

Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate

Revisión de tercer ciclo (2021-2027)

PLAN HIDROLÓGICO

(Documento para consulta pública)

ANEJO II INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS



Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Andalucía
se mueve con Europa



Junta de Andalucía

ÍNDICE:

1	INTRODUCCIÓN	1
2	BASE NORMATIVA	4
3	ANTECEDENTES	7
4	INVENTARIO DE RECURSOS HIDRICOS NATURALES.....	9
4.1	ESQUEMATIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS NATURALES.....	9
4.1.1	LÍMITES ADMINISTRATIVOS Y DE GESTIÓN.....	9
4.1.2	RED HIDROGRÁFICA PRINCIPAL.....	10
4.1.3	RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	14
4.1.4	ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA LA DELIMITACIÓN	16
4.2	DESCRIPCIÓN E INTERRELACIÓN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS	18
4.2.1	DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN.....	18
4.2.2	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS.....	22
4.3	ESTADÍSTICOS DE LAS SERIES HIDROLÓGICAS	48
4.3.1	SERIES ANUALES	49
4.3.2	SERIES MENSUALES	51
4.3.3	APORTACIONES POR MASA DE AGUA SUPERFICIAL.....	61
4.3.4	RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS NATURALES.....	68
4.4	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE CALIDAD DE LAS AGUAS EN CONDICIONES NATURALES	73
5	OTROS RECURSOS HÍDRICOS.....	75
5.1	DESALACIÓN.....	75



5.2	REUTILIZACIÓN	75
5.3	RECURSOS HÍDRICOS EXTERNOS.....	77
6	RECURSOS HÍDRICOS EXISTENTES EN LA DEMARCACIÓN.....	80
7	EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS	83
8	GLOSARIO DE ABREVIATURAS	90
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

APÉNDICE II.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN DE
APORTACIONES

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



FIGURAS:

Figura nº 1.Red hidrográfica principal	13
Figura nº 2.Zonas endorreicas	14
Figura nº 3.Masas de agua subterránea en la DHGB	16
Figura nº 4.Mapa de zonificación utilizada en la DHGB para la determinación de los recursos hídricos	18
Figura nº 5.Comparación entre las aportaciones del arroyo Ballestero en el segundo ciclo y las supuestas por el modelo SIMPA.	20
Figura nº 6.Comparación entre de las aportaciones del arroyo Ballestero en el segundo ciclo de planificación y las supuestas por el modelo SIMPA aplicadas las correcciones al mismo.	21
Figura nº 7.Serie de precipitaciones anuales (mm) en la DHGB. Período 1940/41-2017/18.	23
Figura nº 8.Distribución mensual de la precipitación media (mm/mes) en la DHGB	24
Figura nº 9.Distribución espacial de la precipitación total anual (mm/año) para el periodo 1940/41 – 2017/18.....	25
Figura nº 10. Distribución espacial de la precipitación total anual (mm/año) para el periodo 1980/81 - 2017/18.....	26
Figura nº 11. Comparativa de la precipitación media anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18.....	27
Figura nº 12. Distribución mensual de la temperatura media (°C) en la DHGB.	28

Figura nº 13.	Distribución espacial de la temperatura media anual (°C). Período 1940/41-2017/18.	29
Figura nº 14.	Distribución espacial de la temperatura media anual (°C). Período 1980/81-2017/18.	30
Figura nº 15.	Comparativa de la temperatura media anual (°C) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18.....	31
Figura nº 16.	Distribución mensual de la ETP media (mm/mes) en la DHGB.	32
Figura nº 17.	Distribución espacial de la ETP media anual (mm/año). Período 1940/41-2017/18.	33
Figura nº 18.	Distribución espacial de la ETP media anual (mm/año). Período 1980/81-2017/18.	34
Figura nº 19.	Comparativa de la ETP media anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18.	35
Figura nº 20.	Distribución mensual de la ETR media (mm/mes) en la DHGB	36
Figura nº 21.	Distribución espacial de la ETR media anual (mm/año). Período 1940/41-2017/18.	37
Figura nº 22.	Distribución espacial de la ETR media anual (mm/año). Período 1980/81-2017/18.	38
Figura nº 23.	Comparativa de la ETR media anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18.	39
Figura nº 24.	Distribución mensual de la infiltración o recarga media (mm/mes) en la DHGB.	40

Figura nº 25. Distribución espacial de la infiltración media anual (mm/año). Período 1940/41-2017/18.....	41
Figura nº 26. Distribución espacial de la infiltración media anual (mm/año). Período 1980/81-2017/18.....	42
Figura nº 27. Comparativa de la infiltración media anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18 en las masas de agua subterránea de la DHGB	43
Figura nº 28. Serie de escorrentía total anual (hm ³) en la DHGB. Período 1940/41-2017/18.	45
Figura nº 29. Distribución mensual de la escorrentía total (mm/mes) en la DHGB.	45
Figura nº 30. Distribución espacial de la escorrentía total anual (mm/año). Período 1940/41 - 2017/18.....	46
Figura nº 31. Distribución espacial de la escorrentía total anual (mm/año). Período 1980/81 - 2017/18.....	47
Figura nº 32. Comparativa de la escorrentía total anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18.....	48
Figura nº 33. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas en DHGB (hm ³ /mes). Serie 1940/41-2017/18 (en continuo) y serie 1980/81-2017/18 (en discontinuo).....	53
Figura nº 34. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas en Alto Guadalete (hm ³ /mes). Serie 1940/41-2017/18 (en continuo) y serie 1980/81-2017/18 (en discontinuo).....	55
Figura nº 35. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas en Bajo Guadalete (hm ³ /mes). Serie 1940/41-	

2017/18 (en continuo) y serie 1980/81-2017/18 (en discontinuo)

57

- Figura nº 36. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas en Majaceite (hm^3/mes). Serie 1940/41-2017/18 (en continuo) y serie 1980/81-2017/18 (en discontinuo)..... 59
- Figura nº 37. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas en Barbate (hm^3/mes). Serie 1940/41-2017/18 (en continuo) y serie 1980/81-2017/18 (en discontinuo)..... 61
- Figura nº 38. Localización de los puntos en los que se han obtenido series de aportación a partir del SIMPA..... 62
- Figura nº 39. Evolución media mensual de los caudales reales de entrada al embalse de Barbate comparados con los resultados del modelo en ese mismo punto 66
- Figura nº 40. Evolución media anual de los caudales reales de entrada al embalse de Hurones comparados con los resultados del modelo en ese mismo punto 67
- Figura nº 41. Evolución media mensual de la precipitación medida en el embalse de los Hurones comparados con los resultados del modelo en ese mismo punto 68
- Figura nº 42. Caudales trasvasados (hm^3/mes) desde la cuenca del Guadiaro a la DHGB 79
- Figura nº 43. Media de Δ (%) escorrentía anual para PI1 (arriba), PI2 (medio) y PI3 (abajo) y RCP 4.5 (izquierda) y 8.5 (derecha). Fuente: CEDEX, 2017 85



Figura nº 44. Tendencia del $\Delta(\%)$ escorrentía del año 2010-2099 para los
RCP4.5 (arriba) y 8.5 (abajo). 86



TABLAS:

Tabla nº 1. Resumen de las diferentes zonas utilizadas en la caracterización de los recursos hídricos en la DHGB.....	18
Tabla nº 2. Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm/año). Serie 1940/41-2017/18.....	49
Tabla nº 3. Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm/año) ² . Serie 1980/81-2017/18	49
Tabla nº 4. Estadísticos básicos de las series anuales de esorrentía total (hm ³ /año) ² . Serie 1940/41-2017/18.....	50
Tabla nº 5. Estadísticos básicos de las series anuales de esorrentía total (hm ³ /año) ² . Serie 1980/2018	50
Tabla nº 6. Promedios mensuales (hm ³) de las principales variables hidrológicas. Serie 1940/41-2017/18.....	52
Tabla nº 7. Promedios mensuales (hm ³) de las principales variables hidrológicas. Serie 1980/41-2017/18.....	52
Tabla nº 8. Promedios mensuales (hm ³) para el Alto Guadalete. Serie 1940/41-2017/18	54
Tabla nº 9. Promedios mensuales (hm ³) para el Alto Guadalete. Serie 1980/81-2017/18	54
Tabla nº 10. Promedios mensuales (hm ³) para el Bajo Guadalete. Serie 1940/41-2017/18	56
Tabla nº 11. Promedios mensuales (hm ³) para el Bajo Guadalete. Serie 1980/81-2017/18	56

Tabla nº 12.	Promedios mensuales (hm ³) para el Majaceite. Serie 1940/41-2017/18.....	58
Tabla nº 13.	Promedios mensuales (hm ³) para el Majaceite. Serie 1980/81-2017/18.....	58
Tabla nº 14.	Promedios mensuales (hm ³) para el Barbate. Serie 1940/41-2017/18.....	60
Tabla nº 15.	Promedios mensuales (hm ³) para el Barbate. Serie 1980/81-2017/18.....	60
Tabla nº 16.	Estadísticos de las series de aportaciones (hm ³) a las masas de agua superficial de la categoría río	65
Tabla nº 17.	Estimación del recurso disponible en las masas de agua subterránea de la DHGB	73
Tabla nº 18.	Porcentaje de incremento anual de la escorrentía y periodo de impacto según cada proyección.	86
Tabla nº 19.	Porcentaje de cambio de la escorrentía trimestral para la DHGB.	88

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 (recursos hídricos naturales, fluyentes y regulados, y subterráneos) y no convencionales (principalmente provenientes de la reutilización de aguas residuales urbanas, así como los recursos hídricos externos (transferencias o trasvases)).

En la DHGB, aproximadamente el 93 % de los recursos hídricos disponibles están constituidos por los recursos hídricos naturales, el 2% son procedentes de fuentes no convencionales y el 5% son de origen externo al ámbito territorial de la demarcación. La mayor parte de los recursos hídricos disponibles en la DHGB están constituidos por los recursos hídricos naturales.

El inventario de recursos hídricos naturales está compuesto por su estimación cuantitativa, descripción cualitativa y la distribución temporal (mensual y anual), e 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 más relevantes de la demarcación hidrográfica, atendiendo, entre otros, a criterios hidrográficos, administrativos, socioeconómicos y ambientales. Con carácter general se ha considerado: la zonificación existente, tal como se indica en el Real Decreto

907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica (RPH) y en la Orden de 11 de marzo de 2015, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica para las Demarcaciones Hidrográficas Intracomunitarias de Andalucía (IPHA); 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:
 - Esquematización y zonificación de los recursos hídricos naturales.
 - Descripción e interrelación de las variables hidrológicas.
 - Estadísticos de las series hidrológicas.
 - Características básicas de calidad de las aguas en condiciones naturales.
5. Otros recursos hídricos.
 - Desalación.
 - Reutilización.
 - Recursos hídricos externos.
6. Recursos hídricos existentes en la demarcación.



7. Evaluación de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos.
8. Glosario de abreviaturas
9. Referencias bibliográficas



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), aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, hace referencia al inventario de recursos hídricos, tal y como se indica a continuación:

“1. Los planes hidrológicos de cuenca comprenderán obligatoriamente:

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

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

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

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

El artículo 4 del RPH 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 IPHA, desarrolla el contenido mínimo que deberá abarcar el inventario de recursos hídricos naturales, tal y como se detalla a continuación:

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

El inventario debe contener, 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.” [sic]

En la DHGB, parte de los recursos hídricos disponibles son de origen externo al ámbito territorial de la demarcación (tal y como se describe en la Sección 5 de este documento), materializando en transferencias o trasvases de agua 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 y en la la Ley 10/2001, de 5 de julio, por la que se aprueba el Plan Hidrológico Nacional, en los artículos del 12 al 23, ambos inclusive.

Respecto a los recursos hídricos propios procedentes de fuentes no convencionales como son las aguas regeneradas y aguas procedentes de la desalación, el Real Decreto (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:
 - o 880 hm³ transcurren por los principales cauces de la demarcación (Guadalete y Barbate).
 - o 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-Majaceite. Se ha tomado como valor la media de trasvases resultados de los modelos de gestión para el período 1980/2005 realizado por la Cuenca Mediterránea Andaluza.

El siguiente Plan Hidrológico, correspondiente al ciclo de planificación 2015-2021, llevó a cabo una actualización de la caracterización de los recursos hídricos en la DHGB. A modo de resumen, se muestran los recursos considerados como valores medios para el periodo 1940/41-2011/12:



- 1.108 hm³ procedentes de fuentes convencionales: infiltración, escorrentía, etc. De estos, hay que realizar la siguiente distribución:
 - o 889 hm³ transcurren por los principales cauces de la demarcación (Guadalete y Barbate)
 - o Los 174 hm³ restantes fluyen por cauces que vierten directamente al Océano Atlántico.
 - o 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 1980/2011 este valor desciende hasta 52 hm³.



4 INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS NATURALES

En este apartado se realiza la descripción de los recursos hídricos naturales existentes en la DHGB. 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 el ámbito de estudio en cuanto al aporte de recursos hídricos.

4.1 ESQUEMATIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS NATURALES

4.1.1 LÍMITES ADMINISTRATIVOS Y DE GESTIÓN

El ámbito de aplicación del nuevo Plan Hidrológico de la DHGB, 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.

Según lo dispuesto en el artículo 3 del Decreto 357/2009 en cuanto al ámbito territorial de 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.” [sic]

De esta manera, el territorio de la DHGB se extiende sobre una superficie de 6.504 km², de los cuales 5.961 km² pertenecen al ámbito continental. Todo este espacio está enmarcado en la Comunidad Autónoma de Andalucía, 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. Las demarcaciones hidrográficas vecinas son Guadalquivir y Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

4.1.2 RED HIDROGRÁFICA PRINCIPAL

Desde el punto de vista fluvial, la red hidrográfica de la DHGB está constituida por dos cauces principales (ríos Guadalete y Barbate), y el conjunto de sus afluentes. El resto de los 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 (Arroyo de los Molinos) en cabecera, Bornos y Arcos. El Río Guadalporcún nace en Torre Alháquime, 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 Guadalcacín. 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 anterior 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 DHGB 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, en la Figura nº 1, se muestra el mapa de la red hidrográfica de la DHGB, formada por los ríos principales y sus afluentes:



Figura nº 1. Red hidrográfica principal

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.

La Figura nº 2 muestra las zonas cerradas de carácter endorreico o semiendorreico que representan aproximadamente un 1 % de la parte continental de la demarcación.



Figura nº 2. Zonas endorreicas

4.1.3 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

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

El conocimiento de la recarga resulta de gran interés teórico y práctico, pues viene a acotar las posibilidades máximas de explotación sostenible a largo plazo de las aguas subterráneas de un acuífero. La mayor parte del agua que recarga los acuíferos se descarga diferida en el tiempo a la red fluvial, de forma difusa o a través de manantiales, y en muchas cuencas es uno de los

constituyentes básicos de la aportación de los ríos. Otra parte de la recarga, en general mucho más reducida, se transfiere subterráneamente a otros acuíferos o, en el caso de los acuíferos costeros, descarga al mar.

Para estimar la recarga natural o infiltración a los acuíferos se necesita conocer su delimitación geométrica. En España los acuíferos se agrupaban en distintas unidades hidrogeológicas que, con la implantación de la Directiva Marco del Agua (DMA), pasaron a ser masas de agua subterránea. Es conveniente diferenciar aquí entre el concepto físico de acuífero, entendido como formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua, y el concepto administrativo de masa de agua subterránea¹, formada por uno o más acuíferos, que se agrupan a efectos de conseguir una racional y eficaz gestión del recurso hídrico, y cuyo límite puede incluir también porciones del territorio donde no existen acuíferos.

Actualmente existe un Convenio entre la DGA y el IGME para el estudio de acuíferos compartidos entre diferentes demarcaciones hidrográficas, que aún no ha concluido, por lo que no se pueden aportar resultados. En este contexto se está estudiando la continuidad hidrogeológica de acuíferos de la masa de agua subterránea Sierra de Líbar existente en la DHGB y en las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

En la DHGB existen un total de 14 masas de agua subterránea. Estas masas ocupan una superficie de 1.902 km², lo que representa el 32% de la parte

¹ El artículo 40bis del TRLA define masa de agua subterránea como “*un volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos*” .

continental de la demarcación. La distribución geográfica de estas masas de agua se muestra en la Figura nº 3.



Figura nº 3. Masas de agua subterránea en la DHGB

4.1.4 ZONIFICACIÓN Y CRITERIOS PARA LA DELIMITACIÓN

La DHGB se ha dividido para la determinación de los recursos disponibles en 4 zonas atendiendo a criterios hidrográficos, 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.
- 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 Guadalcaçín. 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 DHGB.

En la Figura nº 4 y en la Tabla nº 1, 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.

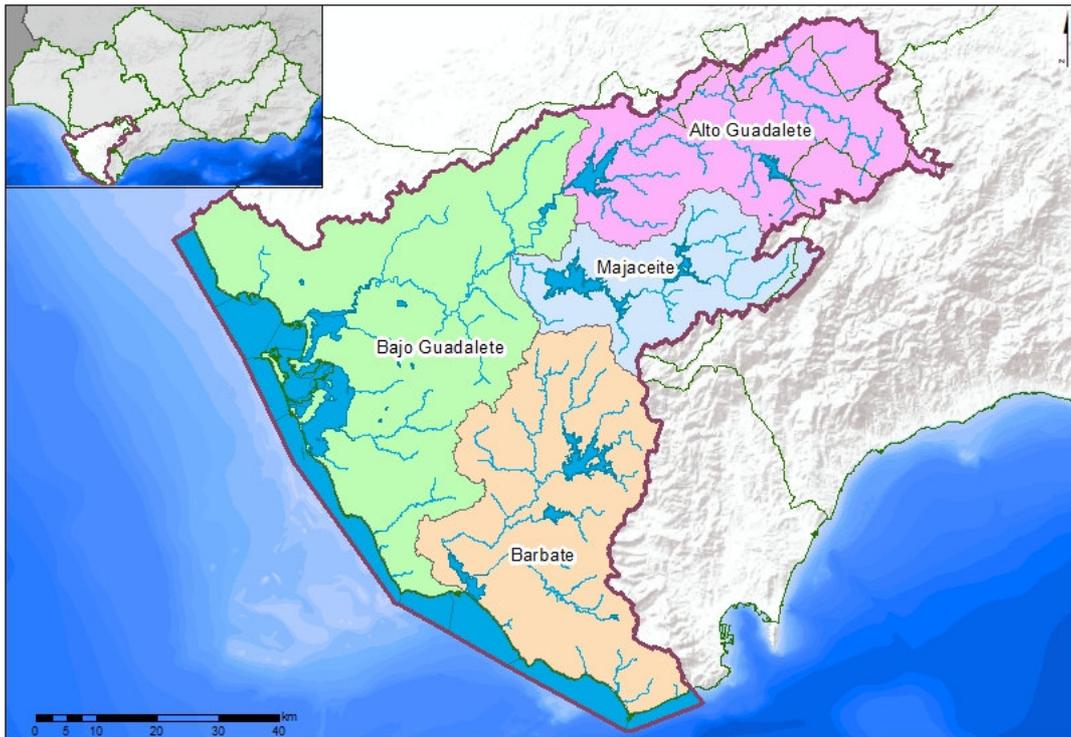


Figura nº 4. Mapa de zonificación utilizada en la DHGB para la determinación de los recursos hídricos

Zona	Nombre	Superficie(km ²)
1	Alto Guadalete	1.357
2	Bajo Guadalete	2.266
3	Majaceite	767
4	Barbate	1.571

Tabla nº 1. Resumen de las diferentes zonas utilizadas en la caracterización de los recursos hídricos en la DHGB

4.2 DESCRIPCIÓN E INTERRELACIÓN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS

4.2.1 DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

En el presente documento se han incluido, como variables de la fase atmosférica, la precipitación, la temperatura y la evapotranspiración

potencial, y como variables de la fase terrestre, la infiltración o recarga, la evapotranspiración real y las escorrentías superficial, subterránea y total.

En el análisis de todas las variables se han considerado dos periodos de trabajo: uno denominado histórico, que abarca desde 1940/41 a 2017/18, y otro que refleja las tendencias más recientes en la evolución de las series hidrológicas, desde 1980/81 a 2017/18. Se ha hecho una actualización de los datos respecto al ciclo de planificación anterior, ya que entonces la información disponible finalizaba en el año hidrológico 2011/12.

La principal fuente de información empleada ha sido la derivada del Sistema Integrado para la Modelación del proceso Precipitación Aportación (SIMPA) de evaluación de los recursos hídricos en España, desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). El SIMPA es un modelo conceptual y cuasidistribuido de precipitación-aportación con el que, a partir de la precipitación, de la temperatura y de una serie de parámetros hidrológicos, se obtienen mapas de almacenamiento, humedad en el suelo, volumen almacenado en las masas de agua subterráneas, evapotranspiración y escorrentías superficial, subterránea y total en cada una de las celdas de 500 x 500 m en las que se ha discretizado el terreno.

Al comparar los datos acumulados de escorrentía total en la DHGB, se ha observado que en general son superiores en comparación con los valores reales medidos en la demarcación y con los del ciclo anterior para el mismo periodo de datos.

Como ejemplo, en la Figura nº 5 se muestra una comparativa entre los datos de aportación del Arroyo Ballestero en el ciclo anterior y los valores resultantes del modelo SIMPA.

