

Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate

Revisión de tercer ciclo (2021-2027)

PLAN HIDROLÓGICO

(Documento para consulta pública)

ANEJO V CAUDALES ECOLÓGICOS



Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Andalucía
se mueve con Europa



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	BASE NORMATIVA	4
2.1	TEXTO REFUNDIDO DE LA LEY DE AGUAS	6
2.2	LEY DEL PLAN HIDROLÓGICO NACIONAL	8
2.3	REGLAMENTO DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA	9
2.4	LEY DE AGUAS DE ANDALUCÍA	15
2.5	INSTRUCCIÓN DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA PARA LAS DEMARCAIONES HIDROGRÁFICAS INTRACOMUNITARIAS DE ANDALUCÍA 17	
3	OBJETIVOS.....	20
3.1	RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN RÍOS	20
3.2	RÉGIMEN DE CAUDALES DURANTE SEQUÍAS PROLONGADAS	22
3.3	REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LAGOS Y ZONAS HÚMEDAS.....	22
4	FASES EN EL ESTABLECIMIENTO DEL RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS.....	25
5	METODOLOGÍA.....	27
5.1	RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN MASAS DE AGUA SUPERFICIAL DE LA CATEGORÍA RÍO	27
5.1.1	ÁMBITO ESPACIAL	28
5.1.2	COMPONENTES DEL RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS.....	28
5.1.3	CLASIFICACIÓN DE LOS RÍOS SEGÚN SU TEMPORALIDAD.....	30
5.1.4	DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE CAUDALES MÍNIMOS.....	36
5.1.5	DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE CAUDALES MÁXIMOS	46

5.1.6	TASA DE CAMBIO	47
5.1.7	CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN DE CRECIDAS.....	48
5.1.8	MASAS DE AGUA MUY ALTERADAS HIDROLÓGICAMENTE.....	50
5.1.9	RÉGIMEN DE CAUDALES DURANTE SEQUÍAS PROLONGADAS ...	51
5.2	REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LAGOS Y ZONAS HÚMEDAS.....	52
5.3	MASAS DE AGUA DE TRANSICIÓN	54
6	RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS	58
6.1	RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN MASAS DE AGUA SUPERFICIAL DE LA CATEGORÍA RÍO	58
6.1.1	SELECCIÓN DE LAS MASAS DE AGUA ESTRATÉGICAS	58
6.1.2	DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE CAUDALES MÍNIMOS.....	69
6.1.3	DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE CAUDALES MÁXIMOS	107
6.1.4	TASAS DE CAMBIO	111
6.1.5	CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN DE CRECIDAS.....	112
6.2	REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LAGOS Y ZONAS HÚMEDAS.....	118
6.3	RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO EN LAS AGUAS DE TRANSICIÓN 123	
7	PROCESO DE CONCERTACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS.....	129
8	REPERCUSIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS SOBRE LOS USOS DEL AGUA	131
9	GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....	133
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134



APÉNDICE

APÉNDICE V.1 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LAGOS Y ZONAS HÚMEDAS



FIGURAS

Figura nº 1. Esquema general de cálculo del QBM.....	39
Figura nº 2. Representación esquemática de la metodología IFIM.....	40
Figura nº 3. Representación gráfica en 1D, basado en celdas rectangulares entre transectos.....	43
Figura nº 4. Representación del hábitat en 2D. Representación espacial del campo de profundidades y velocidades.....	43
Figura nº 5. Esquema conceptual de la modelización del hábitat.....	44
Figura nº 6. Tramos seleccionados para la realización del estudio detallado de caudales ecológicos.....	61
Figura nº 7. Precipitación anual en la subcuenca de Zahara.....	62
Figura nº 8. Caudal simulado y medido en el embalse de Barbate y precipitación media en la cuenca (1985/86-2006/07).....	64
Figura nº 9. Curva clasificada del número de días con caudal inferior a 10 l/s en Zahara.....	69
Figura nº 10. Curva de preferencia de profundidad (m) para <i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	81
Figura nº 11. Curva de preferencia de velocidad (m/s) para <i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	81
Figura nº 12. Valores de HPU en ambos hidroperiodos en función del caudal, para las diferentes hipótesis planteadas de pendiente y rugosidad en la subcuenca de Almodóvar.....	84

Figura nº 13.	Valores de HPU en ambos hidroperiodos en función del caudal, para las diferentes hipótesis planteadas de pendiente y rugosidad en la subcuenca de Hurones.....	86
Figura nº 14.	Valores de HPU en ambos hidroperiodos en función del caudal, para las diferentes hipótesis planteadas de pendiente y rugosidad en la subcuenca de Zahara	89
Figura nº 15.	Ejemplo de la modificación del régimen de caudales mínimos	96
Figura nº 16.	Aportaciones subterráneas al sistema superficial en régimen natural.....	97
Figura nº 17.	Hidrograma de crecida en la cuenca de Almodóvar	115
Figura nº 18.	Hidrograma de crecida en la cuenca de Arcos	115
Figura nº 19.	Zonas húmedas con estimación de requerimientos hídricos	119
Figura nº 20.	Ámbitos estuarinos y zonas de marismas en la DHGB	123

TABLAS

Tabla nº 1. Esquema general de cálculo del RVA	37
Tabla nº 2. Tramos seleccionados para la realización del estudio detallado de caudales ecológicos.....	60
Tabla nº 3. Clasificación de los tramos analizados en los Sistemas Guadalete y Barbate	65
Tabla nº 4. Estimación del periodo de cese de caudal en los Sistemas Guadalete y Barbate	68
Tabla nº 5. Régimen de caudales ecológicos mínimos según el método de RVA en los tramos de estudio del Sistema Guadalete.....	70
Tabla nº 6. Régimen de caudales ecológicos mínimos según el método de RVA en los tramos de estudio del Sistema Barbate.....	71
Tabla nº 7. QBM en las subcuencas del Sistema Guadalete	72
Tabla nº 8. QBM en las subcuencas del Sistema Barbate.....	73
Tabla nº 9. Régimen de caudales ecológicos mínimos según el método de QBM en los tramos de estudio del Sistema Guadalete	75
Tabla nº 10. Régimen de caudales ecológicos mínimos según el método de QBM en los tramos de estudio del Sistema Barbate	75
Tabla nº 11. Valoración de la presencia en la demarcación (Mínimo=0, Máximo=10).....	77
Tabla nº 12. Curvas de preferencia de profundidad (m) y velocidad (m/s) para <i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	80

Tabla nº 13.	Valores de HPU máximo para diferentes pendientes y coeficientes de rugosidad de Manning en la subcuenca de Almodóvar	83
Tabla nº 14.	Resumen del cálculo de caudal mínimo según el método de hábitat en la subcuenca de Almodóvar	85
Tabla nº 15.	Valores de HPU máximo para diferentes pendientes y coeficientes de rugosidad de Manning en la subcuenca de Hurones	86
Tabla nº 16.	Resumen del cálculo de caudal mínimo según el método de hábitat en la subcuenca de Hurones.....	87
Tabla nº 17.	Valores de HPU máximo para diferentes pendientes y coeficientes de rugosidad de Manning en la subcuenca de Zahara	88
Tabla nº 18.	Resumen del cálculo de caudal mínimo según el método de hábitat en la subcuenca de Zahara	90
Tabla nº 19.	Comparación de los resultados de caudal mínimo por los diferentes métodos utilizados a la salida del embalse de Hurones	91
Tabla nº 20.	Comparación de los resultados de caudal mínimo por los diferentes métodos utilizados a la salida del embalse de Zahara	92
Tabla nº 21.	Comparación de los resultados de caudal mínimo por los diferentes métodos utilizados a la salida del embalse de Almodóvar	92

Tabla nº 22.	Régimen de caudales ecológicos mínimos en los principales embalses del Sistema Guadalete	98
Tabla nº 23.	Régimen de caudales ecológicos mínimos en los embalses del Sistema Barbate.....	98
Tabla nº 24.	Régimen de caudales ecológicos mínimos (hm ³ /mes) en situación ordinaria.....	103
Tabla nº 25.	Régimen de caudales ecológicos mínimos (hm ³ /mes) en situación de sequía prolongada	106
Tabla nº 26.	Valores orientativos de caudal máximo a desembalsar en los embalses del Sistema Guadalete	109
Tabla nº 27.	Valores orientativos de caudal máximo a desembalsar en los embalses del Sistema Barbate	109
Tabla nº 28.	Valores orientativos de caudal máximo a desembalsar, según los criterios de la IPHA, en los embalses del Sistema Guadalete	110
Tabla nº 29.	Valores orientativos de caudal máximo a desembalsar, según los criterios de la IPHA, en los embalses del Sistema Barbate.	110
Tabla nº 30.	Tasas de cambio en los embalses del Sistema Guadalete...	112
Tabla nº 31.	Tasas de cambio en los embalses del Sistema Barbate	112
Tabla nº 32.	Estadísticos para el cálculo del caudal de máxima crecida ordinaria.....	114
Tabla nº 33.	Caracterización del régimen de crecidas y propuesta de caudal generador en los embalses del Sistema Guadalete	117



Tabla nº 34.	Caracterización del régimen de crecidas y propuesta de caudal generador en los embalses del Sistema Barbate	118
Tabla nº 35.	Requerimientos hídricos para el mantenimiento de las zonas húmedas.....	122
Tabla nº 36.	Resumen del análisis de ámbitos estuarinos y zonas de marismas.....	126
Tabla nº 37.	Masas de agua de transición que requieren un análisis del régimen de caudales ecológicos	127



1 INTRODUCCIÓN

El agua es un bien escaso en muchas zonas de España, especialmente en aquellas regiones más secas donde existe un régimen de precipitaciones escaso (marcado por una fuerte variabilidad estacional) y altas temperaturas, combinado, en algunos casos, con una importante presión antrópica sobre el medio hídrico debido al intenso aprovechamiento del recurso hídrico disponible y la fuerte competencia existente entre los distintos usuarios del agua.

Además, debido a la problemática derivada de la escasez de agua, se hace imprescindible establecer una restricción previa al uso del recurso hídrico, con el objetivo de satisfacer las necesidades ambientales y con ello, mantener, proteger y mejorar (cuando sea posible) la funcionalidad de los ecosistemas fluviales y terrestres asociados, evitando así su deterioro.

Por ello, el principal reto de la planificación hidrológica es lograr la compatibilidad entre la satisfacción de las demandas socioeconómicas, junto con la preservación y mejora del medio ambiente, con una gestión sostenible, racional y eficaz de los recursos hídricos disponibles. Con este propósito, se han establecido una serie de objetivos medioambientales cuyo cumplimiento debe asegurar la disponibilidad de recursos hídricos en cantidad y calidad suficientes.

La legislación española establece la necesidad de determinar un régimen de caudales ecológicos en los planes hidrológicos de cuenca, entendiendo éste

como aquel que “*mantiene como mínimo la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera*” y, además, se consideran una restricción impuesta con carácter general a los sistemas de explotación.

Es decir, la consideración del régimen de caudales ecológicos es obligatorio en la asignación y reserva de recursos para usos y demandas, actuales y futuros, así como para la conservación y recuperación de medio natural. En todo caso, se aplicará también a los caudales medioambientales la regla sobre supremacía del uso para abastecimiento de poblaciones recogida en la Ley de Aguas.

Los caudales ecológicos en los ríos de la demarcación fueron definidos en el Plan Hidrológico 2009-2015 de la Demarcación Hidrográfica del Guadalete-Barbate (DHGB), cuyo contenido fue revisado y actualizado en el Plan Hidrológico 2015-2021¹.

La revisión de este tercer ciclo (2021-2027) recoge lo contemplado en los ciclos anteriores en cuanto a las masas de agua de categoría río, y los amplía incorporando los resultados de los trabajos que se han realizado para la estimación de las necesidades hídricas en lagos y humedales para las masas de agua de la categoría lagos, cuyos resultados se incorporan al presente

¹ El Plan Hidrológico actualmente vigente es el de primer ciclo (2009-2015), según Sentencia de 4 de julio de 2019, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo (BOE núm. 182 de 31 de julio de 2019).

anejo y el detalle se recoge en el Apéndice V.1. Asimismo, traduce el régimen de caudales ecológicos mínimos en ríos establecido en los ciclos de planificación anteriores a los cambios introducidos en la delimitación de las masas de agua (segmentación).

Este Anejo se estructura en los siguientes apartados:

1. Introducción
2. Base normativa
3. Objetivos
4. Fases en el establecimiento del régimen de caudales ecológicos
5. Metodología
6. Resultados de los estudios técnicos
7. Proceso de concertación del régimen de caudales ecológicos
8. Repercusión del régimen de caudales ecológicos sobre los usos del agua
9. Glosario de abreviaturas
10. Referencias bibliográficas



2 BASE NORMATIVA

La Directiva (DMA) 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000 establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Tiene por objetivo establecer un marco para la protección y mejora de las masas de agua, promoviendo un uso sostenible de los recursos hídricos y contribuyendo a paliar los efectos de las inundaciones y sequías. Para alcanzar este objetivo da un peso muy importante a la planificación hidrológica, a la gestión por cuenca, a los análisis económicos y a la participación pública.

La implantación de un régimen de caudales ecológicos no se exige explícitamente en la DMA, aunque es clara la relación entre la implantación y mantenimiento efectivo del régimen de caudales ecológicos en las diferentes masas de agua y su contribución a alcanzar los objetivos medioambientales especificados en las mismas. Por lo tanto, los caudales ecológicos no se conciben como un fin en sí mismo, sino como un medio para alcanzar los objetivos citados.

El ordenamiento jurídico español incluye tanto la definición del concepto de caudal ecológico, como los trabajos necesarios para su determinación e implantación, y viene recogido en:

- el Real Decreto 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA);



- la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional (PHN) y la Ley 11/2005, de 22 de julio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional;
- el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH);
- la Ley 9/2010 de Aguas de Andalucía.

Además, la Instrucción de Planificación Hidrológica de las Demarcaciones Intracomunitarias de Andalucía (IPHA), aprobada por la Orden de 11 de marzo de 2015 de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía, desarrolla los contenidos de la normativa y define la metodología de aplicación.

Por otra parte, la necesidad de disponer de un régimen jurídico completo en relación a la implementación, mantenimiento, control y seguimiento del régimen de los caudales ecológicos ha resultado en la inclusión una serie de artículos relacionados con el tratamiento de los caudales ecológicos en el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (RDPH), a través de su modificación mediante el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, aunque se destaca la nulidad del art. 49 quinquies.2 en la redacción dada por el art. 1 del Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por Sentencia del TS de 3 de octubre de 2018 (Ref. [BOE-A-2018-15351](#)).

2.1 TEXTO REFUNDIDO DE LA LEY DE AGUAS

La norma básica en materia de planificación y gestión de las aguas es el TRLA, compuesto por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, y sus sucesivas modificaciones, entre las cuales cabe destacar la Ley 62/2003, de 30 de diciembre por la cual se incorpora a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario en el ámbito de la política de aguas, así como la introducida por la Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley del PHN, que incorpora las bases de los caudales ecológicos.

El TRLA señala en su artículo 40 los objetivos de la planificación hidrológica:

“La planificación hidrológica tendrá por objetivos generales conseguir el buen estado y la adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas objeto de esta Ley, la satisfacción de las demandas de agua, el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales.”

En su artículo 42 b) c'), relativo al contenido de los planes hidrológicos de cuenca, hace referencia a la asignación y reserva de recursos y a los caudales ecológicos:



“1. Los planes hidrológicos de cuenca comprenderán obligatoriamente:

(...)

b) La descripción general de los usos, presiones e incidencias antrópicas significativas sobre las aguas, incluyendo:

(...)

c) La asignación y reserva de recursos para usos y demandas actuales y futuros, así como para la conservación o recuperación del medio natural. A este efecto se determinarán:

Los caudales ecológicos, entendiéndolos como tales los que mantiene como mínimo la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera.”

Por otro lado, en el artículo 59.7 se establecen los caudales ecológicos como restricciones a los sistemas de explotación:

“Los caudales ecológicos o demandas ambientales no tendrán el carácter de uso a efectos de lo previsto en este artículo y siguientes, debiendo considerarse como una restricción que se impone con carácter general a los sistemas de explotación. En todo caso, se aplicará también a los caudales medioambientales la regla sobre supremacía del uso para



abastecimiento de poblaciones recogida en el párrafo final del apartado 3 del artículo 60. Los caudales ecológicos se fijarán en los Planes Hidrológicos de cuenca. Para su establecimiento, los organismos de cuenca realizarán estudios específicos para cada tramo de río.”

2.2 LEY DEL PLAN HIDROLÓGICO NACIONAL

La Ley 10/2001, de 5 de julio, del PHN, así como su modificación mediante la Ley 11/2005, de 22 de junio, desarrollan el artículo 59.7 del TRLA.

Así, en el artículo 26 “*Caudales ambientales*” de la Ley 10/2001 (con las modificaciones establecidas por la Ley 11/2005), se establece lo siguiente:

“1. A los efectos de la evaluación de disponibilidades hídricas, los caudales ambientales que se fijen en los Planes Hidrológicos de cuenca, de acuerdo con la Ley de Aguas, tendrán la consideración de una limitación previa a los flujos del sistema de explotación, que operará con carácter preferente a los usos contemplados en el sistema. Para su establecimiento, los Organismos de cuenca establecerán estudios específicos para cada tramo de río, teniendo en cuenta la dinámica de los ecosistemas y las condiciones mínimas de su biocenosis. Las disponibilidades obtenidas en estas condiciones son las que pueden, en su caso, ser objeto de asignación y reserva para los usos existentes y previsibles. La fijación de los caudales ambientales se realizará con la participación de todas las Comunidades Autónomas que integren la cuenca hidrográfica, a



través de los Consejos del Agua de las respectivas cuencas, sin perjuicio de lo dispuesto en la disposición adicional décima en relación con el Plan Integral de Protección del Delta del Ebro.

2. Sin perjuicio de lo establecido en el número anterior y desde el punto de vista de la explotación de los sistemas hidráulicos, los caudales ambientales tendrán la consideración de objetivos a satisfacer de forma coordinada en los sistemas de explotación, y con la única preferencia del abastecimiento a poblaciones.”

Por su parte, el artículo 31 establece lo siguiente respecto a los humedales:

“El Ministerio de Medio Ambiente, en coordinación con las Comunidades Autónomas, establecerá un sistema de investigación y control para determinar los requerimientos hídricos necesarios que garanticen la conservación de los humedales existentes que estén inventariados en las cuencas intercomunitarias.

Asimismo, el Ministerio de Medio Ambiente y las Comunidades Autónomas promoverán la recuperación de humedales, regenerando sus ecosistemas y asegurando su pervivencia futura.”

2.3 REGLAMENTO DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

El RPH, aprobado mediante el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y modificado por el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, recoge el articulado y detalla las disposiciones del TRLA relevantes para la planificación hidrológica.





El artículo 3.j) recoge y amplía la definición de caudal ecológico contenida en el TRLA, ligándola a los conceptos de estado de una masa de agua introducidos por la DMA:

“Caudal ecológico: caudal que contribuye a alcanzar el buen estado o buen potencial ecológico en los ríos o en las aguas de transición y mantiene, como mínimo, la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera.”

En su artículo 4 transcribe el artículo 42.b) c') del TRLA referente a la asignación y reserva de recursos en el contenido obligatorio de los planes hidrológicos de la demarcación:

“Los planes hidrológicos de cuenca comprenderán obligatoriamente:

(...)

b bis) La descripción general de los usos, que incluya:

(...)

c') La asignación y reserva de recursos para usos y demandas actuales y futuros, así como para la conservación o recuperación del medio natural.

A los efectos de garantizar la conservación o recuperación del medio natural se determinarán los caudales ecológicos y las reservas hidrológicas, de acuerdo con, respectivamente, los





artículos 49 ter y siguientes y 244 bis y siguientes del Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril (RDPH).”

En su artículo 17.2 transcribe el artículo 59.7 del TRLA:

“2. Los caudales ecológicos o demandas ambientales no tendrán el carácter de uso, debiendo considerarse como una restricción que se impone con carácter general a los sistemas de explotación. En todo caso, se aplicará también a los caudales medioambientales la regla sobre supremacía del uso para abastecimiento de poblaciones recogida en el artículo 60.3 del texto refundido de la Ley de Aguas.”

Además, en su artículo 18 recoge de forma sintética los conceptos relacionados con el establecimiento e implantación de un régimen de caudales ecológicos:

“1. El plan hidrológico determinará el régimen de caudales ecológicos en los ríos y aguas de transición definidos en la demarcación, incluyendo también las necesidades de agua de los lagos y de las zonas húmedas, atendiendo a lo dispuesto en los artículos 49 ter y siguientes del RDPH.

2. Este régimen de caudales ecológicos se establecerá de modo que permita mantener de forma sostenible la funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados, contribuyendo a alcanzar el buen estado o potencial ecológico en ríos





o aguas de transición. Para su establecimiento los organismos de cuenca realizarán estudios específicos en cada tramo de río.

3. El proceso de implantación del régimen de caudales ecológicos se desarrollará conforme a un proceso de concertación que tendrá en cuenta los usos y demandas actualmente existentes y su régimen concesional, así como las buenas prácticas.

