

**ANEXO I
DEL ANEJO 5**

**ESTUDIOS TÉCNICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE
CAUDALES AMBIENTALES EN LAS MASAS DE AGUA
NO ESTRATÉGICAS**

**REVISION Y PROPUESTA DE CAUDALES
ECOLOGICOS EN MASAS DE AGUA
SELECCIONADAS DE LA DEMARCACION
HIDROGRAFICA DEL SEGURA**

ÍNDICE

1.	INTRODUCCION Y OBJETO.....	5
2.	CONSIDERACIONES ACERCA DE LAS SERIES HIDROLOGICAS.....	6
2.1.	LAS SERIES HIDROLOGICAS EN EL CALCULO DE CAUDALES ECOLOGICOS.....	6
2.2.	LAS SERIES DEL MODELO SIMPA PARA EL CALCULO DE CAUDALES ECOLOGICOS.....	6
2.2.2.1.	Limitaciones en la caracterización de la relación río-acuífero.....	7
2.2.2.2.	Limitaciones a la hora de considerar adecuadamente las descargas de aguas subterráneas en las masas de agua superficial.....	9
3.	REVISION Y ARMONIZACION DE LOS CAUDALES ECOLOGICOS EN LAS MASAS DE AGUA OBJETO DE EXTRAPOLACION.....	13
3.1.	ESTUDIO DE LA DGA DE OCTUBRE DE 2013.....	13
3.2.	INCONSISTENCIAS DETECTADAS EN LOS RESULTADOS.....	17
3.3.	ARMONIZACION DE CAUDALES ECOLOGICOS.....	17
4.	CALCULO DE CAUDALES ECOLOGICOS PARA MASAS DE AGUA SIN ASIGNACION EN LOS ESTUDIOS PRECEDENTES.....	20
4.1.	MASAS DE AGUA SIN CÁLCULO DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN LOS ESTUDIOS PRECEDENTES.....	20
4.2.	APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PARA LAS MASAS DE AGUA SIN CÁLCULO DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN LOS ESTUDIOS PRECEDENTES.....	21
5.	REFERENCIAS.....	26

Índice de Tablas

Tabla 1. Tramos con conexión río acuífero en las MASb	10
Tabla 2. Caudales ecológicos mínimos obtenidos por extrapolación.	15
Tabla 2 (Continuación).....	16
Tabla 3. Caudales ecológicos mínimos corregidos en las masas de agua extrapoladas.....	19
Tabla 4. Masas de agua sin caudales ecológicos definidos.....	20
Tabla 5. Criterios científicos para la gestión de la integridad de los ecosistemas acuáticos.....	23
Tabla 6. Caudales ecológicos en masas de agua sin propuesta en estudios precedentes	25

Índice de Figuras

Figura 1. Relaciones río-acuífero en masas de agua dentro del ámbito de la DHS.....	9
Figura 2. Caudales aforados en la estación 7045 de la Rambla Salada en Santomera	11
Figura 3. Caudales simulados para la Rambla Salada (código ES0702082503).....	12
Figura 4. Caudales simulados Rambla del Judío antes de embalse (ES0701012101).....	12
Figura 5. Clasificación de las masas de agua en hidro-regiones en la DHS.....	14

1. INTRODUCCION Y OBJETO

El punto de partida del presente trabajo lo conforman los estudios técnicos de caudales ecológicos desarrollados por la Dirección General del Agua (DGA) para la elaboración del Plan Hidrológico 2009-2015 como parte del desarrollo de la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica (en adelante, IPH).

En aquel entonces, en la Demarcación Hidrográfica del Segura (DHS) fueron consideradas un total de 18 masas estratégicas donde se estudiaron los caudales ecológicos mediante modelación del hábitat (métodos ecohidráulicos) y aproximaciones hidrológicas. Tanto la base normativa de los caudales ecológicos del Plan como las propuestas metodológicas fueron descritas extensamente en el Anexo 5 del documento de Memoria.

Una vez calculados los caudales ecológicos por métodos de hábitat para las masas seleccionadas, se buscaron relaciones o funciones que permitieran realizar una extrapolación para obtener los caudales ecológicos para la totalidad de las masas de agua de la cuenca. En octubre de 2013 se realizó por parte de la Dirección General del Agua el trabajo de “Extrapolación de los resultados de las masas de agua modelizadas al resto de masas de la Demarcación Hidrográfica del Segura”. No obstante, la revisión pormenorizada de los resultados permitió comprobar algunas inconsistencias hidrológicas (discontinuidad hidrológica entre masas de agua). Este análisis preliminar invitaba a una revisión de la metodología de extrapolación llevada a cabo y, por tanto, a realizar análisis complementarios para poder presentar resultados más definitivos.

Hay que señalar también que en el estudio desarrollado por la DGA en octubre de 2013 quedaron sin extrapolación 22 masas de agua, las cuales no disponían de ninguna estimación de caudales ecológicos. En dicho estudio se justificaba no aplicar el método de extrapolación por tratarse de masas de agua cuyo régimen hidrológico había sido caracterizado como no permanente (temporal, intermitente o efímero) o de clasificación dudosa.

Según se establece en el apartado 3.4.1.2. de la IPH, “el ámbito espacial para la caracterización del régimen de caudales ecológicos se extenderá a todas las masas de agua superficial clasificadas en la categoría de ríos”. En el presente documento se aborda la revisión y cuantificación de los caudales ecológicos para el conjunto de masas de agua de la DHS. En particular, con este estudio se pretende:

- Revisar y armonizar los resultados de los caudales ecológicos obtenidos mediante el ejercicio de extrapolación en el estudio de la DGA de octubre de 2013.
- Determinar los caudales ecológicos para aquellas masas de agua de la DHS donde no fueron calculados los mismos en los estudios precedentes.

2. CONSIDERACIONES ACERCA DE LAS SERIES HIDROLOGICAS

2.1. LAS SERIES HIDROLOGICAS EN EL CALCULO DE CAUDALES ECOLOGICOS

La Instrucción de Planificación Hidrológica considera las aproximaciones hidrológicas y las aproximaciones basadas en la modelación del hábitat como opciones metodológicas válidas para el cálculo de los caudales ecológicos. En el caso de las aproximaciones hidrológicas, en su apartado 3.4.1.4.1.1.1. especifica que los métodos de cálculo se aplicarán sobre una serie hidrológica en régimen natural, representativa de la masa de agua y que abarque un periodo de al menos 20 años, preferentemente consecutivos, que presente una alternancia equilibrada entre años secos y húmedos.

Los fundamentos teóricos de los métodos hidrológicos se basan en que el régimen natural de los caudales constituye el factor principal de organización de los ecosistemas acuáticos. No importa cuán extremos sean los caudales (bien sean picos de crecida o situaciones de ceses de caudal) si estos ocurren de manera natural, ya que el régimen de caudales constituye un rasgo esencial de la dinámica del ecosistema a partir del cual las especies interaccionan, se organizan, cambian, fluctúan y evolucionan.

El régimen hidrológico viene definido por el conjunto de caudales que transcurren en un lugar determinado a lo largo del tiempo, quedando explícitamente reflejado en la serie hidrológica. Estas series de caudales se convierten por tanto en un elemento clave para definir los rasgos característicos de los ecosistemas, y, por extensión, a la hora de establecer los caudales ecológicos para mantener su estructura y funcionalidad. Se puede decir por tanto que tanto o igual como los métodos, la calidad de las propuestas de caudales ecológicos para conservar un ecosistema dependerá en gran medida de la bondad de las series hidrológicas.

2.2. LAS SERIES DEL MODELO SIMPA PARA EL CALCULO DE CAUDALES ECOLOGICOS

Con carácter general, en los estudios de caudales ecológicos de las cuencas intercomunitarias se han utilizado las series hidrológicas del modelo SIMPA. Este modelo precipitación-escorrentía simula los procesos esenciales del ciclo hidrológico en su fase terrestre, representando las condiciones hidrológicas naturales. No obstante, el aspecto que puede resultar más crítico para el cálculo de los caudales ecológicos se refiere a la capacidad del modelo para representar adecuadamente los caudales mínimos naturales.

En este contexto es necesario llevar a cabo una revisión de las series de aportaciones del modelo SIMPA en la DHS para asegurar que dichas aportaciones están representando

adecuadamente las condiciones hidrológicas naturales y que, por tanto, los caudales ecológicos son consistentes con esas condiciones particulares.