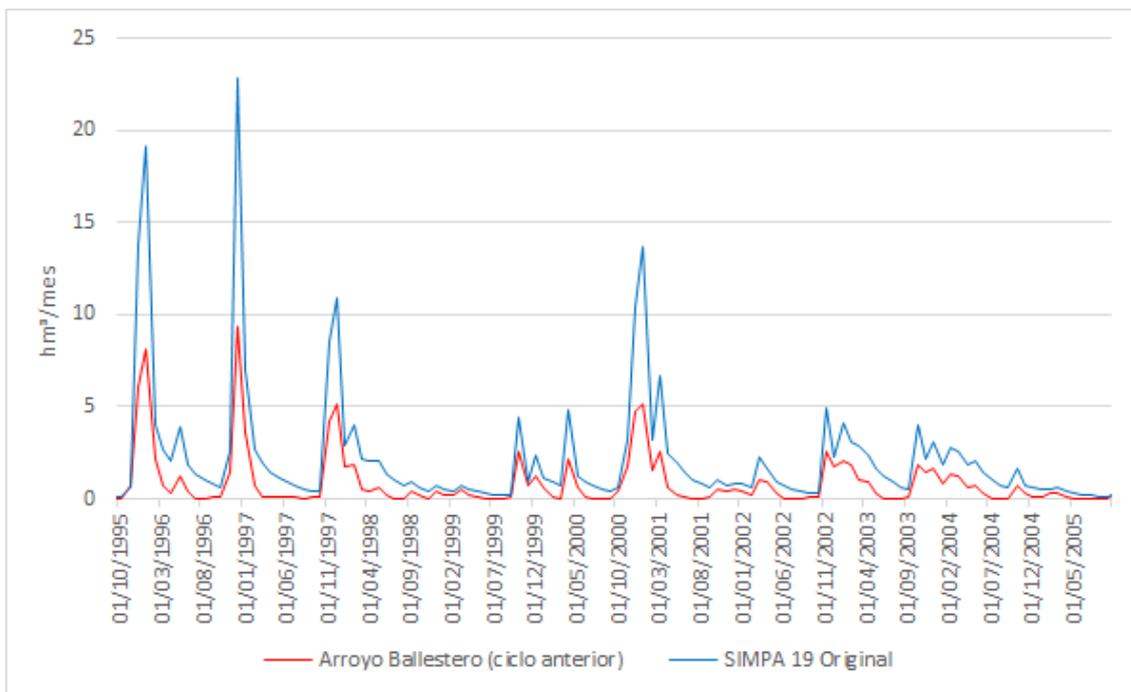


Figura nº 5. Comparación entre las aportaciones del arroyo Ballestero en el segundo ciclo y las supuestas por el modelo SIMPA.

Se observa que el modelo refleja correctamente la variabilidad temporal, pero sobrestima las aportaciones, por lo que se ha considerado oportuno 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 y los resultados del modelo SIMPA del segundo ciclo de planificación. Una vez realizadas las comparaciones, se

han estimado diferentes coeficientes de corrección que se han aplicado 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 Figura nº 6, en la que se comparan los mismos datos de la gráfica anterior, pero esta vez con la corrección del modelo SIMPA.

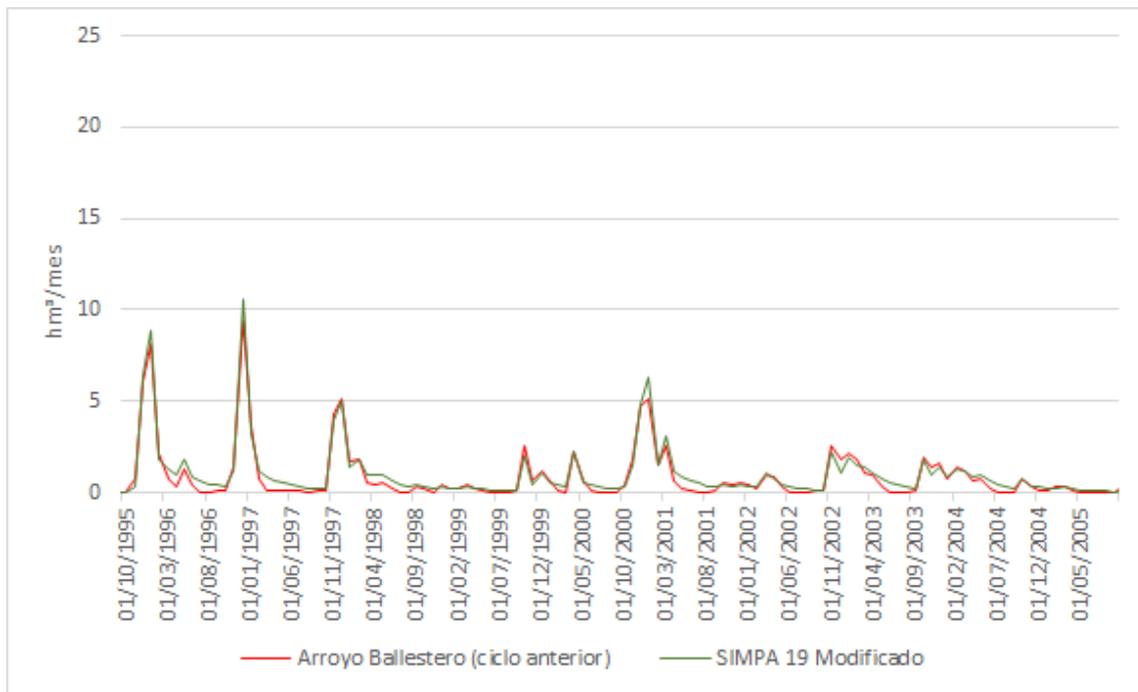


Figura nº 6. Comparación entre de las aportaciones del arroyo Ballestero en el segundo ciclo de planificación y las supuestas por el modelo SIMPA aplicadas las correcciones al mismo.

Destacar que en el segundo ciclo los recursos considerados fueron los procedentes del modelo SIMPA (versión previa a la utilizada en este tercer ciclo), y también fue necesario llevar a cabo diferentes reducciones para obtener una correcta caracterización de los recursos hídricos

En general, ha sido necesario aplicar coeficientes de reducción en la mayoría de las zonas, pero el valor de la reducción ha sido heterogéneo. En la cabecera del río Guadalete, las reducciones aplicadas se sitúan en el entorno del 40% mientras que en otras zonas como la cuenca del río Barbate, las reducciones han sido mínimas, del orden del 1%. En el resto de la demarcación, la reducción media es del 10%.

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.

En el Apéndice II.1 se describe con detalle la descripción detallada del modelo, aportada por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

4.2.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS.

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

En este tercer ciclo de planificación, tal y como se recoge en el apartado previo, la precipitación está sobredimensionada y las variables relacionadas con la precipitación, aun siendo corregidas con los coeficientes antes

descritos, presentan en general valores superiores a los establecidos en el plan hidrológico del ciclo anterior. Este hecho sin embargo no se traslada a las aportaciones, a causa de que la evapotranspiración real también presenta también valores superiores a los del plan anterior, debido principalmente a la gran influencia de la precipitación sobre el cálculo de la misma.

4.2.2.1 PRECIPITACIÓN

La precipitación media anual en el conjunto de la DHGB está en torno a los 674 mm (4.019 hm³) para el periodo 1940/41 a 2017/18, oscilando entre valores máximos de 1.255 mm en el año más húmedo y 313 mm en el más seco. En el periodo 1980/81-2017/18 la precipitación media anual es de 642mm (3.825 hm³), un 4,7% inferior al valor de la serie histórica.

La Figura nº 7 muestra la serie de precipitaciones anuales para el período 1940/41-2017/18 para el conjunto de la demarcación.

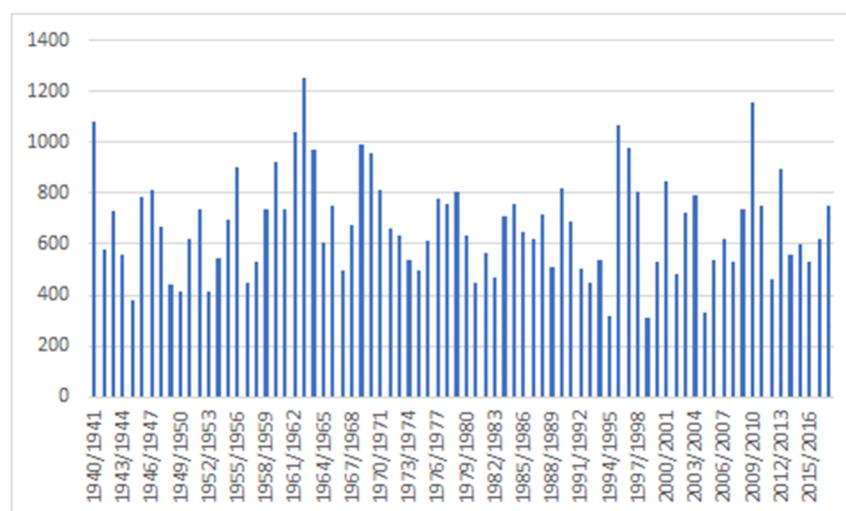


Figura nº 7. Serie de precipitaciones anuales (mm) en la DHGB. Período 1940/41-2017/18.

Por otra parte, la distribución mensual y espacial de estas precipitaciones se caracteriza por la heterogeneidad, habiendo meses bastante lluviosos (fundamentalmente los meses de otoño e invierno) y meses secos (verano), donde son frecuentes los episodios de precipitaciones prácticamente nulas.

La Figura nº 8 muestra la distribución mensual de la precipitación media anual para el conjunto de la demarcación.

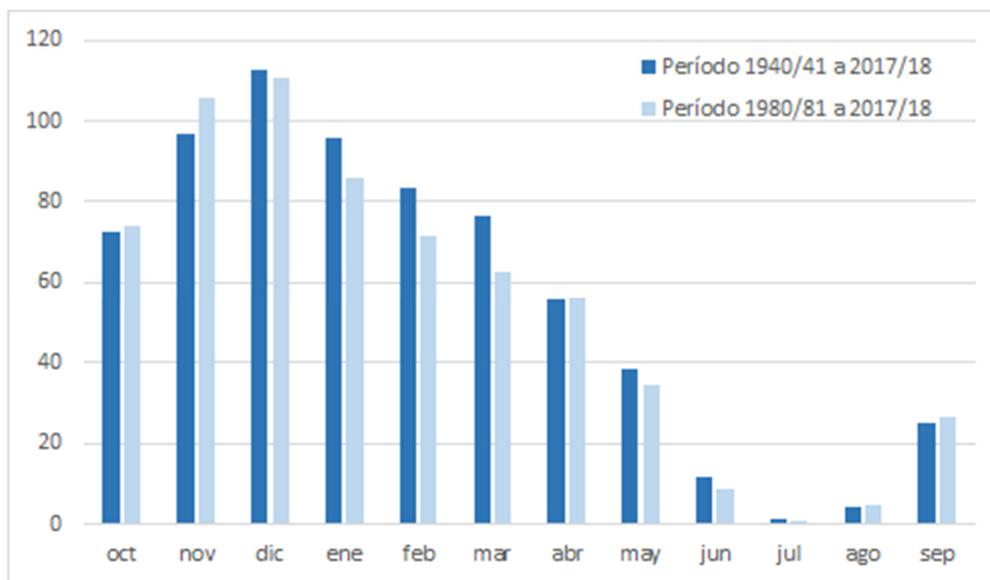


Figura nº 8. Distribución mensual de la precipitación media (mm/mes) en la DHGB

El régimen de precipitaciones en la DHGB se caracteriza por la existencia de un gradiente de humedad de forma que ésta decrece, a grandes rasgos, hacia el Oeste. La zona del Majaceite incluye los macizos más elevados y ahí es donde mejor se pone de evidencia la relación precipitación-altitud, recibiendo las cabeceras precipitaciones medias que pueden superar los 1.200 mm/año mientras que los valores registrados en la franja costera son con frecuencia inferiores, en términos promedio, a los 400 mm/año.

La Figura nº 9 y la Figura nº 10 muestran la distribución espacial de la precipitación media anual en el período 1940/41-2017/18 y 1980/81-2017/18, respectivamente.

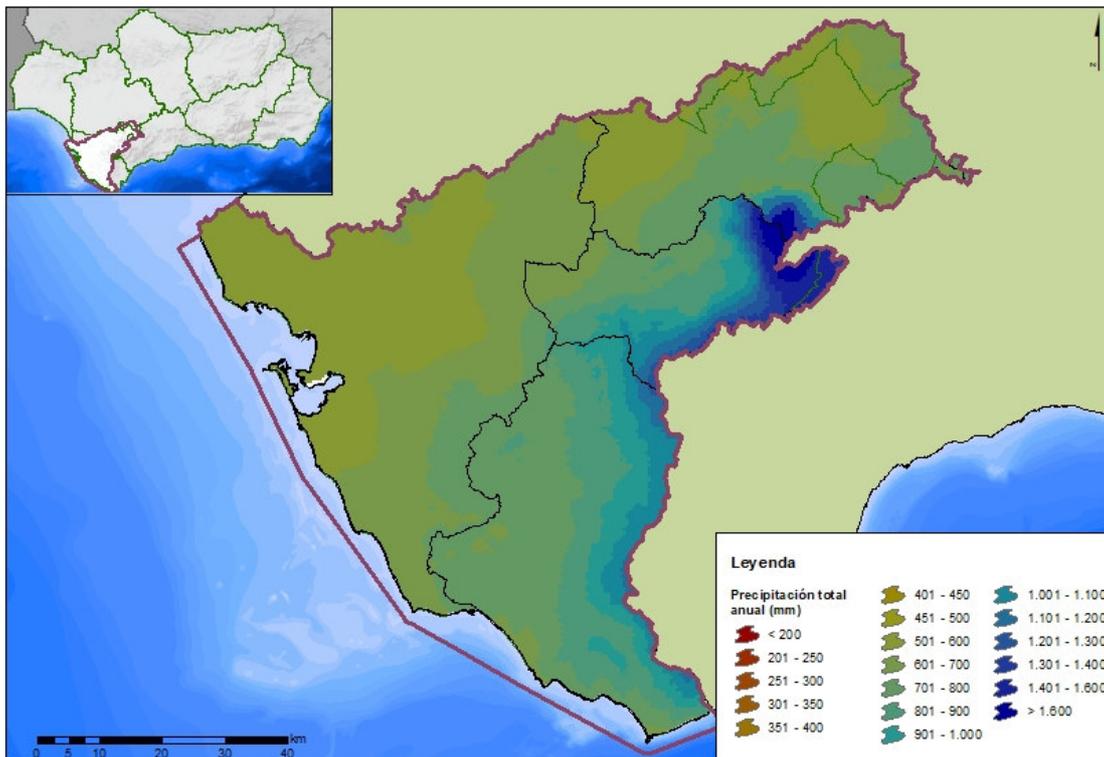


Figura nº 9. Distribución espacial de la precipitación total anual (mm/año) para el periodo 1940/41 - 2017/18

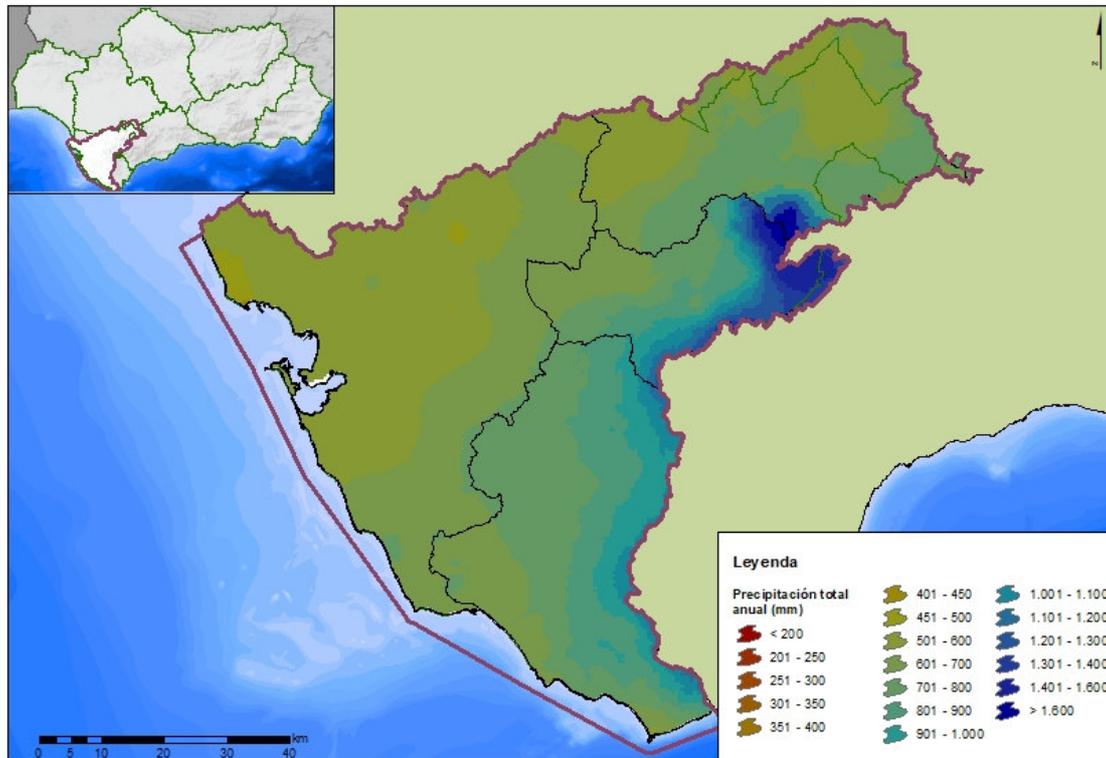


Figura nº 10. Distribución espacial de la precipitación total anual (mm/año) para el periodo 1980/81 - 2017/18

En cuanto a la distribución espacial, como muestra la Figura nº 11, la zona montañosa es donde se dan los valores máximos de precipitación. De este modo, Majaceite alcanza valores medios de precipitación anual en torno a los 943 mm, con máximos de 1.705 mm (año hidrológico 1962/63). Mientras tanto, la zona oeste del Alto y Bajo Guadalete es donde se presentan las menores precipitaciones medias.

En el periodo reciente se puede apreciar una reducción de la precipitación media anual en el conjunto de la DHGB de aproximadamente un 4,7 %, localizándose los descensos más acusados en la zona de Majaceite con descensos superiores al 6%.

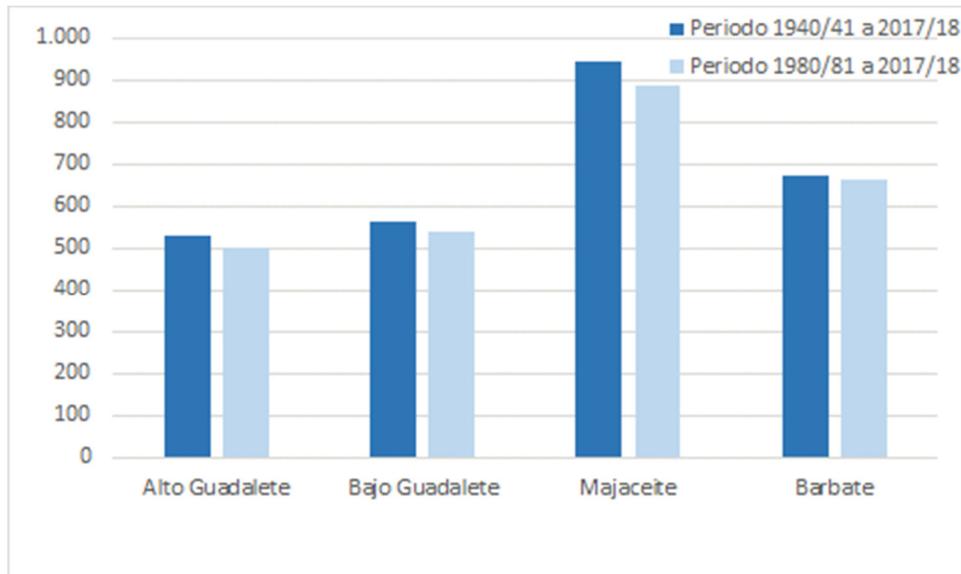


Figura nº 11. Comparativa de la precipitación media anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18.

4.2.2.2 TEMPERATURA

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.

La temperatura media anual en la demarcación para el periodo 1940/41 a 2017/18 se sitúa en los 17,5°C, oscilando entre valores máximos de 18,8°C en el año más caluroso y 14,4°C en el más frío. En el periodo 1980/81-2017/18 la temperatura media anual es de 17,8 °C, un 2% superior al valor de la serie histórica, estando el máximo de toda la serie histórica dentro del periodo corto.

En cuanto a la distribución mensual, que se muestra en la Figura nº 12, los valores máximos se alcanzan en los meses de julio y agosto, cuando se rondan los 25,9°C de media en la demarcación, frente a los mínimos 10,8°C de media en el mes de enero.