4. En caso de sequías prolongadas podrá aplicarse un régimen de caudales menos exigente siempre que se cumplan las condiciones que establece el artículo 38 sobre deterioro temporal del estado de las masas de agua. Esta excepción no se aplicará en las zonas incluidas en la red Natura 2000 o en la Lista de humedales de importancia internacional de acuerdo con el Convenio de Ramsar, de 2 de febrero de 1971. En estas zonas se considerará prioritario el mantenimiento del régimen de caudales ecológicos, aunque se aplicará la regla sobre supremacía del uso para abastecimiento de poblaciones.

5. En la determinación del flujo interanual medio requerido para el cálculo de los recursos disponibles de agua subterránea se tomará como referencia el régimen de caudales ecológicos calculado según los criterios definidos en los apartados anteriores.”

El artículo 38 “*Deterioro temporal del estado de las masas de agua*” establece las siguientes condiciones para la aplicación de un régimen de caudales menos exigente en caso de sequías prolongadas:





“1. Se podrá admitir el deterioro temporal del estado de las masas de agua si se debe a causas naturales o de fuerza mayor que sean excepcionales o no hayan podido preverse razonablemente, en particular graves inundaciones y sequías prolongadas, o al resultado de circunstancias derivadas de accidentes que tampoco hayan podido preverse razonablemente.

2. Para admitir dicho deterioro deberán cumplirse todas las condiciones siguientes:

a) Que se adopten todas las medidas factibles para impedir que siga deteriorándose el estado y para no poner en peligro el logro de los objetivos medioambientales en otras masas de agua no afectadas por esas circunstancias.

b) Que en el plan hidrológico se especifiquen las condiciones en virtud de las cuales pueden declararse dichas circunstancias como racionalmente imprevistas o excepcionales, incluyendo la adopción de los indicadores adecuados. En el caso de situaciones hidrológicas extremas estas condiciones se derivarán de los estudios a realizar de acuerdo con lo indicado en el artículo 59 y deberán contemplarse los indicadores establecidos en los planes de sequía cuyo registro se incluirá en el plan hidrológico, conforme a lo indicado en el artículo 62.

c) Que las medidas que deban adoptarse en dichas circunstancias excepcionales se incluyan en el programa de medidas y no pongan en





peligro la recuperación de la calidad de la masa de agua una vez que hayan cesado las circunstancias.

d) Que los efectos de las circunstancias que sean excepcionales o que no hayan podido preverse razonablemente se revisen anualmente y se adopten, tan pronto como sea razonablemente posible, todas las medidas factibles para devolver la masa de agua a su estado anterior a los efectos de dichas circunstancias, sin perjuicio de lo establecido en la disposición adicional undécima 1.b) del texto refundido de la Ley de Aguas.

e) Que en la siguiente actualización del plan hidrológico se incluya un resumen de los efectos producidos por esas circunstancias y de las medidas que se hayan adoptado o se hayan de adoptar.”

Es importante destacar que el sistema de indicadores para identificar una situación de sequía prolongada viene establecido en los planes especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía, elaborados por los organismos de cuenca en cumplimiento del artículo 27 de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

De hecho, el Artículo 62 del RPH establece que:

“1. Los planes hidrológicos tendrán en cuenta en su elaboración los planes especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía, elaborados por los organismos de cuenca en cumplimiento del artículo 27 de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico



Nacional, de los que incorporarán un resumen, incluyendo el sistema de indicadores y umbrales de funcionamiento utilizados y las principales medidas de prevención y mitigación propuestas.”

2.4 LEY DE AGUAS DE ANDALUCÍA

La Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas de Andalucía, recoge en su artículo 4.8 la definición de caudal ecológico incluida en el RPH, y en su artículo 6 los objetivos medioambientales en materia de agua, entre los que figura la necesidad de definir, implementar y garantizar los caudales ecológicos para su cumplimiento:

“1. Sin perjuicio de lo dispuesto en la Sección VI del Título I del Reglamento de la Planificación Hidrológica, aprobado por Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, constituyen objetivos medioambientales en materia de agua los siguientes:

a) Prevenir el deterioro del estado de todas las masas de agua, superficiales, subterráneas y de las zonas protegidas, y, en su caso, restaurarlas con objeto de alcanzar el buen estado ecológico de las mismas. Para ello se definirán, implementarán y garantizarán los caudales ambientales necesarios para la conservación o recuperación del buen estado ecológico de las masas de agua.”

Además, en el artículo 22 se detallan los objetivos de la planificación hidrológica de acuerdo con lo establecido en el TRLA:

“Sin perjuicio de lo establecido en el artículo 40.1 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, y de las normas básicas contenidas en el Reglamento de la Planificación Hidrológica, la planificación en el ámbito de las aguas de competencia de la Comunidad Autónoma de Andalucía tiene como finalidad conseguir el buen estado ecológico del dominio público hidráulico y de las masas de agua, compatibilizado con la garantía sostenible de las demandas de agua. Para ello, la planificación tiene como objetivos:

(...)

b) Dar respuesta a la demanda de agua, con criterios de racionalidad y en función de las disponibilidades reales, una vez garantizados los caudales o demandas ambientales, en los términos establecidos por el artículo 59.7 del Texto Refundido de la Ley de Aguas.

(...)

g) Fijar el caudal ecológico de cada masa de agua, de acuerdo con los requerimientos necesarios para alcanzar el buen estado ecológico de las mismas.”

En el artículo 24.4 en relación a la elaboración de los planes hidrológicos, se establece que:

“a) Los criterios de prioridad se establecerán de forma que se garanticen las necesidades básicas para el consumo doméstico y las necesidades medioambientales para alcanzar el buen estado

ecológico de las aguas. El orden de prioridad de uso para las actividades económicas se establecerá en el plan en función de su sostenibilidad, incidencia sobre la fijación de la población al territorio, el mantenimiento de la cohesión territorial y el mayor valor añadido en términos de creación de empleo y generación de riqueza para Andalucía.”

Por otra parte, en su artículo 44, sobre la asignación de recursos, se establecen los caudales ecológicos como restricciones a los sistemas de explotación:

“4. Los caudales ecológicos o demandas ambientales no tendrán el carácter de uso, por lo que no existirá el deber de indemnización de los costes que generen, debiendo considerarse como una restricción que se impone con carácter general a los sistemas de explotación.”

2.5 INSTRUCCIÓN DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA PARA LAS DEMARCAIONES HIDROGRÁFICAS INTRACOMUNITARIAS DE ANDALUCÍA

La IPHA, recoge y desarrolla los contenidos del RPH y del TRLA, estableciendo todas las bases metodológicas que han de considerarse en el establecimiento e implantación de los caudales ecológicos y las necesidades hídricas de lagos y humedales.

La IPHA recoge detalladamente en su apartado 3.4, los siguientes aspectos:



- Metodología necesaria para realizar los estudios técnicos destinados a determinar los elementos del régimen de caudales ecológicos en todas las masas de agua, incluyendo los objetivos, ámbito espacial, componentes y caracterización.
- Identificación y caracterización de las masas de agua muy alteradas hidrológicamente.
- Régimen de caudales durante sequías prolongadas.
- Requerimientos hídricos de lagos y zonas húmedas.
- Repercusión del régimen de caudales ecológicos sobre los usos del agua.
- Proceso de concertación del régimen de caudales.
- Seguimiento del régimen de caudales.

Además, la IPHA establece en su apartado 3.4.1 que las fases para el establecimiento del régimen de caudales ecológicos serán las siguientes:

“a) Una primera fase de desarrollo de los estudios técnicos destinados a determinar los elementos del régimen de caudales ecológicos en todas las masas de agua. Los estudios a desarrollar deben identificar y caracterizar aquellas masas muy alteradas hidrológicamente, sean masas de agua muy modificadas o no, donde pueden existir conflictos significativos con los usos del agua. Durante esta fase se define un régimen de caudales mínimos menos exigente para sequías prolongadas.





b) Una segunda fase consistente en un proceso de concertación, definido por varios niveles de acción (información, consulta pública y participación activa), en aquellos casos que condicionen significativamente las asignaciones y reservas del plan hidrológico.

c) Una tercera fase consistente en el proceso de implantación concertado de todos los componentes del régimen de caudales ecológicos y su seguimiento adaptativo.

El plan hidrológico recoge una síntesis de los estudios específicos efectuados por el organismo de cuenca para el establecimiento del régimen de caudales ecológicos.”



3 OBJETIVOS

3.1 RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN RÍOS

El objetivo de este Anejo es establecer el régimen de caudales ecológicos en la DHGB.

De acuerdo con el RPH y la IPHA, el régimen de caudales ecológicos se ha de establecer de modo que permita mantener de forma sostenible la funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados, contribuyendo a alcanzar el buen estado o potencial ecológico en ríos o aguas de transición.

De acuerdo la IPHA apartado 3.4.1.1, para alcanzar estos objetivos el régimen de caudales ecológicos debe cumplir los requisitos siguientes:

- Proporcionar condiciones de hábitat adecuadas para satisfacer las necesidades de las diferentes comunidades biológicas propias de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados, mediante el mantenimiento de los procesos ecológicos y geomorfológicos necesarios para completar sus ciclos biológicos.
- Ofrecer un patrón temporal de los caudales que permita la existencia, como máximo, de cambios leves en la estructura y composición de los ecosistemas acuáticos y hábitat asociados y permita mantener la integridad biológica del ecosistema.

En la medida en que las zonas protegidas de la Red Natura 2000 y de la Lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar puedan verse afectadas de forma apreciable por el régimen de caudales ecológicos, éstos serán los apropiados para mantener o restablecer un estado de conservación favorable de los hábitat o especies, respondiendo a sus exigencias ecológicas y manteniendo a largo plazo las funciones ecológicas de las que dependen.

En el caso de las especies protegidas por normativa europea (anexo I de la Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres, y anexos II y IV de la Directiva 92/43/CEE, del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres) y por normativa nacional/autonómica (Catálogos de Especies Amenazadas, etc.), así como en el caso de los hábitat igualmente protegidos por normativa europea (anexo I de la Directiva 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992) y nacional/autonómica (Inventario Nacional de Hábitat, etc.), el objetivo del régimen de caudales ecológicos será salvaguardar y mantener la funcionalidad ecológica de dichas especies (áreas de reproducción, cría, alimentación y descanso) y hábitat según los requerimientos y directrices recogidos en las respectivas normativas.

La determinación e implantación del régimen de caudales en las zonas protegidas no se referirá exclusivamente a la propia extensión de la zona

protegida, sino también a los elementos del sistema hidrográfico que, pese a estar fuera de ella, puedan tener un impacto apreciable sobre dicha zona.

3.2 RÉGIMEN DE CAUDALES DURANTE SEQUÍAS PROLONGADAS

En caso de sequías prolongadas podrá aplicarse un régimen de caudales menos exigente siempre que se cumplan las condiciones que establece el artículo 38 del RPH sobre deterioro temporal del estado de las masas de agua, y de conformidad con lo determinado en el correspondiente Plan Especial de Actuación en situaciones de Alerta y Eventual Sequía (PES).

Esta excepción no se aplicará en las zonas incluidas en la Red Natura 2000, cuando su designación esté relacionada con la protección de hábitats y/o especies ligados al medio acuático, o en la Lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar. En estas zonas se considerará prioritario el mantenimiento del régimen de caudales ecológicos, aunque se aplicará la regla sobre supremacía del uso para abastecimiento de poblaciones, según lo establecido por la normativa vigente.

3.3 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LAGOS Y ZONAS HÚMEDAS

La caracterización de los requerimientos hídricos ambientales de las masas de agua clasificadas en la categoría de lagos o zonas de transición de tipo lagunar tiene como objetivo fundamental contribuir a alcanzar su buen estado o potencial ecológico a través del mantenimiento a largo plazo de la funcionalidad y estructura de dichos ecosistemas, proporcionando las

condiciones de hábitat adecuadas para satisfacer las necesidades de las diferentes comunidades biológicas propias de estos ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados, mediante la preservación de los procesos ecológicos necesarios para completar sus ciclos biológicos.

Para la determinación de los requerimientos hídricos de los lagos y zonas húmedas se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- El régimen de aportes hídricos deberá contribuir a conseguir los objetivos ambientales.
- Si son dependientes de las aguas subterráneas, se deberá mantener un régimen de necesidades hídricas relacionado con los niveles piezométricos, de tal forma que las alteraciones debidas a la actividad humana no tengan como consecuencia:
 - o Impedir alcanzar los objetivos medioambientales especificados para las aguas superficiales asociadas.
 - o Cualquier perjuicio significativo a los ecosistemas terrestres asociados que dependan directamente de la masa de agua subterránea.
- Si están registrados como zonas protegidas, el régimen de aportes hídricos será tal que no impida el cumplimiento de las normas y objetivos en virtud del cual haya sido establecida la zona protegida.



- También se deberán estudiar las circunstancias especiales de la zona inundada y su contorno para proponer medidas que permitan aumentar el valor ambiental de lagos y zonas húmedas.



4 FASES EN EL ESTABLECIMIENTO DEL RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS

El proceso de establecimiento del régimen de caudales ecológicos se realiza, tal y como se recoge en el apartado 3.4 de la IPHA, mediante un proceso que se desarrolla en tres fases:

- Desarrollo de los estudios técnicos destinados a determinar los elementos del régimen de caudales ecológicos en todas las masas de agua.
- Proceso de concertación, definido por varios niveles de acción (información, consulta pública y participación activa), en aquellos casos que condicionen significativamente las asignaciones y reservas del plan hidrológico.
- Proceso de implantación y su seguimiento adaptativo.

La complejidad intrínseca de los trabajos técnicos unido al número de masas de agua superficial de la DHGB dificulta la extensión de este proceso tan exhaustivo a todas y cada una de ellas. Por ello, los esfuerzos se centran en aquellas masas de agua que se consideran prioritarias. También debe mencionarse la limitada experiencia en algunos trabajos inherentes a este tipo de determinaciones, que comprenden una doble vertiente: por una parte, análisis hidrológicos de las masas de agua, a realizar en gabinete y para los que se dispone generalmente de información suficiente para su

desarrollo; por otra, la realización de trabajos de modelización del hábitat, que exige un tiempo y coste significativos.

Por lo tanto, consideraciones obvias de índole práctica llevaron en el primer ciclo de planificación hidrológica a aplicar un procedimiento que asegura la compatibilidad de los objetivos perseguidos en relación con los medios y plazos disponibles. En este contexto, se realizaron estudios detallados de naturaleza hidrológica para todas las masas de agua y estudios de simulación de hábitat para un número limitado de masas de agua.

El criterio de selección de las masas a estudiar es de notable importancia y se basó en identificar aquellas masas de agua que definan el régimen hidrológico de los principales cursos de agua de la cuenca, puedan ser mantenidas con elementos específicos de regulación y las que puedan ser objeto, por diversas razones, de especial conflictividad.

De esta forma, quedaron cubiertas por estos estudios de modelización de hábitat las denominadas masas de agua estratégicas, que son aquellas en las que el establecimiento del régimen de caudales ecológicos condiciona las asignaciones y reservas de recursos del Plan hidrológico de cuenca. Obviamente, la concertación se limitó a estas masas de agua estratégicas, en las que se completaron los estudios.

5 METODOLOGÍA

El presente capítulo describe la metodología empleada para realizar los estudios técnicos específicos de determinación del régimen de caudales ecológicos de las masas de agua de la DHGB. Esta metodología se basa principalmente en la que se expone en la IPHA en sus apartados 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3 y 3.4.4.

Se ha realizado un análisis más detallado en el régimen de caudales ecológicos en las masas de agua de la categoría río, ya que actualmente el estado del arte en cuanto a la evaluación de requerimientos hídricos en lagos y humedales, así como la determinación de los caudales ecológicos en masas de agua de transición no se encuentra tan avanzado.

5.1 RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN MASAS DE AGUA SUPERFICIAL DE LA CATEGORÍA RÍO

Para la evaluación del régimen de caudales ecológicos se contó con la colaboración del Grupo de Hidrología e Hidráulica Agrícola de la Universidad de Córdoba, que aportó su extensa experiencia en el cálculo de este tipo de trabajos en todo el territorio andaluz.

Como ya se ha mencionado, la metodología para la determinación del régimen de caudales ecológicos sigue las disposiciones establecidas en la IPHA. Este documento establece los procedimientos técnicos básicos para la obtención de dicho régimen y es, por tanto, la referencia fundamental en la que se han basado los estudios realizados.

La metodología establecida en la IPHA se basa en la de la Instrucción de Planificación Hidrológica estatal, aprobada por Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre y en cuyo desarrollo colaboró un amplio grupo de expertos representantes de diferentes universidades, centros de investigación y administraciones del agua y de conservación de la naturaleza. Asimismo, este grupo de expertos siguió dando apoyo para la realización de los trabajos en el primer ciclo de planificación hidrológica mediante la redacción de la “Guía para la determinación del régimen de caudales ecológicos” (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008), en la que se detalla la metodología, ilustrándola con ejemplos que complementan y facilitan su aplicación.

5.1.1 ÁMBITO ESPACIAL

El ámbito espacial para la caracterización del régimen de caudales ecológicos se extiende a todas las masas de agua superficial clasificadas en la categoría río de la DHGB que no sean masas artificiales.

Con carácter general, los resultados obtenidos para ríos serán aplicables a las aguas de transición siempre y cuando se cumplan las funciones ambientales de las mismas.

5.1.2 COMPONENTES DEL RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS

El régimen de caudales ecológicos incluye los siguientes componentes:



- Caudales mínimos que deben ser superados con objeto de mantener la diversidad espacial del hábitat y su conectividad, asegurando los mecanismos de control del hábitat sobre las comunidades biológicas, de forma que se favorezca el mantenimiento de las comunidades autóctonas.
- Caudales máximos que no deben ser superados en la gestión ordinaria de las infraestructuras, con el fin de limitar los caudales circulantes y proteger así a las especies autóctonas más vulnerables a estos caudales, especialmente en tramos fuertemente regulados.
- Distribución mensual de los anteriores caudales mínimos y máximos, con el objetivo de establecer una variabilidad temporal del régimen de caudales que sea compatible con los requerimientos de los diferentes estadios vitales de las principales especies de fauna y flora autóctonas presentes en la masa de agua.
- Tasa de cambio máxima aguas abajo de infraestructuras de regulación, con objeto de evitar los efectos negativos de una variación brusca de los caudales, como pueden ser el arrastre de organismos acuáticos durante la curva de ascenso y su aislamiento en la fase de descenso de los caudales. Asimismo, debe contribuir a mantener unas condiciones favorables a la regeneración de especies vegetales acuáticas y ribereñas.



- Caudales de crecida aguas abajo de infraestructuras de regulación, especialmente centrales hidroeléctricas de cierta entidad, con objeto de controlar la presencia y abundancia de las diferentes especies, mantener las condiciones físico-químicas del agua y del sedimento, mejorar las condiciones y disponibilidad del hábitat a través de la dinámica geomorfológica y favorecer los procesos hidrológicos que controlan la conexión de las aguas de transición con el río, el mar y los acuíferos asociados.

5.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS RÍOS SEGÚN SU TEMPORALIDAD

A la hora de calcular el régimen de caudales ecológicos, la IPHA hace distinción entre ríos permanentes, temporales o estacionales, intermitentes y efímeros. En ríos temporales, intermitentes y efímeros se aplicarán los siguientes criterios metodológicos:

- Temporales: se utilizarán los criterios definidos para la determinación de la distribución mensual de caudales mínimos y máximos en ríos permanentes. Se realizará, además, una caracterización del periodo de cese de caudal.
- Intermitentes: se analizarán los siguientes aspectos:
 - o Periodo de cese de caudal.
 - o Conexión con las aguas subterráneas, definiendo los volúmenes mínimos necesarios para preservar el flujo subsuperficial que alimenta pozas y remansos.

- Magnitud de la crecida y periodo de tiempo de recesión al caudal base.
 - Caudal generador, que permite mantener la dimensión del canal principal del río y su buen funcionamiento morfodinámico.
- Efímeros: se determinarán el tiempo de recesión tras la crecida y el caudal generador.

Cabe destacar que el grado de concreción alcanzado por la IPHA y la experiencia existente son claramente superiores en lo referente a la distribución temporal de caudales mínimos en ríos permanentes.

La metodología utilizada para la clasificación fue la especificada en la “Guía para la determinación del régimen de caudales ecológicos” (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008). Esta metodología depende de la disponibilidad de datos, tal y como se muestra a continuación:

- Clasificación con disponibilidad de datos de caudal medio diario:

Para llevar a cabo esta clasificación, la guía propone realizar un análisis sobre una serie de caudales diarios representativa de al menos 20 años de duración. Sobre cada año hidrológico se debe contabilizar el número de días que presentan un caudal inferior a 10 l/s, y tomar el percentil correspondiente al 80% de toda la serie. En función del valor que adopte este percentil (nº de días con caudal inferior a 10 l/s), el río se clasificará de una forma u otra.



Para ríos permanentes, el valor de este percentil no debe ser mayor de 7. Si, por el contrario, se superara este umbral, dicho río se clasificará como temporal.

