones existentes entre masas de agua superficial y subterránea.

Este último aspecto hace que en las aportaciones a los embalses ya estén contabilizado parte de los recursos disponibles de las masas de agua subterráneas situadas aguas arriba del mismo (y que en régimen natural pasarán a ser aportación superficial mediante los afloramientos de los diferentes acuíferos, ya sea mediante manantiales o conexiones con tramos de río). Por lo tanto, cuando se cuantifiquen los recursos disponibles subterráneos estas masas de agua ya no se considerarán, puesto que ya han sido contabilizados en este apartado.

El método para estimar el recurso disponible ha sido considerar una demanda ficticia en cada uno de los embalses (o conjunto de embalses) e incrementar el volumen demandado hasta que se producen incumplimientos en los criterios de garantía. Estos criterios de garantía son los establecidos en el Anejo 6 de este Plan Hidrológico, y se resumen a continuación:

Demanda	Nivel De Garantía
Urbana	<ul style="list-style-type: none"> - El déficit en un mes no sea superior a 10% de la correspondiente demanda mensual. - En diez años consecutivos, la suma de déficit no será superior al 8% de la demanda anual.
Regadíos y usos agrarios	<ul style="list-style-type: none"> - El déficit en un año no sea superior a 50% de la correspondiente demanda. - En dos años consecutivos, la suma de déficit no sea superior al 75% de la demanda anual. - En diez años consecutivos, la suma de déficit no será superior al 100% de la demanda anual.

Tabla 5.3.1. (2): Criterios de garantía utilizados para la estimación de los recursos disponibles en los embalses de la DHGB

Por lo tanto, si por ejemplo existe un déficit del 40% anual en una determinada demanda, no estará cumpliendo con el criterio urbano, pero si con el de regadíos, y podrá decirse que la demanda agraria cumple con los criterios de garantía.

Por ello, para cada embalse se obtienen dos valores, uno para el criterio de garantía de abastecimiento urbano y otro para el de garantía agrícola. Para mayor claridad, en función del tipo de demanda que es abastecido desde cada embalse se ha ponderado un único valor de recurso disponible por embalse (o grupo de embalse).

De este modo, el recurso superficial disponible existente con las infraestructuras actuales se cifra en 266,9 hm³/año para el Sistema Guadalete y de 75,6 para el Sistema Barbate, repartidos del siguiente modo.

Estimación de recursos disponibles superficiales en la DHGB		
Sistema de Explotación	Embalse/Conjunto de embalses	hm ³ /año
Guadalete	Conjunto Zahara-Arcos-Bornos	114,6
	Conjunto Hurones-Guadalcacín	152,3
	Total Sistema Guadalete	266,9
Barbate	Barbate	58,8
	Celemín	13,8
	Almodóvar	3,0
	Total Sistema Barbate	75,6
Total Demarcación Hidrográfica Guadalete y Barbate		342,4

Tabla 5.3.1. (3): Recursos disponibles superficiales estimados en la DHGB

5.3.2 RECURSOS DISPONIBLES DE ORIGEN SUBTERRÁNEO

Como se ha expuesto en el apartado 4.1.2. se ha realizado una primera aproximación de los recursos disponibles en cada una de las masas de agua subterránea (masb). No obstante para la estimación de los recursos disponibles en este apartado se han realizado diferentes simplificaciones que permiten establecer un estudio que se encuentre del lado de la seguridad. Cuando se disponga de un mayor conocimiento de estas masb se realizará un estudio más detallado de estos recursos disponibles. Algunas de las simplificaciones anteriormente comentadas han sido:

- No se han considerado los recursos disponibles de las masb situadas aguas arriba de los embalses considerados en el apartado anterior, ya que indirectamente ya han sido consideradas. Por lo tanto, las masas de agua subterráneas consideradas en este apartado han sido:
 - Sistema Guadalete
 - Aluvial de Guadalete
 - Jerez de la Frontera
 - Sierra Valleja
 - Sanlúcar – Chipiona – Rota – Puerto de Santa María

- Puerto Real
 - Conil de la Frontera
- Sistema Barbate
 - Barbate
 - Benalup
- De las masas de agua subterránea situadas en contacto con el mar se ha decidido tomar como recurso disponible los valores que actualmente están siendo extraídos, de modo que se asume que las mismas se encuentran actualmente en equilibrio.

De este modo, se estima que los recursos disponibles subterráneos en el sistema Guadalete ascienden a 35 hm³ anuales y de 17,4 hm³ en el sistema Barbate.

5.3.3 RECURSOS DISPONIBLES PROCEDENTES DE OTRAS CUENCAS

Como se ha comentado anteriormente, en la Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate, parte de los recursos hídricos disponibles son de origen externo al ámbito territorial de la demarcación, procedentes de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, y más concretamente de la cuenca del río Guadiaro.