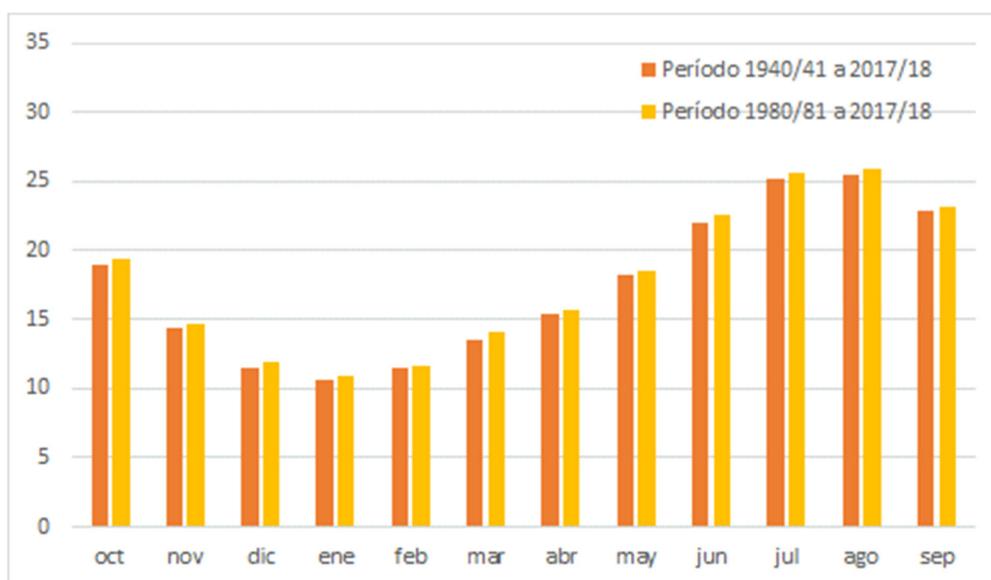


Figura nº 12. Distribución mensual de la temperatura media (°C) en la DHGB.

La Figura nº 13 y la Figura nº 14 muestran la distribución espacial de la temperatura media anual en el periodo 1940/41-2017/18 y 1980/81-2017/18, respectivamente.

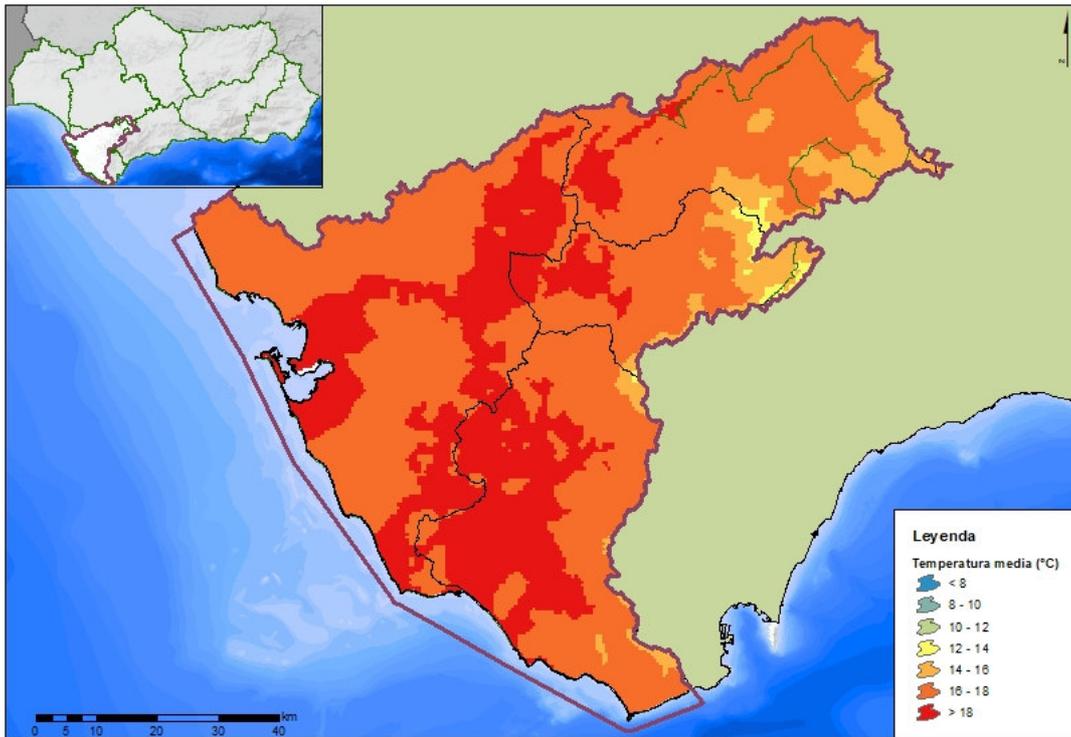


Figura nº 13. Distribución espacial de la temperatura media anual (°C). Período 1940/41-2017/18.

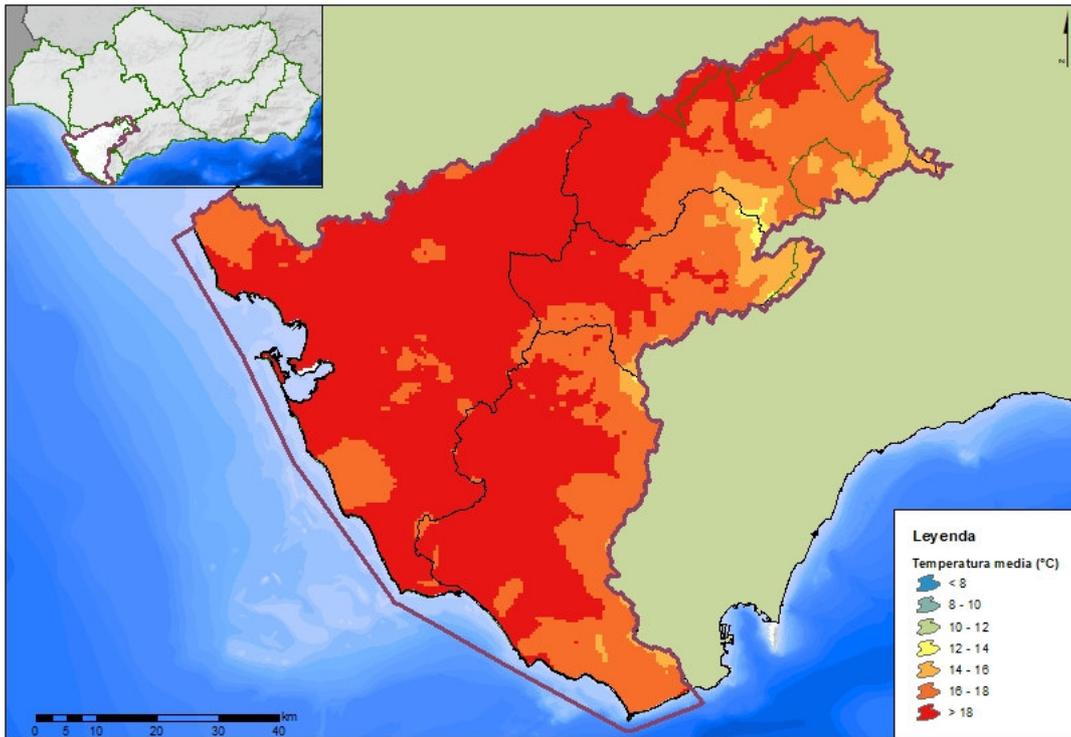


Figura nº 14. Distribución espacial de la temperatura media anual (°C). Período 1980/81-2017/18.

Los valores máximos estimados llegan a superar los 19,1°C y los mínimos se sitúan en torno a los 13,5°C, mientras que en el Majaceite se dan los valores más bajos, con una temperatura media de 16,8°C y mínimos en torno a los 12,9°C.

Como muestra la Figura nº 15, en el periodo histórico los valores más altos de temperatura media se dan en el Bajo Guadalete con valores de 17,9°C.

En el periodo reciente se puede apreciar un leve aumento de la temperatura media anual en el conjunto de la DHGB de un 2%, localizándose los incrementos más acusados en el Alto Guadalete y el Majaceite con variaciones algo superiores al 3%.

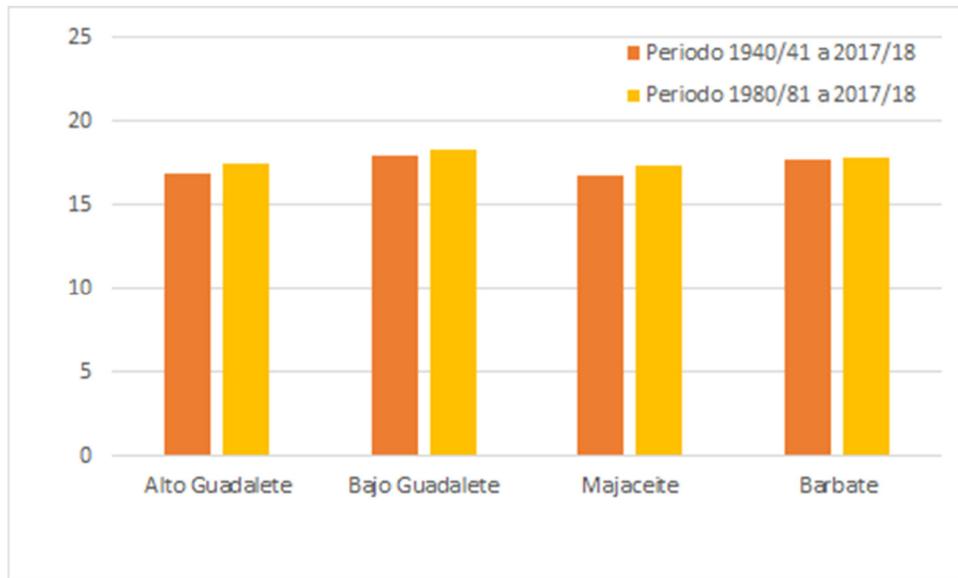


Figura nº 15. Comparativa de la temperatura media anual (°C) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18.

4.2.2.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

La evapotranspiración incluye dos fenómenos físicos diferenciados: la evaporación y la transpiración. Por tanto, la evapotranspiración evalúa la cantidad de agua que pasa a la atmósfera en forma de vapor de agua a través de la evaporación y de la transpiración de la vegetación.

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 cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas. La ETR, que se describe en el apartado 4.2.2.4, 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 esta.

La ETP media anual de la DHGB se estima en 1.067 mm para el periodo 1940 /41 a 2017/18 con máximos anuales de 1.126 mm y mínimos de 934 mm. En el periodo 1980/81 a 2017/18 la ETP media anual es de 1.076 mm, con un valor máximo de 1.121 mm, y un valor mínimo de 1.024 mm.

Como se puede ver en la Figura nº 16, a nivel mensual, la ETP sigue la misma tendencia que las temperaturas, con valores máximos coincidentes con el periodo estival y mínimos en los meses de diciembre y enero.

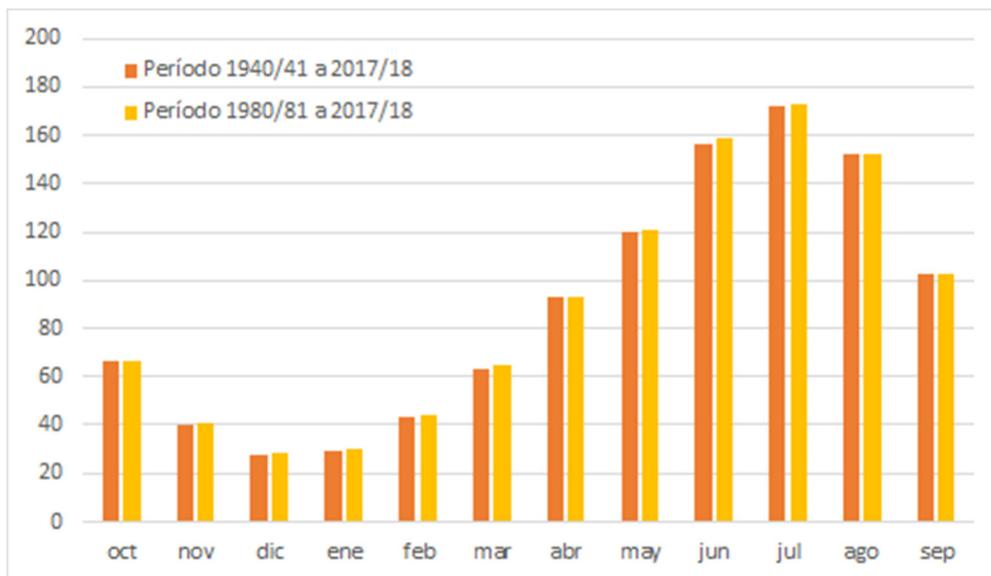


Figura nº 16. Distribución mensual de la ETP media (mm/mes) en la DHGB.

La Figura nº 17 y la Figura nº 18 muestran la distribución espacial de la ETP media anual en el período 1940/41-2017/18 y 1980/81-2017/18, respectivamente.

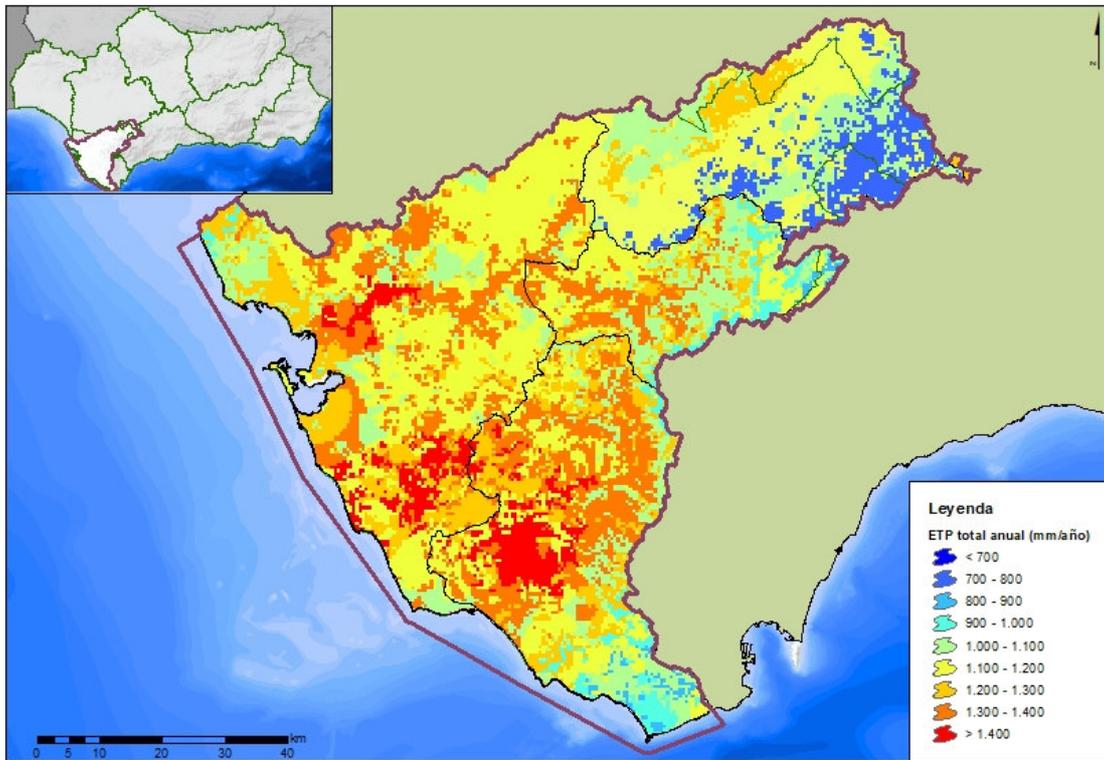


Figura nº 17. Distribución espacial de la ETP media anual (mm/año). Período 1940/41-2017/18.

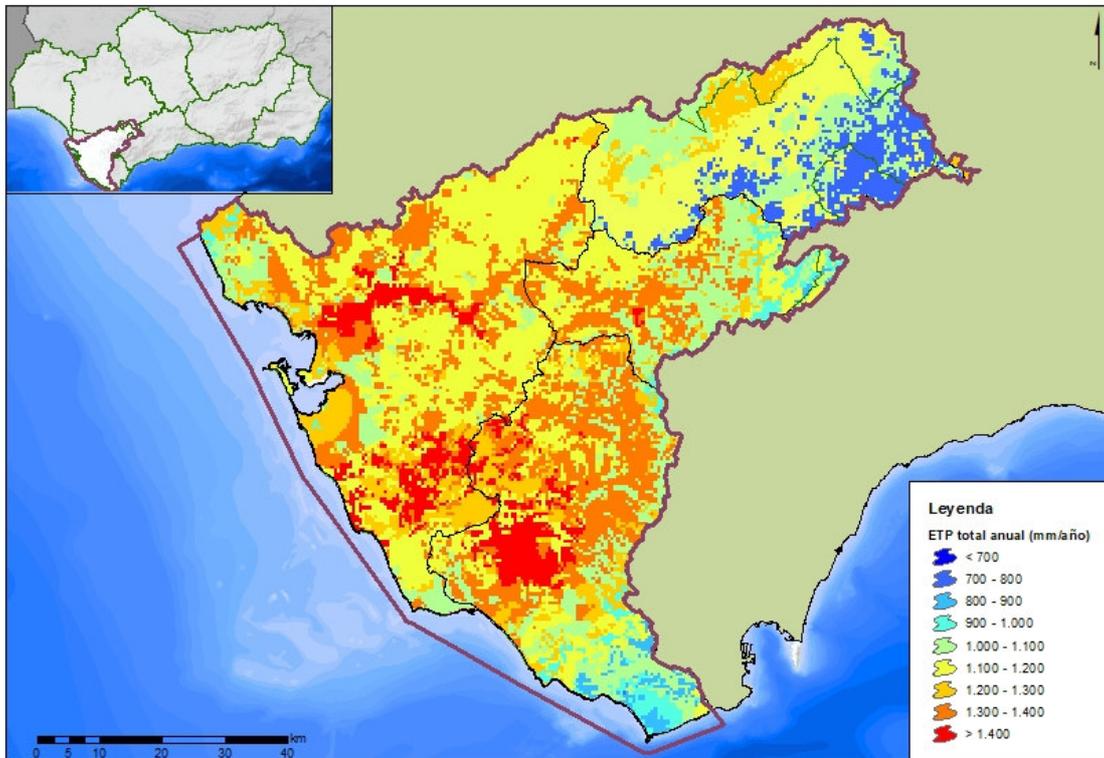


Figura nº 18. Distribución espacial de la ETP media anual (mm/año). Período 1980/81-2017/18.

Tal y como muestra la Figura nº 19, los valores más elevados de ETP se concentran en la zona de Barbate, con media de 1.101 mm para el periodo histórico y 1.113 mm desde 1980/81 a 2017/18. Por su parte, los valores más bajos se dan en el Alto Guadalete, con 833 mm de media anual para el periodo histórico y 847 mm desde 1980/81 a 2017/18.

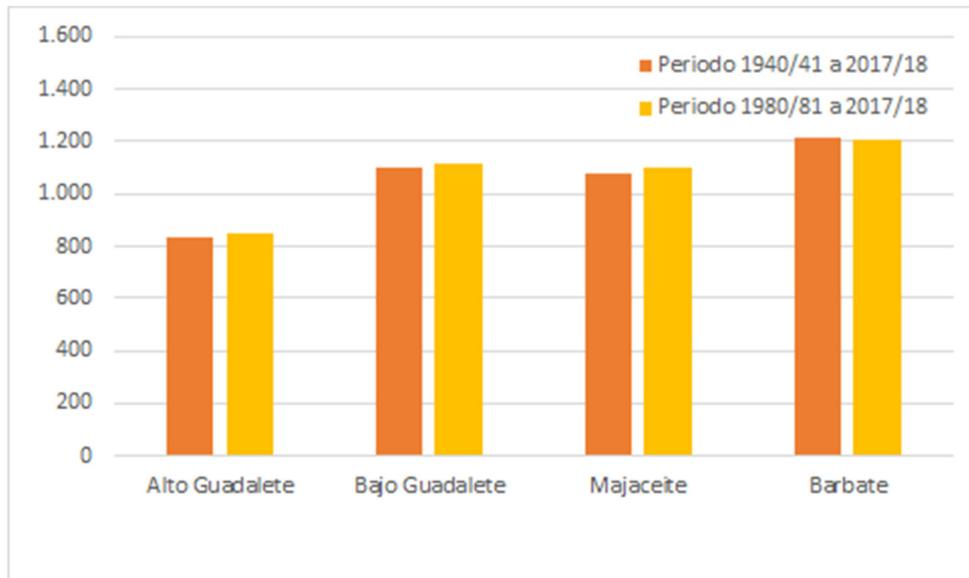


Figura nº 19. Comparativa de la ETP media anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18.

4.2.2.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

La ETR media anual en la DHGB está en torno a los 490 mm/año en periodo histórico, con un máximo de 625 mm/año y un mínimo de 300 mm/año. En el caso de la serie corta, la media está en torno a los 478 mm/año y el máximo y mínimo es de 598 y 300 mm/año, respectivamente.

A nivel mensual, la ETR presenta los valores máximos en los meses de abril y mayo y los mínimos en el periodo estival, como muestra la Figura nº 20.

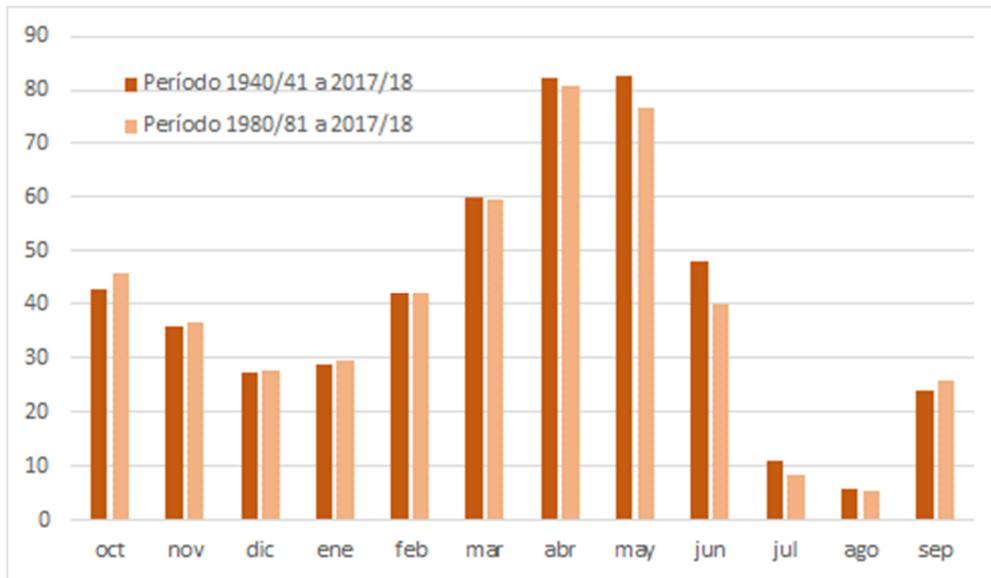


Figura nº 20. Distribución mensual de la ETR media (mm/mes) en la DHGB

La Figura nº 21 y la Figura nº 22 muestran la distribución espacial de la ETR media anual en el período 1940/41-2017/18 y 1980/81-2017/18, respectivamente.