Según el criterio especificado en la guía, los ríos temporales se dividen en tres categorías:

- Río temporal o estacional, si el valor del percentil 80 se encuentra entre 7 y 100 días/año.
 - Río intermitente, si este valor está comprendido entre 100 y 300 días/año.
 - Río efímero, el percentil 80 es superior a 300 días/año.
- Clasificación con disponibilidad de datos de caudal medio mensual:

Para llevar a cabo la clasificación se debe elaborar previamente una serie con el número de meses por año hidrológico cuyo caudal diario medio es inferior a 10 l/s. A partir de esta serie se calcula el percentil del 80%, y en función del valor obtenido se realizará la clasificación, según los valores umbrales que se muestran a continuación:

- Río permanente: Percentil 80 < 1
- Río temporal o estacional: 1 < Percentil 80 < 3
- Río intermitente: 3 < Percentil 80 < 9
- Río efímero: Percentil 80 > 9

Las masas de agua consideradas como estratégicas en la DHGB, según estos criterios, y como se verá en el apartado 6.1.1.2, se determinan como



temporales (estacionales en el sistema de explotación Guadalete, e intermitentes en el sistema de explotación Barbate).

La IPHA establece que en la caracterización del régimen de caudales ecológicos de ríos temporales, intermitentes y efímeros se realizará de modo similar al de los ríos permanentes, y que, además, deberá llevarse a cabo una caracterización del periodo de cese de caudal atendiendo a la frecuencia, duración, estacionalidad y tasa de recesión de los episodios de cese de caudal característicos del régimen natural, utilizando una serie hidrológica representativa de, al menos, 20 años.

Con la clasificación hidrológica de los tramos en estudio se busca agrupar los distintos tramos en función de características hidrológicas homogéneas, de forma que permita establecer criterios comunes de cálculo de caudales ecológicos en cada grupo.

A continuación, se presenta un resumen del tratamiento que se realizó en aquellos ríos que se han considerado temporales.

Ríos temporales

Se utilizaron, en la medida de lo posible, los criterios definidos para la determinación de la distribución mensual de caudales mínimos y máximos en ríos permanentes. Sin embargo, tras los primeros análisis se detectó que no todos los métodos aplicados para ríos permanentes son utilizables en ríos no permanentes. Para estos casos se desarrollaron varias metodologías alternativas:



- Obtención de caudales ecológicos para cada mes, a partir de la curva de caudales clasificados específica de cada mes.
- Obtención de caudales ecológicos para todo el año, mediante metodologías para ríos permanentes, previa exclusión del período de cese de caudal identificado.
- Identificar dos hidroperíodos y, tras excluir el período de cese, aplicar las metodologías para ríos permanentes en cada hidroperíodo.

Tal y como establece la IPHA, y como necesidad para aplicar las metodologías descritas, para estos ríos no permanentes se realizó una caracterización del periodo de cese de caudal anual, atendiendo a la frecuencia, duración, estacionalidad y tasa de recesión de los episodios de cese de caudal característicos del régimen natural, utilizando para ello una serie hidrológica representativa de, al menos, 20 años. La caracterización del período de cese se realizó de la siguiente forma:

- Agrupar los datos de caudal diario en años hidrológicos, contando el número de días al año con caudal nulo (se considera nulo cuando es inferior a 1 l/s).
- Determinar la frecuencia de los eventos de cese, contando para cada año el número de eventos y, a partir de la serie conformada de número de eventos al año, seleccionar entre el percentil 25 y 75.
- Determinar la duración del período de cese, seleccionando entre el percentil 0 y 25 de la serie de número de días al año con caudal nulo.





- Determinar la estacionalidad de los eventos, registrando el mes de ocurrencia de cada día con caudal nulo y determinando las frecuencias de ocurrencia para cada mes.

Asimismo, se determinó el período de cese hiperanual, analizando los meses en los que el caudal es nulo (inferior a 1 l/s) durante varios años consecutivos y estableciendo una propuesta en base a este análisis.

Ríos intermitentes y efímeros

En los ríos intermitentes y efímeros se caracterizaron los siguientes aspectos:

- Régimen de mínimos, aplicando en la medida de lo posible los métodos descritos para ríos temporales.
- Periodo de cese de caudal atendiendo a la frecuencia, duración, estacionalidad y tasa de recesión de los episodios de cese de caudal característicos del régimen natural, aplicando la metodología descrita para ríos temporales.
- Magnitud de la crecida y período de tiempo de recesión al caudal base, que permiten el desarrollo del ciclo biológico de las comunidades adaptadas, en aquellos casos en los que era procedente su determinación.
- Caudal generador que permite mantener la dimensión del canal principal del río y su buen funcionamiento morfodinámico, en los mismos términos que el punto anterior.



5.1.4 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE CAUDALES MÍNIMOS

La distribución temporal de caudales mínimos se obtiene aplicando métodos hidrológicos, y sus resultados deben ser ajustados mediante la modelización de la idoneidad del hábitat en tramos fluviales representativos de cada tipo de río.

5.1.4.1 MÉTODOS HIDROLÓGICOS

Para la cuantificación del régimen de caudales mínimos por métodos hidrológicos existen numerosas metodologías basadas en el análisis estadístico de los caudales medios diarios o mensuales.

En la DHGB, se aplicaron dos métodos (ambos recomendados por la IPHA):

- a) “*Range of Variability Approach*” (RVA); y
- b) Caudal Básico de Mantenimiento (QBM).

A continuación, se presenta un pequeño resumen de estos dos métodos.

Método RVA

El método RVA (Richter *et al.*, 1997) es un enfoque metodológico que propone establecer los objetivos de gestión de los ríos regulados y sus ecosistemas asociados. Este enfoque se basa en el papel fundamental de la variabilidad hidrológica sobre la ecología acuática, y asocia las características de magnitud, frecuencia, duración y tasas de cambio con el mantenimiento de los ecosistemas.

El método consiste en calcular a partir de la serie de caudales medios diarios, una serie de indicadores de alteración hidrológica predefinidos, 32 en total, entre los que destacan los caudales medios mensuales, el caudal mínimo anual que se produce en 1, 3, 7, 30 y 90 días, la fecha del mínimo anual, o el número y la duración de las sequías. Estos indicadores se consideran como ecológicamente relevantes para sustentar la biodiversidad natural y la integridad de los ecosistemas acuáticos. Además, permiten caracterizar el régimen natural, así como los límites o intervalos dentro de los cuales se consideran las condiciones como no alteradas. Se trata de un método muy laborioso en el cual, para cada uno de los indicadores, se decide cual va a ser el objetivo en condiciones de regulación y las reglas para alcanzarlo.

En el caso del territorio español se propone usar únicamente el concepto de ventana objetivo, reduciendo el umbral mínimo a un intervalo situado entre el percentil del 5% y del 10% (Tabla nº 1).

Caudal medio (Qm) mensual		Percentiles de excedencia	
Año 1	Año 20	Percentil 5	Percentil 10
Qm 1	Qm 1	Mes 1	Mes 1
•	•	•	•
•	•	•	•
Qm 12	Qm 12	Mes 12	Mes 12
		Mínimo seco	Mínimo húmedo

Tabla nº 1. Esquema general de cálculo del RVA

Una ventaja sustancial de esta metodología radica en que la ventana objetivo, definida por los percentiles de excedencia, puede ser aplicada

sobre el régimen mensual, de forma que se eliminan las incertidumbres asociadas a la estimación del régimen diario.

Método QBM

Las bases teóricas sobre las que se fundamenta la metodología del QBM (Palau *et al.*, 1998) consideran que las especies acuáticas están adaptadas a tolerar caudales mínimos de una magnitud dada durante un periodo de tiempo dado. Las comunidades pueden tolerar caudales extremadamente pequeños únicamente por periodos cortos de tiempo, como uno o dos días, de forma que estos caudales muy bajos no podrían asegurar la supervivencia de las comunidades en el caso de que se mantuvieran durante más tiempo. En este sentido, el objetivo de la metodología del QBM es determinar la duración y magnitud promedio de los periodos de caudales bajos.

El parámetro fundamental del método es el caudal básico, definido como el mínimo absoluto a mantener en el cauce. Este caudal básico se calcula para cada año de la serie hidrológica, mediante variables de centralización móviles aplicadas a intervalos crecientes de datos consecutivos (caudales medios diarios) de orden entre 1 (M1) y 100 (M100), con las cuales se obtiene un vector de mínimos con los mismos componentes que el número de medias aplicado.

Tras obtener el vector de mínimos se calculan los incrementos relativos de cada par de valores, estableciéndose el caudal básico para cada año como el

caudal que determina el mayor incremento relativo (IR), según el esquema mostrado en la Figura nº 1.

El caudal básico final se calcula como la media aritmética o la mediana de los caudales básicos anuales obtenidos para cada año de estudio.

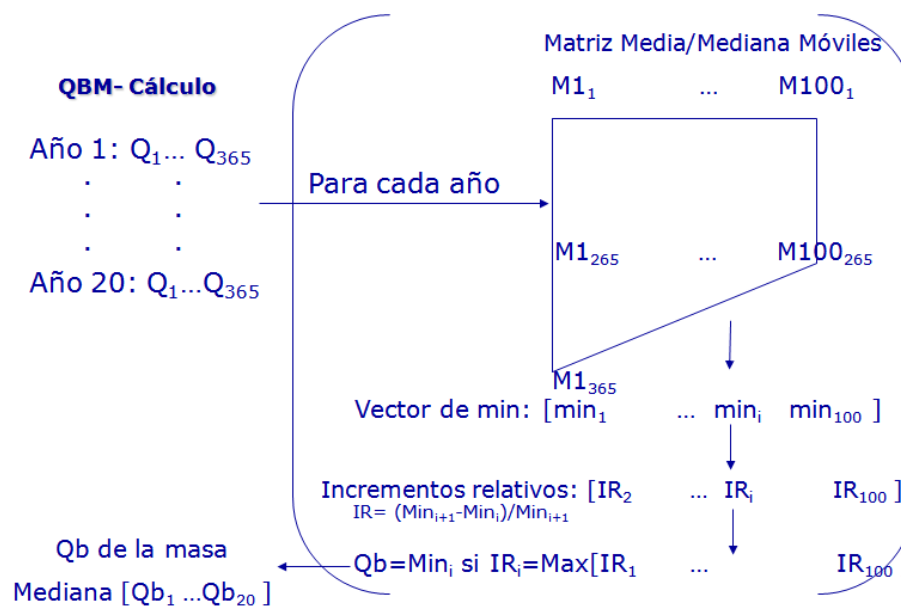


Figura nº 1. Esquema general de cálculo del QBM

5.1.4.2 MÉTODOS DE MODELIZACIÓN DEL HÁBITAT

Los métodos de modelización de la idoneidad de hábitat se basan en la simulación hidráulica, acoplada al uso de curvas de preferencia del hábitat físico para la especie o especies objetivo, obteniéndose curvas que relacionen el hábitat potencial útil (HPU) con el caudal en los tramos seleccionados.

Para el desarrollo de estos trabajos se ha utilizado la metodología IFIM (*Instream Flow Incremental Methodology*), que se esquematiza en la Figura nº 2.

Este método analiza las diferentes condiciones hidráulicas que se producen en un cauce al variar los caudales circulantes, relacionando, además, las preferencias de las especies seleccionadas mediante el uso de curvas. Finalmente, se obtiene una relación entre el caudal circulante y el hábitat disponible para la especie.

Esta metodología permite estimar la cantidad hábitat y caracterizar la estructura del mismo en un cauce a distintas escalas, es decir, a nivel de macrohábitat, mesohábitat y microhábitat.

Para la determinación de la estructura y cuantificación de los hábitats según la metodología IFIM, el procedimiento general incluye la utilización de herramientas de simulación hidráulica y de microhábitat, de manera que sea posible cuantificar la cantidad de estos últimos disponibles para la especie objetivo en función del valor de caudal.

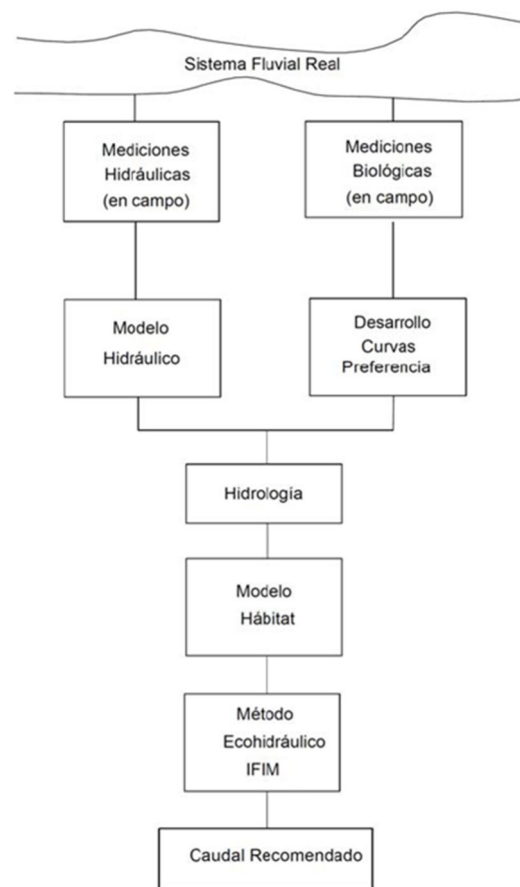


Figura nº 2. Representación esquemática de la metodología IFIM

Para ello, se parte de un modelo hidráulico que proporcione resultados de distribución de velocidades y profundidad en diferentes secciones, y unas curvas de preferencia de la especie objetivo (para cada una de sus fases vitales). Estas curvas han de indicar la idoneidad de los individuos para los valores de dichas variables hidráulicas, así como para el sustrato, el cual se considera independiente del régimen de caudales y, por tanto, constante.

Por lo tanto, con este método se obtiene un rango de velocidades en el río que son las óptimas para el desarrollo de las distintas especies seleccionadas. Estas velocidades, mediante el modelo hidráulico se relacionan con unos caudales en el río en función de la morfología del río (pendiente, rugosidad, anchura del cauce, etc.) que son los caudales que se fijan como régimen de caudales mínimos a cumplir en el tramo de estudio.

Hay que destacar que para obtener resultados óptimos en este método es necesario realizar un correcto modelo hidrodinámico, por lo que es necesario recopilar gran cantidad de información (levantamientos topográficos del cauce, estudio de rugosidades, etc.). En caso de que no se disponga de esta información, los resultados obtenidos en el modelo deben tomarse como una primera aproximación, que deberá mejorarse a lo largo del proceso de implantación del régimen de caudales ecológicos.

5.1.4.2.1 SELECCIÓN DE LA ESPECIE OBJETIVO

Como ya se ha comentado, para la modelización de hábitats son necesarias unas curvas de preferencia que muestren la tolerancia o idoneidad de los

individuos de una especie piscícola para sus diferentes estadios de desarrollo. Por tanto, el primer paso consiste en elegir una especie objetivo presente en la zona de estudio.

La selección de especies objetivo se realizó considerando las especies más representativas y dando prioridad a las categorizadas como “En peligro de extinción” , “Vulnerables” , “Sensibles a la alteración de su hábitat” y “De interés especial” en los Catálogos de Especies Amenazadas, así como las recogidas en los anexos II y IV de la Directiva 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992. Además, se ha tenido en cuenta la viabilidad en la elaboración de sus curvas de preferencia y su sensibilidad a los cambios en el régimen de caudales.

5.1.4.2.2 MODELIZACIÓN

Para el desarrollo de los trabajos de simulación de hábitat es necesaria la utilización de modelos hidrodinámicos con los que poder simular las condiciones hidráulicas que se producen en el cauce al variar los caudales circulantes. Existen dos tipos de modelos:

Modelización en 1 dimensión (1D): se trata de modelos hidrodinámicos mediante el método del paso hidráulico, calibrados en cada transecto para el ajuste del perfil de velocidades (Figura nº 3).

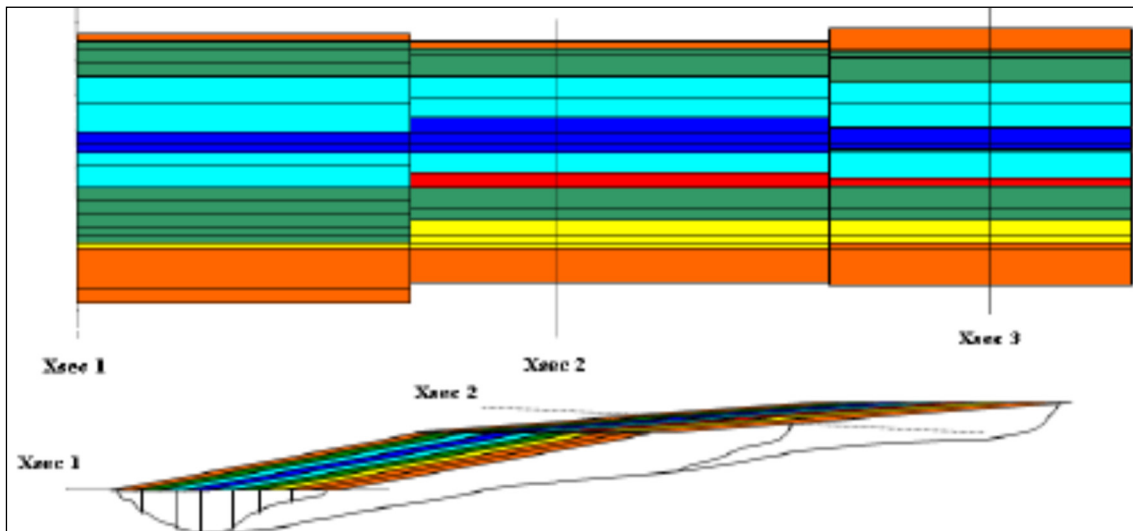


Figura nº 3. Representación gráfica en 1D, basado en celdas rectangulares entre transectos

Modelización en 2 dimensiones (2D): en este caso se trata de modelos hidrodinámicos bidimensionales por elementos finitos que caracterizan la velocidad media de la columna de agua, para uso en cauces naturales (Figura nº 4).

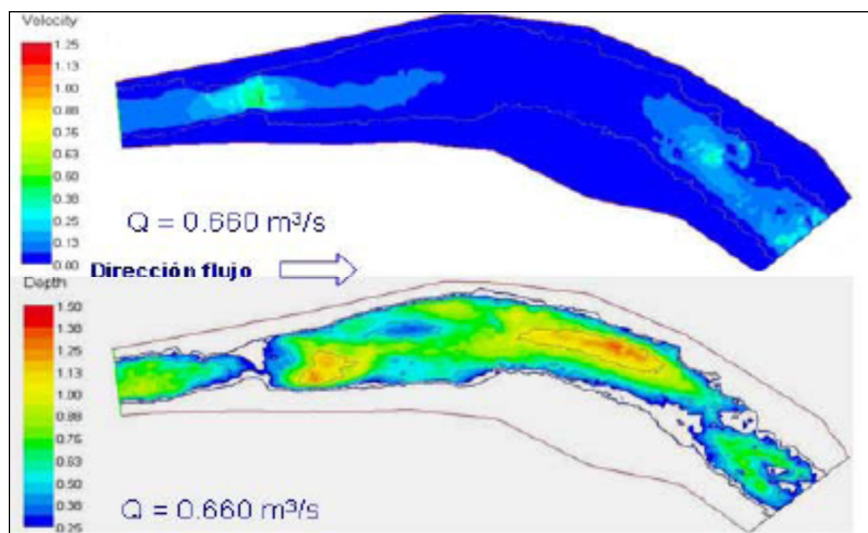


Figura nº 4. Representación del hábitat en 2D. Representación espacial del campo de profundidades y velocidades

Con estos modelos, y partiendo de las curvas de preferencia para las especies objetivo seleccionadas en cada caso, se obtiene la simulación de idoneidad del hábitat, reflejada en las curvas que relacionan el HPU con el caudal (en adelante, curvas HPU-Q), tal y como se muestra en la Figura nº 5. Estas curvas se obtienen para cada uno de los estadios del ciclo vital de cada especie (alevín, juvenil y adulto, y en determinados casos también para las necesidades de la freza).

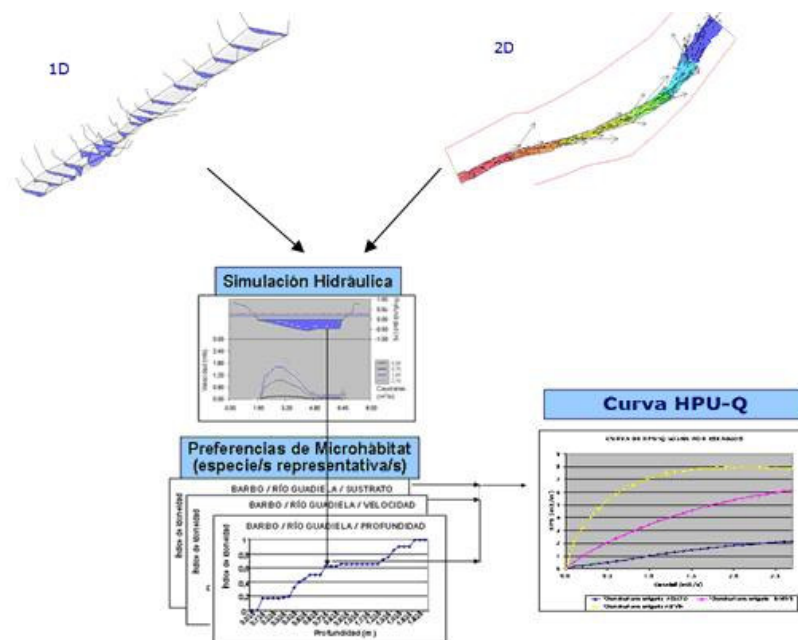


Figura nº 5. Esquema conceptual de la modelización del hábitat

La IPHA contempla la posibilidad de que a partir de las curvas HPU-Q se genere una curva combinada, para facilitar la toma de decisiones y la concertación sobre un único elemento donde se refleje el régimen propuesto correspondiente al estadio más restrictivo o sensible. Esta curva se genera mediante la combinación ponderada y adimensional de los hábitats

potenciales útiles, determinados para los estadios predominantes en los periodos temporales considerados.