2.2.1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS SERIES DEL MODELO SIMPA PARA EL CALCULO DE CAUDALES ECOLOGICOS

A lo largo del desarrollo del modelo SIMPA desde mediados de los años 90 se han ido introduciendo diferentes mejoras tanto metodológicas como en las bases de datos, avances que han permitido ajustar mejor sus resultados a las situaciones simuladas. Así por ejemplo, sobre las series registradas en pluviómetros convencionales se ha mejorado la detección de heterogeneidades en las series, las técnicas de completado de lagunas y homogeneización de la disponibilidad de datos, la interpolación y extrapolación en zonas de altitud sin suficiente apoyo de la red meteorológica disponible, etc.

Un aspecto a considerar en las series del modelo SIMPA se refiere a las estimaciones de las descargas de aguas subterráneas en las masas de agua superficial. Efectivamente, en el modelo SIMPA, la masa de agua subterránea descarga mediante una ley de agotamiento de tipo exponencial de un único parámetro conocido como el coeficiente de recesión o agotamiento del acuífero. Este coeficiente se obtiene a partir del conocimiento cualitativo del funcionamiento de los acuíferos, de sus propiedades hidrodinámicas, si son conocidas, y, fundamentalmente, de las curvas de agotamiento de los acuíferos observadas en los hidrogramas de las estaciones de aforo de los ríos. Cuando no existen aforos en condiciones naturales para su calibración, los resultados del modelo presentan mayores incertidumbres.

Finalmente hay que señalar que la calibración de las aportaciones del modelo SIMPA se realiza habitualmente a escala anual con el objetivo de evaluar adecuadamente los recursos hídricos de una cuenca. En cambio, se presta menor atención a la calibración de las aportaciones en las épocas de estiaje que, si bien representan un bajo volumen en término de recursos, estos caudales son fundamentales para definir de forma correcta los caudales ecológicos. La escasez de estaciones de aforo que representen las condiciones hidrológicas naturales en situaciones de estiaje son un condicionante adicional cuya situación se ve agravada por la sensibilidad de los caudales bajos a ser modificados (pequeñas extracciones o derivaciones de cauces, extracciones de aguas subterráneas, etc.).

2.2.2. CONSIDERACIONES SOBRE LAS SERIES HIDROLOGICAS DEL MODELO SIMPA EN LA DHS

2.2.2.1. Limitaciones en la caracterización de la relación río-acuífero

El funcionamiento hidrológico de una parte significativa de las masas de agua de la CHS se caracteriza por la gran interrelación existente entre las aguas superficiales y las subterráneas, y por la relación de transferencia subterránea en algunas de las MASb. Según el estudio del IGME desarrollado en 2010 (figura 1), la inmensa mayoría de los tramos definidos en la DHS se corresponden con tramos ganadores. Así, de los 973 km

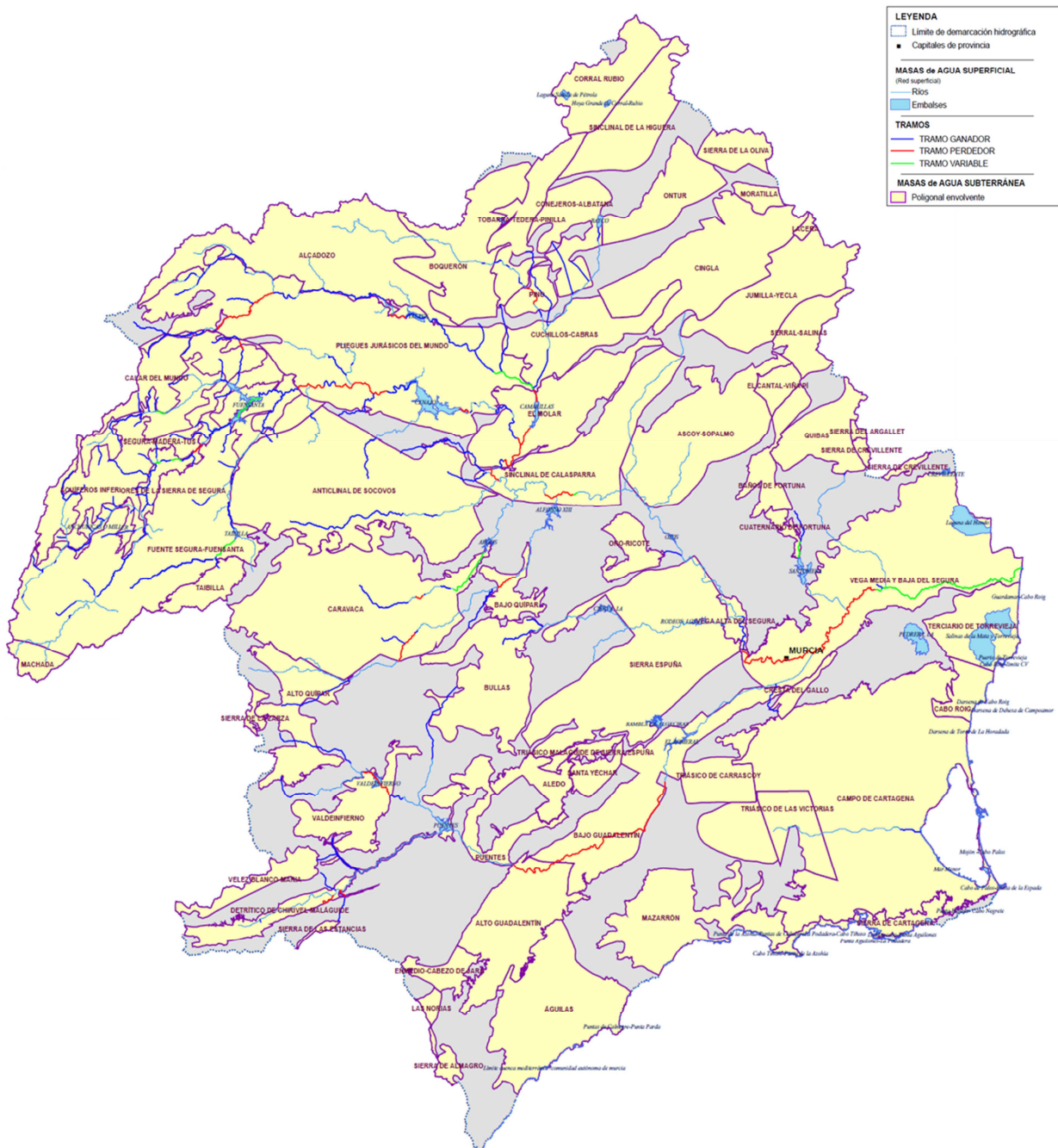
de longitud que suman los 184 tramos de la Demarcación, aproximadamente 717 km corresponden a tramos ganadores, 184 km corresponden a tramos perdedores y 73 km corresponden a tramos ganadores-perdedores (variables en función de la época del año).

Como se puede observar, los tramos perdedores se circunscriben principalmente a las zonas en las que los ríos atraviesan acuíferos carbonatados con un gran desarrollo kárstico, en donde pueden infiltrarse a través de sumideros, volviendo a reaparecer aguas más abajo, o bien en algunos acuíferos detríticos con el nivel piezométrico descolgado con respecto a la lámina de agua en el río. Los tramos ganadores en cambio se sitúan principalmente en la zona de cabecera como ya se ha mencionado.

Resulta ilustrativo el caso de los tramos del río Segura y Mundo en su curso medio a su paso sobre la masa de agua subterránea (MASb) El Molar. Según el estudio del ITGE (1986) entre la cerrada del embalse de Camarillas y el Cortijo de Las Hoyas, se debe producir una infiltración importante de sus aguas superficiales hacia el sistema acuífero, considerando el régimen natural, y tanto más cuanto mayor altura tenga la lámina de agua del río en cada caso. En la bibliografía consultada únicamente se daban estimaciones a nivel general respecto de las relaciones río-acuífero en la MASb El Molar (ITGE 1986). Por otro lado, el resultado de la modelización del estudio de CHS-DGA (2007) mantiene las mismas incertidumbres de los estudios anteriores. Así, la infiltración del río Segura y la infiltración del río Mundo en la zona se estima conjuntamente en 4,5 hm³/año, según ITGE (1990) y en 7,5 hm³/año, según CHSDGA (2007).

Las limitaciones de SIMPA indicadas en el apartado anterior comportan una sobreestimación de los caudales ecológicos que no responde a motivos ambientales, sino simplemente a las limitaciones intrínsecas del propio modelo.

Figura 1. Relaciones río-acuífero en masas de agua dentro del ámbito de la DHS



Fuente: Modificado del estudio del IGME, 2010

2.2.2.2. Limitaciones a la hora de considerar adecuadamente las descargas de aguas subterráneas en las masas de agua superficial.