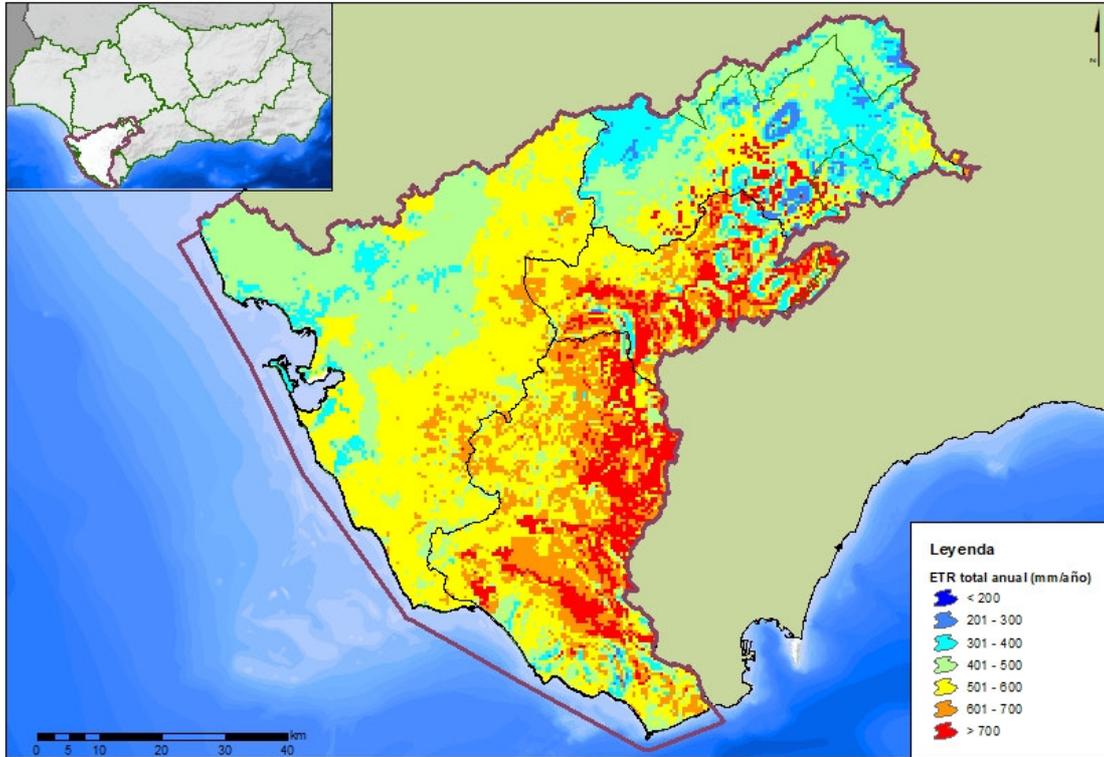


Figura nº 21. Distribución espacial de la ETR media anual (mm/año). Período 1940/41-2017/18.

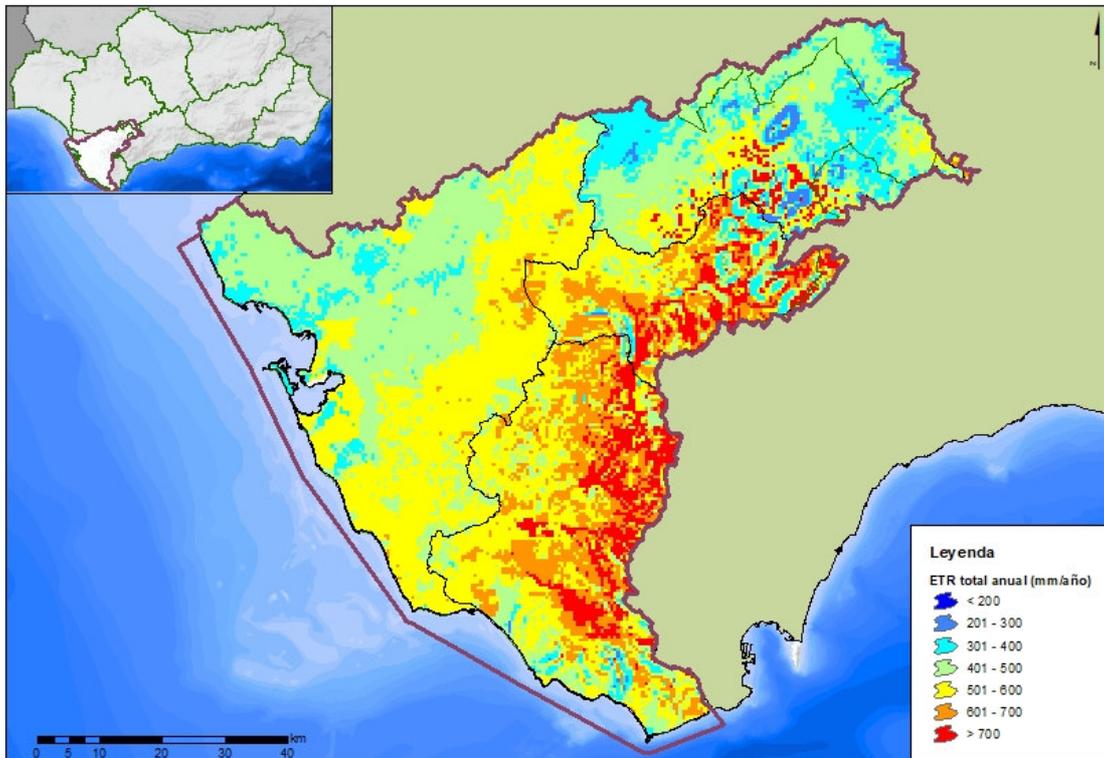


Figura nº 22. Distribución espacial de la ETR media anual (mm/año). Período 1980/81-2017/18.

En la Figura nº 23 se puede ver que, en el periodo histórico, los valores máximos de evapotranspiración se dan en Barbate, donde se evapotranspiran anualmente 602 mm (serie histórica). Los valores máximos estimados llegan a superar los 775 mm/año y los mínimos se sitúan en torno a los 377 mm/año.

En la zona del Alto Guadalete se da la situación contraria, con una ETR media de 373 mm/año y mínimos en torno a los 366 mm/año (serie histórica).

En el periodo más actual se puede apreciar una reducción de la ETR, con una reducción media del 2,4%.

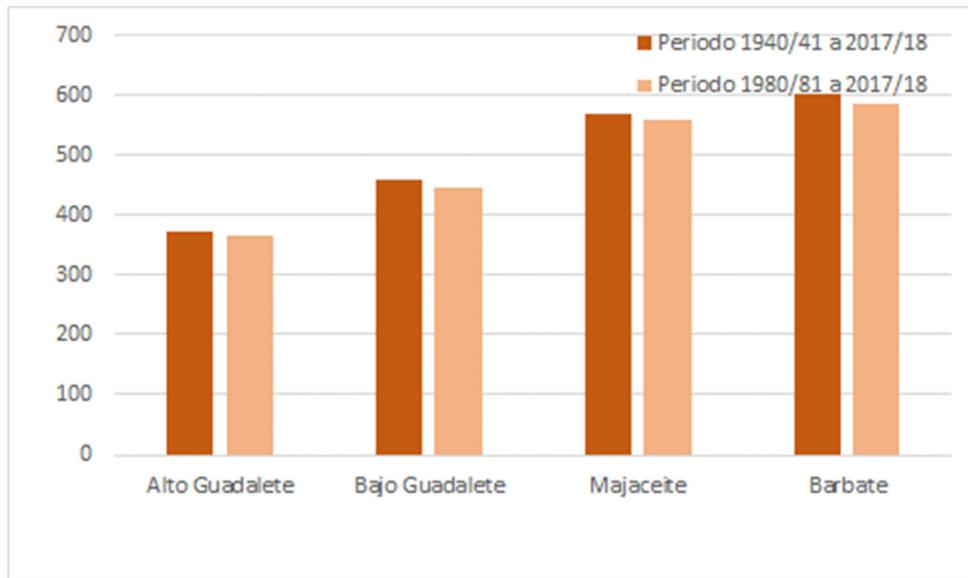


Figura nº 23. Comparativa de la ETR media anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18.

4.2.2.4.1 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 generando escorrentía superficial, cuando el suelo está saturado y se sobrepasa el umbral de escorrentía del suelo.

En la DHGB, la infiltración total anual media se estima en 45 mm/año, con valores máximos de 127 mm/año (año 1962/63) y valores mínimos de 6 mm/año (año 1998/99). Hay que recordar que este es un valor medio para toda la DHGB, suponiendo que existe infiltración en todo el territorio. Como es lógico, según el modelo SIMPA, la infiltración se da solamente en aquellas

zonas en las que existe masa de agua subterránea, por lo que los valores medios para toda la demarcación deben tomarse como orientativos.

En cuanto a la distribución temporal de los valores, la Figura nº 24 muestra que la máxima recarga tiene lugar durante los meses de invierno mientras que los meses de junio, julio y agosto presentan la menor infiltración.

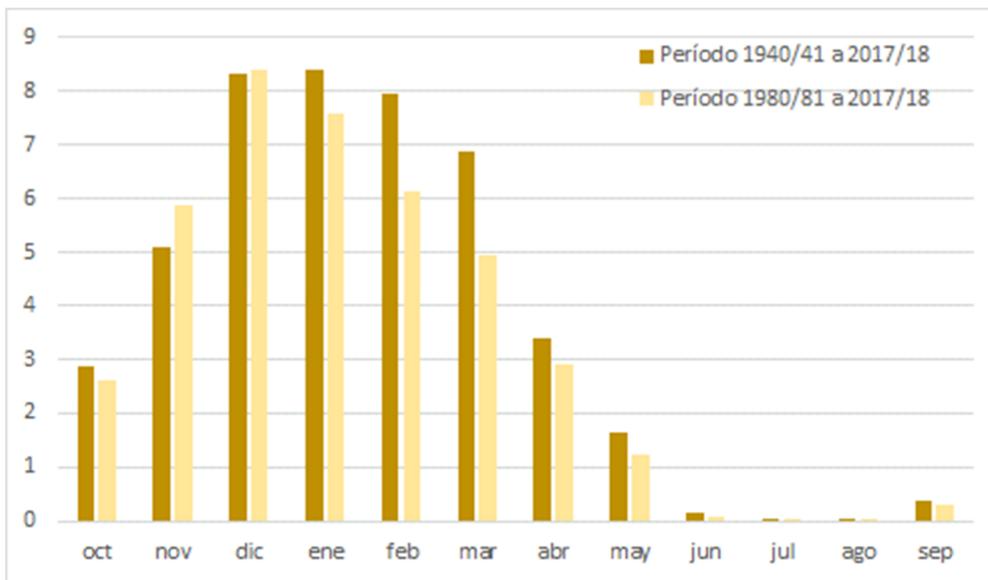


Figura nº 24. Distribución mensual de la infiltración o recarga media (mm/mes) en la DHGB.

La Figura nº 25 y la Figura nº 26 muestran la distribución espacial de la infiltración media anual en el período 1940/41-2017/18 y 1980/81-2017/18, respectivamente.

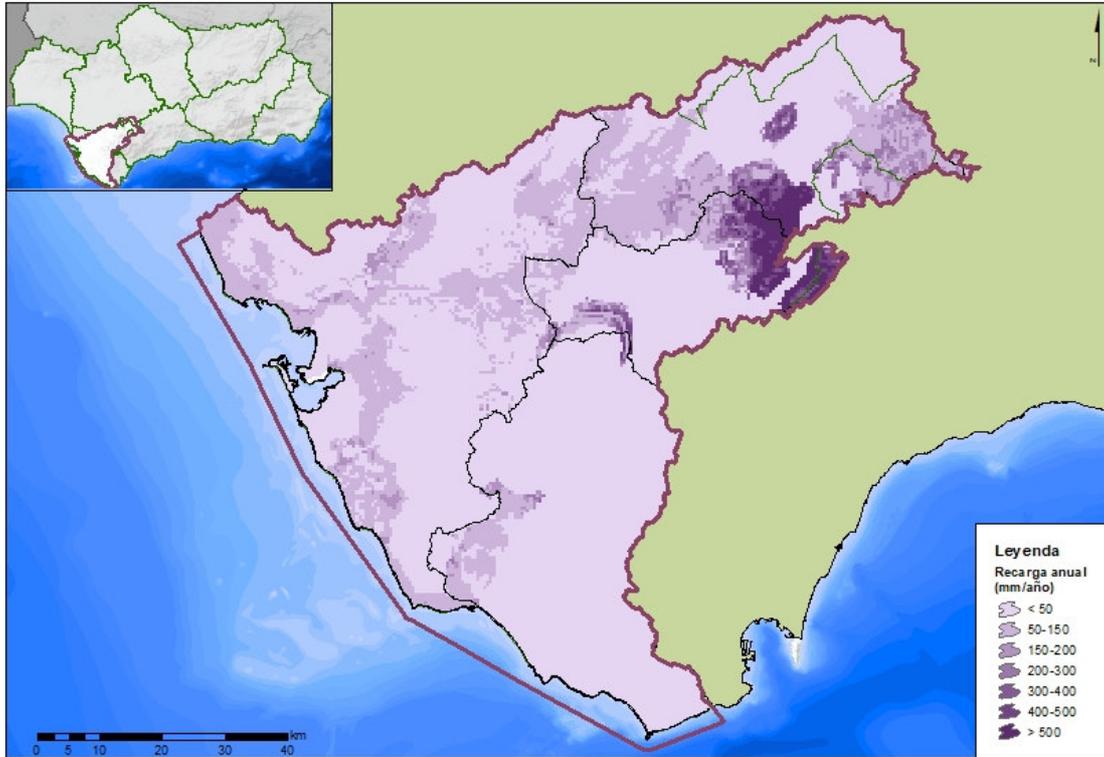


Figura nº 25. Distribución espacial de la infiltración media anual (mm/año). Período 1940/41-2017/18.

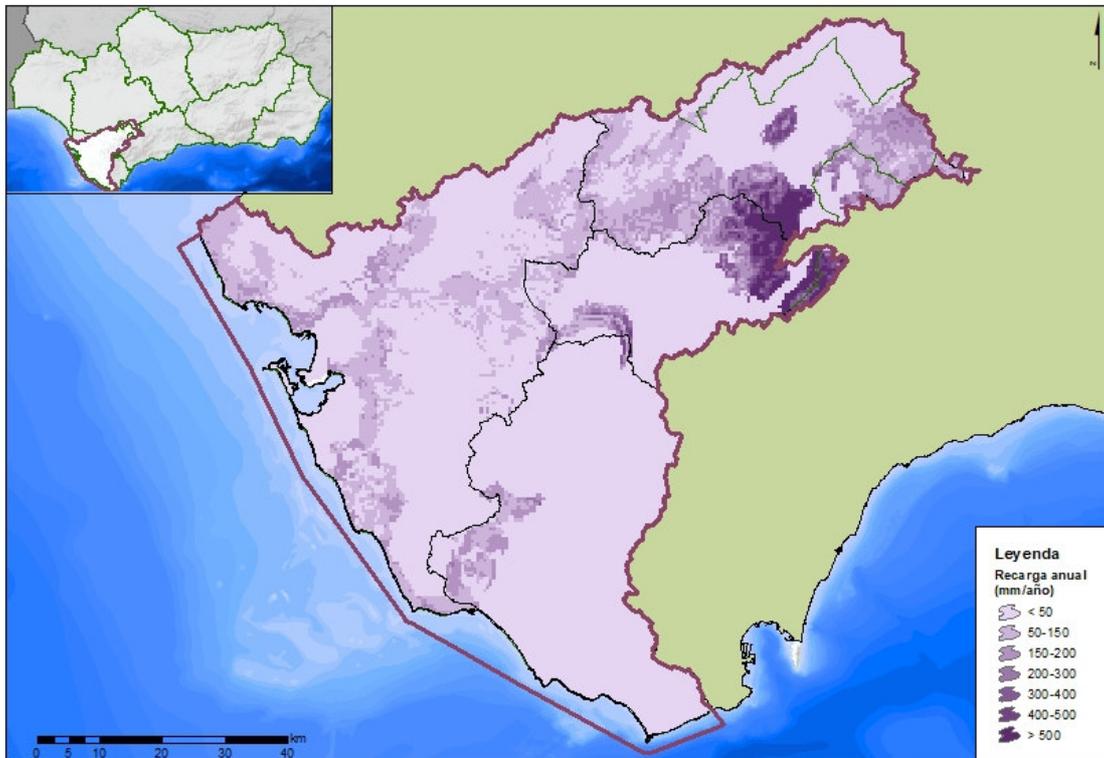


Figura nº 26. Distribución espacial de la infiltración media anual (mm/año). Período 1980/81-2017/18.

Las mayores infiltraciones se producen en las masas subterráneas de cabecera de los ríos Guadalporcún, Guadalete y Majaceite.

La Figura nº 27 recoge los datos de infiltración por masa de agua subterránea. La masa Sierra de Líbar es la que mayor infiltración presenta con valores medios superiores a los 500 mm/año en el periodo largo y, por el contrario, es el Aluvial de Guadalete, la que presenta valores más bajos, no llegando a los 55 mm/año en el mismo periodo de datos.

Los resultados facilitados por el SIMPA se han considerado representativos de las condiciones reales para todas las masas de agua subterránea.

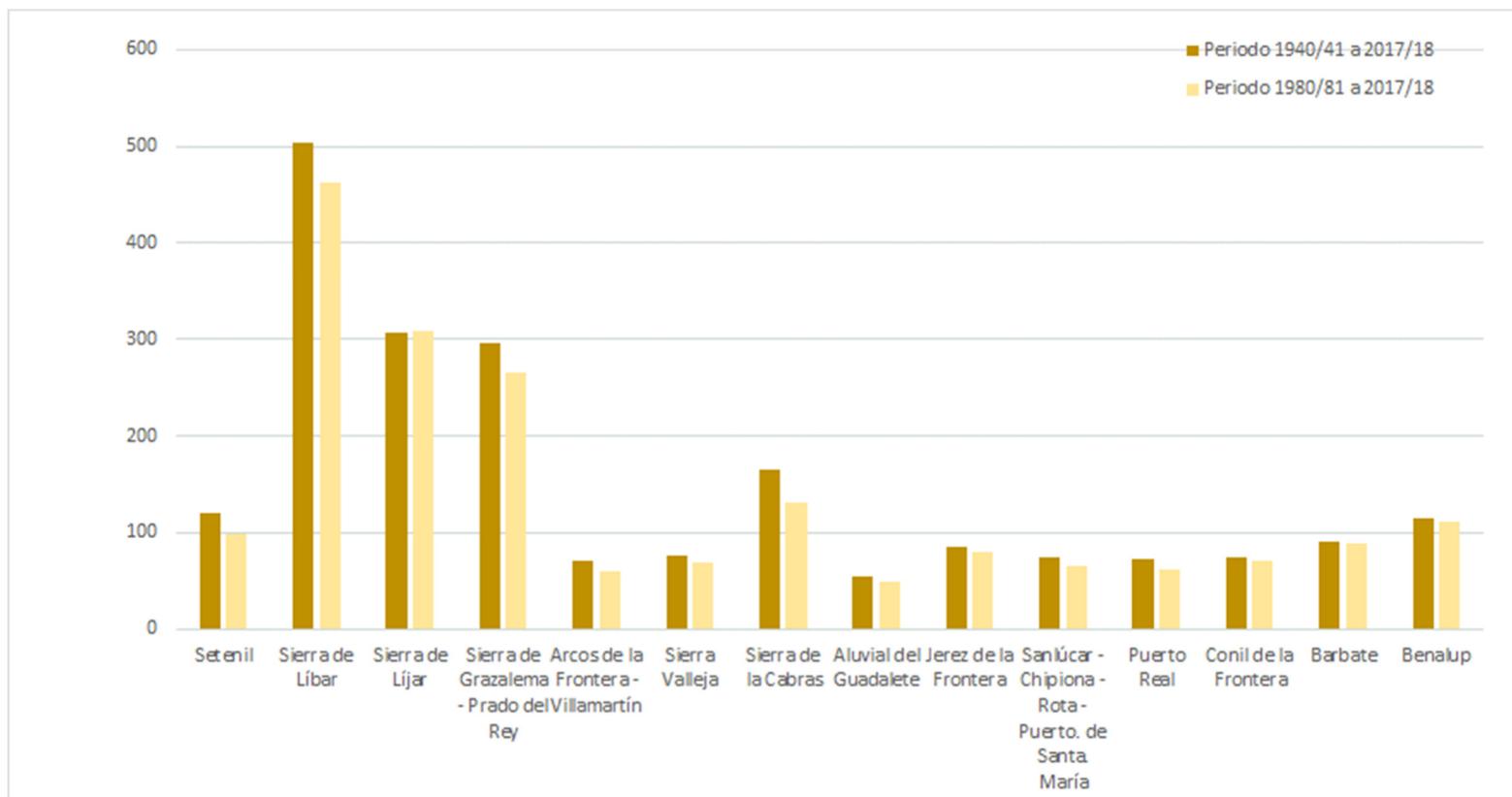


Figura nº 27. Comparativa de la infiltración media anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18 en las masas de agua subterránea de la DHGB

4.2.2.4.2 ESCORRENTÍA

La escorrentía es la lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros de agua de lluvia extendida y escurrida superficial y subterráneamente. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo-cobertura vegetal.