La curva combinada se elabora para un periodo húmedo y otro de estiaje, considerando en cada uno de ellos la predominancia de los estadios de la especie objetivo.

5.1.4.2.3 OBTENCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES MÍNIMOS

Finalmente, la curva HPU-Q combinada posibilita la elección del régimen de caudales mínimos atendiendo a una serie de criterios de elección. En la IPHA se exponen dos criterios para la elección de un valor mínimo de caudal:

- Considerar el caudal correspondiente a un umbral del HPU comprendido en el rango 50-80% del HPU máximo.
- Considerar como caudal mínimo un valor en el que se produzca un cambio significativo de pendiente en la curva HPU-Q.

El caudal mínimo estimado mediante modelización de hábitats, según alguno de los criterios expuestos, se asigna al mes del hidroperiodo que presenta un valor de caudal medio mensual inferior, aplicándose esta metodología independientemente a los dos hidroperiodos que componen el año hidrológico.

Para distribuir el caudal mínimo durante el resto del año hidrológico se calcula el porcentaje que representa el valor estimado sobre el caudal medio mensual para el mes más seco del hidroperiodo considerado, de modo que

el caudal mínimo para el resto de meses del periodo será el caudal correspondiente al porcentaje antes estimado sobre el caudal medio mensual en régimen natural de cada mes.

En todo este proceso se intenta asegurar la continuidad de los tramos y la coherencia de los resultados dentro de cada cuenca.

5.1.5 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE CAUDALES MÁXIMOS

La caracterización del régimen de caudales máximos es un componente del caudal ecológico cuya finalidad es evitar que los individuos sufran afecciones como consecuencia de una velocidad del flujo inapropiada, especialmente aquellos ejemplares que se encuentran en un estadio de desarrollo más susceptible.

Para ello, se definen los conceptos de velocidad óptima y velocidad crítica. El primero hace referencia a la velocidad o intervalo de velocidades a la que el individuo es capaz de desplazarse con un coste energético mínimo, mientras que el segundo consiste en un valor de velocidad que provoca el arrastre aguas abajo de los ejemplares.

La velocidad óptima se corresponde con los valores de velocidad que en la curva de idoneidad para cada estadio de las especies analizadas tienen asociada un valor de preferencia de 1. Los valores de velocidad que superan esta velocidad óptima producen afecciones en los individuos cuya intensidad depende de la diferencia entre estas dos velocidades. La metodología existente aconseja que al menos en la mitad de la superficie del

tramo, la velocidad no supere a la velocidad óptima, denominando a esta superficie como refugio. Además, en caso de que la superficie del tramo en la cual se supere la velocidad óptima sea de más del 30% se recomienda realizar un estudio de conectividad del tramo.

Por otra parte, la IPHA determina que: *“los caudales máximos que no deben ser superados durante la operación y gestión ordinaria de las infraestructuras hidráulicas se definirán, al menos, en dos periodos hidrológicos homogéneos y representativos, correspondientes al periodo húmedo y seco del año. Su caracterización se realizará analizando los percentiles de excedencia mensuales de una serie representativa de caudales en régimen natural de al menos 20 años de duración. Con la finalidad de preservar las magnitudes fundamentales del régimen natural, se recomienda no utilizar percentiles superiores al 90%, en consonancia con los umbrales propuestos en apartados posteriores para los índices de alteración hidrológica”* [sic].

5.1.6 TASA DE CAMBIO

La tasa de cambio, según la IPHA, es un componente del régimen de caudales ecológicos y se define como la máxima diferencia de caudal entre dos valores sucesivos de una serie hidrológica por unidad de tiempo. Esta diferencia se debe establecer tanto para condiciones de ascenso como de descenso de caudal.

La estimación de la tasa de cambio se realiza mediante el análisis de las avenidas ordinarias de una serie hidrológica representativa como mínimo de 20 años en régimen natural.

El procedimiento consiste en analizar individualmente cada año hidrológico de la serie, elaborando dos series de tasas de cambio por año hidrológico, una de incremento y otra de decremento de caudal, y en cada una de ellas se halla el percentil del 90%, ya que en la IPHA se especifica que el percentil no debe superar el 70-90%. La media de los percentiles de todos los años de la serie constituye el valor de tasa de cambio admisible.

5.1.7 CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN DE CRECIDAS

Dentro del estudio del régimen de caudales ecológicos en la DHGB, es fundamental analizar el régimen de avenidas, dada su variabilidad intra e interanual, ya que los procesos geomorfológicos son clave para el mantenimiento de la funcionalidad y estructura de los ecosistemas fluviales y de la dinámica del propio río.

Los tipos de crecidas que se pueden dar se agrupan en tres: caudal generador, caudal de limpieza y caudal de conectividad.

- El caudal generador es el responsable de la morfología del cauce, ya que aporta las condiciones necesarias para el desarrollo de los procesos de erosión, transporte y sedimentación básicos para el correcto funcionamiento del sistema fluvial. Las avenidas de mayor caudal transportan una gran cantidad de sedimentos, pero son



aquellas de menor magnitud y mayor frecuencia las que acarrear un volumen mayor a largo plazo. De esta manera, se puede concluir que las crecidas algo inferiores, próximas al nivel de *bankfull* (sección del cauce llena), definido como la cota máxima del cauce principal por encima de la cual el agua desborda hacia la llanura de inundación, son las que ofrecen mayor trabajo geomorfológico, al tener una mayor frecuencia que las de magnitud mayor, y ser de entidad suficiente para transportar un volumen de sedimentos significativo. Por lo tanto, se asocia el caudal generador a aquel que toma valores parecidos al caudal de *bankfull*, siendo el principal elemento de mantenimiento geomorfológico del cauce.

- El caudal de limpieza se define como aquel caudal generado por avenidas habituales o de magnitud inferior a la avenida de *bankfull*, siendo el encargado de la limpieza de los sedimentos más finos acumulados en el sustrato. Estos caudales son de magnitud muy inferior al caudal generador, por lo que en los ríos objeto del presente estudio son proporcionados principalmente por las aportaciones realizadas desde los embalses.
- El caudal de conectividad es aquel que mantiene la conectividad transversal cauce – llanura de inundación, es decir, un caudal que rebasa el cauce y accede a la llanura, inundándola, por lo que es de una magnitud mayor y frecuencia menor al caudal generador. Debido a la multitud de infraestructuras emplazadas en el Dominio Público



Hidráulico y, por tanto, en la llanura de inundación, la implantación de este caudal puede implicar niveles de riesgo no asumibles, por lo que se restringe su aplicación en la DHGB.

5.1.8 MASAS DE AGUA MUY ALTERADAS HIDROLÓGICAMENTE

Por la especial selección de los tramos a analizar, gran parte de las masas a estudio se sitúan aguas abajo de embalses. Por ello, en la mayoría de ellos existe una variación en el régimen de caudales circulantes, motivo por el cual han sido designadas como muy modificadas por alteración hidrológica que presentan según el criterio utilizado y descrito en el Anejo I (Designación de masas de agua artificiales y muy modificadas) del presente Plan Hidrológico.

En estas masas de agua, según la IPHA, existe una mayor amplitud a la hora de definir el régimen de caudales mínimos en el río, de modo que se define un régimen de caudales con los criterios indicados en los apartados anteriores en lo que se refiere a la distribución temporal de máximos y mínimos, tasa de cambio y caudal generador, pero ajustando los caudales mediante la simulación de la idoneidad del hábitat para las especies objetivo identificadas, de modo que el umbral utilizado para fijar el régimen de mínimos esté comprendido entre el 30 y el 80% del HPU máximo de la masa de agua, para las especies objetivo analizadas.

No obstante, hay que recordar que en una parte importante de estas masas de agua el régimen de caudales mínimos se cumplirá sin problemas en los meses de verano (en principio los más conflictivos), ya que muchas de ellas

el caudal en esta época es superior debido a que se utiliza para transportar el recurso hídrico para el abastecimiento de diferentes demandas (mayoritariamente agrícolas).

5.1.9 RÉGIMEN DE CAUDALES DURANTE SEQUÍAS PROLONGADAS

En caso de sequías prolongadas se puede aplicar un régimen de caudales menos exigente, siempre que se cumplan las condiciones que establece el artículo 38 del RPH sobre deterioro temporal del estado de las masas de agua, y de conformidad con lo determinado en el correspondiente PES.

Esta excepción no se aplica en las zonas incluidas en la Red Natura 2000 o en la Lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar. En estas zonas se considera prioritario el mantenimiento del régimen de caudales ecológicos, aunque se aplicará la regla sobre supremacía del uso para abastecimiento de poblaciones, según lo establecido por la normativa vigente.

El régimen de caudales durante sequías prolongadas se caracteriza por una distribución mensual de mínimos y se determina mediante simulación de la idoneidad del hábitat. La simulación del hábitat se basa en un umbral de relajación con el objetivo de permitir el mantenimiento, como mínimo, de un 25% del HPU máximo.

La distribución mensual de los caudales correspondientes a este régimen es proporcional a la distribución mensual correspondiente al régimen ordinario de caudales ecológicos, con el fin de mantener el carácter natural de la

distribución de mínimos, conservando las características hidrológicas de la masa de agua.

La adaptación desde el régimen ordinario será proporcional a la situación del sistema hidrológico, definida según los indicadores establecidos en el PES, teniendo en cuenta las curvas combinadas elaboradas para tal fin, y evitando, en todo caso, deterioros irreversibles de los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados.

5.2 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LAGOS Y ZONAS HÚMEDAS

En el caso de lagos y zonas húmedas no se determina un régimen de caudales ecológicos como en el caso de las masas de la categoría río, sino de requerimientos hídricos.

Los estudios técnicos para determinar los mismos se han basado en los criterios básicos establecidos en la IPHA, aunque no en todos los casos ha sido posible aplicarlos con el mismo grado de exhaustividad, fundamentalmente por la limitada información disponible. Estos criterios son los siguientes:

- a) El régimen de aportes hídricos deberá contribuir a conseguir los objetivos ambientales.
- b) Si son dependientes de las aguas subterráneas, se deberá mantener un régimen de necesidades hídricas relacionado con los niveles piezométricos, de tal forma que las alteraciones debidas a la actividad humana no tengan como consecuencia:

- Impedir alcanzar los objetivos medioambientales especificados para las aguas superficiales asociadas.
 - Cualquier perjuicio significativo a los ecosistemas terrestres asociados que dependan directamente de la masa de agua subterránea.
- c) Si están registrados como zonas protegidas, el régimen de aportes hídricos será tal que no impida el cumplimiento de las normas y objetivos en virtud del cual haya sido establecida la zona protegida.

Se resume a continuación la metodología propuesta para la estimación los requerimientos hídricos de las masas de agua de la categoría lago presentes en la DHGB. En estos casos se propone estimar la necesidad de agua de tipo ambiental como los requerimientos hídricos necesarios para mantener la lámina de agua y la vegetación del humedal.

El método de cálculo se ha basado en analizar los recursos que recibe el lago o laguna (en su vegetación de ribera y lámina de agua) de forma directa por la precipitación, analizándose si con estos recursos es suficiente para mantener la dinámica de la laguna con sus fluctuaciones naturales (incluyendo la práctica desecación en verano de las temporales en algunas de ellas) o bien si son necesarios aportes adicionales, tanto de origen superficial de su cuenca vertiente como de origen subterráneo procedente de acuíferos interrelacionados.

Se ha considerado que los requerimientos hídricos de estos lagos son los necesarios para mantener la orla de la vegetación y la lámina de agua, por lo que deben compensar la evapotranspiración de la vegetación y la evaporación de la lámina de agua.

Se estiman los requerimientos hídricos, por tanto, como las pérdidas por evapotranspiración de la orla de vegetación asociada a la zona húmeda (diferenciando el carrizo, si aplica, del resto de vegetación, por su alta demanda de agua) menos la precipitación efectiva sobre la vegetación, más las pérdidas por evaporación de la lámina de agua libre menos la precipitación sobre la misma.

La metodología aplicada parte de un enfoque y análisis simplificado que ha posibilitado determinar unos requerimientos hídricos en todas las masas de agua de la categoría lago de la demarcación en un plazo de tiempo y con una disponibilidad de información limitados. Por este motivo, los resultados han de tomarse como una primera aproximación que se irán mejorando conforme se vayan produciendo avances en el conocimiento de esta temática, en general, y para la DHGB, en particular.

En el Apéndice V.1 se describe la metodología seguida de forma más detallada.

5.3 MASAS DE AGUA DE TRANSICIÓN

Es conocida la complejidad propia de las masas de agua de esta categoría, incluso en ausencia de un régimen mareal. Los fenómenos propios de las

aguas de transición no permiten un tratamiento general, sino que demandan estudios específicos que permitan considerar sus particularidades. Las lógicas condiciones de continuidad con los valores obtenidos en los tramos inmediatos aguas arriba facilitan un valor inicial que puede colaborar en la definición.

Por lo tanto, las necesidades hídricas propias de las masas de agua de transición deben ser planteadas desde el conocimiento y la experiencia actuales, sin cerrar determinaciones definitivas que no estén debidamente fundadas. Los clásicos procedimientos de avance por aproximaciones sucesivas deben ser de aplicación. El seguimiento de la evolución es en este caso un punto fundamental.

En este marco de situación, los estudios deben centrarse en la definición de un régimen de caudales que asegure unas condiciones de salinidad próximas a las condiciones de referencia para las diferentes zonas de los estuarios, comparando el régimen obtenido con el propuesto para la masa aguas arriba del mismo. Sin embargo, por la ya citada complejidad propia de estas masas y al relativamente poco desarrollado estado del arte en estos ecosistemas, los resultados alcanzados deben ser considerados como un mero, aunque interesante, estudio académico, sin posibilidad de ser plasmados en normativa con vistas a un seguimiento y control del cumplimiento.

El desarrollo y aplicación de metodologías concretas para el cálculo del régimen de caudales que mantengan la integridad ecológica de las aguas de

transición ha sido muy limitada en comparación a la variedad de metodologías desarrolladas para ecosistemas fluviales.

La “Guía para la determinación del régimen de caudales ecológicos” (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008) incorpora una propuesta metodológica específica para las aguas de transición. En ella, se hace una revisión de qué son los sistemas de transición y cómo se ven alterados o modificados, de los factores que determinan el régimen de caudales ecológicos en estos sistemas, así como de los diferentes estudios y metodologías desarrolladas hasta el momento para ello. Finalmente, realiza una propuesta concreta metodológica para la determinación del régimen de caudales ecológicos en aguas de transición.

Como ideas esenciales en las que se basa la metodología destacan:

- La determinación de caudales ecológicos en aguas de transición deberá basarse en la clasificación en tipologías ecológicas de estos sistemas.
- El cálculo del régimen de caudales ecológicos deberá realizarse en base al análisis estadístico de la dinámica correspondiente a condiciones hidrológicas inalteradas (régimen natural). A partir de éstos se establecerán los umbrales de las variables indicadoras.
- Se propone la salinidad como indicador del proceso de mezcla de agua dulce y salada, que es uno de los procesos hidrodinámicos



trascendentales para el mantenimiento de las funciones ecológicas de los estuarios.

- Las principales líneas de investigación en el campo de los caudales ecológicos en estuarios han de abarcar necesariamente el estudio de las relaciones entre los caudales y las especies y comunidades de estos sistemas, así como la dinámica sedimentaria de los mismos.



6 RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS

6.1 RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN MASAS DE AGUA SUPERFICIAL DE LA CATEGORÍA RÍO

En este apartado se muestran los resultados obtenidos tras aplicar el proceso metodológico detallado en el Capítulo 5 de este Anejo en las masas de agua de la categoría río de la DHGB. Basado en los resultados obtenidos, se presenta la propuesta de régimen de caudales ecológicos: mínimos, tanto en situación ordinaria como durante sequías prolongadas, máximos, tasas de cambio y régimen de crecidas.

6.1.1 SELECCIÓN DE LAS MASAS DE AGUA ESTRATÉGICAS

Aunque en la IPHA se propone realizar el análisis de los caudales ecológicos para todas las masas de agua, por operatividad, fue necesario escoger unos tramos determinados en los que realizar el estudio de caudales ecológicos mediante los distintos modelos hidrológicos planteados y la modelización de la idoneidad del hábitat.

Una vez analizados estos tramos, se tomó el método hidrológico más apropiado para poder realizar el cálculo del régimen de caudales mínimos en todas las masas de agua de la demarcación.

Los tramos fueron seleccionados dando prioridad a las masas de agua con mayor importancia ambiental, especialmente las incluidas en la Red Natura 2000, o que estén situadas aguas abajo de grandes presas o derivaciones

importantes y que puedan condicionar las asignaciones y reservas de recursos del Plan Hidrológico. También se consideró de interés incluir en la selección los puntos finales de la parte continental de las cuencas del Guadalete y del Barbate.

En la Tabla nº 2 se muestran las masas de agua finalmente seleccionadas, sobre las que aplicar los dos métodos hidrológicos y de simulación de hábitats anteriormente comentados, cuya ubicación se recoge en la Figura nº 6.

De ellas, siete se consideraron como estratégicas, ya que es en ellas donde pueden existir conflictos significativos con los usos del agua.

Tramo analizado		Río afectado	Valor ecológico	Método propuesto	Masa estratégica
Sistema Guadalete	Aguas abajo del embalse de Arcos	Guadalete	Atraviesa aguas abajo una ZEC y una ZEPA	Hidrológico (QBM y RVA)	SI ES063MSPF000119040
	Aguas abajo del embalse de Los Hurones	Majaceite	Dentro de una ZEC y una ZEPA	Hidrológico (QBM y RVA), modelización de hábitats	SI ES063MSPF005200310
	Aguas abajo del embalse de Guadalcaçín	Majaceite	Atraviesa aguas abajo una ZEC y una ZEPA	Hidrológico (QBM y RVA)	SI ES063MSPF000117140
	Aguas abajo del embalse de Zahara	Guadalete	Atraviesa aguas abajo una ZEC y tramos piscícolas	Hidrológico (QBM y RVA), modelización de hábitats	SI ES063MSPF005200350
	Punto final de la parte continental	Guadalete		Hidrológico (RVA)	NO



Tramo analizado		Río afectado	Valor ecológico	Método propuesto	Masa estratégica
	de la cuenca del Guadalete				
Sistema Barbate	Aguas abajo del embalse de Barbate	Barbate	Dentro de una ZEC y una ZEPA	Hidrológico (QBM y RVA)	SI ES063MSPF005200340
	Aguas abajo del embalse de Celemín	Celemín	Dentro de una ZEC y una ZEPA	Hidrológico (QBM y RVA)	SI ES063MSPF005200330
	Aguas abajo del embalse de Almodóvar	Almodóvar	Atraviesa aguas abajo una ZEC y una ZEPA	Hidrológico (QBM y RVA), modelización de hábitats	SI ES063MSPF005200220
	Punto final de la parte continental de la cuenca del Barbate	Barbate		Hidrológico (QBM y RVA)	NO

Tabla nº 2. Tramos seleccionados para la realización del estudio detallado de caudales ecológicos



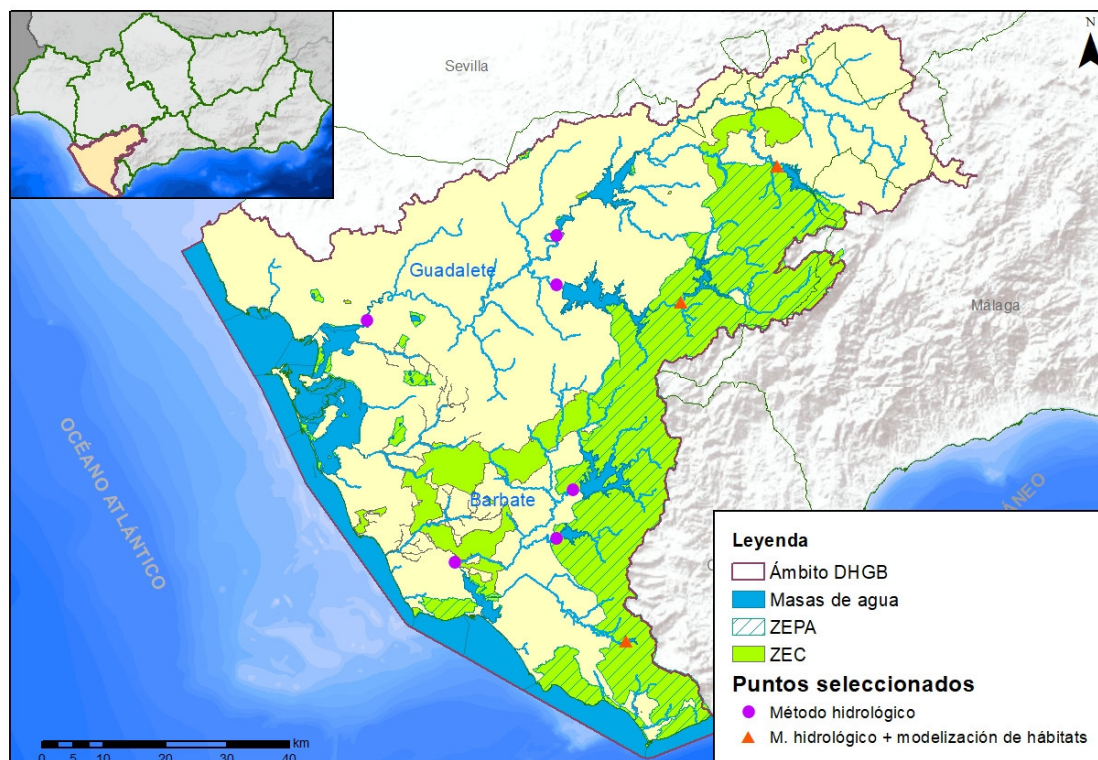


Figura nº 6. Tramos seleccionados para la realización del estudio detallado de caudales ecológicos

6.1.1.1 DATOS DE PARTIDA UTILIZADOS

El período de análisis (1985/86-2006/07), si bien está condicionado a la disponibilidad de información en la zona, especialmente de datos de aforo en las cabeceras de los embalses, así como de información meteorológica, responde a los criterios de la IPHA de disponer de una serie de duración mínima de 20 años, en la cual se alternen años secos y húmedos en cuanto a los valores de precipitación media anual, como se muestra en la Figura nº 7.