Se estima como recursos disponible procedente de esta cuenca 52 hm³ anuales. Este valor se ha obtenido a partir de la modelación del sistema Guadiaro, siendo este el valor medio de trasvases para el período 1980/2011.

5.3.4 RECURSOS DISPONIBLES DE ORIGEN NO CONVENCIONAL

Dentro de este apartado se diferencian tres elementos claramente diferenciados, que se presentan a continuación.

- Retornos procedentes de la EDAR de Jerez, que vierte al Azud del Portal y que son utilizadas por diferentes demandas agrarias. Se estima un volumen anual de 13,1 hm³.
- Retornos de diferentes unidades de demanda agraria, que vuelven al río o a embalses y que pueden volver a ser utilizadas por otras demandas situadas aguas abajo. Se estima un volumen anual de 3,9 hm³.
- Reutilización directa, mediante aprovechamiento directa de los efluentes de diferentes EDAR. Este volumen, que para el escenario actual de planificación se ha estimado en 9,7 hm³, se estima que para los siguientes horizontes ascienda hasta los 16 hm³.

5.3.5 ESTIMACIÓN DE LOS RECURSOS DISPONIBLES TOTALES EN LA DEMARCACIÓN

De este modo, en la DHGB se estima que los recursos disponibles, es decir, recursos que pueden abastecerse con un determinado criterio de garantía para los usuarios, ascienden a unos 472 hm³ anuales. El reparto entre los diferentes sistemas de explotación, en función del origen del recurso y en los diferentes escenarios de planificación se presenta en la siguiente tabla.

Recursos hídricos disponibles para los Sistemas Guadalete y Barbate			Volumen anual (hm ³)		
Origen del recurso			Actual	2021	2033
Sistema Guadalete	Superficiales	Conjunto Zahara-Arcos-Bornos	114,6	114,6	105,4
		Conjunto Hurones-Guadalcaçin	152,3	152,3	140,1
	Subterráneos		35,0	35,0	32,2
	Reutilización	Retornos EDAR Jerez	13,1	13,1	16,0
		Reutilización directa	9,7	16,0	16,0
	Retornos de regadío a embalses		3,9	3,9	3,9
	Otras Cuencas	Guadiaro	52,0	52,0	47,8
Total Sistema Guadalete			384,5	390,8	365,0
Sistema Barbate	Superficiales	Barbate	58,8	58,8	54,1
		Celemin	13,8	13,8	12,7
		Almodóvar	3,0	3,0	2,8
	Subterráneos		17,4	17,4	16,0
	Reutilización			0,8	0,8
Total Sistema Barbate			87,8	88,6	81,6
Total Demarcación Guadalete y Barbate			472,3	479,4	446,6

Tabla 5.3.5. (1): Recursos disponibles estimados para la DHGB en los diferentes escenarios de planificación

Sobre estas estimaciones debe realizarse ciertas salvedades:

- En el apartado 5.3.1. de este Anejo se ha llevado a cabo la estimación del recurso disponible en cada uno de los embalses de forma individual, es decir, el recurso que podrían abastecer esos embalses aisladamente (solo se ha considerado en conjunto en aquellos embalses que se encuentran en el mismo cauce). Como es lógico, la utilización de estos embalses de un modo conjunto, y con una gestión eficiente, produce una optimización de la disponibilidad de recursos. Este aspecto, como no podría ser de otro modo, ha sido considerado a la hora de establecer la gestión de los diferentes sistemas, tal y como se contempla en el Anejo 6 de este Plan Hidrológico.
- En el año 2033 se estima un descenso de la aportación ya que se considera un descenso de las precipitaciones al considerar el posible efecto del cambio climático, tal y como se expone en el siguiente apartado.
- Los valores estimados de recursos disponibles subterráneos deberá ser analizado con mayor detalle, de modo que en la revisión del Plan Hidrológico puedan mejorarse estas cifras.
- Los recursos disponibles de reutilización en escenarios futuros estará supeditado a las actuaciones que se realicen en materia de depuración en la DHGB.

6 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático provocará variaciones de temperatura y precipitación que influirán en la disponibilidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en régimen natural. Cuanto más intensos sean estos cambios, mayor será la exposición, y por lo tanto, mayor la vulnerabilidad, entendiendo esta vulnerabilidad como un indicador de la susceptibilidad potencial de un sistema ante impactos adversos.