La escorrentía total obtenida a partir de los resultados del SIMPA para el periodo histórico es de 184 mm/año (1.097 hm³) en el conjunto de la demarcación, con valores máximos de 618 mm/año y mínimos de 19 mm/año. En el caso del periodo más reciente la media anual es algo inferior, 164 mm/año (978 hm³), alcanzando máximos de 545 mm y manteniéndose el valor máximo.

La Figura nº 28 muestra la serie de escorrentía total anual para el período 1940/41-2017/18 para el conjunto de la demarcación.

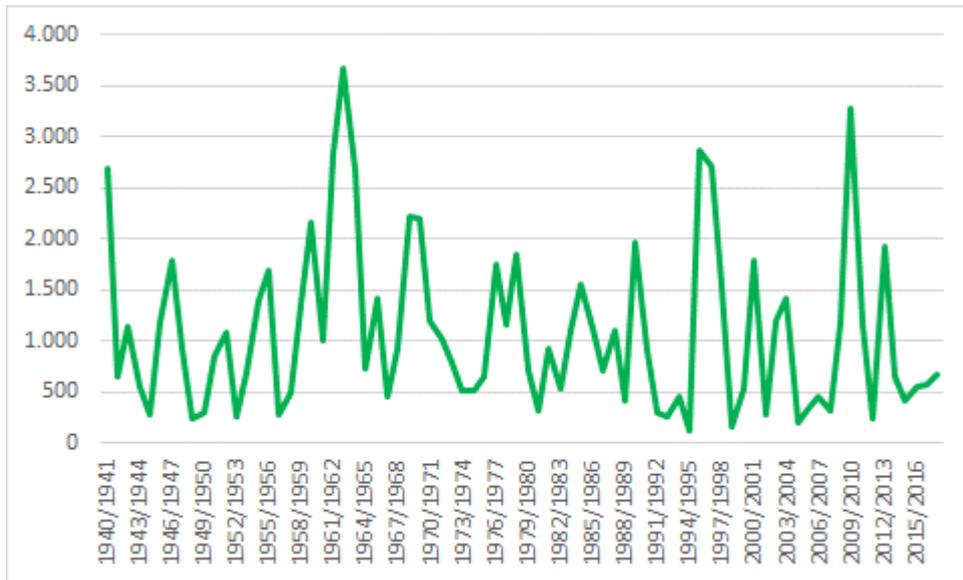


Figura nº 28. Serie de escorrentía total anual (hm^3) en la DHGB. Período 1940/41-2017/18.

La Figura nº 29 muestra que los valores más elevados se dan desde el mes de diciembre hasta el mes de marzo, mientras que los mínimos se producen de junio a septiembre.

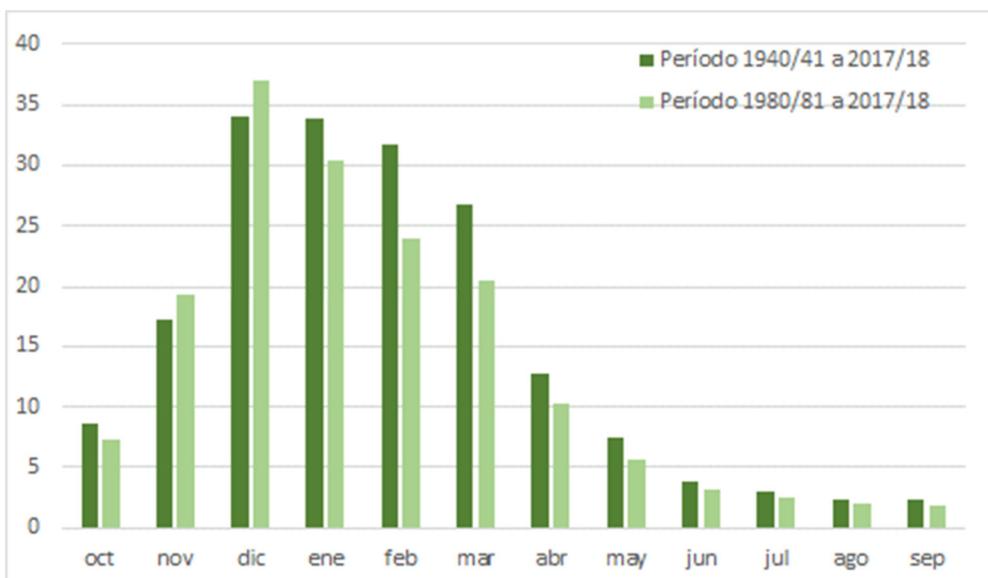


Figura nº 29. Distribución mensual de la escorrentía total (mm/mes) en la DHGB.

La Figura nº 30 y la Figura nº 31 muestran la distribución espacial de la escorrentía total anual en el período 1940/41-2017/18 y 1980/81-2017/18, respectivamente.

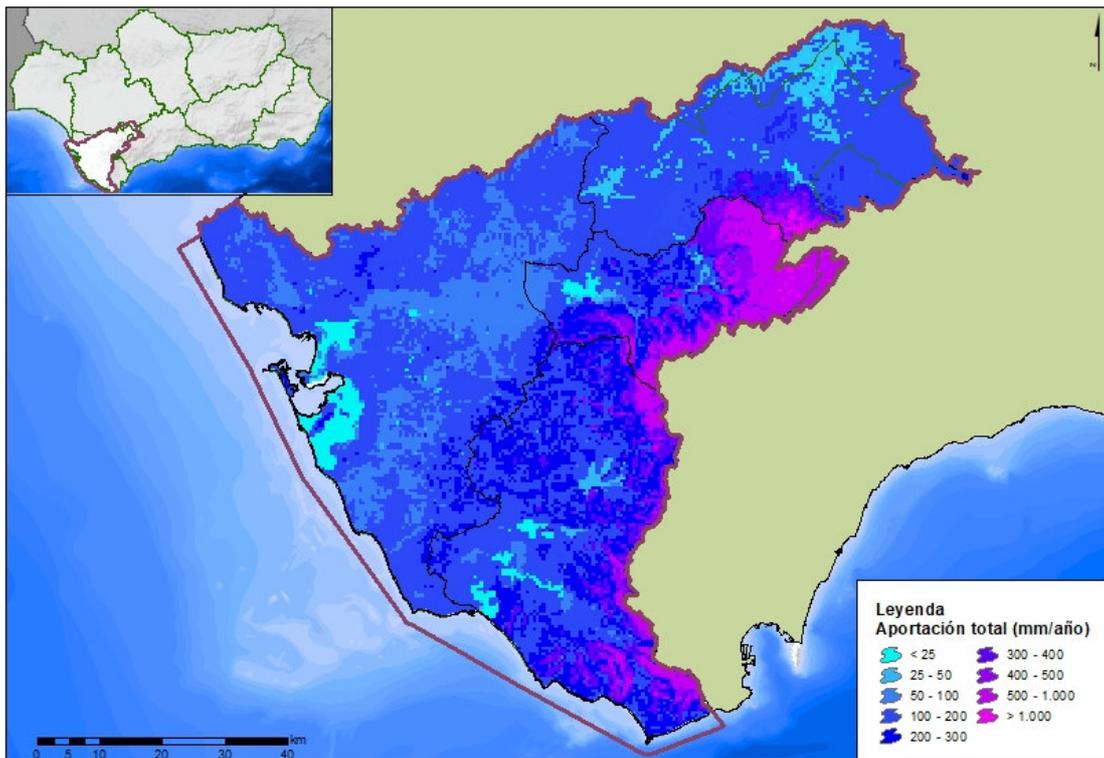


Figura nº 30. Distribución espacial de la escorrentía total anual (mm/año). Período 1940/41 - 2017/18.

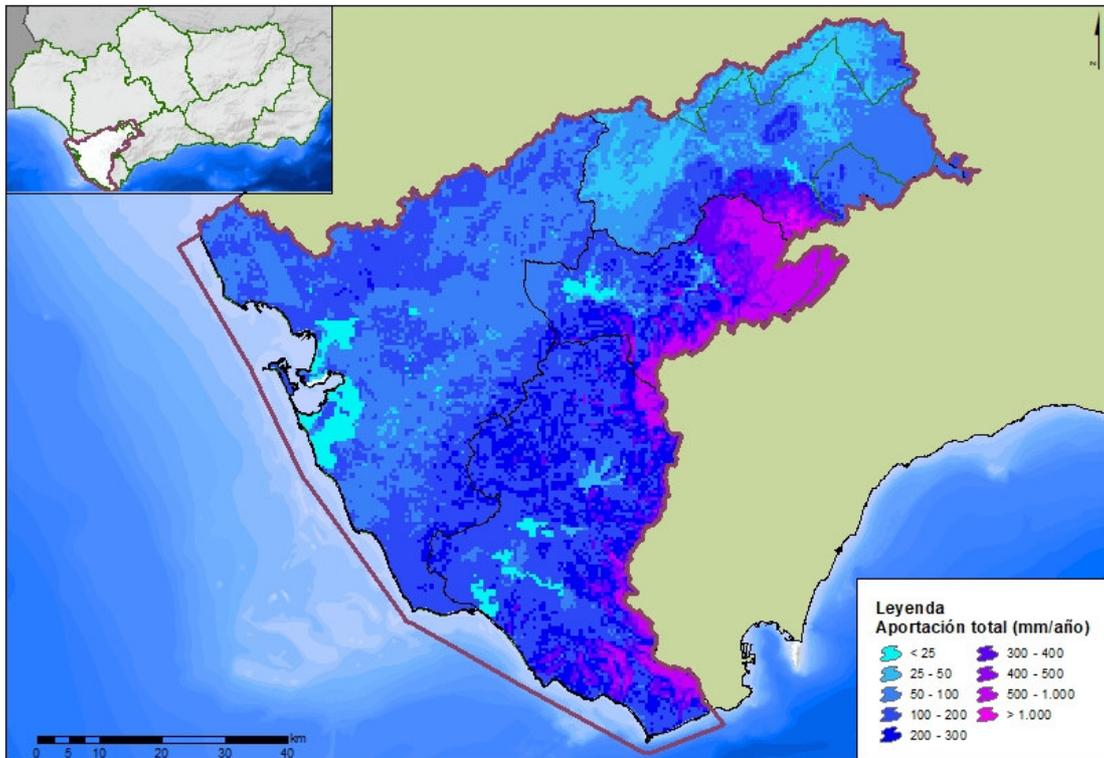


Figura nº 31. Distribución espacial de la escorrentía total anual (mm/año). Período 1980/81 - 2017/18.

A nivel de zonas, la Figura nº 32 muestran como la escorrentía se reduce al avanzar hacia el oeste, alcanzando los máximos en la zona de Majaceite, con 364 mm en el periodo 1980/81 – 2017/18, mientras que en la zona del Bajo Guadalete para el mismo periodo de tiempo los valores rondan los 100 mm.

En general, en el periodo más actual se puede apreciar una reducción leve de la escorrentía total, con un valor de reducción medio del 10%.

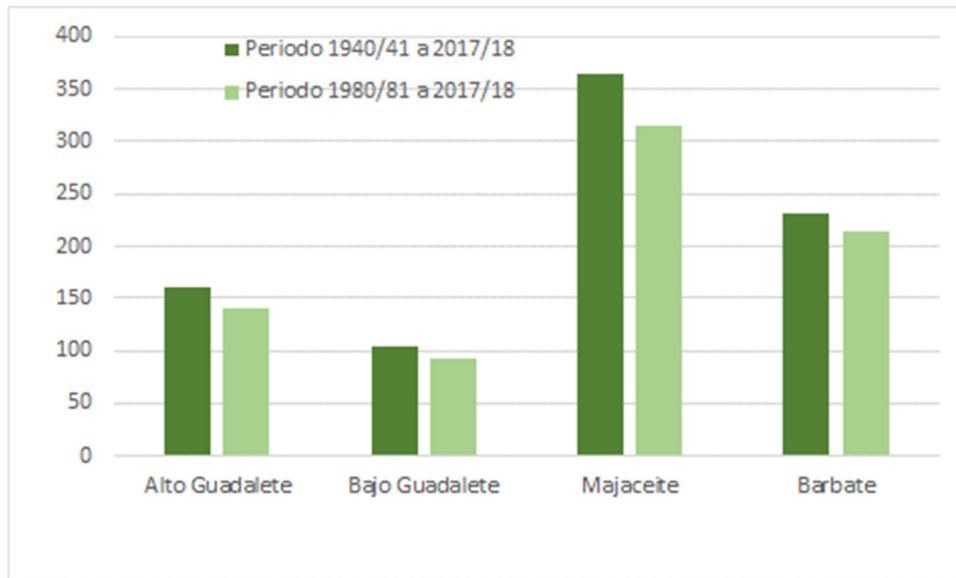


Figura nº 32. Comparativa de la escorrentía total anual (mm) de los periodos 1940/41 a 2017/18 y 1980/81 a 2017/18

4.3 ESTADÍSTICOS DE LAS SERIES HIDROLÓGICAS

En el presente apartado se recogen, de forma sintética, las principales características estadísticas de las series de variables hidrológicas en los sistemas de explotación, así como en el conjunto de la demarcación hidrográfica, tanto para la serie histórica 1940/41-2017/18 como para la serie comprendida entre los años 1980/81-2017/18. En todos los casos los valores son los estimados a partir de las series derivadas del SIMPA.

Para las series de precipitaciones y aportaciones anuales se han estimado los valores mínimo, medio y máximo, los coeficientes de variación y de sesgo y el primer coeficiente de autocorrelación. Asimismo, y con objeto de conocer la distribución intraanual de los principales flujos, se han indicado los valores medios de precipitación, evapotranspiración potencial y real, recarga a los

acuíferos y escorrentía total para cada mes del año en cada sistema de explotación y en el conjunto de la demarcación.

4.3.1 SERIES ANUALES

La Tabla nº 2 y la Tabla nº 3, muestran los estadísticos de las series de **precipitación** (mm/año) de la demarcación, según la zonificación propuesta.

Ámbito	Media	Máximo	Mínimo	Desv. típica	Coef. variación	Coef. sesgo
DHGB	674,16	1.255,40	313,12	198,39	0,29	0,58
Alto Guadalete	530,56	976,44	237,26	159,99	0,30	0,46
Bajo Guadalete	563,83	1.023,44	251,92	163,82	0,29	0,52
Majaceite	943,06	1.704,96	425,35	298,30	0,32	0,42
Barbate	672,86	1.144,55	296,19	194,89	0,29	0,23

Tabla nº 2. Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm/año)². Serie 1940/41-2017/18

Ámbito	Media	Máximo	Mínimo	Desv. típica	Coef. variación	Coef. sesgo
DHGB	641,61	1.154,87	313,12	193,52	0,30	0,60
Alto Guadalete	502,87	891,41	237,26	152,67	0,30	0,50
Bajo Guadalete	537,79	956,26	251,92	163,36	0,30	0,55
Majaceite	883,96	1.555,11	425,35	282,43	0,32	0,54
Barbate	663,75	1.144,55	344,55	211,69	0,32	0,34

Tabla nº 3. Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm/año)². Serie 1980/81-2017/18

² El coeficiente de variación y el de sesgo son adimensionales.

Como se puede ver en las tablas anteriores, el valor medio de precipitación en la demarcación es de 674 y 642 mm para el periodo histórico y para el periodo reciente respectivamente. Los valores más elevados se dan en el sistema Majaceite para los valores medio, máximo y mínimo.

Los estadísticos de las series **escorrentía total** ($\text{hm}^3/\text{año}$), por ámbitos, se presentan en la Tabla nº 4 y la Tabla nº 5 y son los siguientes:

Ámbito	Media	Máximo	Mínimo	Desv. típica	Coef. variación	Coef. sesgo
DHGB	1.096,64	3.682,73	111,32	135,32	0,74	1,16
Alto Guadalete	217,96	673,85	34,52	108,01	0,67	0,99
Bajo Guadalete	235,60	934,59	8,66	95,28	0,92	1,5
Majaceite	279,73	755,05	42,22	227,78	0,62	0,77
Barbate	362,97	1.339,45	21,14	189,37	0,82	1,26

Tabla nº 4. Estadísticos básicos de las series anuales de escorrentía total ($\text{hm}^3/\text{año}$)². Serie 1940/41-2017/18

Ámbito	Media	Máximo	Mínimo	Desv. típica	Coef. variación	Coef. sesgo
DHGB	977,74	3.273,38	111,32	131,59	0,80	1,31
Alto Guadalete	190,39	595,84	34,52	102,11	0,73	1,14
Bajo Guadalete	210,71	855,19	8,66	94,96	1,02	1,75
Majaceite	242,22	665,72	42,22	213,37	0,68	0,95
Barbate	336,05	1.174,14	21,14	190,73	0,89	1,3

Tabla nº 5. Estadísticos básicos de las series anuales de escorrentía total ($\text{hm}^3/\text{año}$)². Serie 1980/2018

La esorrentía anual media en la demarcación es de 1.097 hm³/año en el periodo histórico y de 978 hm³/año en el periodo corto. Los coeficientes de variación y sesgo son mayores en el periodo corto para todos los ámbitos.

4.3.2 SERIES MENSUALES

En este apartado, se muestra la distribución mensual de los principales flujos, indicándose los valores medios de precipitación, evapotranspiración potencial y real, recarga a los acuíferos y esorrentía total para cada mes del año en cada zona y en el conjunto de la demarcación.

Estos datos se han estimado en cada una de las zonas consideradas, así como para la DHGB. Del mismo modo, se ha analizado tanto la serie temporal 1940/41-2017/18 como la 1980/81-2017/18.

4.3.2.1 DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALETE-BARBATE

En las Tabla nº 6, Tabla nº 7 y Figura nº 33 se muestran los valores mensuales de las principales variables hidrológicas en la DHGB.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. subt.	Esc. total
Oct	432,86	393,54	256,25	39,07	12,13	51,20
Nov	578,16	240,44	212,65	86,98	15,70	102,68
Dic	672,43	166,62	162,05	180,59	21,90	202,50
Ene	571,00	175,01	172,30	173,72	28,13	201,85
Feb	495,94	258,03	250,71	157,34	32,11	189,46
Mar	454,39	377,18	356,53	125,90	33,81	159,72
Abr	332,83	551,39	490,39	44,41	31,81	76,22
May	228,46	717,33	491,73	17,39	27,25	44,64

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. subt.	Esc. total
Jun	69,49	933,91	286,65	0,67	22,11	22,78
Jul	7,75	1.026,03	65,95	0,01	17,46	17,47
Ago	26,12	907,46	34,29	0,12	13,99	14,11
Sept	149,26	614,16	142,16	2,33	11,69	14,03
Año	4.018,69	6.361,09	2.921,65	828,53	268,11	1.096,64

**Tabla nº 6. Promedios mensuales (hm³) de las principales variables hidrológicas.
Serie 1940/41-2017/18**

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. subt.	Esc. total
Oct	440,56	395,58	273,44	33,32	10,40	43,71
Nov	631,39	241,62	216,86	100,61	14,79	115,39
Dic	660,16	168,95	164,72	199,01	21,75	220,76
Ene	511,98	179,78	175,06	153,35	27,39	180,75
Feb	427,39	261,56	250,03	113,33	29,57	142,89
Mar	372,47	387,93	355,91	92,73	29,37	122,11
Abr	335,61	554,56	480,99	33,94	27,05	60,98
May	204,59	721,64	457,24	10,79	23,11	33,90
Jun	50,38	948,33	237,81	0,46	18,67	19,13
Jul	5,77	1.030,21	48,86	0,00	14,74	14,74
Ago	27,24	908,75	32,63	0,18	11,83	12,01
Sept	157,12	614,53	153,01	1,46	9,89	11,36
Año	3.824,65	6.413,42	2.846,54	739,17	238,56	977,74