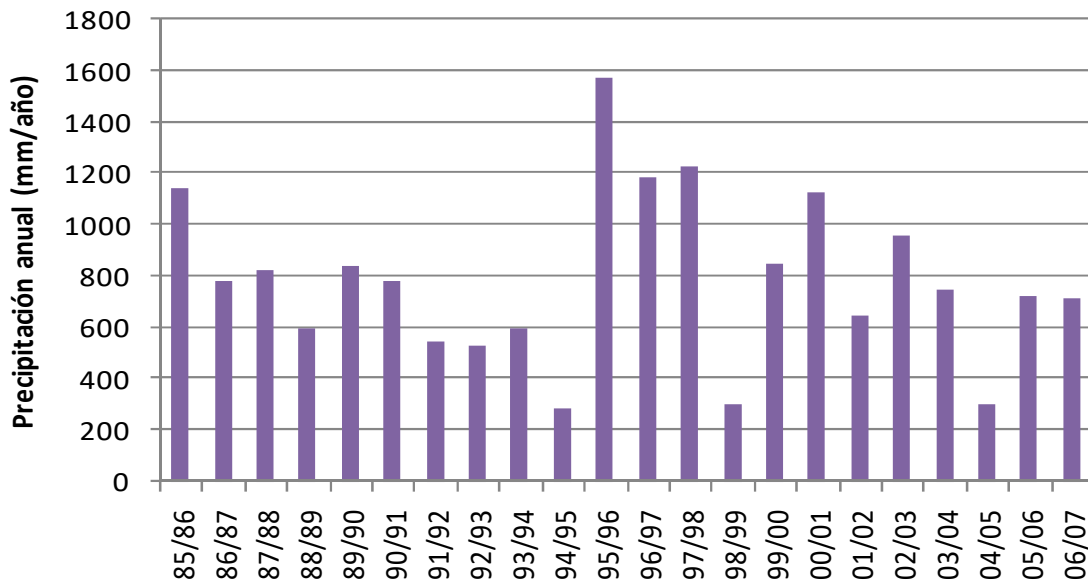


Figura nº 7. Precipitación anual en la subcuenca de Zahara

Para realizar el cálculo de los caudales ecológicos por los distintos métodos se precisa series de caudales en régimen natural en cada uno de los tramos de estudio a escala diaria. Sin embargo, las series de las aportaciones registradas en los embalses no se corresponden con el régimen natural esperado en todos los tramos, debido en unos casos a la falta de información, y en otros a la alteración del régimen por la presencia de una obra de regulación.

Por lo tanto, en aquellos puntos en los que no es posible asimilar las aportaciones reales a las del régimen natural, se recurrió a un modelo de simulación hidrológica, realizado por la Universidad de Córdoba, calibrado y validado con datos reales (en las cuencas de cabecera) y con otros modelos de precipitación-aportación utilizados en la elaboración del Plan Hidrológico (modelo SIMPA), comprobando que los resultados del modelo son óptimos y reflejan el funcionamiento real de las diferentes subcuencas analizadas.



El modelo anteriormente mencionado se ha realizado con el programa denominado Gestión Integrada de Cuencas en Entorno Mediterráneo WiM-Med, de Watershed Integrated Management (Herrero *et al.*, 2011), que es la primera versión de un modelo hidrológico completo, distribuido y de base física, pensado para una aplicación de carácter general en cualquier tipo de cuenca. El apellido Mediterráneo de esta versión responde a que el modelo ha sido aplicado, por el momento, en cuencas de este tipo. Su desarrollo se inició con el Proyecto Guadalfeo, estudio enfocado a la gestión integral de una cuenca mediterránea del sur de España, y por ello contempla con especial detalle los procesos más peculiares de esta región, como son la torrencialidad en las lluvias junto a la semiaridez y el riesgo de sequía. El modelo es el resultado de la colaboración entre el Grupo de Investigación en Dinámica Fluvial e Hidrología de la Universidad de Córdoba y el Grupo de Investigación en Dinámica de Fluidos Ambientales de la Universidad de Granada.

Con este modelo se obtuvieron en todas las subcuencas de masas de agua estratégicas situadas aguas abajo de embalses series de caudales medios diarios para cada uno de los tramos de estudio, desde el 01/09/1985 hasta el 31/08/2007.

Para el resto de masas de agua, incluyendo las de la parte final de los ríos Guadalete y Barbate, se utilizaron los resultados obtenidos con el modelo SIMPA en el primer ciclo de planificación hidrológica, realizado por el entonces Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, y que

dispone de datos a escala mensual. Para obtener más información sobre este modelo puede consultarse el Anejo II de este Plan Hidrológico.

En la Figura nº 8 se muestra un ejemplo en el que se compara los valores reales y simulados de aportaciones al embalse de Barbate y la precipitación en la cuenca vertiente del mismo embalse.

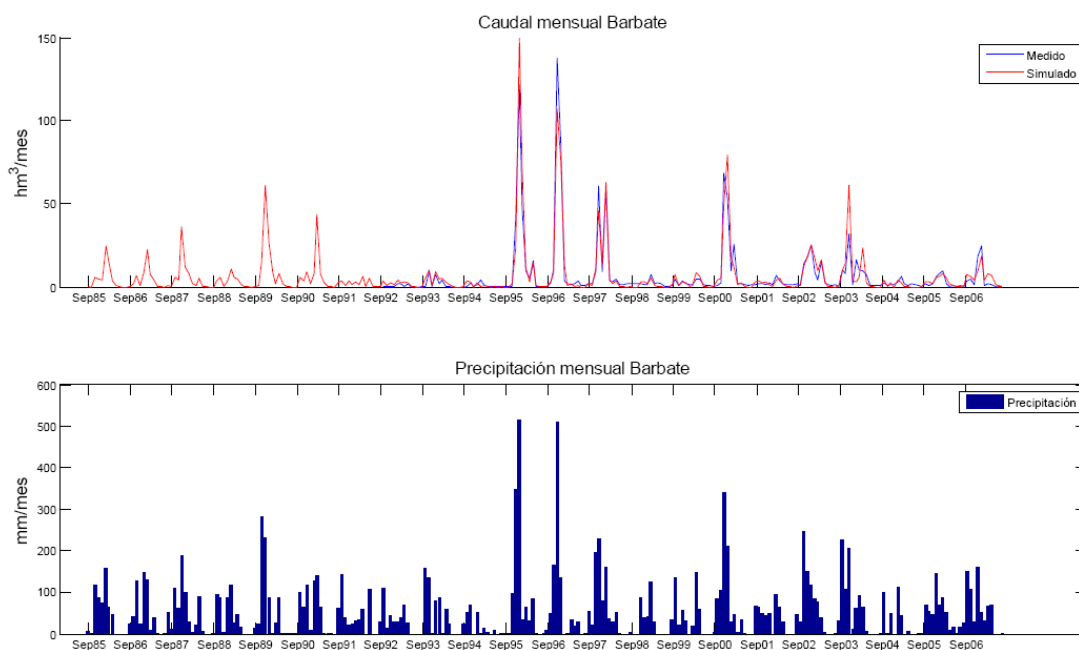


Figura nº 8. Caudal simulado y medido en el embalse de Barbate y precipitación media en la cuenca (1985/86-2006/07)

6.1.1.2 CLASIFICACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS MASAS ESTRATÉGICAS

En cuanto a la clasificación de los tramos analizados, según lo comentado en el apartado 5.1.3 de este Anejo, se presentan los resultados obtenidos.

Para el caso del estudio en las salidas de los embalses de regulación analizados se utilizó la serie de caudales diarias, que comienza el 01/09/1985 y finaliza el 31/08/2007, con una duración de 22 años.

Sobre cada uno de los años hidrológicos analizados, a escala diaria, se ha contabilizado el número de días que presentan un caudal inferior a 10 l/s, y se consideró el percentil 80% de esta serie. En función del valor que adopte este percentil, el río se clasifica de una forma u otra. Como se puede observar en la Tabla nº 3, en la cuenca del Guadalete todos los tramos se consideran estacionales, mientras que en la cuenca del Barbate se han clasificado como intermitentes.

Sistema de Explotación	Tramos de estudio	Percentil 80 (días/año con caudal < 10 l/s)	Clasificación
Guadalete	Arcos	72	Estacional
	Guadalcajín	70	Estacional
	Hurones	66	Estacional
	Zahara	96	Estacional
Barbate	Almodóvar	181	Intermitente
	Barbate	127	Intermitente
	Celemín	216	Intermitente

Tabla nº 3. Clasificación de los tramos analizados en los Sistemas Guadalete y Barbate

Al margen de lo comentado anteriormente, debe destacarse que, conforme a lo expresado en la “Guía para la determinación del régimen de caudales ecológicos” (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008), la

clasificación de ríos temporales a partir de datos estrictamente hidrológicos puede comportar errores en la asignación, por lo que es necesario para completar el proceso realizar un ejercicio de contraste con las características físicas, hidrológicas y de distribución del tramo fluvial para verificar si se ajustan con la clasificación establecida, y en caso de que sea necesario, modificarla a partir del conocimiento del funcionamiento del río en cuestión.

Tal y como establece la IPHA, además de estimar el régimen de caudales ecológicos, en los tramos que se consideren estacionales o intermitentes es necesario caracterizar el cese de caudal. Antes de describir la metodología seguida en este punto hay que mencionar que en la guía se asume que no existe flujo cuando el caudal circulante es inferior a 10 l/s.

Para este apartado, la guía contempla tres aspectos fundamentales que deberán abordarse a partir de la serie de caudales medios diarios.

El primer aspecto es determinar la frecuencia de los eventos de cese de caudal, es decir, en el régimen de caudales mínimos que se construya se debe decidir el número de eventos en los cuales el caudal es menor a 10 l/s.

El segundo hace referencia a la duración del evento de cese de caudal, en el que se debe determinar la duración de los periodos en los cuales el caudal no excede los 10 l/s. Esto se consigue a partir de una serie con el número de días al año sin caudal. La duración del periodo de cese de caudal es un número de días comprendido entre el rango de percentiles 10-25%, correspondiente a un año hidrológicamente seco y al año más seco

registrado respectivamente. También se menciona que el percentil escogido debe ser coherente con el nivel de compromiso conservacionista. Sin embargo, se puede comprobar que estos percentiles son muy pequeños, ya que la mayoría de los años el periodo de cese de caudal será de mayor duración. Este hecho se pudo comprobar con las visitas a campo realizadas. Por lo tanto, se escogió el percentil del 25% para la duración de este periodo, ya que un percentil inferior sobreestimaría la duración de la época con caudal del año hidrológico, y como se ha mencionado anteriormente puede suponer una demanda difícilmente asumible.

Por último, se describe el procedimiento para la determinación de la estacionalidad de los eventos de cese de caudal, mediante el análisis de la ocurrencia de los días sin caudal en los distintos meses del año durante la serie hidrológica de aportaciones.

Analizando las series de aportaciones de caudales diarios se advierte que no existen en muchos tramos eventos claramente identificables según la metodología expuesta, por lo que se va a asumir un único evento de cese de caudal en el año hidrológico, cuya duración coincidirá con el percentil 25% de la serie de número de días al año sin caudal y distribuido en los meses con mayor frecuencia de días sin caudal.

La Tabla nº 4 muestra el periodo de cese de caudal estimado en cada uno de los tramos de estudio.

Sistema de Explotación	Tramos de estudio	Número de días estimados de cese de caudal por año hidrológico (Percentil 25%)	Periodo en el que se dará el cese de caudal
Guadalete	Arcos	38	Septiembre y finales de agosto
	Guadalacacín	34	Septiembre y finales de agosto
	Hurones	13	Agosto
	Zahara	17	Agosto
Barbate	Almodóvar	110	Junio-septiembre
	Barbate	60	Agosto y septiembre
	Celemín	144	Mayo-septiembre

Tabla nº 4. Estimación del periodo de cese de caudal en los Sistemas Guadalete y Barbate

En la Figura nº 9 se muestra, a modo de ejemplo, la curva clasificada de días al año con caudal inferior a 10 l/s en el embalse de Zahara, y en la que se marcan los percentiles 25 y 80. Como se puede comprobar, para el percentil 25, el valor alcanzado en el eje de ordenadas es 17.

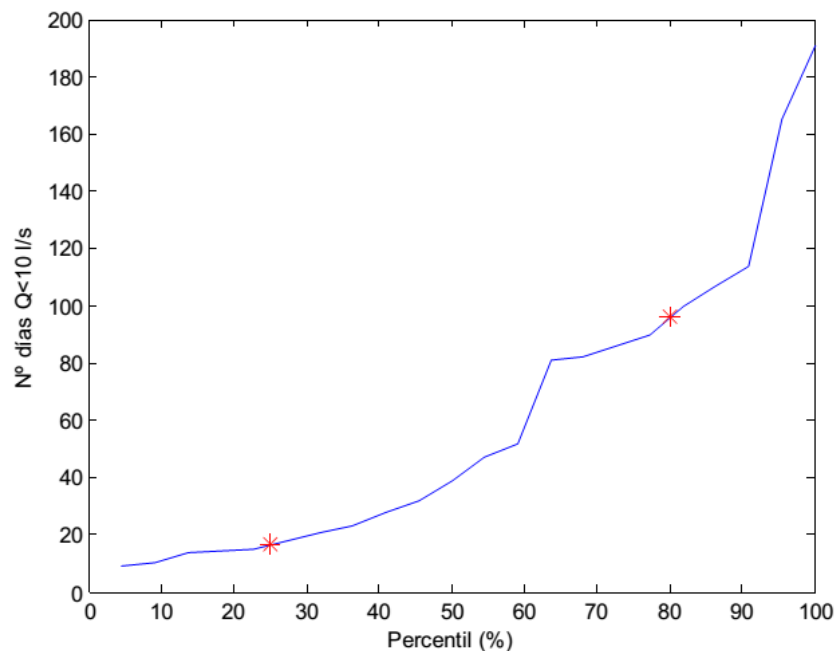


Figura nº 9. Curva clasificada del número de días con caudal inferior a 10 l/s en Zahara

6.1.2 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE CAUDALES MÍNIMOS

6.1.2.1 MÉTODOS HIDROLÓGICOS

A partir de las series simuladas se obtuvieron los valores de caudales ecológicos por el método del RVA y por el del QBM, y que han sido presentados en el apartado 5.1.4.1 de este Anejo.

En la Tabla nº 5 y la Tabla nº 6 se muestra el caudal mínimo mensual en cada sistema obtenido por el método RVA, dónde el umbral mínimo que debe alcanzar el caudal viene definido por los percentiles del 5% y del 10 %, que se han denominado mínimo seco y mínimo húmedo, respectivamente.

Mes	Arcos (hm ³)		Guadalcajín (hm ³)		Hurones (hm ³)		Zahara (hm ³)		Final Río Guadalete (hm ³)	
	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo
Octubre	0,000	0,167	0,000	0,099	0,000	0,004	0,000	0,001	1,011	1,482
Noviembre	0,070	1,325	0,078	1,996	0,000	1,151	0,000	0,467	1,407	4,849
Diciembre	0,044	2,176	0,053	2,648	0,041	1,548	0,027	0,569	5,146	6,833
Enero	0,484	1,083	0,709	2,318	0,416	1,901	0,097	0,636	2,979	4,076
Febrero	0,181	1,320	0,085	2,331	0,679	0,950	0,041	0,584	3,079	4,608
Marzo	0,720	1,276	1,414	2,986	0,709	1,002	0,249	0,452	3,579	5,919
Abril	0,086	1,164	0,211	2,051	0,189	0,975	0,053	0,346	3,080	5,215
Mayo	0,021	0,430	0,054	0,830	0,026	0,354	0,012	0,128	1,747	2,656
Junio	0,035	0,097	0,015	0,125	0,004	0,032	0,001	0,035	1,506	1,734
Julio	0,001	0,005	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	1,484	1,588
Agosto	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,230	1,430
Septiembre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,028	1,178
TOTAL	1,641	9,043	2,619	15,406	2,064	7,916	0,479	3,219	27,277	41,568

Tabla nº 5. Régimen de caudales ecológicos mínimos según el método de RVA en los tramos de estudio del Sistema Guadalete

Mes	Almodóvar (hm ³)		Barbate (hm ³)		Celemín (hm ³)		Final del Río Barbate (hm ³)	
	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo
Octubre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,318	1,756
Noviembre	0,000	0,034	0,000	0,458	0,000	0,079	3,043	3,781
Diciembre	0,000	0,093	0,000	0,744	0,000	0,141	3,836	4,452
Enero	0,000	0,116	0,000	1,279	0,000	0,341	2,964	3,349
Febrero	0,000	0,046	0,003	0,240	0,001	0,118	2,261	3,826
Marzo	0,025	0,071	0,554	0,906	0,093	0,125	2,797	3,917
Abril	0,001	0,051	0,005	0,610	0,003	0,115	2,617	4,711
Mayo	0,000	0,001	0,000	0,083	0,000	0,009	1,484	2,026
Junio	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	1,019	1,227
Julio	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,916	1,033
Agosto	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,781	0,868

Mes	Almodóvar (hm ³)		Barbate (hm ³)		Celemín (hm ³)		Final del Río Barbate (hm ³)	
	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo	Mínimo Seco	Mínimo Húmedo
Septiembre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,647	0,668
TOTAL	0,026	0,413	0,562	4,333	0,097	0,928	23,683	31,614

Tabla nº 6. Régimen de caudales ecológicos mínimos según el método de RVA en los tramos de estudio del Sistema Barbate

Los resultados obtenidos para el periodo 1985-2006 en los sistemas de la zona de estudio se muestran en la Tabla nº 7 y la Tabla nº 8. Como se ha comentado anteriormente, se utilizó el método QBM modificado, en el que se realiza el método QBM para cada uno de los años por separado, en lugar de realizarlo para la totalidad de la serie. Por ello, en la Tabla nº 7 y la Tabla nº 8 se muestran los resultados del caudal básico para cada uno de los años hidrológicos considerados.

Año	Arcos m ³ /mes	Guadalcaçín m ³ /mes	Hurones m ³ /mes	Zahara m ³ /mes
1985	34.830,0	700,5	2.749,1	9.969,2
1986	785,4	893,7	563,5	589,1
1987	1.234,2	1.080,0	632,2	925,7
1988	2.508,3	589,2	563,5	682,1
1989	864,0	810,0	563,5	740,6
1990	2.880,0	40.896,0	1.767,3	3.534,5
1991	960,0	62.022,9	996,9	2.160,0
1992	893,7	1.440,0	682,1	785,5
1993	664,5	5.456,7	498,5	576,0
1994	489,0	471,3	462,9	462,9
1995	365,1	365,1	4.015,8	37.967,3
1996	1.178,1	1.080,0	700,5	762,4
1997	996,9	25.920,0	664,6	925,7

Año	Arcos m ³ /mes	Guadalcajín m ³ /mes	Hurones m ³ /mes	Zahara m ³ /mes
1998	454,8	617,1	375,7	360,0
1999	1.127,1	4.092,6	700,5	810,0
2000	762,3	893,7	375,7	518,4
2001	1.234,2	29.622,9	925,7	700,5
2002	1.440,0	1.620,0	1.440,0	1.234,3
2003	2.356,5	25.920,0	43.478,7	31.968,0
2004	447,0	632,1	365,1	278,7
2005	836,1	893,7	893,8	836,1
2006	3.240,0	25.920,0	1.234,3	1.127,0
Media	2.752,2	10.542,6	2.938,6	4.450,7

Tabla nº 7. QBM en las subcuencas del Sistema Guadalete

Año	Almodóvar m ³ /mes	Barbate m ³ /mes	Celemín m ³ /mes	Parte final del Rio Barbate m ³ /mes
1985	0,0	365,1	264,5	-
1986	0,0	355,1	0,0	-
1987	386,9	551,5	316,1	703.000
1988	284,9	454,7	845,2	304.000
1989	301,4	454,7	316,1	547.000
1990	284,9	439,3	301,4	795.000
1991	462,9	960,0	632,2	324.000
1992	336,6	454,7	345,6	145.000
1993	267,2	411,4	281,7	222.000
1994	398,8	418,1	398,8	775.000
1995	336,6	370,3	341,0	406.000
1996	297,9	355,1	305,0	435.000
1997	281,7	529,0	316,1	926.000
1998	261,8	291,2	0,0	148.000
1999	332,3	529,0	386,9	583.000
2000	0,0	381,2	272,9	113.000
2001	312,3	471,3	370,3	251.000

Año	Almodóvar m ³ /mes	Barbate m ³ /mes	Celemín m ³ /mes	Parte final del Rio Barbate m ³ /mes
2002	278,7	720,0	365,1	134.000
2003	336,6	810,0	381,2	382.000
2004	0,0	275,7	0,0	194.000
2005	418,1	2.430,0	589,1	595.000
2006	332,3	1.178,2	489,1	190.000
Media	268,7	600,2	341,7	408.500

Tabla nº 8. QBM en las subcuencas del Sistema Barbate

Para calcular el caudal mínimo mensual a través de la metodología QBM, se estimó una restitución del QBM a escala mensual. Para ello, se ha realizado el cálculo de los caudales medios mensuales (en régimen natural), de cada una de las subcuencas de estudio a partir de los datos diarios simulados según el modelo anteriormente comentado.