En el estudio del IGME 2010 se definieron las Formaciones Geológicas Permeables (FGPs) para cada MASb de la CHS susceptibles de crear acuíferos de interés. Estas formaciones se obtuvieron diferenciando entre los materiales permeables de la cuenca

(los de media, alta y muy alta permeabilidad), aquellos que pudieran tener alguna relación con los ríos. Según dicho estudio del IGME, en total se diferenciaron 184 tramos en los que existe relación río-acuífero para la cuenca del río Segura (tabla 1).

Tabla 1. Tramos con conexión río acuífero en las MASb

MASb		Nº tramos	MASb		Nº tramos
Código	Nombre		Código	Nombre	
070.001	CORRAL-RUBIO	0	070.033	BAJO QUÍPAR	2
070.002	SINCLINAL DE LA HIGUERA	0	070.034	ORO-RICOTE	1
070.003	ALCADOZO	1	070.035	CUATERNARIO DE FORTUNA	1
070.004	BOQUERÓN	2	070.036	VEGA MEDIA Y BAJA DEL SEGURA	5
070.005	TOBARRA-TEDERA-PINILLA	5	070.037	SIERRA DE LA ZARZA	0
070.006	PINO	2	070.038	ALTO QUÍPAR	3
070.007	CONEJEROS-ALBATANA	2	070.039	BULLAS	4
070.008	ONTUR	1	070.040	SIERRA ESPUÑA	0
070.009	SIERRA DE LA OLIVA	0	070.041	VEGA ALTA DEL SEGURA	3
070.010	PLIEGUES JURÁSICOS DEL MUNDO	28	070.042	TERCIARIO DE TORREVIEJA	0
070.011	CUCHILLOS-CABRAS	3	070.043	VALDEINFIERNO	4
070.012	CINGLA	0	070.044	VELEZ BLANCO-MARIA	2
070.013	MORATILLA	0	070.045	DET. CHIRIVEL-MALÁGUIDE	4
070.014	CALAR DEL MUNDO	8	070.046	PUNTES	0
070.015	SEGURA-MADERA-TUS	29	070.047	TRIÁSICO DE SIERRA ESPUÑA	0
070.016	FUENTE SEGURA-FUENSANTA	28	070.048	SANTA YÉCHAR	0
070.017	AC. INFERIORES SIERRA SEGURA	6	070.049	ALEDO	0
070.018	MACHADA	0	070.050	BAJO GUADALENTÍN	3
070.019	TAIBILLA	2	070.051	CRESTA DEL GALLO	1
070.020	ANTICLINAL DE SOCOVOS	11	070.052	CAMPO DE CARTAGENA	1
070.021	EL MOLAR	6	070.053	CABO ROIG	0
070.022	SINCLINAL DE CALASPARRA	4	070.054	TRIÁSICO DE LAS VICTORIAS	0
070.023	JUMILLA-YECLA	0	070.055	TRIÁSICO DE CARRASCOY	0
070.024	LACERA	0	070.056	SIERRA DE LAS ESTANCIAS	1
070.025	ASCOY-SOPALMO	0	070.057	ALTO GUADALENTÍN	1
070.026	EL CANTAL-VIÑA PÍ	0	070.058	MAZARRÓN	0
070.027	SERRAL-SALINAS	0	070.059	ENMEDIO-CABEZO DE JARA	0
070.028	BAÑOS DE FORTUNA	1	070.060	LAS NORIAS	0
070.029	QUIBAS	1	070.061	ÁGUILAS	0
070.030	SIERRA DEL ARGALLET	0	070.062	SIERRA DE ALMAGRO	0
070.031	SIERRA DE CREVILLENTE	0	070.063	SIERRA DE CARTAGENA	0
070.032	CARAVACA	8			

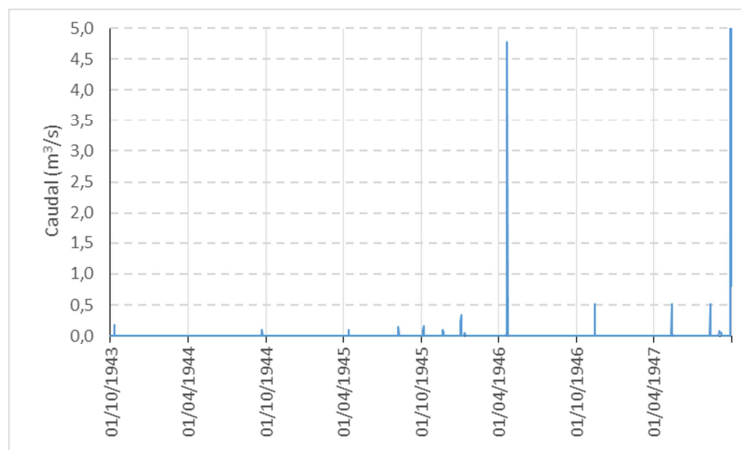
Fuente: Elaboración propia

Únicamente fueron identificados tramos con relación río-acuífero en 34 de las 63 MASb del Segura. En 29 MASb no se definió ningún tramo con relación río- acuífero, sobre todo en la cuenca media y baja del río Segura, debido fundamentalmente al tratarse de acuíferos con el nivel piezométrico en profundidad y descolgado de los ríos que los recorren en superficie. En estos casos, los caudales circulantes provienen fundamentalmente de la escorrentía superficial que sucede a eventos copiosos de precipitaciones.

Las ramblas constituyen un rasgo morfológico típico de áreas de clima semiárido y árido, siendo muy características del Sureste español y de una buena porción de la DHS. Además de la peculiaridad de tipo climático, las ramblas se caracterizan por carecer de flujo hídrico durante largos periodos que, en algunos casos, pueden ser de varios años.

La estación de aforo 7045 de la Rambla Salada en Santomera es un ejemplo del régimen esporádico de la escorrentía superficial de la misma (figura 2). Durante el periodo 1943-1948, la estación registró caudales solamente en 15 eventos lluviosos, permaneciendo sin caudales superficiales más del 97% del tiempo.

Figura 2. Caudales aforados en la estación 7045 de la Rambla Salada en Santomera

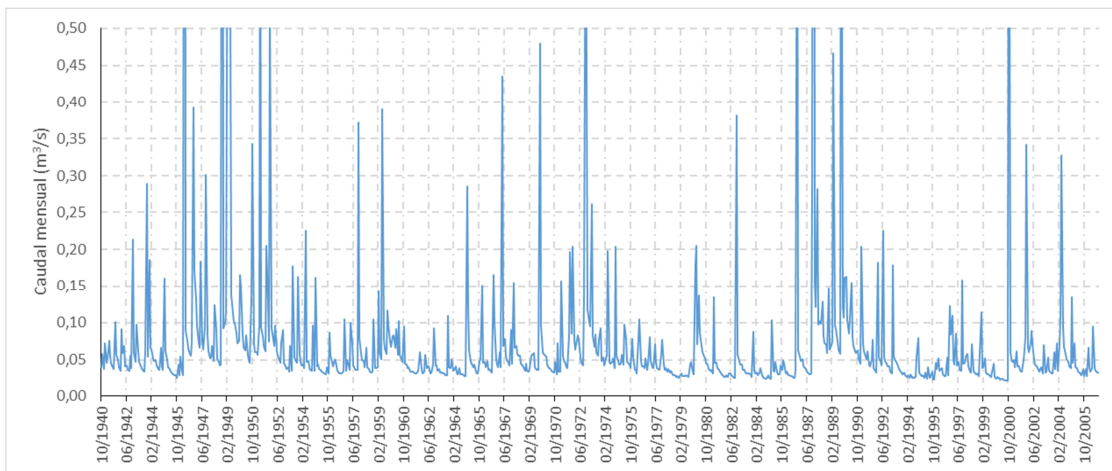


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Red Oficial de Estaciones de Aforo.

Por su parte, los resultados de la simulación de aportaciones del modelo SIMPA para la masa de agua Rambla Salada (código ES0702082503) se muestran en la figura 3. Como puede apreciarse, el modelo simula en este caso una masa de agua permanente con aportación constante de caudales de base. Los caudales mínimos en condiciones hidrológicas secas son superiores a los 30 l/s, no bajando en ningún caso de los 15 l/s.

La singularidad física y las estrictas condiciones ambientales de estos sistemas determinan la presencia de especies y comunidades con altos índices de rareza y/o de endemidad. Proponer unas condiciones hidrológicas que no reflejen adecuadamente las características naturales podría comportar un deterioro de los valores de conservación de estos enclaves.