Los principales efectos del cambio climático que pueden dar lugar a impactos potenciales sobre los recursos hídricos son los siguientes:

- Aumento de temperatura
- Disminución de precipitaciones
- Aumento de la torrencialidad (fenómenos extremos)
- Aumento de periodos secos (fenómenos extremos)
- Olas de calor (fenómenos extremos)
- Aumento del nivel del mar
- Reducción de la cobertura de nieve

Estos efectos tendrán diferentes consecuencias, que pueden condicionar los objetivos de los planes hidrológicos y de gestión de riesgo de inundaciones. Entre las principales consecuencias se encuentran:

- Disminuirán las aportaciones naturales
- Se alterará la calidad del agua
- Aumentarán los fenómenos extremos
- Subirá el nivel del mar
- Se intensificarán la aridez y la desertificación

Desde Andalucía, existe una importante concienciación al respecto. De hecho, se elabora *El Plan Andaluz de Acción por el Clima: Programa de Adaptación*, aprobado por acuerdo del Consejo de Gobierno de la Junta de Andalucía, el día 3 de agosto de 2010. Este Plan tiene como objetivo hacer menos vulnerables los sectores y sistemas de Andalucía, aumentando la capacidad de adaptación a través de los instrumentos de planificación.

Más concretamente, en cuanto a la evolución de los recursos hídricos, este Plan pretende “*Minimizar la vulnerabilidad neta del territorio andaluz y sus recursos hídricos ante los efectos negativos del cambio climático mediante la integración de medidas de adaptación en la planificación de la Junta de Andalucía*”.

Este objetivo general se concreta a través de 5 objetivos específicos:

1. Desarrollar medidas sectoriales y acciones de adaptación en el ámbito regional y local, basadas en el diagnóstico y evaluación de impactos de cada ámbito.
2. Ampliar la base de conocimiento estratégico acerca de los impactos y las consecuencias del cambio climático en Andalucía.
3. Impulsar la acción concertada de la Administración de la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de cambio climático.
4. Impulsar la acción de las Administraciones Locales y las empresas y entidades que operan en el ámbito privado en materia de adaptación.
5. Fomentar la formación y participación en materia de adaptación al cambio climático.

Por otra parte, la base sobre la que se elaboran los trabajos en materia de adaptación al cambio climático la constituyen los **Escenarios Regionalizados de Cambio Climático**. Se trata de modelizaciones del clima futuro, elaboradas bajo diferentes escenarios de emisiones, en nuestro caso los escenarios de emisiones A2 y B2 del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC de sus siglas en inglés) que ofrecen datos de temperatura máxima diaria, temperatura mínima diaria y precipitación diaria modelizados para la red de estaciones meteorológicas del territorio nacional, para todo el siglo XXI.

Estos datos climáticos son la guía que permiten hacerse una idea sobre el clima del futuro en Andalucía, y a partir de los mismos, valorar y evaluar el efecto modelizado de los cambios del clima sobre los recursos hídricos.

La mayor parte de los estudios revelan la dificultad para evaluar la capacidad de adaptación, sobre todo a largo plazo, debido a la complejidad del papel humano en la toma de decisiones en relación a las respuestas, así como a la problemática de predecir la evolución de futuros cambios sociales y económicos. No obstante, los resultados obtenidos son similares en todas las metodologías de trabajo.

A continuación se muestran los resultados proporcionados en uno de los análisis realizados, en los que se expresa la disminución de las aportaciones hídricas en el horizonte 2030, bajo dos hipótesis diferentes (Escenarios A2 y B2).

Esta metodología permite obtener datos sobre las disminuciones porcentuales de aportaciones hídricas para situaciones en las que los valores de precipitación anual oscilen entre 200 y 900 mm anuales, y el régimen de temperatura diaria media anual varíe entre 10 y 30 °C, siendo éste el caso de Andalucía.