A partir de la curva de caudales medios mensuales se estableció el régimen de caudales ecológicos, que debe seguir una evolución anual que mantenga el mismo patrón que el régimen natural del río. Para ello, se elige el mes del año en el que el régimen natural toma un valor medio mensual menor, y se le asigna el valor de caudal ecológico básico, es decir, el de QBM obtenido. A partir de este punto, se aplica a cada mes un Factor de Variabilidad Temporal (F_V), que permite establecer un valor de caudal de mantenimiento en cada uno de los meses. El F_V se calcula del siguiente modo:

$$Fv = \sqrt{\frac{Q_{med_i}}{Q_{min}}}$$

Donde,

- Q_{med_i} es el valor medio de la aportación en régimen natural para el mes i .
- Q_{min} es el valor medio de la aportación en régimen natural para el mes más seco.

De este modo, el régimen de caudales calculado para cada uno de los tramos estudiados es el que se muestra en la Tabla nº 9 y la Tabla nº 10. Hay que destacar que para evaluar esta variabilidad se ha considerado el periodo de cese de caudal en los tramos que se han definido como intermitentes.

Mes	Arcos hm ³ /mes	Guadalcaçín hm ³ /mes	Hurones hm ³ /mes	Zahara hm ³ /mes
octubre	0,005	0,029	0,011	0,013
noviembre	0,001	0,011	0,003	0,004
diciembre	0,003	0,011	0,005	0,007
enero	0,007	0,028	0,011	0,014
febrero	0,014	0,058	0,025	0,031
marzo	0,018	0,079	0,037	0,039
abril	0,026	0,134	0,066	0,068
mayo	0,026	0,134	0,062	0,069
junio	0,022	0,109	0,050	0,059
julio	0,018	0,095	0,044	0,045
agosto	0,015	0,079	0,040	0,038
septiembre	0,011	0,060	0,028	0,028

Mes	Arcos hm ³ /mes	Guadalcaçín hm ³ /mes	Hurones hm ³ /mes	Zahara hm ³ /mes
TOTAL (hm³/año)	0,166	0,826	0,381	0,416

Tabla nº 9. Régimen de caudales ecológicos mínimos según el método de QBM en los tramos de estudio del Sistema Guadalete

Mes	Almodóvar hm ³ /mes	Barbate hm ³ /mes	Celemín hm ³ /mes	Punto final del Barbate hm ³ /mes
octubre	0,002	0,003	0,002	1,400
noviembre	0,000	0,001	0,000	1,874
diciembre	0,001	0,001	0,000	3,266
enero	0,003	0,003	0,003	2,936
febrero	0,007	0,008	0,006	2,133
marzo	0,013	0,010	0,009	1,712
abril	0,025	0,019	0,018	1,328
mayo	0,021	0,019	0,016	0,979
junio	0,018	0,014	0,013	0,643
julio	0,013	0,011	0,009	0,486
agosto	0,012	0,009	0,007	0,416
septiembre	0,007	0,007	0,005	0,403
TOTAL (hm³/año)	0,123	0,103	0,088	15,577

Tabla nº 10. Régimen de caudales ecológicos mínimos según el método de QBM en los tramos de estudio del Sistema Barbate

6.1.2.2 MÉTODOS DE MODELIZACIÓN DEL HÁBITAT

En este apartado se presentan los resultados obtenidos para la determinación del régimen de caudales mínimos siguiendo la metodología de modelización de hábitats.

Una vez realizado el modelo hidráulico y debido a la incertidumbre existente con algunos de sus parámetros, se llevaron a cabo una serie de combinaciones de valores de rugosidad y pendiente del eje longitudinal del cauce, por lo que para cada hidroperiodo habrá un conjunto de valores de caudal mínimo asociados al mes más seco, y se establecerá un intervalo de valores posibles en los que sería aconsejable situar el valor de caudal mínimo.

Se debe comentar, previo a la presentación de los resultados, que la duración de los hidroperiodos se consideró ligeramente diferente en las distintas localizaciones en función de las características de la serie de caudales en régimen natural disponibles, de los resultados del análisis de las curvas de hábitat, de la duración del periodo de cese de caudal estimada en otros apartados, e intentando que no se produzcan incoherencias en el régimen de caudales mínimos que se establezca.

Se calculó para cada combinación de rugosidad y pendiente los valores de 25%, 30% y 60% del HPU máximo. Todos los tramos estudiados fueron definidos como muy alterados hidrológicamente por estar situados aguas abajo de embalses de regulación, por lo que el límite para el método de hábitat es del 30% del HPU máximo. Una vez calculado el caudal mínimo se ha procedido a estimar su variación mensual en base al régimen natural, de modo que el caudal ecológico siga el mismo patrón anual que las condiciones naturales.

Los resultados que se presentan en este apartado podrían ser revisados, si fuese necesario, durante el proceso de seguimiento adaptativo..

6.1.2.2.1 SELECCIÓN DE LA ESPECIE OBJETIVO

De las especies presentes en la DHGB según el Inventario Nacional de Biodiversidad (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009) y de las que se poseen curvas de idoneidad, que se recogen en la Tabla nº 11, se consideró en la modelización de hábitats la boga del Guadiana (*Pseudochondrostoma willkommii*), con una presencia importante y calificada como vulnerable en el Inventario Nacional de Biodiversidad.

Categoría	Familia	Especie	Nombre común	Presencia relativa
Vulnerable	<i>Cyprinidae</i>	<i>Iberochondrostoma lemmingii</i>	Pardilla	3
Vulnerable	<i>Cyprinidae</i>	<i>Pseudochondrostoma willkommii</i>	Boga del Guadiana	4
Vulnerable	<i>Cyprinidae</i>	<i>Squalius alburnoides</i>	Calandino	2
Vulnerable	<i>Cyprinidae</i>	<i>Squalius pyrenaicus</i>	Cacho	3
Vulnerable	<i>Salmonidae</i>	<i>Salmo trutta</i>	Trucha común	2

Tabla nº 11. Valoración de la presencia en la demarcación (Mínimo=0, Máximo=10)

Pseudochondrostoma willkommii o boga del Guadiana es una especie perteneciente a la familia *Cyprinidae*, de talla media y muy común en los tramos medios de los ríos. Aunque en el Libro rojo de los vertebrados de España (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1992) aparece catalogada como “No Amenazada”, se trata de una especie endémica de

la Península Ibérica. Dentro de España se distribuye en las cuencas de los ríos Guadiana, Odiel, Guadalquivir, Guadalete, Guadiaro, Verde y Guadalhorce.

Se constató la presencia de dicha especie en la DHGB a través de los muestreos de vida piscícola dentro de la red de control operativo y de vigilancia de las masas de agua.

Para obtener las curvas, el método más utilizado suele ser el análisis de frecuencia de los datos obtenidos por muestreo. No obstante, hay diferentes metodologías, y en caso de ausencia de medidas en campo, se recurre a consulta bibliográfica. A grandes rasgos se pueden clasificar las curvas de preferencia en dos grupos:

1. El primero correspondería a las curvas de categoría I y III, las cuales son aplicables para la totalidad del territorio ya que están obtenidas a partir de datos generales (halladas mediante muestreos para el posterior tratamiento de los datos), consultadas en diferentes fuentes bibliográficas, o calculadas a partir de un muestreo utilizando un análisis de frecuencias.
2. El segundo grupo engloba a las curvas de categoría II y IV, las cuales son aplicables exclusivamente para los ríos donde se haya efectuado el muestreo.

Las curvas de idoneidad en principio más interesantes son aquéllas que sean aplicables de manera generalizada, es decir, que se correspondan con las categorías I y III.

Las curvas que inicialmente se propusieron para la modelización de hábitats fueron las elaboradas por Costa *et al.* (1988). Sin embargo, en ellas no aparece la preferencia para los distintos valores de las variables hidráulicas para el estadio de alevín de la boga del Guadiana, generalmente el más sensible ante valores extremos de caudales, por lo que se estima una información fundamental para caracterizar el régimen de caudales máximos.

Debido a esto se optó por emplear las curvas de idoneidad de la especie boga de río (*Pseudochondrostoma polylepis*), que, si bien no se encuentra en la demarcación, las condiciones de hábitat requeridas por esta especie son muy similares a las de la boga del Guadiana. Por tanto, las curvas que finalmente se utilizaron para efectuar la modelización de hábitats fueron elaboradas por Martínez-Capel (2000) y se muestran en la Tabla nº 12 y en la Figura nº 10 y Figura nº 11.



Profundidad (m)		Grado de idoneidad			Velocidad (m/s)		Grado de idoneidad		
Abscisa		Alevín	Juvenil	Adulto	Abscisa		Alevín	Juvenil	Adulto
0		0	0		0			0,1	
0,15			0,1		0,02		0,5		
0,18		0,2			0,05		0,7	0,3	0,2
0,25		0,5		0	0,075		0,9		
0,33				0,1	0,1		1	0,6	0,4
0,5			0,5		0,15				0,6
0,7				0,2	0,25		1		1
1			0,6		0,3			1	
1,1		1		0,2	0,375		0,7		
1,2		0,9			0,4			1	
1,25				0,5	0,45				1
1,33		0,7			0,575		0,3		
1,48		0,5			0,6			0,7	
1,53				0,6	0,625		0,1		
1,8			0,7	0,6	0,8			0,5	0,5
1,88		0,4			0,86				0,3
2			1	1	0,875		0,1		
2,38		0,4		1	1			0,2	0,2
2,75			1		2			0,15	

Tabla nº 12. Curvas de preferencia de profundidad (m) y velocidad (m/s) para *Pseudohondrostoma polylepis*

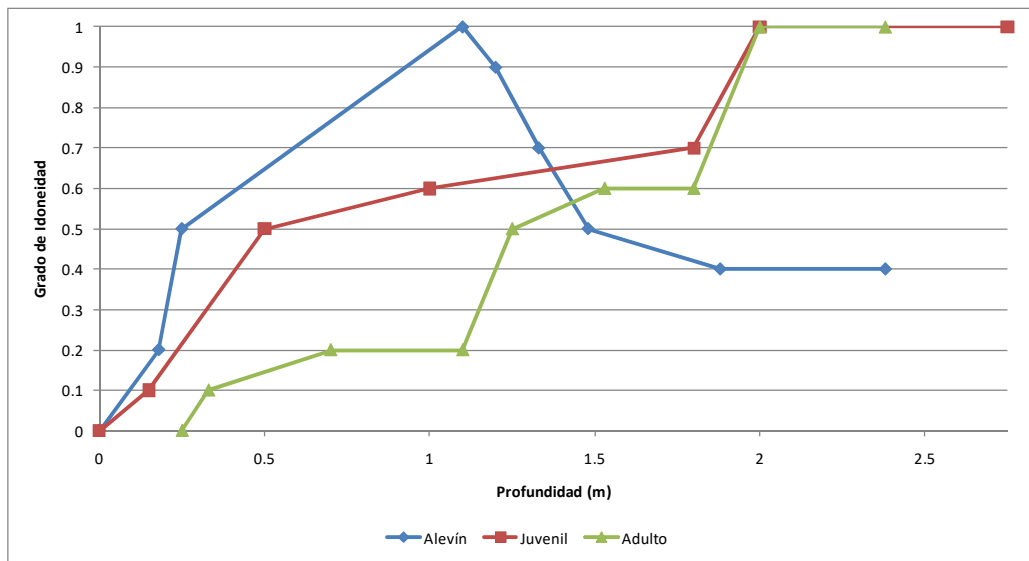


Figura nº 10. Curva de preferencia de profundidad (m) para *Pseudochondrostoma polylepis*

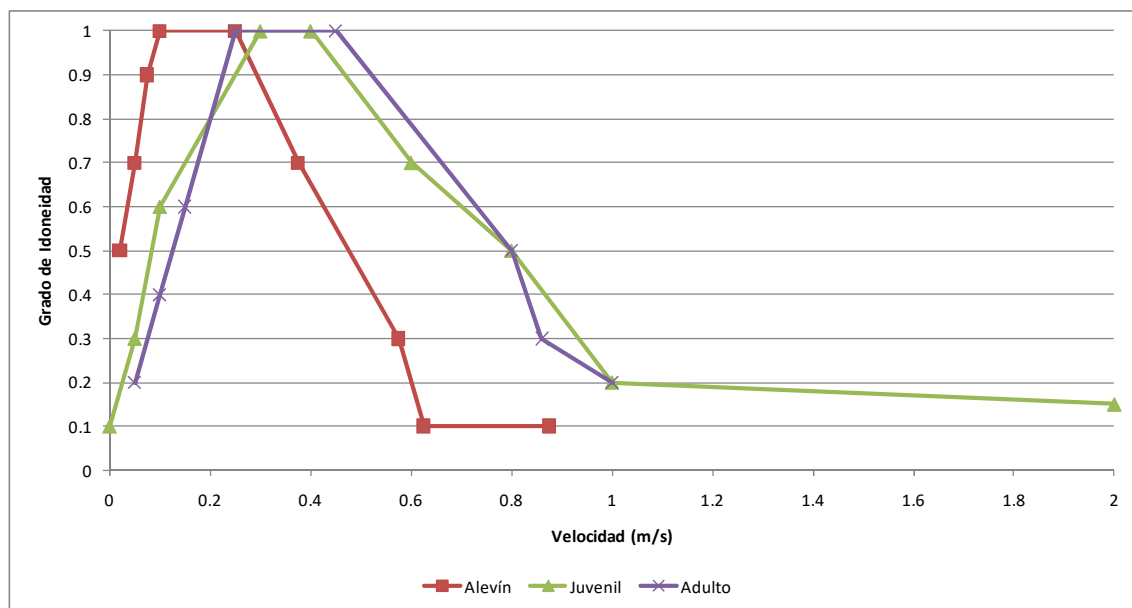


Figura nº 11. Curva de preferencia de velocidad (m/s) para *Pseudochondrostoma polylepis*

6.1.2.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los tramos modelizados según este método. Como se ha comentado anteriormente,

estos resultados deben tomarse como una primera aproximación al método de modelización de hábitats en la DHGB, por lo que los resultados podrían ser revisados, si fuese necesario, durante el proceso de seguimiento adaptativo.

El método de modelización de hábitats, con los datos de partida considerados, no parece verse influenciado de una manera significativa por el régimen de caudales en régimen natural, lo cual debe ser tenido en cuenta a la hora de evaluar su validez.

Por lo tanto, y después de los resultados arrojados por estos métodos, para la validación del método hidrológico en este proceso de planificación se tendrán en cuenta además otros aspectos, como el criterio de experto, que permita que los resultados obtenidos sean los óptimos.

Almodóvar

En la Tabla nº 13 y la Figura nº 12 se muestran los resultados de este cálculo para la subcuenca de Almodóvar.

Pendiente	Coeficiente de rugosidad de Manning	HPU máx.	Seco	Húmedo
			(m ³ · s ⁻¹)	(m ³ · s ⁻¹)
14,93/1.000	0,05	Q (25%)	0,03	0,08
14,93/1.000	0,05	Q (30%)	0,05	0,12
14,93/1.000	0,05	Q (60%)	3,22	3,03
14,93/1.000	0,07	Q (25%)	0,02	0,08
14,93/1.000	0,07	Q (30%)	0,04	0,13
14,93/1.000	0,07	Q (60%)	1,51	1,17

Pendiente	Coeficiente de rugosidad de Manning	HPU máx.	Seco	Húmedo
			(m ³ · s ⁻¹)	(m ³ · s ⁻¹)
12,69/1.000	0,05	Q (25%)	0,03	0,08
12,69/1.000	0,05	Q (30%)	0,05	0,12
12,69/1.000	0,05	Q (60%)	3,00	2,93
12,69/1.000	0,07	Q (25%)	0,02	0,09
12,69/1.000	0,07	Q (30%)	0,04	0,13
12,69/1.000	0,07	Q (60%)	1,35	1,07
17,17/1.000	0,05	Q (25%)	0,03	0,07
17,17/1.000	0,05	Q (30%)	0,05	0,11
17,17/1.000	0,05	Q (60%)	3,00	2,82
17,17/1.000	0,07	Q (25%)	0,02	0,08
17,17/1.000	0,07	Q (30%)	0,04	0,12
17,17/1.000	0,07	Q (60%)	1,70	1,28

Tabla nº 13. Valores de HPU máximo para diferentes pendientes y coeficientes de rugosidad de Manning en la subcuenca de Almodóvar

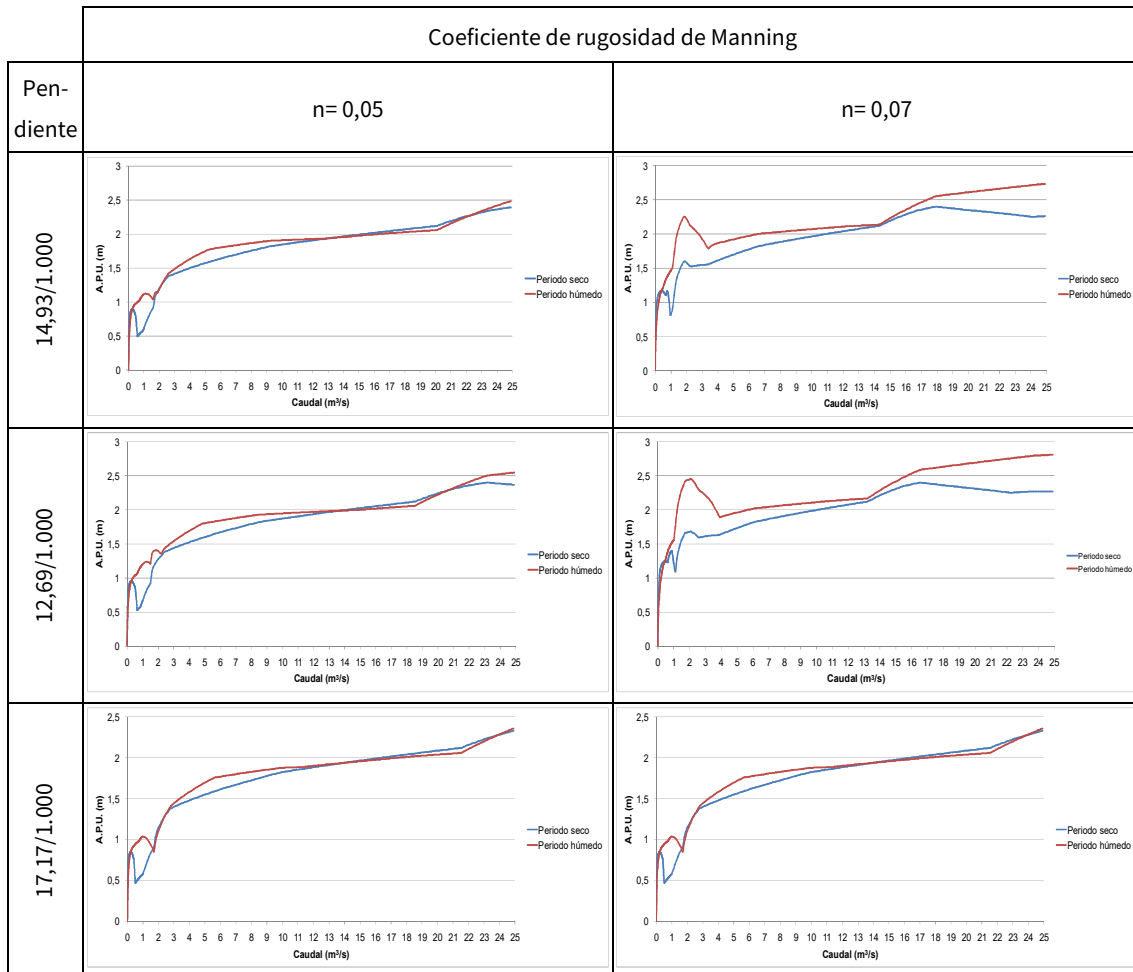


Figura nº 12. Valores de HPU en ambos hidroperiodos en función del caudal, para las diferentes hipótesis planteadas de pendiente y rugosidad en la subcuenca de Almodóvar

En la Tabla nº 14 se presenta el rango estimado de caudal mínimo en cada uno de estos periodos.