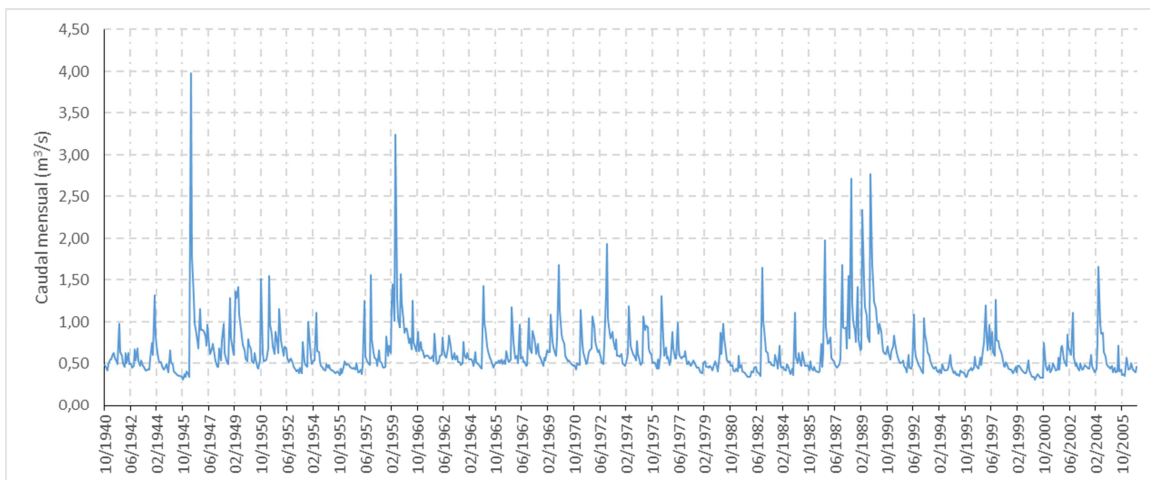
Figura 3. Caudales simulados para la Rambla Salada (código ES0702082503)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMPA.

La Red de Control Cuantitativa de Manantiales y Humedales de la DHS tiene por objeto medir las descargas de los manantiales más importantes de la demarcación para evaluar sus aportaciones a los caudales de ríos y arroyos, así como a espacios naturales con figuras de protección medioambiental. Las campañas de aforos llevadas a cabo desde 2005 a 2013 junto a la mejora en el conocimiento hidrogeológico de la demarcación permiten evaluar las series hidrológicas de aportaciones del modelo SIMPA para un número significativo de masas de agua. La figura 4 muestra la serie de caudales del modelo para la masa de agua Rambla del Judío antes del embalse (código ES0701012101), en la cual, los caudales en condiciones secas naturales no serían inferiores a 450 l/s. Tanto los datos de aforos como los estudios hidrogeológicos confirman la sobreestimación de los caudales del modelo SIMPA para determinadas ramblas de demarcación, en particular para las ramblas semiáridas.

Figura 4. Caudales simulados Rambla del Judío antes de embalse (ES0701012101)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMPA.

3. REVISION Y ARMONIZACION DE LOS CAUDALES ECOLOGICOS EN LAS MASAS DE AGUA OBJETO DE EXTRAPOLACION

3.1. ESTUDIO DE LA DGA DE OCTUBRE DE 2013

En su apartado 3.4.1.4. , la IPH establece que la caracterización del régimen de caudales ecológicos se deberá extender a todas las masas de agua superficial. El mismo apartado de la norma indica que la distribución de estos caudales mínimos se obtendrá aplicando métodos hidrológicos cuyos resultados deberán ser ajustados mediante la modelación de la idoneidad del hábitat en tramos fluviales representativos de cada tipo de río.

En los estudios técnicos de caudales ecológicos desarrollados para la preparación del Plan Hidrológico 2009-2015, las aproximaciones de modelación de hábitat se emplearon en 18 masas de agua de la DHS (aproximadamente un 25% del total de masas de la categoría río). Después de estos estudios era necesario desarrollar una metodología que permitiera ajustar los resultados de los métodos hidrológicos aplicados al resto de masas de la categoría río presentes en la demarcación.

En este contexto, la DGA (2013) desarrolló una metodología sencilla que permitía extrapolar de forma rápida los resultados obtenidos de las 18 masas modelizadas de la demarcación al resto de masas de agua. La metodología consistía en establecer para cada una de las masas de agua modelizadas un coeficiente que comparaba el régimen propuesto –como combinación de los resultados de los métodos hidrológicos y los obtenidos por modelización de hábitat– con el índice QBM mediana, obteniéndose el coeficiente QBM mediana / Q ecológico propuesto. Para cada hidro-región se calculó un coeficiente único equivalente a la mediana de los coeficientes de las masas modelizadas presentes. En algún caso, debido a la amplitud de la hidro-región, se establecieron divisiones adicionales.

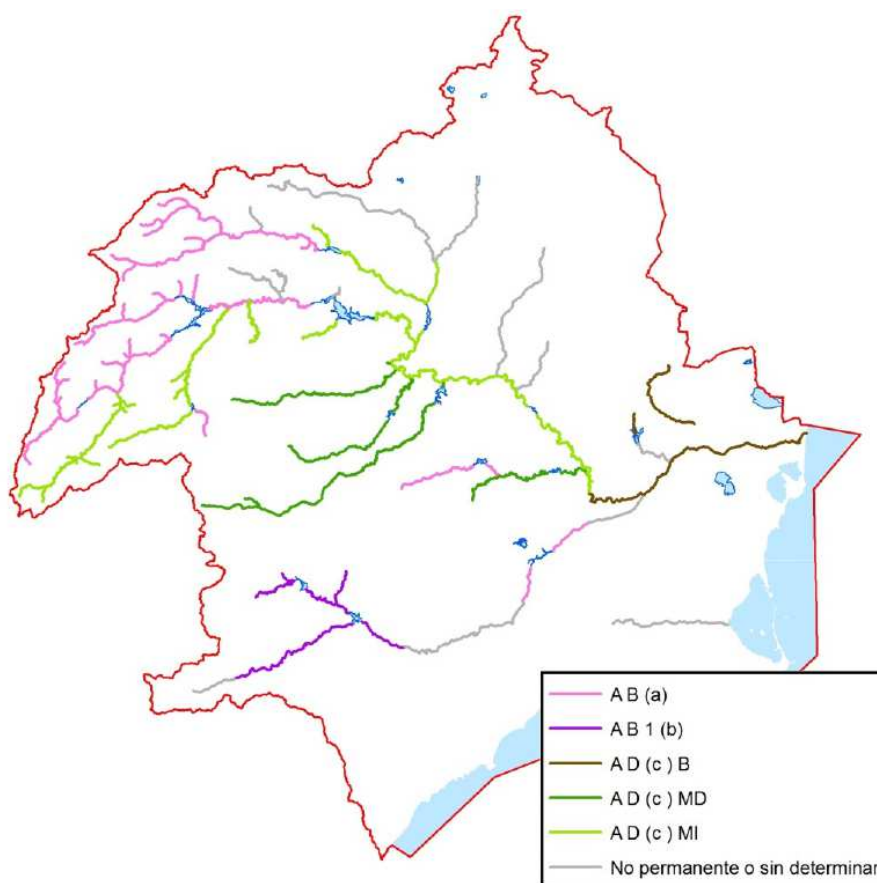
A continuación se muestran los coeficientes de ajuste obtenidos para las distintas hidro-regiones presentes en la demarcación:

- La *hidro-región A D (c)* es la más amplia de la demarcación. Se considera necesaria una subdivisión ante la heterogeneidad observada en los coeficientes calculados para las distintas masas de agua con modelización de hábitat. Esta subdivisión se realiza en base a la agrupación de resultados hidrológicos similares, siempre respetando las cuencas vertientes de las distintas masas de agua. Se han definido tres subzonas: “cabecera, margen izquierda y tramo medio del Segura”, “margen derecha del Segura” y “tramo bajo del Segura” en la hidro-región:
 - A D (c) B. Zona del tramo bajo del Segura, con un coeficiente de **0,34**.
 - A D (c) MD. Zona de la margen derecha del Segura, con un coeficiente de **1,33**.

- A D (c) MI. Zona de cabecera, eje, y margen izquierda del Segura, con un coeficiente de **0,37**.
- La **hidro-región A B 1 (b)** para la que resulta un coeficiente de **0,99**.
- La **hidro-región A B (a)** tiene un coeficiente de **0,73**. Hay excepciones en algunas masas de agua del río Quípar (ES0701012001 y ES0701012004) pertenecientes a esta hidroregión pero que se adaptan mejor al coeficiente de la hidro-región A D (c) MD, al que pertenecen la otra de masa de dicho río (ES0701012002), por lo que se han incluido en la misma.