**Tabla nº 7. Promedios mensuales (hm³) de las principales variables hidrológicas.
Serie 1980/41-2017/18**

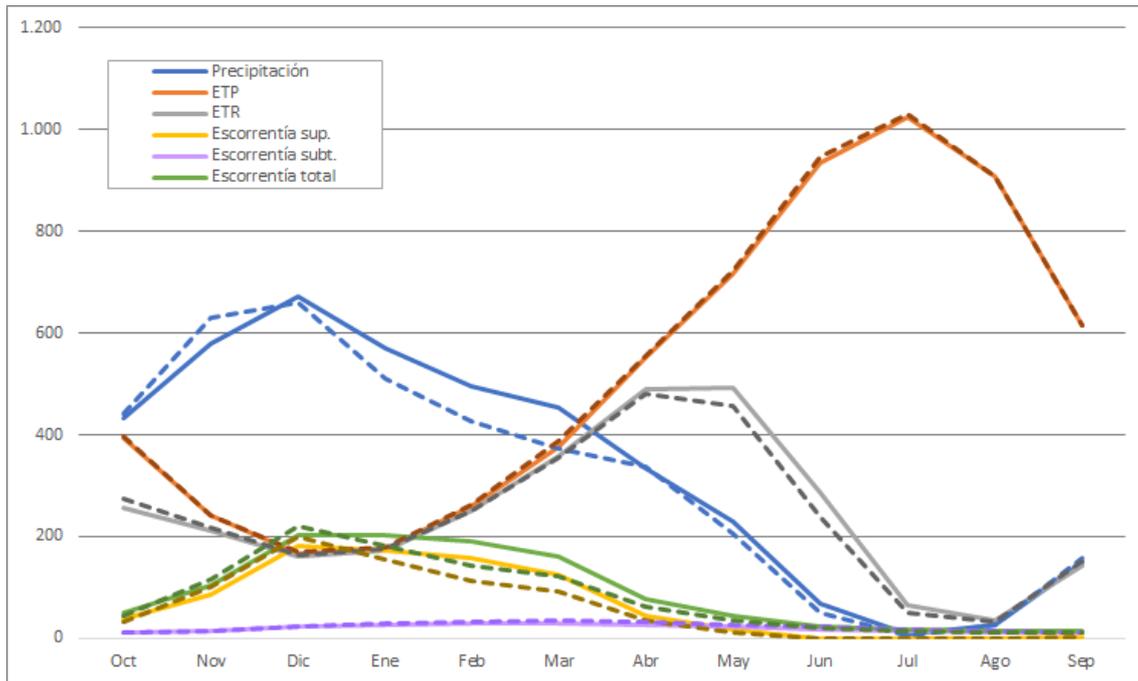


Figura nº 33. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas en DHGB (hm³/mes). Serie 1940/41-2017/18 (en continuo) y serie 1980/81-2017/18 (en discontinuo)

4.3.2.2 ALTO GUADALETE

En las Tabla nº 8, Tabla nº 9 y Figura nº 34 se muestran los valores mensuales de las principales variables hidrológicas en del Alto Guadalete.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. sub.	Esc. total
Oct	73,22	67,19	44,27	4,94	4,11	9,05
Nov	94,38	40,72	35,57	11,50	5,01	16,51
Dic	116,60	26,18	25,33	28,30	6,65	34,95
Ene	100,02	27,94	27,47	27,31	8,45	35,76
Feb	91,29	42,31	41,19	27,59	9,75	37,34
Mar	84,75	63,63	60,31	21,77	10,45	32,22
Abr	63,82	96,74	86,05	7,50	10,11	17,61
May	45,91	123,55	87,91	3,01	8,92	11,93

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. subt.	Esc. total
Jun	14,39	171,56	54,78	0,11	7,37	7,48
Jul	1,81	190,84	10,75	0,00	5,89	5,89
Ago	5,51	166,25	6,35	0,01	4,77	4,78
Sept	28,28	112,95	26,71	0,39	4,04	4,43
Año	719,98	1.129,84	506,69	132,45	85,52	217,96

Tabla nº 8. Promedios mensuales (hm³) para el Alto Guadalete. Serie 1940/41-2017/18

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. subt.	Esc. total
Oct	75,03	68,29	47,38	4,31	3,52	7,83
Nov	105,51	41,22	36,79	14,46	4,67	19,13
Dic	111,44	26,88	25,88	29,70	6,45	36,15
Ene	89,05	28,90	28,15	22,54	8,04	30,58
Feb	77,28	43,05	41,49	18,90	8,90	27,80
Mar	69,67	66,09	61,29	16,90	9,08	25,97
Abr	64,79	97,90	85,45	6,03	8,61	14,64
May	42,18	124,48	82,86	1,84	7,58	9,42
Jun	10,11	175,88	45,54	0,05	6,23	6,28
Jul	1,15	194,05	6,72	0,00	4,96	4,96
Ago	6,29	168,08	6,63	0,02	4,01	4,03
Sept	29,88	114,05	29,08	0,19	3,40	3,59
Año	682,40	1.148,88	497,27	114,94	75,45	190,39

Tabla nº 9. Promedios mensuales (hm³) para el Alto Guadalete. Serie 1980/81-2017/18

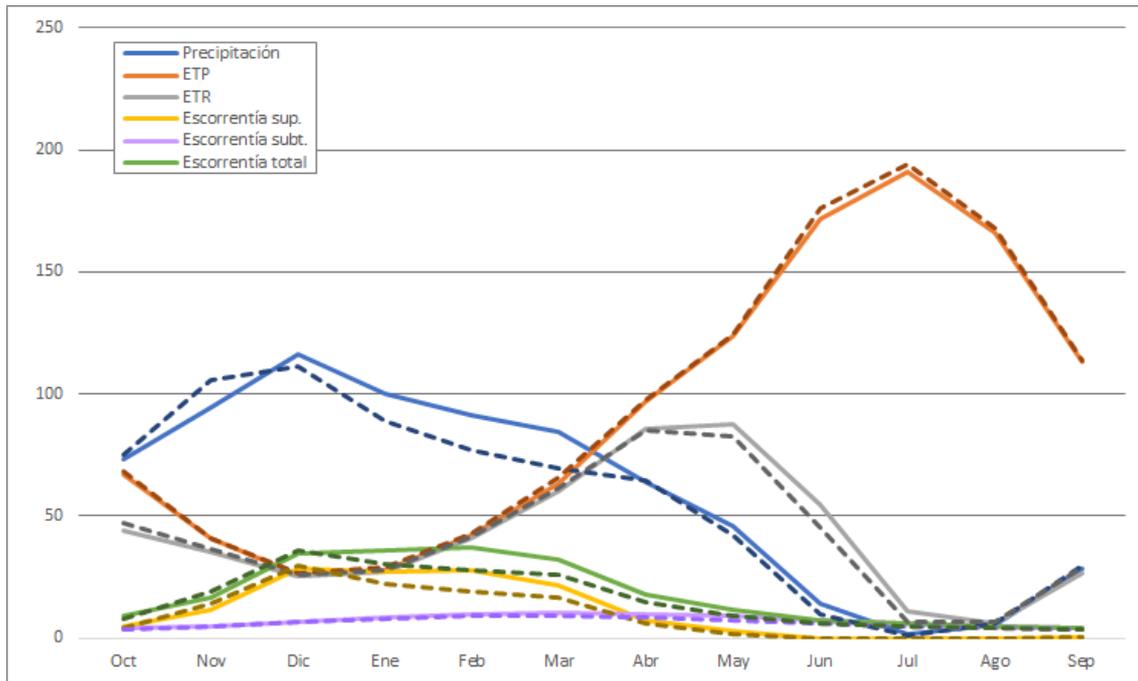


Figura nº 34. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas en Alto Guadalete (hm³/mes). Serie 1940/41-2017/18 (en continuo) y serie 1980/81-2017/18 (en discontinuo)

4.3.2.3 BAJO GUADALETE

En las Tabla nº 10, Tabla nº 11 y Figura nº 35 se muestran los valores mensuales de las principales variables hidrológicas en la zona del Bajo Guadalete.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. sub.	Esc. total
Oct	149,66	156,51	97,04	10,37	2,77	13,14
Nov	194,14	95,59	83,12	21,56	3,71	25,27
Dic	210,01	66,40	64,20	39,86	5,34	45,20
Ene	176,89	69,88	68,32	37,47	6,91	44,38
Feb	149,07	102,45	98,24	30,04	7,80	37,84
Mar	139,87	149,87	138,10	24,42	8,03	32,44
Abr	102,31	218,53	184,94	6,71	7,28	13,99

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. subt.	Esc. total
May	72,73	288,53	172,59	2,51	5,96	8,46
Jun	21,46	362,16	70,83	0,04	4,74	4,78
Jul	2,83	397,34	7,48	0,00	3,79	3,79
Ago	9,10	349,58	9,20	0,03	3,11	3,14
Sept	49,59	239,22	48,13	0,52	2,64	3,16
Año	1.277,64	2.496,07	1.042,18	173,53	62,07	235,60

Tabla nº 10. Promedios mensuales (hm³) para el Bajo Guadalete. Serie 1940/41-2017/18

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. subt.	Esc. total
Oct	150,34	157,44	103,59	7,95	2,29	10,25
Nov	211,10	96,24	85,27	24,14	3,41	27,55
Dic	207,07	67,54	65,44	45,77	5,39	51,16
Ene	158,38	72,06	69,18	34,32	6,95	41,28
Feb	129,38	104,49	97,67	20,31	7,28	27,58
Mar	114,27	155,39	136,40	16,78	6,95	23,72
Abr	103,47	220,24	178,65	4,43	6,10	10,53
May	66,39	292,23	155,50	1,46	4,94	6,40
Jun	15,42	368,33	51,55	0,04	3,93	3,97
Jul	2,21	398,71	4,16	0,00	3,16	3,16
Ago	8,26	349,41	8,29	0,02	2,60	2,62
Sept	52,35	240,00	51,77	0,28	2,21	2,48
Año	1.218,64	2.522,08	1.007,48	155,49	55,21	210,71

Tabla nº 11. Promedios mensuales (hm³) para el Bajo Guadalete. Serie 1980/81-2017/18

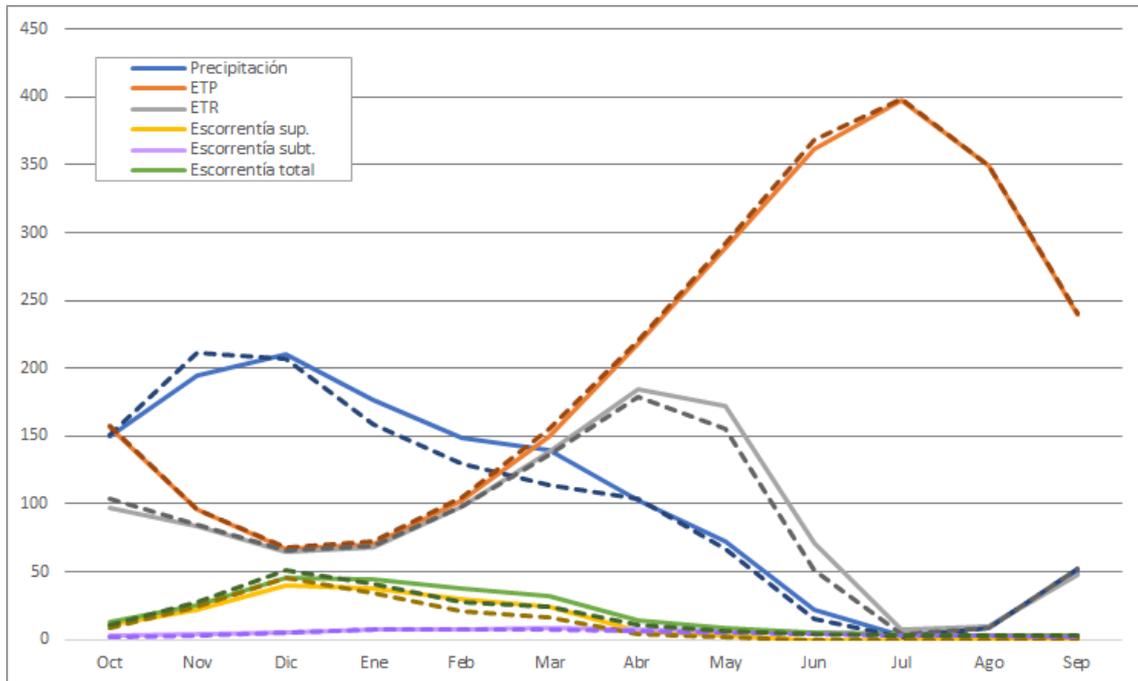


Figura nº 35. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas en Bajo Guadalete (hm³/mes). Serie 1940/41-2017/18 (en continuo) y serie 1980/81-2017/18 (en discontinuo)

4.3.2.4 MAJACEITE

En las Tabla nº 12, Tabla nº 13 y Figura nº 36 se muestran los valores mensuales de las principales variables hidrológicas en la zona de Majaceite.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. subt.	Esc. total
Oct	74,78	50,23	35,93	7,97	4,08	12,05
Nov	96,96	30,76	27,96	17,07	5,08	22,15
Dic	119,60	20,82	20,27	38,76	6,95	45,71
Ene	102,31	21,31	21,00	38,30	9,01	47,30
Feb	90,77	32,00	31,30	36,13	10,51	46,64
Mar	85,62	47,29	45,28	30,70	11,36	42,06
Abr	63,28	70,96	65,28	12,33	11,13	23,46
May	43,16	91,12	72,56	5,72	9,93	15,65

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. sub.	Esc. total
Jun	13,82	123,15	60,64	0,28	8,20	8,48
Jul	1,52	137,58	23,73	0,00	6,44	6,45
Ago	4,55	122,18	9,10	0,02	5,06	5,08
Sept	26,96	81,67	24,50	0,58	4,11	4,69
Año	723,33	829,07	437,57	187,87	91,86	279,73

Tabla nº 12. Promedios mensuales (hm³) para el Majaceite. Serie 1940/41-2017/18

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. sub.	Esc. total
Oct	74,93	51,11	38,39	6,35	3,54	9,89
Nov	107,57	31,24	28,75	20,34	4,79	25,13
Dic	115,48	21,29	20,80	40,51	6,77	47,29
Ene	90,64	22,20	21,79	32,01	8,57	40,58
Feb	76,06	32,91	31,94	25,64	9,64	35,29
Mar	67,83	49,19	46,22	21,84	9,95	31,79
Abr	62,61	71,85	65,33	9,34	9,57	18,91
May	39,20	91,89	69,72	3,83	8,56	12,39
Jun	10,01	126,15	53,66	0,16	7,03	7,20
Jul	1,04	139,25	18,65	0,00	5,52	5,52
Ago	5,12	123,37	8,13	0,04	4,34	4,39
Sept	27,50	82,15	25,97	0,33	3,53	3,86
Año	678,00	842,59	429,35	160,40	81,82	242,22

Tabla nº 13. Promedios mensuales (hm³) para el Majaceite. Serie 1980/81-2017/18

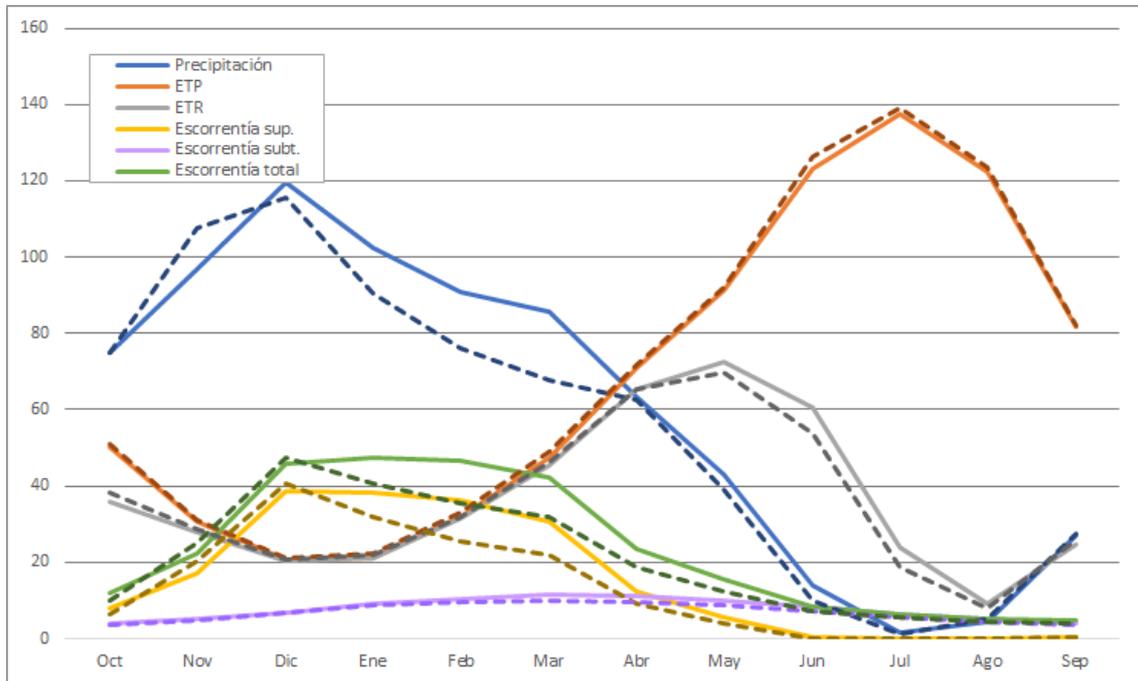


Figura nº 36. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas en Majaceite (hm³/mes). Serie 1940/41-2017/18 (en continuo) y serie 1980/81-2017/18 (en discontinuo)

4.3.2.5 BARBATE

En las Tabla nº 14, Tabla nº 15 y Figura nº 37 se muestran los valores mensuales de las principales variables hidrológicas en la zona de Barbate.

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. subt.	Esc. total
Oct	128,61	120,47	79,62	16,91	0,38	17,29
Nov	141,65	74,04	66,87	39,33	0,99	40,32
Dic	166,10	54,59	53,67	77,15	1,85	79,00
Ene	143,09	57,14	56,80	73,98	2,35	76,33
Feb	118,71	82,65	81,39	65,62	2,39	68,01
Mar	115,66	117,61	114,21	50,67	2,15	52,82
Abr	98,65	165,29	154,92	18,62	1,46	20,08
May	65,88	215,00	159,52	6,38	0,78	7,16

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. subt.	Esc. total
Jun	24,03	274,44	101,03	0,25	0,37	0,63
Jul	3,85	296,32	25,24	0,00	0,19	0,19
Ago	8,15	267,19	9,67	0,05	0,12	0,17
Sept	42,66	178,43	42,48	0,88	0,10	0,97
Año	1.057,06	1.903,17	945,40	349,84	13,12	362,97

Tabla nº 14. Promedios mensuales (hm³) para el Barbate. Serie 1940/41-2017/18

Mes	Precipitación	ETP	ETR	Esc. sup	Esc. subt.	Esc. total
Oct	137,78	119,24	84,65	15,73	0,36	16,09
Nov	156,45	73,44	66,66	44,07	1,09	45,17
Dic	176,91	54,44	53,96	87,46	2,09	89,55
Ene	125,91	57,78	57,15	68,08	2,53	70,61
Feb	100,62	82,38	80,14	50,50	2,25	52,74
Mar	95,51	118,10	112,96	38,19	1,82	40,01
Abr	104,16	164,38	152,06	14,65	1,20	15,85
May	66,30	213,65	149,79	3,81	0,61	4,42
Jun	19,72	274,50	87,99	0,23	0,28	0,51
Jul	4,59	293,16	20,87	0,00	0,14	0,14
Ago	9,86	264,94	9,39	0,09	0,09	0,18
Sept	44,93	175,92	45,71	0,71	0,07	0,79
Año	1.042,75	1.891,92	921,33	323,54	12,51	336,05

Tabla nº 15. Promedios mensuales (hm³) para el Barbate. Serie 1980/81-2017/18

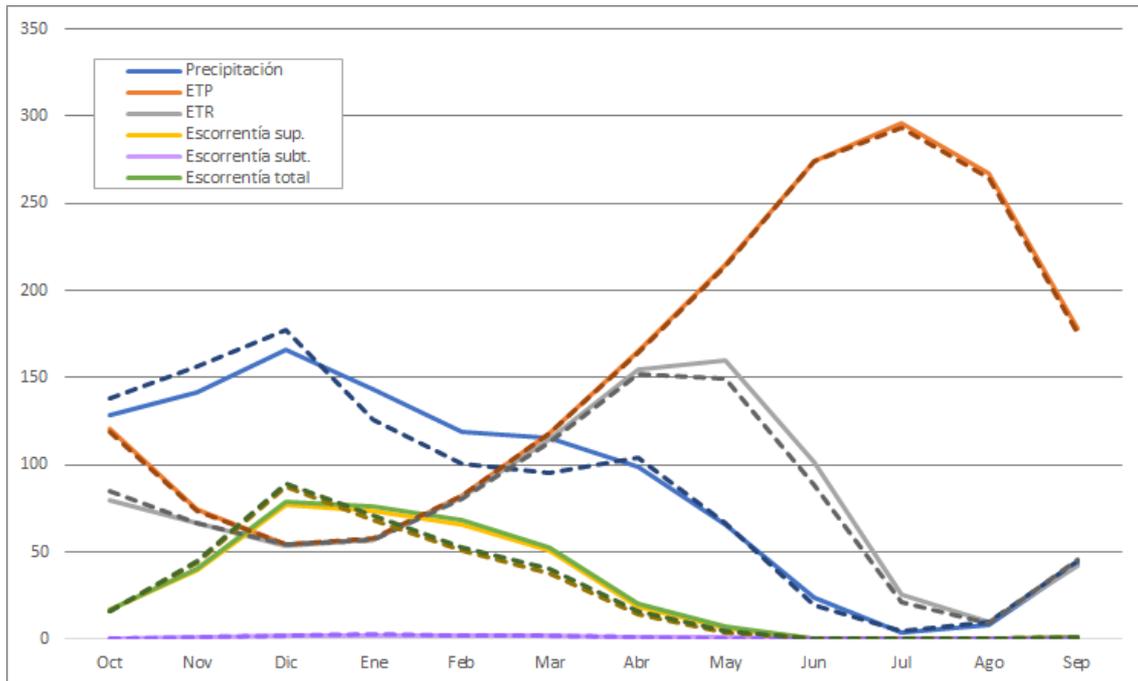


Figura nº 37. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas en Barbate (hm³/mes). Serie 1940/41-2017/18 (en continuo) y serie 1980/81-2017/18 (en discontinuo)

4.3.3 APORTACIONES POR MASA DE AGUA SUPERFICIAL

Para cada una de las masas de agua superficial de la demarcación se han obtenido series de aportaciones acumuladas en régimen natural a partir de los datos de aportación acumulada calculados por el modelo SIMPA con las correcciones expuestas en el apartado 4.2.1.