Hidroperiodo	Periodo considerado	% sobre HPU máx.	Rango de Q ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Rango de Q (hm^3/mes)
Seco	Mayo / Octubre	30	0,04	0,104
			0,05	0,130
Húmedo	Noviembre / Abril	30	0,11	0,285
			0,13	0,337

Tabla nº 14. Resumen del cálculo de caudal mínimo según el método de hábitat en la subcuenca de Almodóvar

Hurones

En la Tabla nº 15 y la Figura nº 13 se muestran los resultados de este cálculo para la subcuenca de Hurones.

Pendiente	Coeficiente de rugosidad de Manning	HPU máx.	Seco	Húmedo
			($m^3 \cdot s^{-1}$)	($m^3 \cdot s^{-1}$)
17,48/1.000	0,05	Q (25%)	0,03	0,07
17,48/1.000	0,05	Q (30%)	0,04	0,10
17,48/1.000	0,05	Q (60%)	3,55	3,71
17,48/1.000	0,07	Q (25%)	0,02	0,07
17,48/1.000	0,07	Q (30%)	0,04	0,11
17,48/1.000	0,07	Q (60%)	2,45	1,05
14,86/1.000	0,05	Q (25%)	0,03	0,07
14,86/1.000	0,05	Q (30%)	0,04	0,10
14,86/1.000	0,05	Q (60%)	3,33	3,42
14,86/1.000	0,07	Q (25%)	0,02	0,08
14,86/1.000	0,07	Q (30%)	0,04	0,13
14,86/1.000	0,07	Q (60%)	2,26	1,15
20,1/1.000	0,05	Q (25%)	0,03	0,07
20,1/1.000	0,05	Q (30%)	0,04	0,10

Pendiente	Coeficiente de rugosidad de Manning	HPU máx.	Seco	Húmedo
			($m^3 \cdot s^{-1}$)	($m^3 \cdot s^{-1}$)
20,1/1.000	0,05	Q (60%)	3,75	3,98
20,1/1.000	0,07	Q (25%)	0,02	0,07
20,1/1.000	0,07	Q (30%)	0,04	0,10
20,1/1.000	0,07	Q (60%)	2,66	1,22

Tabla nº 15. Valores de HPU máximo para diferentes pendientes y coeficientes de rugosidad de Manning en la subcuenca de Hurones

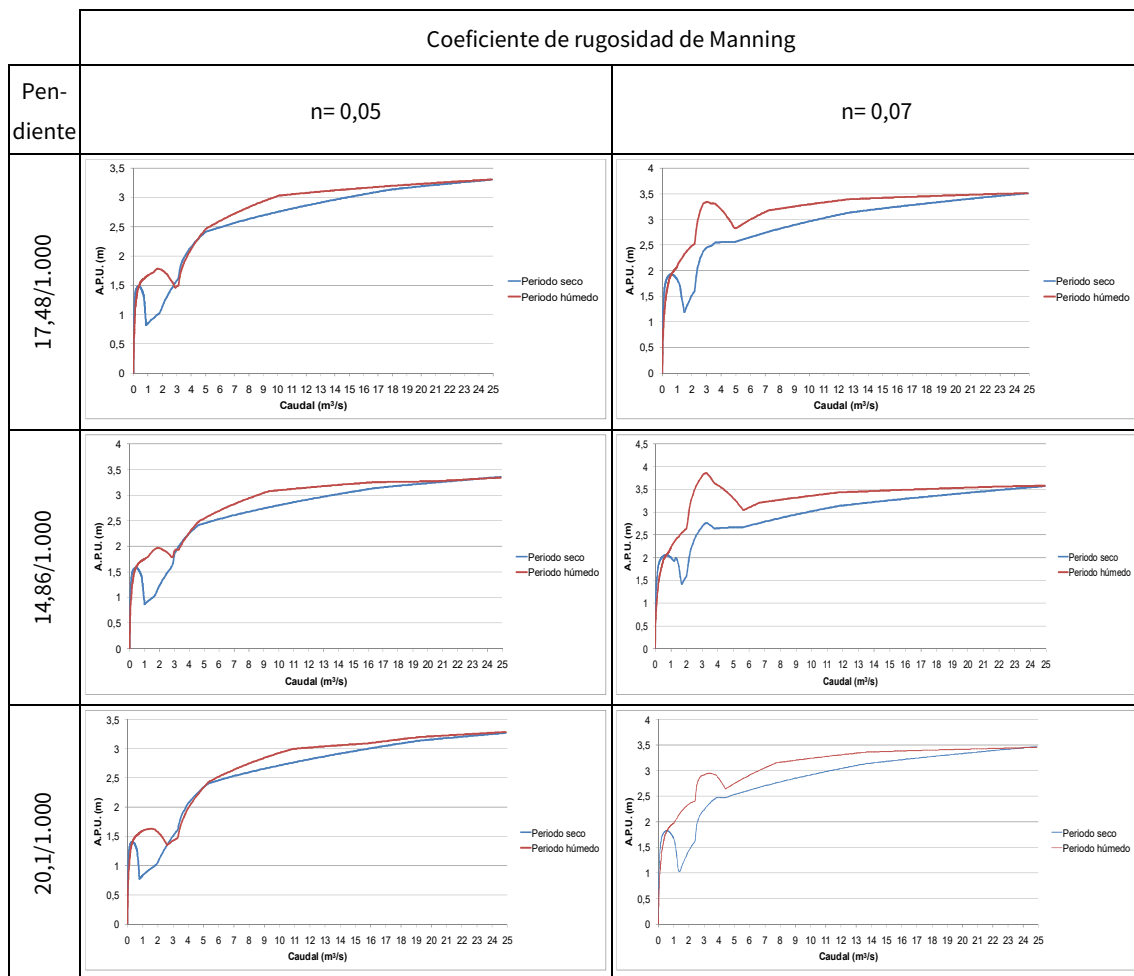


Figura nº 13. Valores de HPU en ambos hidroperiodos en función del caudal, para las diferentes hipótesis planteadas de pendiente y rugosidad en la subcuenca de Hurones

En la Tabla nº 16 se presenta el rango estimado de caudal mínimo en cada uno de estos periodos.

Hidroperiodo	Periodo considerado	% sobre HPU máx.	Rango de Q ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Rango de Q (hm^3/mes)
Seco	Junio / Septiembre	30	0,04	0,104
			0,04	0,104
Húmedo	Octubre / Mayo	30	0,10	0,259
			0,13	0,337

Tabla nº 16. Resumen del cálculo de caudal mínimo según el método de hábitat en la subcuenca de Hurones

Zahara

En la Tabla nº 17 y la Figura nº 14 se muestran los resultados de este cálculo para la subcuenca de Hurones.

Pendiente	Coeficiente de rugosidad de Manning	HPU máx.	Seco	Húmedo
			($m^3 \cdot s^{-1}$)	($m^3 \cdot s^{-1}$)
14,89/1.000	0,05	Q (25%)	0,02	0,06
14,89/1.000	0,05	Q (30%)	0,04	0,10
14,89/1.000	0,05	Q (60%)	3,12	3,19
14,89/1.000	0,07	Q (25%)	0,02	0,08
14,89/1.000	0,07	Q (30%)	0,04	0,12
14,89/1.000	0,07	Q (60%)	2,17	1,08
12,65/1.000	0,05	Q (25%)	0,02	0,06
12,65/1.000	0,05	Q (30%)	0,04	0,10
12,65/1.000	0,05	Q (60%)	2,85	1,38
12,65/1.000	0,07	Q (25%)	0,03	0,09
12,65/1.000	0,07	Q (30%)	0,04	0,15



Pendiente	Coeficiente de rugosidad de Manning	HPU máx.	Seco	Húmedo
			($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
12,65/1.000	0,07	Q (60%)	1,20	1,18
17,12/1.000	0,05	Q (25%)	0,02	0,06
17,12/1.000	0,05	Q (30%)	0,04	0,10
17,12/1.000	0,05	Q (60%)	3,30	3,42
17,12/1.000	0,07	Q (25%)	0,02	0,06
17,12/1.000	0,07	Q (30%)	0,04	0,10
17,12/1.000	0,07	Q (60%)	2,27	0,93

Tabla nº 17. Valores de HPU máximo para diferentes pendientes y coeficientes de rugosidad de Manning en la subcuenca de Zahara



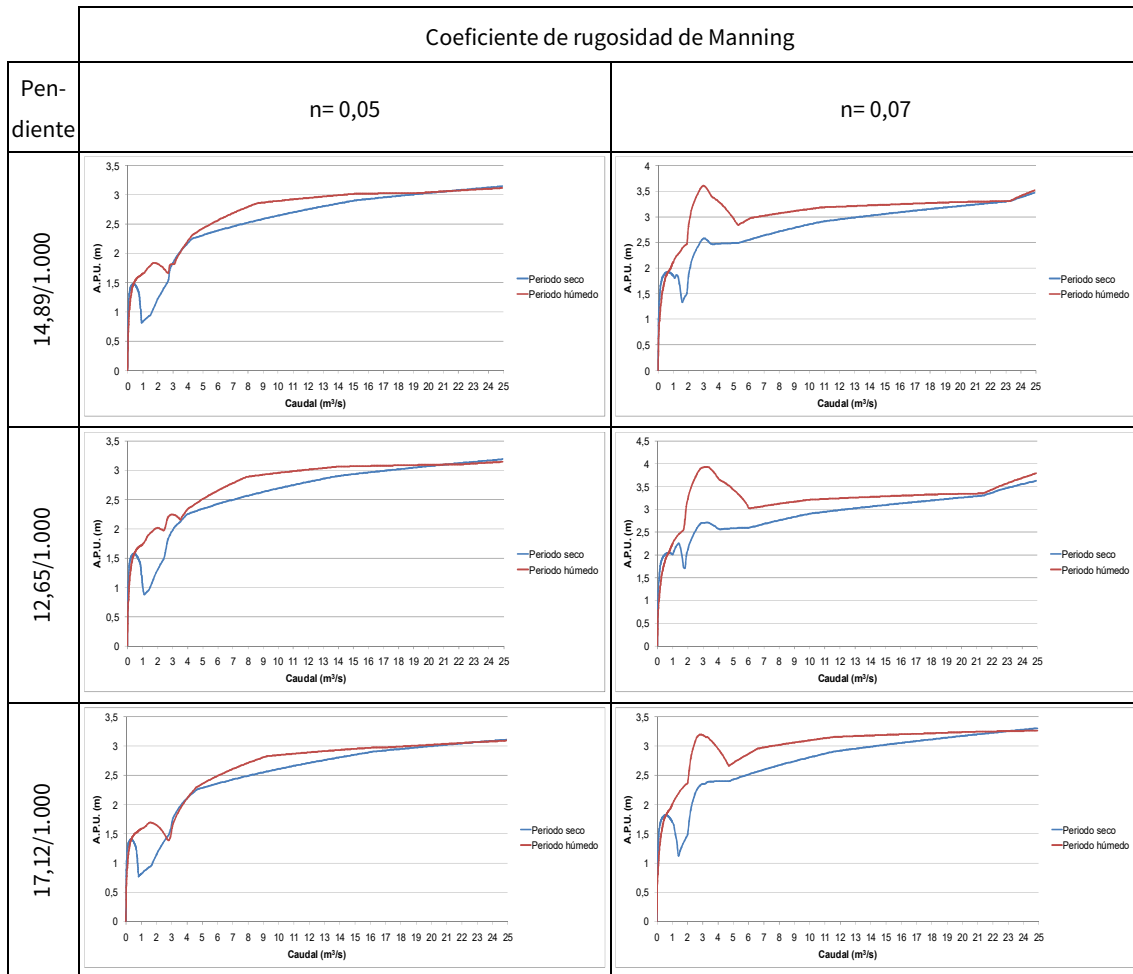


Figura nº 14. Valores de HPU en ambos hidroperiodos en función del caudal, para las diferentes hipótesis planteadas de pendiente y rugosidad en la subcuenca de Zahara

En la Tabla nº 18 se presenta el rango estimado de caudal mínimo en cada uno de estos periodos.

Hidroperiodo	Periodo considerado	% sobre HPU máx.	Rango de Q (m ³ · s ⁻¹)	Rango de Q (hm ³ /mes)
Seco	Junio / Septiembre	30	0,04	0,104
			0,04	0,104
Húmedo	Octubre / Mayo	30	0,10	0,259
			0,15	0,389

Tabla nº 18. Resumen del cálculo de caudal mínimo según el método de hábitat en la subcuenca de Zahara

6.1.2.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE CAUDALES MÍNIMOS

6.1.2.3.1 VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS HIDROLÓGICOS

Para llevar a cabo la validación de los resultados obtenidos por métodos hidrológicos se consideraron diferentes aspectos, destacando los dos siguientes:

- Comparación con los resultados obtenidos en los métodos de modelización de hábitats.
- Adecuación del método al tipo de río mediante criterio de experto.

En la Tabla nº 19, Tabla nº 20 y Tabla nº 21 se comparan todos los resultados obtenidos por los diferentes métodos en los puntos en los que se ha realizado modelización de hábitat.

Mes	Métodos Hidrológicos (hm ³)			Hidro-periodo	Modelo Hábitats (hm ³)	
	RVA (5%)	RVA (10%)	QBM		Rango Inf. Qmin	Rango Sup. Qmin
Octubre	0,000	0,004	0,011	Húmedo	0,285	0,337
Noviembre	0,000	1,151	0,003			

Mes	Métodos Hidrológicos (hm ³)			Hidro-periodo	Modelo Hábitats (hm ³)	
	RVA (5%)	RVA (10%)	QBM		Rango Inf. Qmin	Rango Sup. Qmin
Diciembre	0,041	1,548	0,005			
Enero	0,416	1,901	0,011			
Febrero	0,679	0,95	0,025			
Marzo	0,709	1,002	0,037			
Abril	0,189	0,975	0,066			
Mayo	0,026	0,354	0,062			
Junio	0,004	0,032	0,05	Seco	0,104	0,104
Julio	0,000	0,000	0,044			
Agosto	0,000	0,000	0,04	Cese de caudal	0,000	0,000
Septiembre	0,000	0,000	0,028	Seco	0,104	0,104

Tabla nº 19. Comparación de los resultados de caudal mínimo por los diferentes métodos utilizados a la salida del embalse de Hurones

Mes	Métodos Hidrológicos (hm ³)			Hidroperiodo	Modelo Hábitats (hm ³)	
	RVA (5%)	RVA (10%)	QBM		Rango Inf. Qmin	Rango Sup. Qmin
Octubre	0,000	0,001	0,013	Húmedo	0,259	0,389
Noviembre	0,000	0,467	0,004			
Diciembre	0,027	0,569	0,007			
Enero	0,097	0,636	0,014			
Febrero	0,041	0,584	0,031			
Marzo	0,249	0,452	0,039			
Abril	0,053	0,346	0,068			
Mayo	0,012	0,128	0,069			
Junio	0,001	0,035	0,059	Seco	0,104	0,104
Julio	0,000	0,000	0,045			
Agosto	0,000	0,000	0,038	Cese de caudal	0,000	0,000

Mes	Métodos Hidrológicos (hm ³)			Hidroperiodo	Modelo Hábitats (hm ³)	
	RVA (5%)	RVA (10%)	QBM		Rango Inf. Qmin	Rango Sup. Qmin
Septiembre	0,000	0,000	0,028	Seco	0,104	0,104

Tabla nº 20. Comparación de los resultados de caudal mínimo por los diferentes métodos utilizados a la salida del embalse de Zahara

Mes	Métodos Hidrológicos (hm ³)			Hidroperiodo	Modelo Hábitats (hm ³)	
	RVA (5%)	RVA (10%)	QBM		Rango Inf. Qmin	Rango Sup. Qmin
Octubre	0,000	0,000	0,002	Seco	0,104	0,104
Noviembre	0,000	0,034	0,000	Húmedo	0,259	0,389
Diciembre	0,000	0,093	0,001			
Enero	0,000	0,116	0,003			
Febrero	0,000	0,046	0,007			
Marzo	0,025	0,071	0,013			
Abril	0,001	0,051	0,025			
Mayo	0,000	0,001	0,021	Seco	0,104	0,104
Junio	0,000	0,000	0,018	Cese de Caudal	0,000	0,000
Julio	0,000	0,000	0,013			
Agosto	0,000	0,000	0,012			
Septiembre	0,000	0,000	0,007			

Tabla nº 21. Comparación de los resultados de caudal mínimo por los diferentes métodos utilizados a la salida del embalse de Almodóvar

El método RVA se desarrolló en respuesta al creciente interés de usar la variabilidad natural para recomendar caudales ecológicos ambientales y no insistir con el uso de un caudal mínimo a lo largo de todo el año, de ahí que sea uno de los métodos recomendados por la “Guía para la determinación del régimen de caudales ecológicos” (Ministerio de Medio Ambiente y Medio

Rural y Marino, 2008). En este método se reconoce que la variación hidrológica juega un papel importante en la estructura de la diversidad biótica, además de controlar las condiciones de hábitats dentro del canal, llanuras de inundación, humedales, etc.

Por otra parte, el método del QBM responde directamente a la temporalidad, y puede dar como resultados caudales ecológicos nulos o excesivamente bajos que no se adaptan bien a las condiciones hidrológicas específicas en los ríos temporales, estacionales y efímeros.

En definitiva, el RVA se ha observado que obtiene unos mejores resultados en ríos con un régimen hidrológico altamente alterado (Richter *et al.*, 1997) y con fuerte estacionalidad de sus caudales, ya que responde de manera inversa a la estacionalidad, por lo que se recomienda utilizar como referencia el uso de los valores obtenidos por el método RVA (mostrados en la Tabla nº 5 y la Tabla nº 6).

Por otra parte, los resultados obtenidos mediante el método RVA fueron los consensuados en el proceso de concertación de caudales ecológicos.

6.1.2.3.2 EXTRAPOLACIÓN DE LOS RESULTADOS AL RESTO DE MASAS DE AGUA DE LA CATEGORÍA RÍO

Una vez determinado el método hidrológico de RVA como el más apropiado, se estimó en cada una de las masas de agua de la categoría río de la DHGB el régimen de caudales mínimos, a nivel mensual, diferenciando entre los

caudales a cumplir en situación ordinaria y en situación de sequía prolongada.

La diferenciación entre situación ordinaria y en situación de sequía prolongada se plantea en este Plan Hidrológico en función la situación de sequía en que se encuentre un determinado sistema según el PES, de modo que si el sistema se encuentra en situación de sequía prolongada se adoptará el régimen de caudales ecológicos mínimos correspondiente a años secos según el método RVA, y en caso contrario se adoptará el régimen de caudales ecológicos mínimos correspondiente a años húmedos.

En función de este criterio se exigirá el cumplimiento del régimen de caudales mínimos en situación ordinaria y en situación de sequía prolongada.

En el caso del río del Álamo, segmentado en el presente ciclo de planificación hidrológica en las masas ES063MSPF005200231 Río del Alamo I y ES063MSPF005200232 Río del Alamo II, el caudal ecológico mínimo se ha obtenido a partir del propuesto en ciclos anteriores mediante proporcionalidad de aportes.

6.1.2.3.3 CONTRIBUCIÓN AL RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS DE LAS APORTACIONES SUBTERRÁNEAS AL SISTEMA SUPERFICIAL

Debido a las características climáticas e hidrológicas de la DHGB, las aportaciones superficiales generadas a partir de precipitaciones en los

meses correspondientes al periodo de estiaje o seco (mayo-septiembre) deben considerarse despreciables para el cumplimiento del régimen de caudales mínimos, de modo que se estima que en estos meses los caudales circulantes, en régimen natural, están originados principalmente por la contribución de los recursos subterráneos al sistema superficial, ya sea mediante manantiales o a través de tramos de conexión entre río y acuífero.

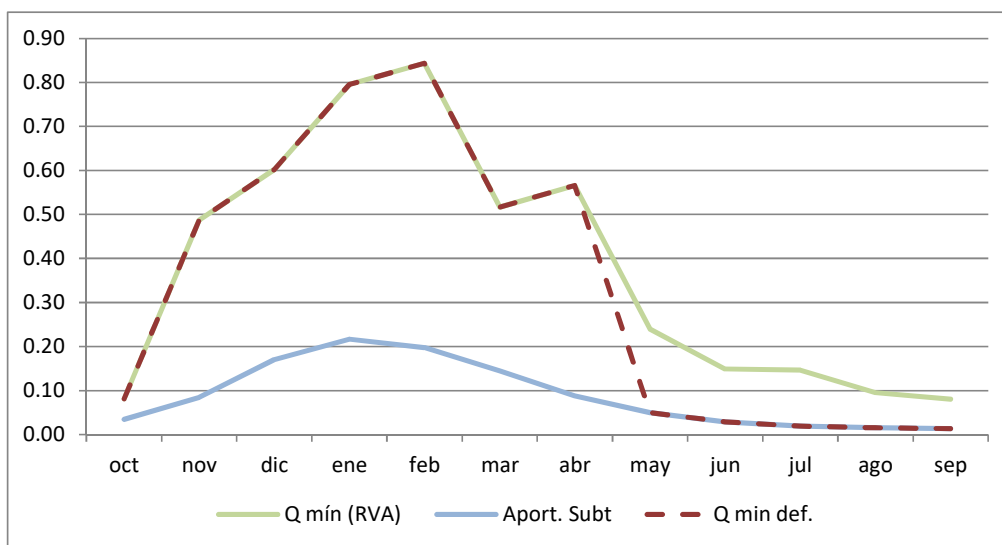
Por ello, se estimó cuál es la contribución del aporte subterráneo al régimen de caudales ecológicos, y se comparó y corrigió (si procedía) el régimen de caudales mínimos en los meses de estiaje.