La figura 5 muestra la asignación de masas de agua a las diferentes hidro-regiones. Por su parte, los caudales ecológicos obtenidos por extrapolación en el estudio de la DGA se muestran en la Tabla 2.

Figura 5. Clasificación de las masas de agua en hidro-regiones en la DHS



Fuente: Informe DGA, 2013.

Apéndice al Anejo de Caudales Ecológicos

Tabla 2. Caudales ecológicos mínimos obtenidos por extrapolación.

MASA		RÉGIMEN DE CAUDALES MÍNIMOS MENSUALMENTE (m3/sg)													% s/Qnat
CÓDIGO	NOMBRE	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media	
ES0701010801	Arroyo Collados	0,036	0,040	0,047	0,048	0,050	0,048	0,046	0,044	0,040	0,033	0,028	0,029	0,041	24,0
ES0701010601	Arroyo de la Espinea	0,024	0,028	0,034	0,035	0,036	0,033	0,033	0,031	0,027	0,022	0,019	0,019	0,028	15,0
ES0701012301	Río Mula hasta el embalse de La Cierva	0,036	0,036	0,036	0,032	0,033	0,037	0,038	0,035	0,031	0,028	0,025	0,028	0,033	18,0
ES0701012303	Río Mula desde el embalse de La Cierva a río Pliego	0,037	0,037	0,036	0,032	0,034	0,038	0,038	0,035	0,031	0,028	0,025	0,029	0,033	17,0
ES0701010901	Arroyo Morote	0,053	0,060	0,069	0,072	0,076	0,074	0,072	0,068	0,063	0,054	0,047	0,046	0,063	24,0
ES0701010106	Río Segura desde el embalse de la Fuensanta a confluencia con río Taibilla	1,876	2,050	2,390	2,358	2,408	2,236	2,234	2,130	1,911	1,660	1,546	1,619	2,035	24,0
ES0701011201	Arroyo Blanco hasta confluencia con embalse del Taibilla	0,047	0,046	0,054	0,050	0,054	0,051	0,048	0,049	0,045	0,036	0,035	0,043	0,046	19,0
ES0701010104	Río Segura después de confluencia con río Zumeta hasta E. de la Fuensanta	1,400	1,530	1,788	1,761	1,800	1,659	1,667	1,600	1,418	1,259	1,188	1,229	1,525	27,0
ES0701010701	Río Tus aguas arriba del Balneario de Tus	0,164	0,189	0,226	0,224	0,225	0,208	0,208	0,192	0,166	0,135	0,115	0,123	0,181	17,0
ES0701010702	Río Tus desde Balneario de Tus hasta embalse de la Fuensanta	0,248	0,277	0,330	0,324	0,325	0,300	0,299	0,276	0,244	0,191	0,164	0,188	0,264	17,0
ES0701011401	Río Bogarra hasta confluencia con el río Mundo	0,228	0,251	0,284	0,262	0,270	0,252	0,251	0,240	0,233	0,217	0,210	0,213	0,243	34,0
ES0701010302	Río Mundo desde confluencia con el río Bogarra hasta embalse del Talave	0,697	0,774	0,863	0,829	0,836	0,790	0,784	0,735	0,688	0,619	0,583	0,607	0,734	28,0
ES0701010107	Río Segura desde confluencia con río Taibilla a embalse del Cenajo	3,036	3,265	3,704	3,658	3,763	3,564	3,545	3,412	3,145	2,803	2,644	2,744	3,274	27,0
ES0701010209	Río Guadalentín desde el embalse del Romeral hasta el Reguerón	0,670	0,599	0,654	0,598	0,630	0,657	0,613	0,553	0,517	0,447	0,429	0,607	0,581	24,0
ES0701010207	Río Guadalentín después de surgencia de agua hasta embalse del Romeral	0,484	0,428	0,482	0,424	0,446	0,478	0,444	0,402	0,371	0,317	0,302	0,441	0,418	23,0
ES0701012004	Río Quípar después del embalse	0,149	0,152	0,153	0,135	0,143	0,170	0,158	0,143	0,135	0,121	0,114	0,134	0,142	14,0
ES0701012001	Rambla Tarragona y Barranco Junquera	0,056	0,057	0,063	0,058	0,061	0,065	0,064	0,060	0,058	0,053	0,051	0,056	0,058	12,0
ES0701012902	Río Corneros	0,124	0,119	0,136	0,115	0,124	0,135	0,121	0,112	0,098	0,083	0,079	0,122	0,114	28,0
ES0701010201	Río Caramel	0,068	0,061	0,075	0,060	0,064	0,081	0,070	0,062	0,054	0,045	0,043	0,071	0,063	23,0
ES0701010205	Río Guadalentín antes de Lorca desde embalse de Puentes	0,425	0,376	0,434	0,369	0,392	0,436	0,398	0,360	0,324	0,275	0,257	0,390	0,370	28,0
ES0701011301	Rambla de Letur	0,030	0,032	0,032	0,031	0,033	0,034	0,033	0,033	0,033	0,030	0,028	0,029	0,032	13,0

Apéndice al Anejo de Caudales Ecológicos

Tabla 2 (Continuación)

MASA		RÉGIMEN DE CAUDALES MÍNIMOS MENSUALMENTE (m ³ /sg)													% s/Qnat
CÓDIGO	NOMBRE	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media	
ES0701011104	Río Taibilla desde arroyo de Herrerías hasta confluencia con río Segura	0,420	0,429	0,464	0,463	0,484	0,472	0,468	0,462	0,448	0,417	0,402	0,411	0,445	20,0
ES0701011101	Río Taibilla hasta confluencia con embalse del Taibilla	0,151	0,156	0,167	0,171	0,177	0,172	0,174	0,171	0,167	0,158	0,152	0,151	0,164	17,0
ES0701010501	Arroyo Benizar	0,022	0,025	0,024	0,022	0,024	0,026	0,024	0,023	0,023	0,020	0,019	0,021	0,023	11,0
ES0701011601	Rambla Honda	0,045	0,046	0,046	0,046	0,049	0,050	0,050	0,049	0,049	0,047	0,046	0,046	0,047	20,0
ES0701010306	Río Mundo desde embalse de Camarillas hasta confluencia con río Segura	0,775	0,821	0,882	0,861	0,878	0,852	0,849	0,814	0,784	0,731	0,702	0,719	0,806	17,0
ES0701010114	Río Segura desde depuradora de Archena hasta Contraparada	2,541	2,672	2,881	2,808	2,903	2,856	2,824	2,695	2,548	2,309	2,197	2,328	2,630	12,0
ES0702081703	Arroyo de Tobarra desde confluencia con rambla de Ortigosa hasta río Mundo	0,155	0,152	0,152	0,153	0,158	0,158	0,160	0,158	0,157	0,152	0,150	0,152	0,155	16,0
ES0701012501	Rambla Salada aguas arriba del embalse de Santomera	0,005	0,006	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	12,0
ES0701012602	Río Chicamo aguas abajo del partidor	0,021	0,025	0,022	0,020	0,022	0,021	0,020	0,019	0,020	0,018	0,017	0,024	0,021	10,0
ES0701013101	Arroyo Chopillo	0,120	0,129	0,125	0,115	0,126	0,133	0,124	0,121	0,121	0,108	0,102	0,110	0,120	44,0
ES0701012401	Río Pliego	0,107	0,103	0,102	0,090	0,094	0,121	0,136	0,096	0,089	0,081	0,077	0,087	0,099	37,0
ES0701011804	Río Moratalla aguas abajo del embalse	0,307	0,320	0,320	0,304	0,333	0,336	0,317	0,316	0,305	0,275	0,261	0,283	0,306	40,0
ES0701012307	Río Mula desde el Azud Acequia de Torres de Cotillas hasta confluencia con Segura	0,257	0,243	0,239	0,215	0,224	0,265	0,279	0,228	0,213	0,194	0,185	0,205	0,229	33,0
ES0701011803	Moratalla en embalse	0,304	0,317	0,317	0,301	0,330	0,333	0,314	0,313	0,302	0,273	0,258	0,280	0,303	40,0

Fuente: Caudales ecológicos en los tramos estratégicos de la DHS. Documento Memoria del PHS 2009-2015

3.2. INCONSISTENCIAS DETECTADAS EN LOS RESULTADOS

La revisión de los resultados de los caudales ecológicos ha permitido visualizar algunas inconsistencias en el ejercicio de extrapolación. Tal como se ha explicado en el apartado 2.2. de este documento, una parte de estas inconsistencias observadas tiene su origen en los caudales simulados en algunas masas de agua. La sobreestimación de los caudales naturales del modelo SIMPA en determinadas masas de agua (especialmente en las ramblas semiáridas) puede conducir a una sobreestimación de los caudales ecológicos en dichas masas que no responde a motivos ambientales, sino simplemente a las limitaciones intrínsecas del propio modelo y su calibración.