La Figura nº 38 muestra la localización de los puntos de la red hidrográfica en los que se han obtenido las citadas series de aportaciones.

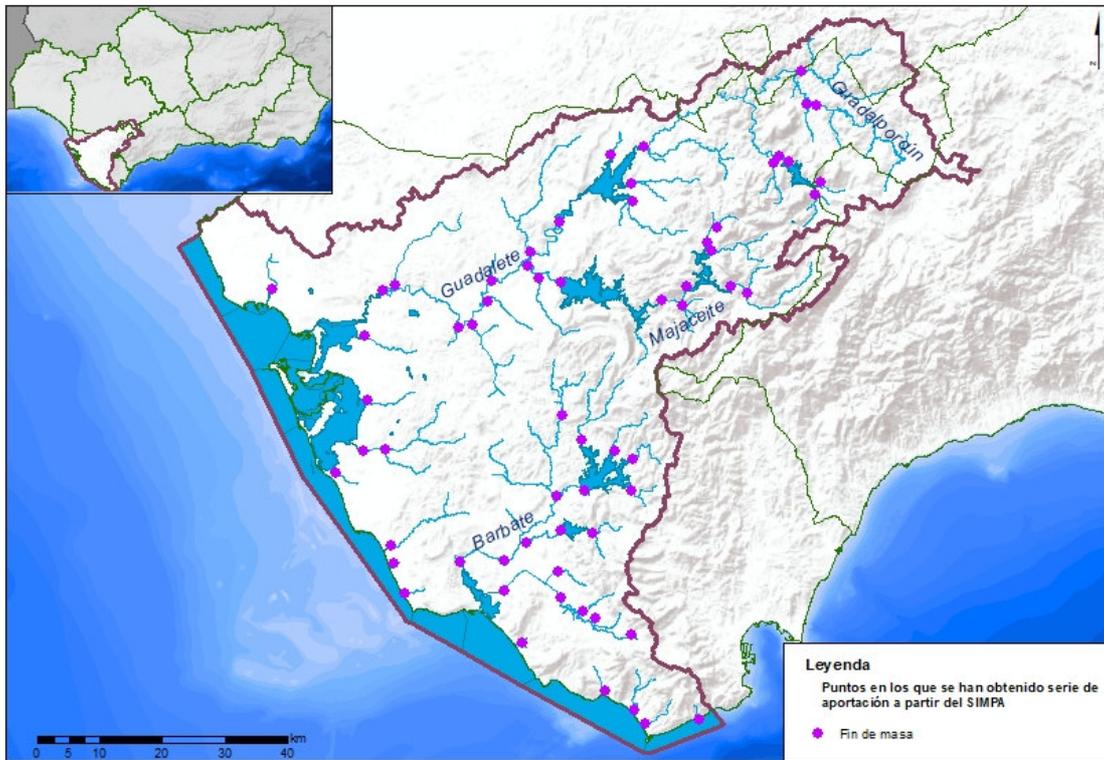


Figura nº 38. Localización de los puntos en los que se han obtenido series de aportación a partir del SIMPA

La Tabla nº 16 recoge los valores medios, máximos y mínimos de aportación en cada una de las masas de agua superficial de la categoría río definidas y para los dos periodos considerados (1940/41-2017/18 y 1980/81-2017/18).

Masa de agua	Serie 1940/41-2017/18			Serie 1980/81-2017/18		
	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo
ES063MSPF000117970	38,31	128,32	9,82	31,91	95,40	9,82
ES063MSPF000117960	7,59	23,28	1,05	7,07	22,84	1,05
ES063MSPF000117950	20,25	75,68	1,03	18,26	75,68	1,03
ES063MSPF000119390	38,05	90,61	5,61	32,42	74,17	5,61
ES063MSPF000119380	9,63	27,25	1,38	8,02	22,70	1,38
ES063MSPF000206130	66,85	164,79	12,02	57,03	139,92	12,02
ES063MSPF005200350	67,50	167,35	12,03	57,57	142,13	12,03

Masa de agua	Serie 1940/41-2017/18			Serie 1980/81-2017/18		
	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo
ES063MSPF000119360	11,93	29,79	2,26	10,37	27,64	2,26
ES063MSPF000117100	191,63	577,72	31,81	167,09	513,11	31,81
ES063MSPF000117110	11,35	31,07	2,57	9,91	26,43	2,57
ES063MSPF000117120	12,61	37,79	2,32	10,94	30,96	2,32
ES063MSPF000116520	3,82	15,14	0,05	3,19	13,69	0,05
ES063MSPF000208810	229,51	698,81	37,28	199,71	614,99	37,28
ES063MSPF000119410	68,34	155,54	15,26	60,95	145,39	15,26
ES063MSPF005200240	86,83	199,92	19,56	77,07	184,25	19,56
ES063MSPF000119400	35,68	82,92	7,74	31,70	77,48	7,74
ES063MSPF000119370	16,00	38,84	3,44	14,72	38,84	3,44
ES063MSPF000117180	23,41	55,15	5,33	21,35	55,15	5,33
ES063MSPF000206140	172,37	401,54	35,72	154,04	382,03	35,72
ES063MSPF000117200	18,07	57,32	0,52	16,24	51,90	0,52
ES063MSPF005200310	193,06	457,71	36,49	172,50	440,16	36,49
ES063MSPF000117220	16,32	51,15	1,46	14,10	40,96	1,46
ES063MSPF000206150	263,99	702,01	40,18	229,13	625,55	40,18
ES063MSPF005200320	8,58	32,88	0,54	6,44	21,89	0,54
ES063MSPF000117140	275,10	747,48	40,79	237,85	656,45	40,79
ES063MSPF000116510	21,76	98,99	0,27	18,18	86,51	0,27
ES063MSPF000116550	3,38	16,85	0,05	2,98	16,85	0,05
ES063MSPF000116570	3,35	14,34	0,21	2,66	9,38	0,21
ES063MSPF000116580	19,03	88,18	0,62	16,39	77,54	0,62
ES063MSPF000116590	4,33	21,12	0,02	3,65	16,07	0,02
ES063MSPF000116540	24,58	101,67	1,49	22,34	101,67	1,49
ES063MSPF000119040	604,18	1.882,19	81,47	524,53	1.610,24	81,47
ES063MSPF000119230	4,87	20,22	0,12	4,35	18,19	0,12

Masa de agua	Serie 1940/41-2017/18			Serie 1980/81-2017/18		
	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo
ES063MSPF000119240	5,34	22,08	0,27	4,30	19,49	0,27
ES063MSPF000117230	22,45	107,22	0,24	18,72	107,22	0,24
ES063MSPF000119250	23,34	111,65	0,28	19,46	111,65	0,28
ES063MSPF000119260	4,37	20,15	0,17	4,16	20,15	0,17
ES063MSPF000119220	11,39	41,88	0,26	10,07	40,20	0,26
ES063MSPF000119270	19,57	75,32	0,60	19,43	75,32	0,60
ES063MSPF000119280	1,64	6,61	0,03	1,75	6,61	0,03
ES063MSPF000119300	2,60	10,20	0,06	2,75	10,20	0,06
ES063MSPF005200231	25,59	97,09	1,55	23,51	88,17	1,55
ES063MSPF005200232	63,97	242,73	3,87	58,78	220,43	3,87
ES063MSPF000117240	30,34	125,88	1,40	25,99	92,59	1,40
ES063MSPF000119420	15,91	50,14	1,09	14,32	41,63	1,09
ES063MSPF000119430	16,38	56,95	0,74	14,13	44,65	0,74
ES063MSPF000119440	10,80	45,50	0,52	9,22	34,64	0,52
ES063MSPF000206160	95,63	377,36	4,62	84,04	281,61	4,62
ES063MSPF005200340	100,90	396,01	5,02	89,05	298,63	5,02
ES063MSPF000117260	19,49	79,46	1,07	17,96	65,63	1,07
ES063MSPF000206170	23,63	95,34	1,18	22,05	84,01	1,18
ES063MSPF005200330	26,90	108,21	1,23	25,31	98,90	1,23
ES063MSPF000117210	208,42	813,27	11,01	189,63	672,34	11,01
ES063MSPF000119070	217,81	844,75	11,16	198,95	706,90	11,16
ES063MSPF000206180	6,69	20,28	0,54	6,64	20,28	0,54
ES063MSPF005200360	5,74	19,40	0,43	5,64	19,40	0,43
ES063MSPF005200220	44,27	155,21	2,87	42,85	155,21	2,87
ES063MSPF000117280	12,18	41,64	0,83	11,51	38,08	0,83
ES063MSPF005200370	5,77	23,06	0,13	5,41	23,06	0,13

Masa de agua	Serie 1940/41-2017/18			Serie 1980/81-2017/18		
	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo
ES063MSPF000117270	5,94	21,34	0,28	5,68	19,58	0,28
ES063MSPF000119290	57,65	199,12	3,42	55,46	199,12	3,42
ES063MSPF000119310	8,64	31,85	0,36	7,96	30,82	0,36
ES063MSPF000119320	12,45	42,00	1,41	12,00	42,00	1,41
ES063MSPF000119330	20,76	63,55	2,07	19,78	60,88	2,07
ES063MSPF000119340	7,41	32,61	0,11	6,55	22,55	0,11
ES063MSPF000119350	5,79	22,64	0,18	5,63	21,18	0,18

Tabla nº 16. Estadísticos de las series de aportaciones (hm³) a las masas de agua superficial de la categoría río

En el Apéndice II.2 se recogen las series de aportaciones en régimen natural a cada una de las masas de agua de la categoría río de la demarcación.

Las series de aportaciones adoptadas para cada una de las masas de agua superficial de la demarcación se han contrastado con los caudales medidos por estaciones de aforo y son coherentes con dichas mediciones, tal como se describe en el epígrafe 4.2.1.

En la Figura nº 39 se compara la serie mensual existente de entradas al embalse de Barbate con la aportación estimada en ese mismo punto a partir del modelo SIMPA con las correcciones comentadas en el apartado 4.2.1. Como se puede comprobar, el modelo refleja bien el comportamiento de las entradas al embalse.

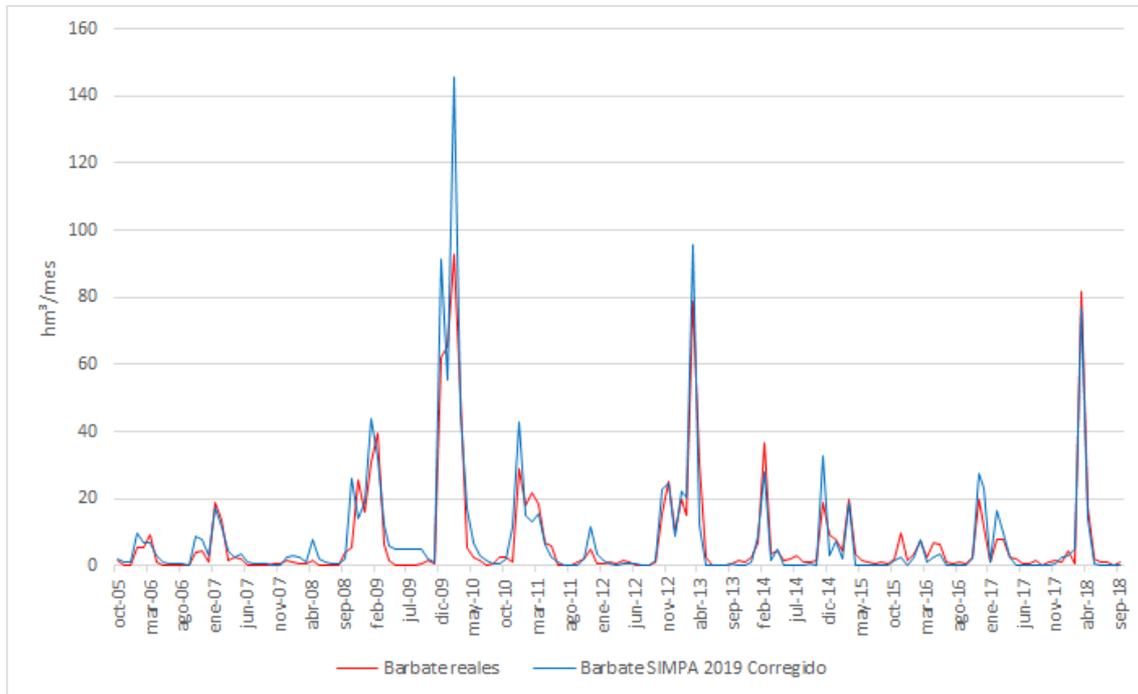


Figura nº 39. Evolución media mensual de los caudales reales de entrada al embalse de Barbate comparados con los resultados del modelo en ese mismo punto

En la Figura nº 40, se muestra la comparativa para el embalse de Hurones desde el año 2000 hasta el año 2018, teniendo en cuenta que, los valores medidos de entrada al embalse serían comparables con las aportaciones suministradas por el modelo SIMPA en régimen natural una vez realizadas las correcciones necesarias más lo trasvasado desde el Guadiaro-Majaceite, en funcionamiento desde 1994.

Hay que destacar, el buen comportamiento del modelo SIMPA a la hora de representar la variabilidad temporal de las aportaciones.

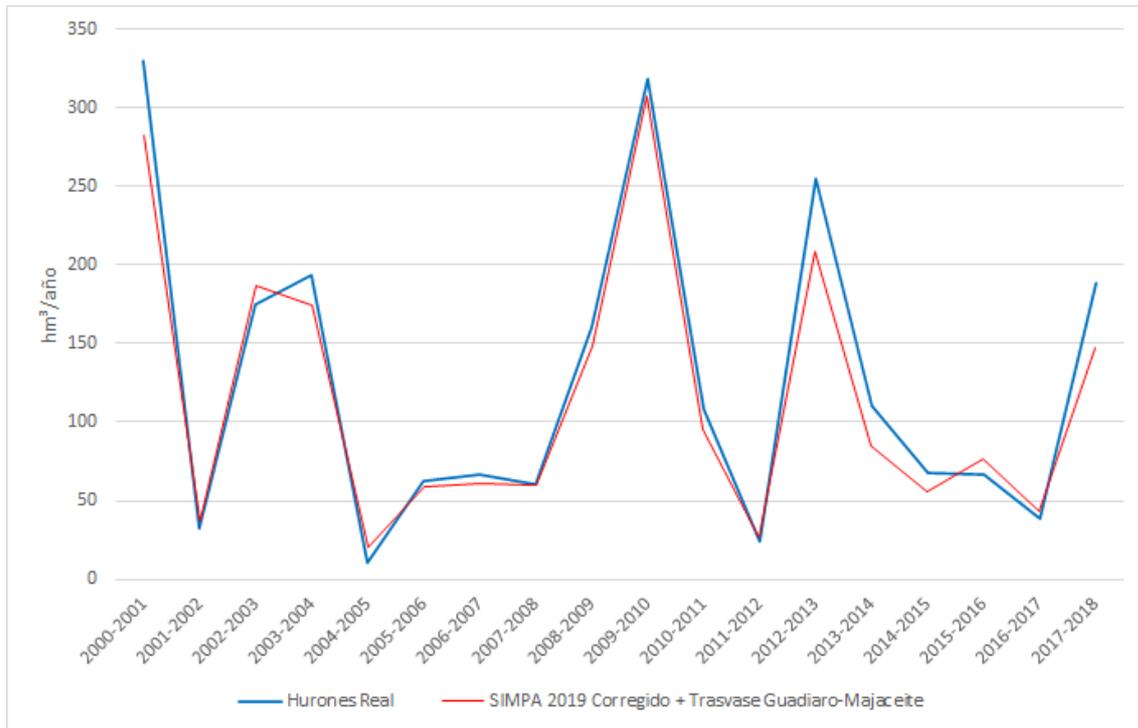


Figura nº 40. Evolución media anual de los caudales reales de entrada al embalse de Hurones comparados con los resultados del modelo en ese mismo punto

Finalmente, y de la misma manera que con las aportaciones, se ha realizado una comparativa entre los datos medidos en estaciones pluviométricas de la demarcación y los resultados del modelo SIMPA una vez aplicados los factores correctores.

En la Figura nº 41, se muestra un ejemplo del ajuste realizado y el buen comportamiento del modelo.

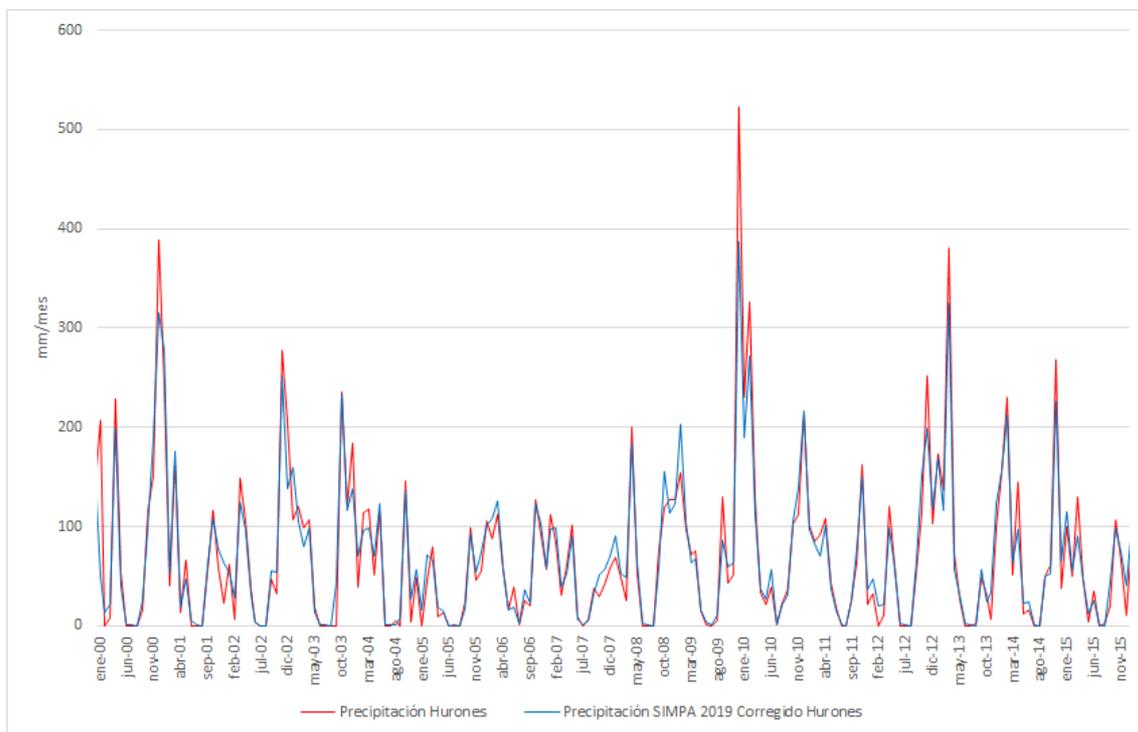


Figura nº 41. Evolución media mensual de la precipitación medida en el embalse de los Hurones comparados con los resultados del modelo en ese mismo punto

4.3.4 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS NATURALES

En la DHGB existen un total de 14 masas de agua subterránea y según los últimos estudios de caracterización disponibles³, los recursos hídricos naturales subterráneos disponibles se estiman en unos 167 hm³/año.

³ “Trabajos necesarios para la mejora del conocimiento y protección contra la contaminación y el deterioro del Estado de las masas de agua subterránea de las Demarcaciones Hidrográficas Andaluzas de carácter intracomunitario, conforme a lo establecido en las Directivas 2000/60/CE y 2006/118/CE” .
 “Trabajos de caracterización hidrogeológica y determinación de las reservas hídricas de varias masas de aguas subterráneas en las demarcaciones hidrográficas intracomunitarias andaluzas” .

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 (1940/41-2017/18).

Ha de tenerse en cuenta, que existe un porcentaje de estos recursos hídricos que se contabilizan también cuando se estiman los recursos 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 masa de agua Setenil no provocaría únicamente un deterioro en la propia masa de agua subterránea, sino que los caudales circulantes por el río Guadalporcún (ES063MSPF000117970) se verían también mermados, provocando un descenso de la aportación a los diferentes embalses de la zona.

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.
- 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 Guadalcaín, 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.

En la Tabla nº 17, se muestran por cada masa de agua subterránea, los recursos renovables y los recursos subterráneos disponibles según la última información disponible.

Código	Nombre	Superficie (km ²)	Entradas a las masas de agua (hm ³ /año)				Recurso disponible ⁴ (hm ³ /año)
			Infiltración por lluvia	Retornos procedentes de riego	Otras entradas	Tasa de recarga total	
ES063MSBT000620010	Setenil	223,4	26,9	0,2	3,5	30,6	24,4
ES063MSBT000620020	Sierra de Líbar	48,9	24,6	-	-	-	.5
ES063MSBT000620030	Sierra de Líjar	24,1	7,4	-	-	7,4	5,9
ES063MSBT000620040	Sierra de Grazalema - Prado del Rey	361,1	106,7	0,1	-10,4	96,5	38,6
ES063MSBT000620050	Arcos de la Frontera - Villamartín	329,9	23,2	2,4	-0,3	25,2	20,2
ES063MSBT000620060	Sierra Valleja	37,1	2,8	0,5	0,7	4,0	3,2
ES063MSBT000620070	Sierra de las Cabras	63,7	10,5	-	-	10,5	8,4
ES063MSBT000620080	Aluvial del Guadalete	225,1	12,3	9,8	1	23,1	18,4
ES063MSBT000620090	Jerez de la Frontera	75,45	6,4	3,1	-	9,5	7,5
ES063MSBT000620100	Sanlúcar - Chipiona - Rota - Puerto de	140,1	10,5	2,2	-	12,7	8,9

⁴ Cifras de recursos disponibles no acumulables a los superficiales, por la fuerte interrelación entre el sistema superficial y subterráneo

⁵ Los recursos hídricos de la Masb 062.002 Sierra de Líbar son transferidos en su totalidad a la DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (Masb 060.044 Sierra de Líbar).