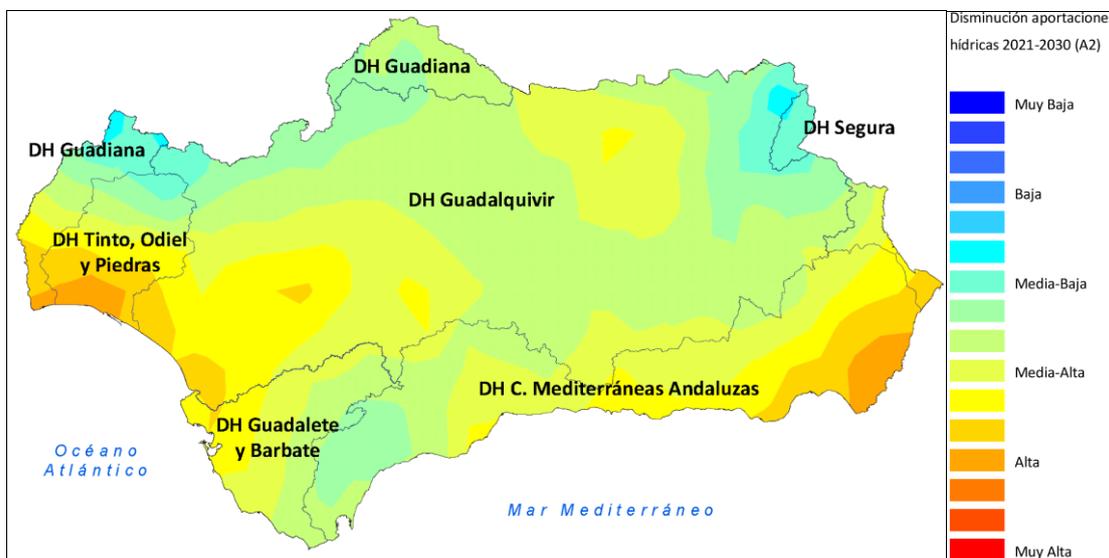


Figura 6 (1): Disminución de las aportaciones hídricas en 2021-2030 (A2). Fuente: Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático.

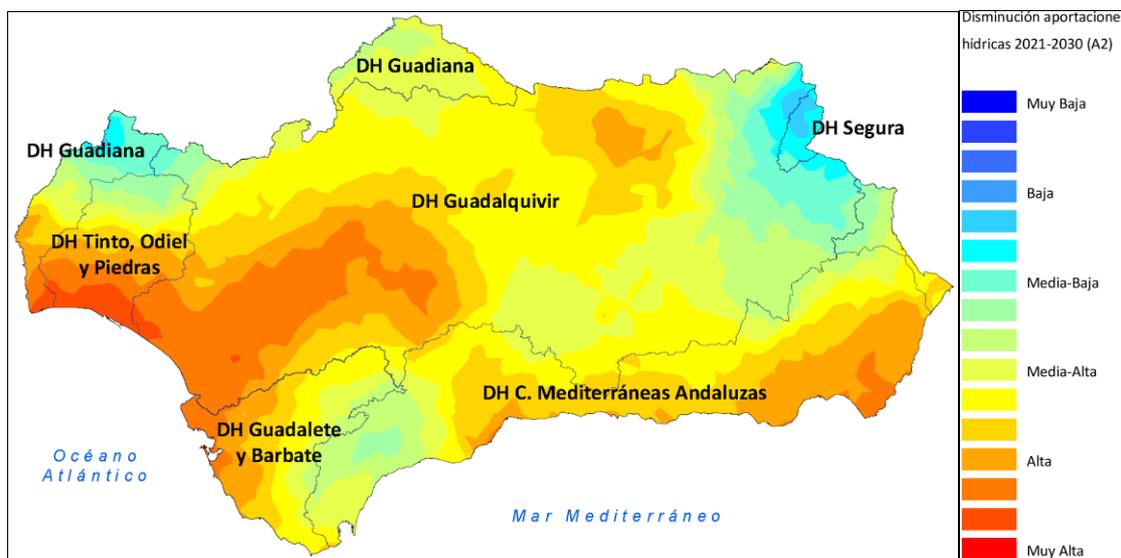


Figura 6 (2): Disminución de las aportaciones hídricas en 2021-2030 (B2). Fuente: Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático.

Para el horizonte de estudio del año 2033, de acuerdo con la IPHA (2.4.6.), y para evaluar el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación, se ha estimado la reducción de las aportaciones que se producirán. Para ello, se han considerado diferentes estudios realizados por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, donde se realizan estimaciones de los efectos del cambio climático en diferentes aspectos, dentro del ámbito andaluz. Los estudios

considerados han sido “El Cambio Climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del Clima” y “El Cambio Climático en Andalucía: Evolución y consecuencias medioambientales”.

En estos estudios se analizan los descensos esperados en cuanto a la precipitación media en diferentes zonas, así como el incremento de temperatura esperado. Con ello, se estima que para el ámbito de la Demarcación del Guadalete y Barbate se producirá un descenso de las aportaciones cercano al 8%.

No obstante, La Junta de Andalucía está llevando a cabo diferentes trabajos para la mejora del conocimiento del cambio climático y los posibles efectos que este puede tener sobre el medioambiente y sobre las actividades socioeconómicas. Fruto de estos trabajos se podrán establecer mejoras en las estimaciones de las consecuencias que el cambio climático tendrá sobre el régimen hídrico.

Entre otras, en este periodo de planificación se estima necesaria la consideración de los escenarios regionalizados de cambio climático con un horizonte temporal al año 2050 para la evaluación de las aportaciones en régimen natural. Para ello, se utilizará como variables de entrada del modelo SIMPA los valores de temperatura y precipitación proyectados para el siglo XXI en los Escenarios de Cambio Climático Regionalizados para Andalucía.



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional



JUNTA DE ANDALUCÍA