Otra inconsistencia detectada en los resultados de los caudales ecológicos del estudio de la DGA 2013 se refiere a la conectividad hidrológica de la cuenca. En algunos casos se observa como de la confluencia de dos masas de agua, el caudal ecológico resultante aguas abajo es superior a la suma de los caudales confluyentes. Un ejemplo de esta situación es la masa de agua Río Segura desde las Juntas a Zumeta. En el estudio de octubre de 2013 se propone para esta masa de agua $1,525 \text{ m}^3/\text{s}$, mientras que en las dos masas confluyentes aguas arriba sus caudales ecológicos determinados mediante simulación ecohidráulica suman sólo $0,59 \text{ m}^3/\text{s}$ ($0,34 + 0,25$).

De forma análoga, se ha observado que hay inconsistencias en los caudales ecológicos obtenidos por extrapolación cuando masas de agua colindantes experimentan un incremento significativo en los caudales ecológicos mientras que hidrológica y ecológicamente son muy similares. Por ejemplo, en la masa de agua del Río Moratalla, el caudal ecológico propuesto por extrapolación en octubre de 2013 es de $0,306 \text{ m}^3/\text{s}$, mientras que el caudal ecológico de la masa estratégica del río Alhárabe ubicada aguas arriba es de $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$.

Las inconsistencias detectadas obligan a corregir los caudales ecológicos propuestos por la DGA mediante la técnica de extrapolación.

3.3. ARMONIZACION DE CAUDALES ECOLOGICOS

Tal como se ha mencionado en el apartado anterior, en determinadas masas de agua de la DHS el modelo SIMPA presenta unas series hidrológicas que deben ser revisadas para el cálculo de caudales ecológicos. Esta situación es especialmente significativa en las masas de agua que no presentan de forma natural un régimen hidrológico permanente.

Para corregir esta situación, en este estudio se ha utilizado la información de estaciones de aforo con periodos de registro en condiciones hidrológicas naturales, aportaciones superficiales y subterráneas del modelo SIMPA, estudios hidrogeológicos recientes de la cuenca sobre la relación río-acuífero, resultados de las campañas de campo en el contexto de la Red de Control Cuantitativa de Manantiales y Humedales de la DHS, etc. Además, se han aplicado diversas técnicas para la corrección y generación de las nuevas

series hidrológicas tales como la caracterización de caudales de base, análisis foronómico contrastado, etc.

El procedimiento ha consistido en:

1. Identificación y cuantificación de la relación río-acuífero a partir de la mejor información disponible. En este caso destaca el estudio del IGME 2010 basado en información hidrogeológica, modelización, hidrometría, etc.
2. Análisis de datos de afloramientos. Desde el año 2005 se han realizado diversas campañas de campo para la medición de caudales de manantiales y humedales, hecho que permite mejorar el conocimiento de las masas de agua en situaciones de estiaje.
3. Análisis espacial e hidrológico de las series de aportaciones del modelo SIMPA. Junto al análisis hidrogeológico y foronómico anterior, la revisión espacial de detalle (acumulación de escorrentía) y la desagregación entre aportaciones superficiales y subterráneas permiten realizar un ajuste razonable de las series hidrológicas.

Por otra parte, se ha realizado un análisis de la coherencia hidrológica de los resultados de los caudales ecológicos obtenidos por extrapolación. La IPH establece que resultados de los métodos hidrológicos deberán ser ajustados mediante la modelación de la idoneidad del hábitat en tramos fluviales representativos de cada tipo de río. En este sentido, se ha procedido a ajustar los caudales ecológicos en aquellos casos en los que ha existido una masa de agua colindante cuyos resultados han sido obtenidos por modelación del hábitat.

Teniendo en cuenta la corrección de las series del modelo SIMPA y las inconsistencias hidrológicas mencionadas, en la tabla 3 se muestran los caudales ecológicos corregidos para las masas de agua que fueron objeto de extrapolación en el estudio de la DGA de octubre de 2013.

Apéndice al Anejo de Caudales Ecológicos

Tabla 3. Caudales ecológicos mínimos corregidos en las masas de agua extrapoladas.

MASA		RÉGIMEN DE CAUDALES MÍNIMOS MENSUALMENTE (m3/sg)													% s/Quat
CÓDIGO	NOMBRE	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media	
ES0701011401	Río Bogarra hasta confluencia con el río Mundo ²	0,114	0,126	0,142	0,131	0,135	0,126	0,126	0,120	0,117	0,109	0,105	0,107	0,122	21,20
ES0701012001	Rambla Tarragoya y Barranco Junquera ²	0,056	0,057	0,060	0,053	0,056	0,065	0,062	0,057	0,054	0,048	0,045	0,051	0,055	11,00
ES0701013101	Arroyo Chopillo ¹	0,033	0,037	0,05	0,053	0,062	0,06	0,063	0,054	0,049	0,000	0,000	0,000	0,038	18,86
ES0701010104	Río Segura después de confluencia con río Zumeta hasta embalse de la Fuensanta ³	0,535	0,541	0,669	0,664	0,715	0,666	0,733	0,662	0,550	0,460	0,412	0,422	0,586	10,00
ES0701010207	Río Guadalentín después de surgencia de agua hasta embalse del Romeral ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	3,00
ES0701010209	Río Guadalentín desde el embalse del Romeral hasta el Reguerón ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	2,00
ES0701011803	Moratalla en embalse ³	0,171	0,177	0,180	0,173	0,186	0,188	0,181	0,178	0,175	0,159	0,150	0,158	0,173	23,00
ES0701012307	Río Mula desde el Azud de la Acequia de Torres de Cotillas hasta confluencia con Segura ³	0,142	0,152	0,143	0,138	0,158	0,149	0,156	0,147	0,141	0,132	0,130	0,140	0,144	21,00
ES0701010302	Río Mundo desde confluencia con el río Bogarra hasta embalse del Talave ³	0,646	0,587	0,654	0,607	0,686	0,674	0,720	0,663	0,618	0,559	0,525	0,504	0,620	24,00
ES0701010106	Río Segura desde el embalse de la Fuensanta a confluencia con río Taibilla ³	1,653	1,359	1,543	1,533	1,813	1,590	1,874	1,683	1,482	1,317	1,205	1,139	1,516	18,00
ES0701010107	Río Segura desde confluencia con río Taibilla a embalse del Cenajo ³	2,073	1,788	2,007	1,996	2,297	2,062	2,342	2,145	1,930	1,734	1,607	1,550	1,961	16,00
ES0701010114	Río Segura desde depuradora de Archena hasta Contraparada ²	2,071	2,182	2,339	2,326	2,372	2,346	2,308	2,201	2,102	1,900	1,800	1,899	2,154	10,00
ES0702081703	Arroyo de Tobarra desde confluencia con rambla de Ortigosa hasta río Mundo ¹	0,014	0,021	0,022	0,050	0,074	0,046	0,094	0,083	0,080	0,049	0,034	0,029	0,05	11,99
ES0701012401	Río Pliego ¹	0,018	0,019	0,028	0,027	0,039	0,024	0,032	0,020	0,022	0,014	0,016	0,017	0,023	11,27
ES0701010205	Río Guadalentín antes de Lorca desde embalse de Puentes ⁵	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
ES0701011804	Río Moratalla aguas abajo del embalse ³	0,171	0,177	0,180	0,173	0,186	0,188	0,181	0,178	0,175	0,159	0,150	0,158	0,173	23,00

¹ Series revisadas del modelo SIMPA; ² Ajuste por caudales ecológicos de masa estratégica; ³ Ajuste por consistencia hidrológica; ⁴ Masas a verificar caudales por morfología y relación río-acuífero

; ⁵ La propuesta de caudales ecológicos está en estudio debido a las incertidumbres asociadas a sus beneficios ambientales en relación a las condiciones ecológicas e hidromorfológicas actuales

4. CALCULO DE CAUDALES ECOLOGICOS PARA MASAS DE AGUA SIN ASIGNACION EN LOS ESTUDIOS PRECEDENTES

4.1. MASAS DE AGUA SIN CÁLCULO DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN LOS ESTUDIOS PRECEDENTES

Tal como se ha señalado anteriormente, en el estudio desarrollado por la DGA en octubre de 2013 quedaron sin extrapolación 22 masas de agua. En dicho estudio se justificaba que no se había aplicado el método de extrapolación a aquellas masas cuyo régimen había sido caracterizado como no permanente (temporal, intermitente o efímero) o de clasificación dudosa. Las masas de agua que finalmente resultaron sin caudales ecológicos asignados en los estudios precedentes se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Masas de agua sin caudales ecológicos definidos.