Código	Nombre	Superficie (km ²)	Entradas a las masas de agua (hm ³ /año)				Recurso disponible ⁴ (hm ³ /año)
			Infiltración por lluvia	Retornos procedentes de riego	Otras entradas	Tasa de recarga total	
	Santa María						
ES063MSBT000620110	Puerto Real	114,0	8,1	1,3	-	9,4	6,6
ES063MSBT000620120	Conil de la Frontera	113,9	8,5	0,7	-	9,2	6,4
ES063MSBT000620130	Barbate	112,8	13,2	2,4	2,2	17,8	14,2
ES063MSBT000620140	Benalup	32,6	4,3	0,3	-	4,6	3,9

Tabla nº 17. Estimación del recurso disponible en las masas de agua subterránea de la DHGB

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 DHGB 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 fisicoquímicos, 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 fisicoquímica.



5 OTROS RECURSOS HÍDRICOS

5.1 DESALACIÓN

Una técnica de incremento de la disponibilidad de recursos hídricos 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.

Actualmente, en la DHGB no existen recursos procedentes de la desalación.

5.2 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 aquélla 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.

Según estudio realizado por el antiguo Ministerio de Medio Ambiente, 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. Según los últimos estudios realizados, actualmente en la DHGB se reutilizan un total de 10,56 hm³/año, de los cuales 3,71 hm³ proceden de procesos de regeneración de aguas residuales urbanas y se utilizan en campos de golf y los 6,85 hm³ restantes se aplican en los regadíos de la Costa Noroeste ARU. En el anejo III del presente Plan Hidrológico se realiza una descripción más detallada de estos usos.

Se estima que en el futuro se reutilice un porcentaje más importante de las aguas residuales en la Demarcación. Está previsto un incremento de este recurso principalmente en unidades de demanda recreativas. En el anejo VI

del presente Plan Hidrológico se realiza una descripción más detallada de estos usos.

5.3 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.

En la DHGB, parte de los recursos hídricos disponibles son de origen externo al ámbito territorial de la demarcación, en concreto se trata de la transferencia de volúmenes de agua de la cuenca del río Guadiaro a la cuenca del río Guadalete mediante el túnel de Buitreras. Con una capacidad máxima de 110 hm³/año, éste une el río Guadiaro, a su paso por Cortes de La Frontera (Málaga), con el río Ubrique, que vierte sus aguas al embalse de los Hurones y cuyo destino es el abastecimiento urbano e industrial de la llamada Zona Gaditana.

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 Figura nº 42.

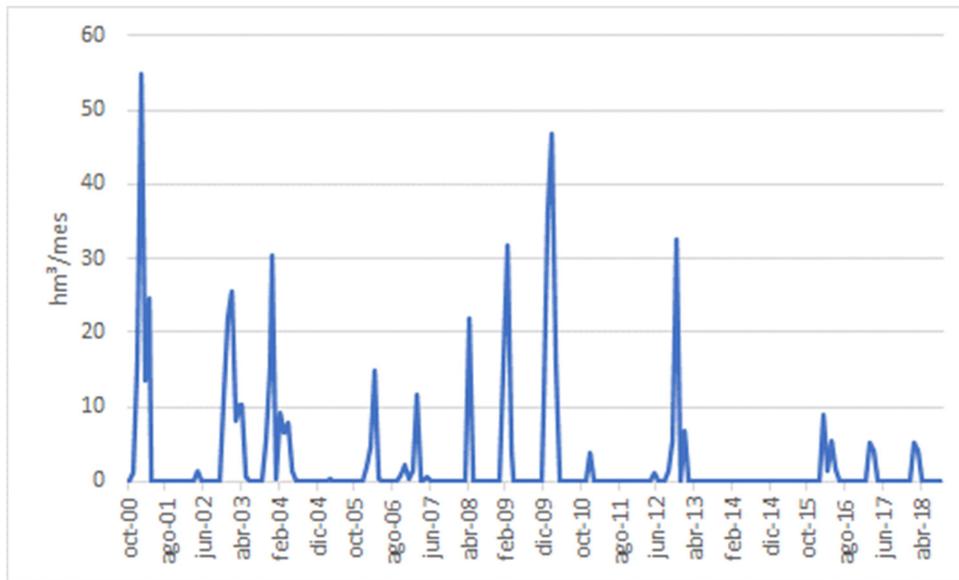


Figura nº 42. Caudales trasvasados (hm³/mes) desde la cuenca del Guadiaro a la DHGB

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 34 hm³, dato calculado a partir de la serie de datos reales desde el año 2000.

Para la serie larga, se ha calculado un volumen medio trasvasado de 62,0 hm³/año⁶, mientras que, para la corta, el volumen descendería hasta los 46,6 hm³.

Finalmente, hay que mencionar la transferencia 1,5 hm³ de agua desde el manantial de Bujeo a la Cuenca Mediterránea Andaluza, para el abastecimiento de Algeciras.

⁶ Desde el año 1940 hasta el año 2000 se ha realizado una estimación de los volúmenes trasvasados. Está previsto que se realice una revisión de estos resultados, puesto que parecen estar sobrestimados.

6 RECURSOS HÍDRICOS EXISTENTES EN LA DEMARCACIÓN

En este apartado se trata de sintetizar los recursos hídricos totales disponibles en la DHGB. Estos están formados por los recursos hídricos convencionales disponibles (naturales, incluyendo infraestructura de regulación y almacenamiento), los no convencionales (reutilización) 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 demandas de agua.

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 fisicoquímicas.

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 y externo al ámbito territorial de la DHGB ascienden a 1.183,1 hm³/año, repartidos de la siguiente forma:

- 1.097 hm³ procedentes de fuentes convencionales: infiltración, escorrentía, etc. De estos, hay que realizar la siguiente distribución:
 - o 822 hm³ transcurren por los principales cauces de la demarcación (Guadalete y Barbate).
 - o Los 232 hm³ restantes fluyen por masas de agua que vierten directamente al Océano Atlántico o a las masas de agua de transición.
 - o Los 43 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.
- 24,1 hm³ procedentes de reutilización directa (11 hm³) e indirecta de aguas residuales urbanas regeneradas
- 62 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 1940/2018. Destacar que si se toma la serie 1980/2018 este valor desciende hasta 47 hm³.

7 EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS

La evaluación de la incidencia del cambio climático sobre los recursos hídricos ha sido recientemente actualizada por la Oficina Española de Cambio Climático, mediante encomienda al CEDEX. Los trabajos desarrollados, plasmados en el informe Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España (<https://adaptecca.es/recursos/buscador/evaluacion-del-impacto-del-cambio-climatico-en-los-recursos-hidricos-y-sequias-en> [fecha de acceso: julio/2021]), utilizan proyecciones climáticas resultado de simular nuevos modelos climáticos de circulación general (MCG) y nuevos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), usados para elaborar el 5º Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) del año 2013.

Los RCP (*Representative Concentration Pathways*) son los nuevos escenarios de emisión GEI y se refieren exclusivamente a la estimación de emisiones y forzamiento radiactivo, y pueden contemplar los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XXI. Los escenarios de emisión analizados en este informe son el RCP8.5 (el más negativo de los RCP definidos, ya que implica los niveles más altos de CO₂ equivalente en la atmósfera para el siglo XXI) y el RCP4.5 (el más moderado, y que a priori presentará un menor impacto sobre el ciclo hidrológico).

El estudio evalúa el impacto en 12 proyecciones climáticas regionalizadas para España (6 en el escenario RCP 4.5 y 6 en el RCP 8.5) y en 3 periodos futuros de 30 años, con respecto al periodo de control (PC) 1961-2000 (octubre de 1961 a septiembre de 2000). Los tres periodos de impacto (PI) son:

- PI1: 2010-2040 (octubre de 2010 a septiembre de 2040).
- PI2: 2040-2070 (octubre de 2040 a septiembre de 2070).
- PI3: 2070-2100 (octubre de 2070 a septiembre de 2100).

A continuación, se extraen los principales resultados del estudio del CEDEX sobre los cambios proyectados para esta variable. La media de los resultados obtenidos en el estudio para la esorrentía total de las distintas proyecciones para cada PI y RCP se muestra en la Figura nº 43, donde se observa que la reducción en la esorrentía se va generalizando del PI1 al PI2 y al PI3 y es mayor en el RCP 8.5 que en el RCP 4.5.

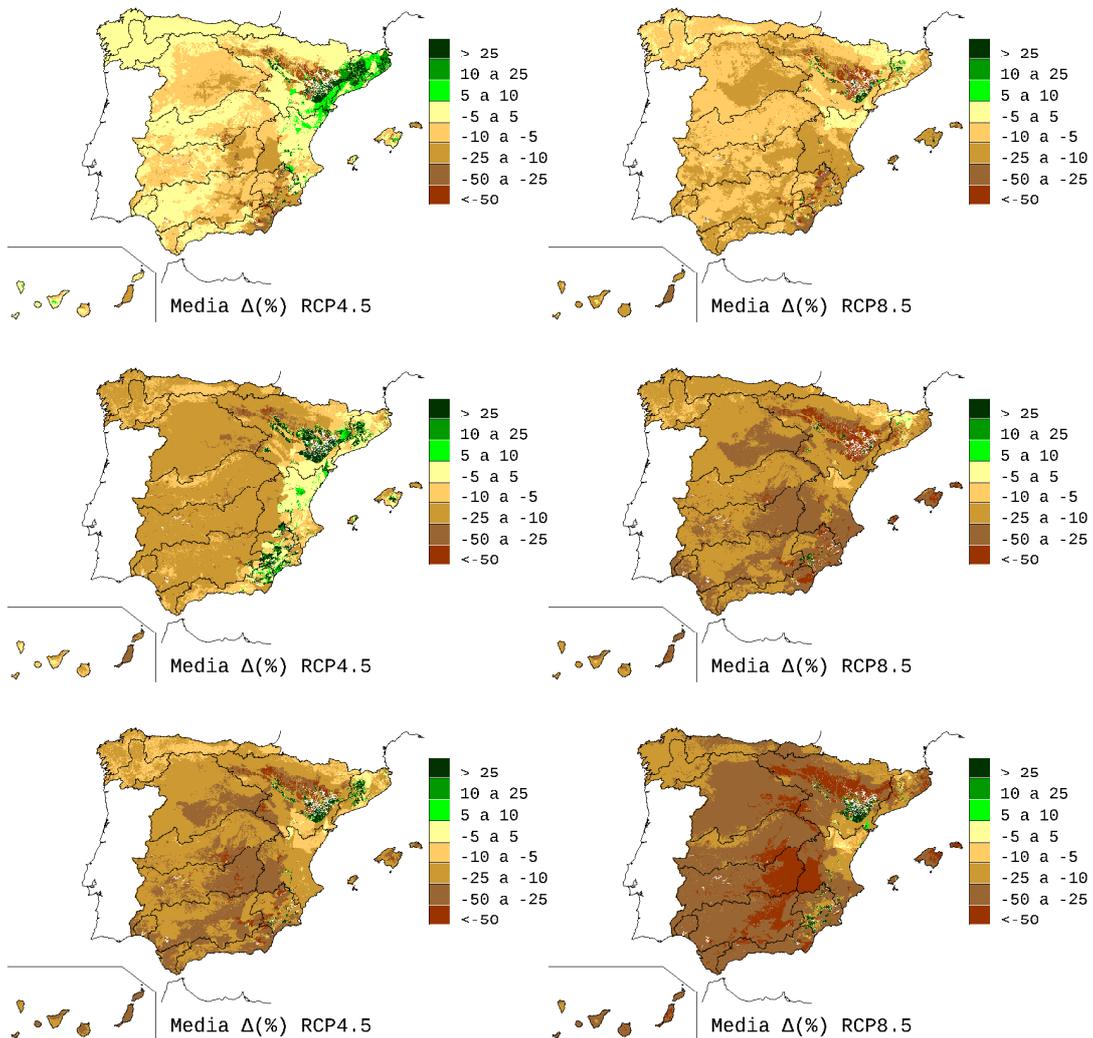


Figura nº 43. Media de Δ (%) escorrentía anual para PI1 (arriba), PI2 (medio) y PI3 (abajo) y RCP 4.5 (izquierda) y 8.5 (derecha). Fuente: CEDEX, 2017

Los cambios en la escorrentía anual estimada para la DHGB durante el periodo 2010-2100 revelan una tendencia decreciente según todas las proyecciones y en ambos RCP (Figura nº 44). La incertidumbre de resultados se hace patente por la anchura de la banda de cambios según las diferentes proyecciones.

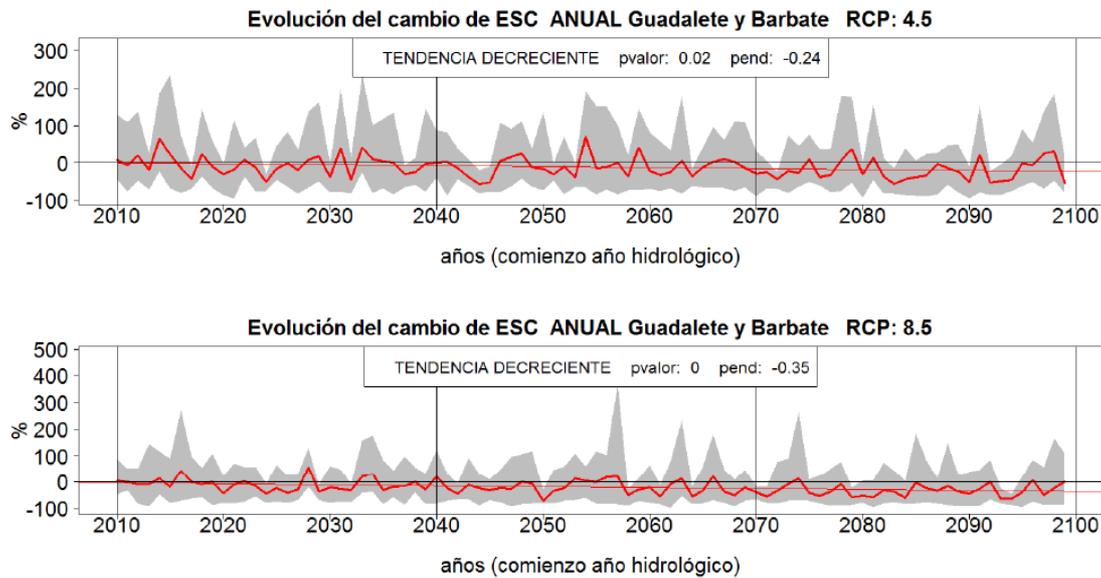


Figura nº 44. Tendencia del $\Delta(\%)$ escorrentía del año 2010-2099 para los RCP4.5 (arriba) y 8.5 (abajo)⁷.

De forma resumida, se puede concluir que las reducciones de escorrentía previstas en la DHGB para los RCP 4.5 y 8.5 son respectivamente del 4% y 11% para 2010-2040, 10% y 20% para 2040-2070 y 20% y 33% para 2070-2100, respecto del periodo de control 1961-2000, tal y como se observa en la Tabla nº 18.

ESC Δ Anual (%)		RCP 4.5								RCP 8.5									
		F4A	M4A	N4A	Q4A	R4A	U4A	Mx	Med	Mn	F8A	M8A	N8A	Q8A	R8A	U8A	Mx	Med	Mn
Guadalete y Barbate	2010-2040	10	-7	-38	-11	-25	48	48	-4	-38	15	-13	-31	-21	-21	6	15	-11	-31
	2040-2070	-2	-2	-21	-8	-37	14	14	-10	-37	-5	-27	-51	-18	-47	31	31	-20	-51
	2070-2100	1	-24	-43	-16	-52	12	12	-20	-52	-31	-27	-31	-48	-67	7	7	-33	-67

Tabla nº 18. Porcentaje de incremento anual de la escorrentía y periodo de impacto según cada proyección.⁸

⁷http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CEH/Documentos_Descargas/EvaluacionImpactoCCsequiasEspana2017.htm [fecha de acceso: julio/2021]

⁸http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CEH/Documentos_Descargas/EvaluacionImpactoCCsequiasEspana2017.htm [fecha de acceso: julio/2021]

La IPHA establece que, en el análisis del horizonte temporal a largo plazo, correspondiente en los planes de este tercer ciclo al año 2039, debe de tenerse en cuenta el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación. Por ello, la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico encargó al Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX la obtención de unos porcentajes de cambio para el horizonte 2039 desagregados temporal y espacialmente. Dicho encargo consistió en el cálculo de los porcentajes desagregados por estaciones climáticas (trimestres) y en unidades territoriales inferiores a los de las demarcaciones hidrográficas. A tal fin, se trabajó sobre una capa de polígonos de zonas de interés que en la DHGB se corresponden con los subsistemas de explotación. El objetivo de estos trabajos era el de proporcionar los cambios porcentuales en la escorrentía generada en cada uno de esos polígonos.

Por parte del CEH se desarrollaron dos tareas:

- Cálculo de los porcentajes de cambio en la escorrentía trimestral para las zonas de sequía.
- Cálculo de los porcentajes de cambio para el horizonte 2039 en cada una de las zonas para cada uno de los 4 trimestres (OND: oct, nov, dic; EFM: ene, feb, mar; AMJ: abr, may, jun; JAS: jul, ago, sep).

Como resultado final se obtuvieron las medias de los porcentajes de cambio de la escorrentía generada en cada unidad territorial para el horizonte 2039 en cada trimestre y según los escenarios de emisiones RCP 4.5 y RCP 8.5. De

esa manera, se han recopilado para la DHGB 8 valores para cada unidad territorial: 4 trimestres y 2 RCP, que son los que se recogen en la Tabla nº 19.

Zonas	RCP 4.5				RCP 8.5			
	OND	EFM	AMJ	JAS	OND	EFM	AMJ	JAS
Alto Guadalete	-15	2	-12	-16	-22	-4	-22	-23
Bajo Guadalete	-15	8	-3	-6	-25	-6	-19	-18
Majaceite	-15	3	-13	-33	-21	-3	-22	-35
Barbate	-15	3	-10	-22	-25	-7	-21	-29

Tabla nº 19. Porcentaje de cambio de la escorrentía trimestral para la DHGB.

Se puede observar que las reducciones mayores (en porcentaje) se dan en el trimestre de verano (JAS), mientras que las menores se dan en invierno (EFM). Lógicamente, las reducciones más acusadas se dan en el escenario RCP8.5, de más altas emisiones de gases de efecto invernadero.

Para el cálculo de los efectos del cambio climático en la demarcación, tal y como se indica en dicho trabajo, se aplicarán las restricciones descritas en la Tabla nº 19 a las series de aportaciones superficiales en régimen natural, tanto por zonas como por trimestres, pero únicamente hasta el año hidrológico 2005/06, puesto que las series ya muestran evidencias del cambio climático a partir de estas fechas. El análisis se realizará para los dos escenarios considerados: RCP4.5 y RCP8.5.

Para el horizonte 2039, se espera una disminución generalizada de las recargas en todas las masas de agua subterráneas de la demarcación en los dos escenarios de emisiones analizados (RCP4.5 y RCP8.5). De acuerdo con los datos facilitados por el CEDEX (2021), para el escenario RCP4.5 los valores más favorables (menor tasa de disminución) se alcanzan en el trimestre



correspondiente al invierno, siendo la disminución más acusada en los meses de primavera y verano. En el escenario RCP8.5, aunque con valores inferiores de recarga en todas las estaciones del año, el comportamiento es el mismo. En cualquier caso, dada la incertidumbre asociada a los cálculos, los valores deben de ser tomados con cautela. Para ampliar la información a este respecto consultar el Anejo XIII del presente Plan Hidrológico.



8 GLOSARIO DE ABREVIATURAS

CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
DHGB	Demarcación Hidrográfica del Guadalete - Barbate
DMA	Directiva Marco del Agua
ETP	Evapotranspiración potencial
ETR	Evapotranspiración real
GEI	Gases de efecto invernadero
IPHA	Instrucción de Planificación Hidrológica para las Demarcaciones Intracomunitarias de Andalucía
RCP	<i>Representative Concentration Pathways</i>
RD	Real Decreto
RPH	Reglamento de Planificación Hidrológica
SIMPA	Sistema Integrado para la Modelación del proceso Precipitación Aportación
TRLA	Texto Refundido de la Ley de Aguas
UDU	Unidad de Demanda Urbana

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEDEX (2017): Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España. Centro de Estudios Hidrográficos, CEDEX. Disponible en: http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLA/B/CEH/Documentos_Descargas/EvaluacionimpactoCCsequiasEspana2017.htm [fecha de acceso: julio/2021]
- CEDEX (2020a): Evaluación de recursos hídricos en régimen natural en España (1940/41–2017/18). Centro de Estudios Hidrográficos, CEDEX
- CEDEX (2020b). Nota entregada a la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, con fecha de 16 noviembre de 2020 “Incorporación del cambio climático en los planes hidrológicos del tercer ciclo” Centro de Estudios Hidrográficos, CEDEX.
- CEDEX (2021). Nota entregada a la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, con fecha de 9 marzo de 2021 “Impacto del cambio climático en la recarga de las masas de agua subterránea en España” Centro de Estudios Hidrográficos, CEDEX



Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional



Junta de Andalucía