MASA	
CÓDIGO	NOMBRE
ES0701011001	Arroyo de Elche
ES0701011501	Rambla Honda
ES0701011701	Rambla de Mullidar
ES0701011702	Arroyo Tobarra hasta confluencia con rambla Ortigosa
ES0701012101	Rambla del Judío antes del embalse
ES0701012201	Rambla del Moro antes de embalse
ES0701012601	Río Chícamo aguas arriba del partidor
ES0701012701	Río Turrilla hasta confluencia con el río Luchena
ES0701012801	Rambla del Albujión
ES0701012901	Rambla de Chirivel
ES0701013001	Rambla del Algarrobo
ES0701013201	Río en embalse de Bayco
ES0701013202	Rambla de Ortigosa desde embalse de Bayco hasta confluencia con arroyo de Tobarra
ES0701010110	Río Segura desde CH Cañaverosa a Quípar
ES0701010206	Río Guadalentín desde Lorca hasta surgencia de agua
ES0702080210	Reguerón
ES0701012102	Rambla del Judío en embalse
ES0701012103	Rambla del Judío desde embalse hasta confluencia con río Segura
ES0701012202	Rambla del Moro en embalse
ES0701012203	Rambla del Moro desde embalse hasta confluencia con río Segura
ES0701012306	Río Mula desde embalse de Los Rodeos hasta el Azud de la Acequia de Torres de Cotillas
ES0702082503	Rambla Salada

Fuente: Elaboración propia

4.2. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PARA LAS MASAS DE AGUA SIN CÁLCULO DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN LOS ESTUDIOS PRECEDENTES

4.2.1. BASE NORMATIVA PARA LA SELECCIÓN DE LA METODOLOGIA DE CALCULO

La Instrucción de Planificación Hidrológica considera las aproximaciones hidrológicas y las aproximaciones basadas en la modelación del hábitat como opciones metodológicas válidas para el cálculo de los caudales ecológicos. En el caso del presente estudio, el elevado número de masas de agua de la demarcación decanta la determinación de sus caudales ecológicos hacia las aproximaciones hidrológicas.

El apartado 3.4.1.4.1.1.1. de la IPH establece que en la caracterización de los caudales ecológicos mínimos se aplicarán alguno de los siguientes criterios:

- a) La definición de variables de centralización móviles anuales, de orden único o variable. En el caso de orden único, éste se identificará por su significación hidrológica (21 días consecutivos, por ejemplo), mientras que en el caso de orden variable, se tendrán en cuenta posibles discontinuidades del ciclo hidrológico para su identificación.
- b) La definición de percentiles entre el 5 y el 15% a partir de la curva de caudales clasificados, que permitirán definir el umbral habitual del caudal mínimo.

4.2.2. FUNDAMENTOS CIENTIFICOS

A partir de los años ochenta es constatable un rápido desarrollado diversos conceptos y principios en el ámbito científico que ayudan a comprender mejor el papel del régimen hidrológico en la dinámica y funcionamiento los ecosistemas acuáticos. Estas nuevas contribuciones cuentan con una base experimental sólida, y por tanto, pueden ser de utilidad a la hora de recomendar regímenes hidrológicos que sirvan para mantener la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos.

Entre los conceptos teóricos más destacados se encuentran:

- Paradigma del río natural (Poff *et al*, 1997). Este principio mantiene que para conservar la biodiversidad, producción y sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos, es necesario destacar el papel central de un medio físico variable. El régimen hidrológico natural organiza y define este ambiente físico, y por ende, el ecosistema. Se extiende al caso de los humedales.
- Rango Natural de Variabilidad (Richter *et al*, 1996). Se trata de un concepto relevante para el mantenimiento de la biodiversidad y la resiliencia en ecosistemas. Partiendo de la base de que no podemos conocer con exactitud las

consecuencias de alterar los ecosistemas por parte del hombre, este concepto asume que mantener el rango de variabilidad natural en las condiciones y procesos de un ecosistema ofrece el mejor modelo disponible para el mantenimiento de las condiciones a las que la mayoría de especies están adaptadas. En el caso de los ecosistemas acuáticos, el rango de variabilidad natural del régimen hidrológico es el referente clave.

- Gradiente de la Condición Biológica (USEPA, 2005; Davies y Jackson, 2006). El Gradiente de la Condición Biológica es un modelo científico que describe la respuesta biológica frente a niveles crecientes de presión. Originalmente, este modelo describe cómo cambian diez atributos de los ecosistemas acuáticos en respuesta al aumento de los niveles de estrés, incluyendo entre estos atributos varios aspectos de la estructura de la comunidad biológica, aspectos funcionales de los ecosistemas, etc. Actualmente los estudios de los caudales ecológicos se abordan desde este planteamiento, asumiendo que diferentes caudales ecológicos proporcionarán diferentes niveles de conservación.
- El Régimen de Perturbaciones Naturales (White & Pickett, 1985). Este concepto defiende que el patrón y la dinámica de perturbaciones naturales moldean a largo plazo la estructura y composición de las especies de un ecosistema.
- Concepto del Pulso de Crecida (Junk et al. 1989). Este concepto se desarrolló primero en las llanuras aluviales amazónicas para describir los cambios estacionales de los niveles de agua, las relaciones con la dinámica funcional y el mantenimiento de la diversidad de especies. Esta dinámica de expansión/retracción característica de las crecidas es fundamental para funciones tales como la producción, descomposición y consumo de la materia orgánica, mientras que la fluctuación del nivel del agua conduce los procesos de sucesión ecológica.
- Carácter 4-dimensional de los sistemas acuáticos (Ward, 1989) relaciona las tres dimensiones espaciales de los ecosistemas acuáticos (longitudinal, lateral y vertical) con la dimensión temporal para comprender los procesos ecológicos dominantes (migración, transporte, intercambio de materia y energía).
- Teoría de la Perturbación Intermedia (Ward & Stanford, 1983) analiza el papel de las perturbaciones para alcanzar la sostenibilidad ecológica, asumiendo que ésta se encuentra en gran medida gobernada por la frecuencia, intensidad y predictibilidad de tales perturbaciones.
- Concepto de la Dinámica de Parches (Townsend, 1989) identifica una alta diversidad de especies con una alta heterogeneidad espacial y cierta variabilidad temporal.
- Mosaico cambiante de los hábitats (Stanford et al, 2005). Tal como describe este concepto, la estructura de este mosaico en los ecosistemas acuáticos cambia a través del tiempo asociado a los cambios en el régimen hidrológico. Los

organismos han evolucionado en estas condiciones cambiantes del hábitat que, a pesar de sus constantes cambios, están disponibles en general en cantidades y formas similares.

Estos son algunos ejemplos que ilustran cómo el régimen hidrológico, y por extensión los caudales ecológicos, es una pieza clave en el buen funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Un ecosistema saludable provee numerosos recursos y procesos de los sistemas naturales que benefician a los seres humanos (aprovisionamiento de agua, pesca, regulación de inundaciones, etc.).

Más allá de la intención de realizar una síntesis precisa de los principios científicos que deben orientar la selección de métodos de caudales ecológicos, es posible identificar algunas características funcionales derivadas del régimen hidrológico que deben poseer los ecosistemas acuáticos para mantener su estructura y dinámica. La tabla 5 es una muestra de algunos criterios básicos que fundamentan la gestión de la integridad ecológica de dichos ecosistemas.

Tabla 5. Criterios científicos para la gestión de la integridad de los ecosistemas acuáticos

CRITERIO	BREVE EXPLICACION
Hidrología como aspecto principal en la gestión de los ecosistemas acuáticos	Para conservar o restaurar la integridad ecológica de un ecosistema acuático, es necesario conocer y gestionar adecuadamente su funcionamiento hidrológico natural
Modelo de gestión condicionado por el dinamismo de los ecosistemas acuáticos	Variabilidad, especialmente hidrológica, como seña identidad de los ecosistemas acuáticos. Necesidad de gestionarlos para conservar o restaurar su funcionamiento hidrológico natural
Necesidad de conservar el régimen de perturbaciones naturales	Las perturbaciones naturales son necesarias para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de su integridad ecológica
Conservación del modelado y las formaciones como uno de los objetivos fundamentales	Es importante considerar la morfología de los ecosistemas acuáticos y su conectividad para el mantenimiento de un flujo de energía, dotarles de espacio suficiente para su dinámica y ofrecerles un colchón amortiguador frente a perturbaciones anómalas
Reconocimiento del papel de la biodiversidad funcional	La contribución de la biodiversidad a los ecosistemas no sólo deriva del número de especies sino del papel ecológico que desempeñan
La gestión de los ecosistemas acuáticos debe estar relacionada con la de sus cuencas hidrográficas y acuíferos asociados	El ecosistema acuático en su cuenca, superficial y subterránea, debe ser la unidad mínima de análisis y gestión
Restauración de ecosistemas acuáticos dirigida a la recuperación de su integridad ecológica	Diferenciación entre restauración ecológica, rehabilitación y recreación. Se busca la recuperación de integridad ecológica frente a la de elementos singulares de la estructura
Gestión a distintas escalas espacio-temporales	Dada la complejidad, necesidad de gestionarlos a varias escalas espacio-temporales: red palustre, complejo palustre, cuenca, humedal, y especie-hábitat

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. SELECCIÓN DEL METODO DE APLICACION

Inicialmente se han descartado aproximaciones metodológicas basadas en caudales diarios (por ejemplo el QBM). La razón para ello radica en la complejidad e incertidumbre añadida de realizar la desagregación diaria de las series de aportaciones del modelo SIMPA.

Como alternativa, la propuesta de caudales ecológicos del presente estudio se ha formulado a partir de la aplicación del percentil 5 (criterio “b” de la IPH) sobre la curva de caudales mensuales clasificados. El periodo considerado para el cálculo de los caudales ecológicos en este estudio se extiende desde 1986 hasta 2006.

Los argumentos de orden científico y técnico que motivan la selección de este método son los siguientes:

1. El Documento Guía sobre caudales ecológicos aprobado por los Directores del Agua de la UE el 26 de noviembre de 2014 (Documento CIS 31) hace una referencia a esta aproximación como un método de referencia para este nivel de análisis.
2. Esta metodología ha sido revisada críticamente por científicos expertos en sus respectivas disciplinas. Se basa en asunciones razonables, y ha sido formulada a partir de estudios consistentes que en última instancia corroboran las teorías implícitas en sus asunciones (paradigma de río natural, la naturaleza tetradimensional de los ecosistemas acuáticos, etc). Además, las técnicas analíticas, los datos y las conclusiones están adecuadamente considerados de acuerdo con el conocimiento científico existente, incluyendo en sus citas referencias a revistas científicas relevantes sin dudas de credibilidad dentro de la comunidad científica. Desde esta perspectiva, el método de Aproximación del Rango de Variabilidad Natural se puede considerar como una metodología que recoge los principales elementos de la “mejor ciencia disponible”.
3. Se trata de un método flexible que permite adaptar las propuestas de caudales ambientales tanto a la variabilidad de los ecosistemas acuáticos como a los niveles de protección requeridos. En este caso la herramienta de ajuste gira en torno a los criterios numéricos del rango de variabilidad (percentiles) que se establecen en función de las particularidades de cada caso.
4. Se trata de un método sencillo (la formulación matemática se reduce al cálculo del percentil en la distribución de aportaciones mensuales) y robusto (se pueden utilizar datos hidrológicos mensuales obtenidos con alta fiabilidad a partir de los modelos precipitación-escorrentía).
5. Es un método que permite la interpretación de sus resultados en clave de situaciones hidrológicas (condiciones de sequías o situaciones húmedas) y ecológicas (los extremos como perturbaciones y su efecto dinámico).

Los resultados de los caudales ecológicos se muestran en la Tabla 6.

Apéndice al Anejo de Caudales Ecológicos

Tabla 6. Caudales ecológicos en masas de agua sin propuesta en estudios precedentes

MASA		RÉGIMEN DE CAUDALES MÍNIMOS MENSUALMENTE (m3/sg)													% s/Qnat	
CÓDIGO	NOMBRE	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media		
ES0701011001	Arroyo de Elche ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701011501	Rambla Honda ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701011701	Rambla de Mullidar ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701011702	Arroyo Tobarra hasta confl. rambla Ortigosa ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701012101	Rambla del Judío antes del embalse ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701012103	Rambla del Judío desde embalse hasta confluencia con río Segura ¹	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	8%
ES0701012201	Rambla del Moro antes de embalse ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701012601	Río Chícamo aguas arriba del partidor ¹	0,003	0,013	0,016	0,012	0,021	0,011	0,031	0,017	0,020	0,018	0,013	0,011	0,015	0,015	30,00
ES0701012701	Río Turrilla hasta confluencia con Luchena ²	0,082	0,081	0,082	0,090	0,108	0,093	0,086	0,087	0,079	0,072	0,070	0,071	0,083	0,083	0,17
ES0701012801	Rambla del Albujón ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701012901	Rambla de Chirivel ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701013001	Rambla del Algarrobo ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701013201	Río en embalse de Bayco ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701013202	Rambla de Ortigosa desde embalse de Bayco hasta confluencia con arroyo de Tobarra ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701012306	Río Mula desde embalse de Los Rodeos hasta el Azud de la Acequia de Torres de Cotillas ²	0,143	0,152	0,143	0,138	0,158	0,149	0,156	0,147	0,141	0,132	0,130	0,140	0,144	0,144	21,00
ES0701010110	Río Segura desde CH Cañaverosa a Quípar ²	2,701	2,082	2,697	2,527	2,764	2,576	2,471	2,184	1,831	1,345	1,236	1,475	2,157	2,157	17,00
ES0701010206	Guadalentín desde Lorca hasta surgencia agua ³	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ES0702080210	Reguerón ³	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	2,00
ES0701012102	Rambla del Judío en embalse ¹	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	8%
ES0701012202	Rambla del Moro en embalse ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0701012203	Rambla del Moro desde embalse hasta confluencia con río Segura ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ES0702082503	Rambla Salada ¹	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00

¹ Series revisadas del modelo SIMPA; ² Ajuste por caudales ecológicos de masa estratégica; ³ La propuesta de caudales ecológicos está en estudio debido a las incertidumbres asociadas a sus beneficios ambientales en relación a las condiciones ecológicas e hidromorfológicas actuales

5. REFERENCIAS

Davies S. P. y Jackson S.K. 2006. “The Biological Condition Gradient: A Descriptive Model for Interpreting Change in Aquatic Ecosystems”. *Ecological Applications*: Vol. 16, No. 4 pp. 1251–1266

Documento CIS 31. 2014. Guidance Document on Ecological Flows (Eflows) in the implementation of the Water Framework Directive. European Commission.

IGME, 1979 Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas. Informe Técnico.

IGME, 2010. Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descarga por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial relevancia hídrica. Encomienda de Gestión.

Junk, W. J.; P. B Bayley and R.E. Sparks. 1989. “The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems”. In: Doge, D.P. (Ed.). *Proc. Int. Large River Symp (Lars) – Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 106: 110-127.

Poff, N.L., J.D. Allan, M. B. Bain, J.R. Karr, B. Richter, R. Sparks, and J. Stromberg. 1997. “The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration”. *BioScience* 47,769-784.

Richter B. D., J.V. Baumgartner, J. Powell y D.P. Braun. 1996. “A method for assessing hydrological alteration within ecosystems”. *Conservation Biology* 10(4): 1163-1174.

Sánchez, R. and G. Schmidt. 2012. Environmental flows as a tool to achieve the WFD objectives. Discussion Paper. European Commission.

Stanford, J. A., M. S. Lorang, and F. R. Hauer. 2005. The shifting habitat mosaic of river ecosystems. *Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen* 29:123–136.

Townsend C. R. 1989. The patch dynamics concept of stream community ecology. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 8: 36-50.

USEPA. 2005. “Use of Biological Information to Better Define Designated Aquatic Life Uses in State and Tribal Water Quality Standards: Tiered Aquatic Life Uses”.

Ward, J. V. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal N. Amer. Benthol. Soc* 8, 2-8.

Ward, J. V., and J. A. Stanford. 1983. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. T. D. Fontaine and S. M. Bartell, editors. Dynamics of lotic ecosystems. Ann Arbor Sciences. Pages 29-42.

White, P.S.; Pickett, S.T.A. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In: Pickett, S.T.A.; White, P.S., eds. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. New York: Academic Press: 3–13.