Para realizar esta tarea, se comparó el régimen de caudales mínimos obtenidos por métodos hidrológicos (RVA) con el régimen natural de aportaciones al sistema superficial por parte de las masas de agua subterránea en los meses de estiaje (mayo-septiembre), de modo que se corrigió el régimen de caudales mínimos para que éste pudiera ser cumplido con las aportaciones del sistema subterráneo al superficial.

Para obtener más información acerca del régimen natural de estas aportaciones subterráneas puede consultarse el Anejo II del Plan Hidrológico.

En la Figura nº 15 se muestra un ejemplo de modificación del régimen de caudales mínimos obtenido por el método RVA en una determinada masa de agua, para su adecuación en los meses de estiaje, de modo que el régimen de caudales mínimos definitivo pueda ser cubierto con las aportaciones

subterráneas al sistema superficial. Cabe destacar que esta modificación no provoca una reducción significativa en cuanto al volumen total de caudales mínimos en la demarcación, ya que las disminuciones producidas se producen en los meses en los que los requerimientos ambientales son más bajos.



Nota: Qmin def: Caudal mínimo definitivo

Figura nº 15. Ejemplo de la modificación del régimen de caudales mínimos

Como se puede observar en la Figura nº 16, en la cuenca del Barbate existen algunas masas de agua superficial que, en principio, no reciben aportaciones subterráneas. Por lo tanto, en esas masas de agua el caudal mínimo en esos meses será nulo.

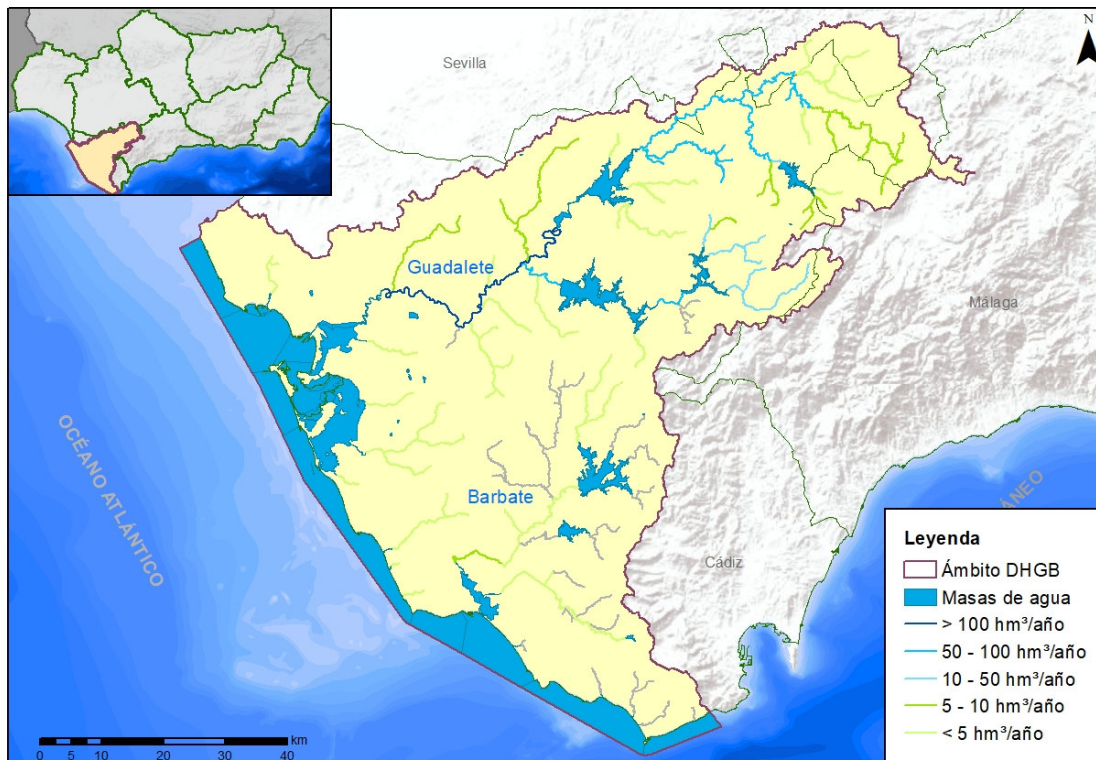


Figura nº 16. Aportaciones subterráneas al sistema superficial en régimen natural.

6.1.2.3.4 RÉGIMEN DE CAUDALES MÍNIMOS

A modo de resumen, en la Tabla nº 22 y la Tabla nº 23 se presentan los resultados definitivos obtenidos en situación ordinaria (correspondiente a los años húmedos) y de sequía prolongada (correspondiente a los años secos), respectivamente, en las masas de agua consideradas como estratégicas en este estudio.

Tramo	Año tipo	Total Anual (hm³/año)	Caudales ecológicos (hm³/mes)											
			oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
	Seco	0,479	0,014	0,025	0,098	0,063	0,052	0,068	0,055	0,029	0,023	0,020	0,017	0,015

Tramo	Año tipo	Total Anual (hm ³ /año)	Caudales ecológicos (hm ³ /mes)											
			oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
Salida del embalse de Zahara	Húmedo	3,219	0,095	0,386	0,536	0,334	0,394	0,436	0,415	0,203	0,130	0,108	0,092	0,091
Salida del embalse de Arcos	Seco	1,600	0,052	0,087	0,305	0,202	0,168	0,221	0,180	0,101	0,085	0,078	0,067	0,054
	Húmedo	9,043	0,283	1,063	1,522	0,918	1,033	1,276	1,099	0,553	0,388	0,338	0,293	0,273
Salida del embalse de los Hurones	Seco	2,064	0,031	0,059	0,676	0,244	0,219	0,221	0,319	0,095	0,059	0,058	0,045	0,038
	Húmedo	7,916	0,088	1,393	1,751	0,762	0,996	0,779	1,016	0,582	0,199	0,143	0,114	0,093
Salidas del embalse de Guadalcaacín	Seco	2,619	0,061	0,087	0,766	0,271	0,303	0,275	0,377	0,134	0,095	0,095	0,074	0,061
	Húmedo	15,406	0,263	2,577	3,912	1,210	2,037	1,421	1,680	1,109	0,378	0,325	0,269	0,219

Tabla nº 22. Régimen de caudales ecológicos mínimos en los principales embalses del Sistema Guadalete

Tramo	Año tipo	Total Anual (hm ³ /año)	Caudales ecológicos (hm ³ /mes)											
			oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
Salida embalse de Barbate	Seco	0,561	0,022	0,025	0,090	0,071	0,064	0,056	0,071	0,044	0,033	0,033	0,029	0,024
	Húmedo	3,303	0,134	0,380	0,499	0,576	0,413	0,474	0,757	0,033	0,014	0,007	0,007	0,008
Salida del Celemín	Seco	0,097	0,003	0,004	0,020	0,012	0,013	0,013	0,013	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003
	Húmedo	0,767	0,019	0,088	0,155	0,158	0,126	0,097	0,123	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Salida del embalse de Almodóvar	Seco	0,026	0,000	0,000	0,010	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Húmedo	0,413	0,000	0,005	0,106	0,020	0,261	0,005	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla nº 23. Régimen de caudales ecológicos mínimos en los embalses del Sistema Barbate

En la Tabla nº 24 y en la Tabla nº 25 se presentan los resultados en situación ordinaria y de sequía prolongada, respectivamente, para cada una de las



masas de agua de la categoría río de la DHGB, con la corrección expuesta en el apartado 6.1.2.3.3.





Código	Nombre	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	TOTAL
ES063MSPF000116510	Arroyo Salado de Espera	0,071	0,120	0,122	0,098	0,101	0,111	0,140	0,104	0,077	0,056	0,057	0,050	1,109
ES063MSPF000116520	Arroyo Almarda	0,004	0,006	0,007	0,005	0,006	0,006	0,008	0,006	0,005	0,005	0,005	0,004	0,066
ES063MSPF000116540	Arroyo de Santiago	0,132	0,206	0,260	0,279	0,275	0,257	0,235	0,216	0,182	0,159	0,138	0,120	2,459
ES063MSPF000116550	Arroyo de los Charcos	0,004	0,006	0,007	0,006	0,005	0,007	0,008	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,050
ES063MSPF000116570	Arroyo de Cabañas	0,013	0,023	0,024	0,018	0,017	0,022	0,032	0,020	0,017	0,016	0,015	0,013	0,230
ES063MSPF000116580	Arroyo Hondo	0,034	0,064	0,071	0,050	0,047	0,058	0,085	0,043	0,024	0,017	0,017	0,016	0,527
ES063MSPF000116590	Arroyo Salado	0,005	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,042
ES063MSPF000117100	Río Guadalete II	0,251	0,986	1,445	0,873	0,966	1,186	1,004	0,501	0,344	0,291	0,248	0,243	8,338
ES063MSPF000117110	Arroyo de Marcharracao	0,006	0,031	0,036	0,016	0,021	0,021	0,021	0,014	0,009	0,008	0,007	0,006	0,195
ES063MSPF000117120	Arroyo del Zanjár	0,005	0,011	0,014	0,008	0,010	0,015	0,010	0,009	0,007	0,006	0,006	0,005	0,107
ES063MSPF000117140	Río Majaceite II	0,229	1,990	2,991	0,992	1,577	1,209	1,350	0,880	0,324	0,293	0,243	0,197	12,275
ES063MSPF000117180	Arroyo de la Almaja	0,017	0,228	0,281	0,096	0,134	0,086	0,139	0,067	0,026	0,023	0,020	0,017	1,133
ES063MSPF000117200	Arroyo del Puerto de los Negros	0,000	0,014	0,112	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,135
ES063MSPF000117210	Río Barbate-Arroyo de los Ballesteros	0,544	1,590	2,089	2,163	1,583	1,755	2,825	0,183	0,105	0,071	0,058	0,050	13,017
ES063MSPF000117220	Garganta del Aljibe	0,020	0,063	0,244	0,023	0,082	0,052	0,115	0,018	0,008	0,004	0,004	0,004	0,635
ES063MSPF000117230	Arroyo de la Santilla	0,041	0,064	0,096	0,074	0,069	0,051	0,068	0,060	0,044	0,040	0,036	0,032	0,676
ES063MSPF000117240	Garganta de la Cierva	0,041	0,137	0,184	0,162	0,112	0,165	0,230	0,033	0,014	0,007	0,007	0,008	1,100
ES063MSPF000117260	Arroyo de los Charcones	0,013	0,064	0,125	0,132	0,108	0,075	0,096	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,615
ES063MSPF000117270	Arroyo de la Culebra	0,017	0,046	0,070	0,066	0,065	0,061	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,407
ES063MSPF000117280	Arroyo del Aciscar	0,014	0,077	0,176	0,171	0,236	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,873
ES063MSPF000117950	Arroyo Villalona	0,004	0,025	0,044	0,025	0,026	0,056	0,024	0,010	0,005	0,003	0,003	0,003	0,230



Código	Nombre	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	TOTAL
ES063MSPF000117960	Arroyo Bermejo	0,006	0,031	0,042	0,023	0,029	0,034	0,035	0,014	0,009	0,007	0,006	0,006	0,241
ES063MSPF000117970	Río Guadalporcún	0,120	0,245	0,290	0,256	0,245	0,234	0,209	0,190	0,154	0,127	0,105	0,091	2,266
ES063MSPF000119040	Río Guadalete III	1,482	4,849	6,833	4,076	4,608	5,919	5,215	2,656	1,734	1,588	1,430	1,178	41,568
ES063MSPF000119070	Río Barbate II	0,698	2,262	4,268	3,248	2,249	2,528	3,904	0,355	0,209	0,144	0,115	0,099	20,079
ES063MSPF000119220	Arroyo del Gallo	0,041	0,074	0,096	0,111	0,110	0,099	0,089	0,081	0,065	0,058	0,052	0,044	0,919
ES063MSPF000119230	Arroyo Salado de Puerto Real	0,053	0,045	0,045	0,044	0,039	0,035	0,031	0,028	0,030	0,043	0,036	0,030	0,460
ES063MSPF000119240	Arroyo Zurraque	0,046	0,053	0,065	0,071	0,068	0,066	0,064	0,063	0,060	0,053	0,047	0,041	0,696
ES063MSPF000119250	Río Iro	0,038	0,069	0,100	0,067	0,070	0,055	0,073	0,057	0,049	0,043	0,038	0,035	0,695
ES063MSPF000119260	Arroyo de Ahogarratones	0,047	0,072	0,069	0,079	0,081	0,068	0,069	0,068	0,061	0,054	0,048	0,043	0,761
ES063MSPF000119270	Río Salado	0,055	0,069	0,072	0,068	0,067	0,069	0,077	0,024	0,019	0,015	0,012	0,010	0,558
ES063MSPF000119280	Arroyo del Conilete	0,008	0,009	0,010	0,009	0,009	0,010	0,012	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,079
ES063MSPF000119290	Canal Colector del Este	0,081	0,488	0,602	0,795	0,843	0,517	0,566	0,050	0,028	0,019	0,016	0,014	4,018
ES063MSPF000119300	Arroyo de San Ambrosio	0,011	0,012	0,013	0,012	0,011	0,013	0,015	0,015	0,013	0,009	0,007	0,006	0,137
ES063MSPF000119310	Arroyo Zarzuela	0,000	0,002	0,003	0,004	0,006	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017
ES063MSPF000119320	Río Del Valle	0,000	0,005	0,025	0,005	0,104	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,140
ES063MSPF000119330	Cañada de la Jara	0,000	0,003	0,034	0,003	0,117	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,161
ES063MSPF000119340	Río de la Vega	0,000	0,000	0,001	0,000	0,014	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018
ES063MSPF000119350	Río Guadamelsí	0,000	0,001	0,003	0,000	0,044	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,057
ES063MSPF000119360	Arroyo Balletero	0,006	0,074	0,096	0,033	0,043	0,029	0,048	0,023	0,009	0,008	0,007	0,006	0,382
ES063MSPF000119370	Río del Bosque	0,011	0,156	0,190	0,065	0,091	0,058	0,095	0,046	0,017	0,016	0,014	0,011	0,769

Código	Nombre	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	TOTAL
ES063MSPF000119380	Arroyo de Montecorto	0,054	0,106	0,111	0,111	0,109	0,104	0,104	0,085	0,069	0,056	0,047	0,044	1,000
ES063MSPF000119390	Arroyo del Águila	0,020	0,155	0,224	0,082	0,115	0,153	0,161	0,065	0,030	0,025	0,023	0,020	1,075
ES063MSPF000119400	Garganta del Boyar	0,023	0,325	0,391	0,133	0,185	0,118	0,198	0,096	0,035	0,032	0,028	0,023	1,588
ES063MSPF000119410	Arroyo de los Álamos	0,032	0,559	0,804	0,456	0,498	0,461	0,524	0,300	0,104	0,059	0,043	0,037	3,876
ES063MSPF000119420	Río del Montero	0,015	0,052	0,075	0,085	0,056	0,075	0,102	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,460
ES063MSPF000119430	Garganta del Aliscar	0,011	0,036	0,043	0,050	0,041	0,042	0,073	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,296
ES063MSPF000119440	Garganta del Gavilán	0,010	0,038	0,043	0,047	0,036	0,037	0,065	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,275
ES063MSPF005200220	Río Almodóvar	0,022	0,197	0,309	0,272	0,690	0,353	0,211	0,048	0,027	0,018	0,015	0,013	2,176
ES063MSPF005200231	Río del Alamo I	0,068	0,159	0,202	0,203	0,181	0,190	0,307	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,309
ES063MSPF005200232	Río del Alamo II	0,169	0,397	0,506	0,508	0,452	0,474	0,767	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,272
ES063MSPF005200240	Río Ubrique	0,044	0,731	0,992	0,516	0,603	0,523	0,637	0,357	0,122	0,076	0,056	0,050	4,707
ES063MSPF005200310	Río Majaceite I	0,117	2,021	2,886	1,011	1,475	1,081	1,372	0,787	0,263	0,190	0,151	0,127	11,480
ES063MSPF005200320	Arroyo de la Molineta	0,020	0,056	0,058	0,043	0,034	0,048	0,058	0,035	0,028	0,022	0,022	0,020	0,445
ES063MSPF005200330	Río Celemin	0,039	0,175	0,282	0,270	0,208	0,183	0,227	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,386
ES063MSPF005200340	Río Barbate	0,268	0,749	0,988	1,128	0,829	0,939	1,514	0,033	0,014	0,007	0,007	0,008	6,485
ES063MSPF005200350	Río Guadalete I	0,096	0,401	0,552	0,340	0,404	0,446	0,432	0,208	0,132	0,109	0,093	0,092	3,305
ES063MSPF005200360	Arroyo de los Toriles II	0,000	0,012	0,026	0,010	0,060	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,111
ES063MSPF005200370	Arroyo Hondo de Tahivilla	0,001	0,005	0,008	0,006	0,006	0,005	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036
	Salida Embalse Almodóvar	0,000	0,005	0,106	0,020	0,261	0,005	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,413
	Salida Embalse Arcos	0,283	1,063	1,522	0,918	1,033	1,276	1,099	0,553	0,388	0,338	0,293	0,273	9,040

Código	Nombre	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	TOTAL
	Salida Embalse Barbate	0,134	0,380	0,499	0,576	0,413	0,474	0,757	0,033	0,014	0,007	0,007	0,008	3,303
	Salida Embalse Celemín	0,019	0,088	0,155	0,158	0,126	0,097	0,123	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,767
	Salida Embalse Guadalcacín	0,263	2,577	3,912	1,210	2,037	1,421	1,680	1,109	0,378	0,325	0,269	0,219	15,400
	Salida Embalse Hurones	0,088	1,393	1,751	0,762	0,996	0,779	1,016	0,582	0,199	0,143	0,114	0,093	7,916
	Salida Embalse Zahara	0,095	0,386	0,536	0,334	0,394	0,436	0,415	0,203	0,130	0,108	0,092	0,091	3,219

Tabla nº 24. Régimen de caudales ecológicos mínimos (hm³/mes) en situación ordinaria

Código	Nombre	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	TOTAL
ES063MSPF000116510	Arroyo Salado de Espera	0,066	0,067	0,082	0,097	0,072	0,087	0,100	0,110	0,077	0,056	0,057	0,050	0,921
ES063MSPF000116520	Arroyo Almarda	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,014
ES063MSPF000116540	Arroyo de Santiago	0,110	0,103	0,142	0,207	0,211	0,252	0,232	0,202	0,173	0,150	0,136	0,125	2,044
ES063MSPF000116550	Arroyo de los Charcos	0,003	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,005	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,036
ES063MSPF000116570	Arroyo de Cabañas	0,011	0,012	0,013	0,022	0,015	0,016	0,016	0,021	0,017	0,016	0,015	0,014	0,187
ES063MSPF000116580	Arroyo Hondo	0,031	0,032	0,034	0,064	0,043	0,043	0,042	0,043	0,024	0,017	0,017	0,016	0,406
ES063MSPF000116590	Arroyo Salado	0,005	0,005	0,005	0,006	0,006	0,006	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038
ES063MSPF000117100	Río Guadalete II	0,047	0,045	0,079	0,288	0,191	0,156	0,207	0,165	0,091	0,074	0,065	0,056	1,464
ES063MSPF000117110	Arroyo de Marcharraco	0,001	0,001	0,002	0,006	0,003	0,003	0,003	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,032
ES063MSPF000117120	Arroyo del Zanjar	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,020
ES063MSPF000117140	Río Majaceite II	0,182	0,184	0,250	1,971	0,715	0,804	0,747	0,991	0,377	0,281	0,281	0,225	7,006
ES063MSPF000117180	Arroyo de la Almaja	0,006	0,006	0,009	0,094	0,032	0,029	0,019	0,038	0,013	0,010	0,010	0,008	0,273

Código	Nombre	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	TOTAL
ES063MSPF000117200	Arroyo del Puerto de los Negros	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
ES063MSPF000117210	Río Barbate-Arroyo de los Ballesteros	0,495	0,449	0,512	1,853	1,349	1,248	1,085	0,183	0,105	0,071	0,058	0,050	7,459
ES063MSPF000117220	Garganta del Aljibe	0,002	0,002	0,004	0,026	0,004	0,006	0,008	0,013	0,004	0,002	0,002	0,002	0,075
ES063MSPF000117230	Arroyo de la Santilla	0,032	0,047	0,075	0,056	0,066	0,049	0,051	0,046	0,038	0,035	0,032	0,032	0,559
ES063MSPF000117240	Garganta de la Cierva	0,007	0,007	0,008	0,035	0,019	0,020	0,018	0,021	0,013	0,007	0,007	0,008	0,170
ES063MSPF000117260	Arroyo de los Charcones	0,002	0,002	0,003	0,014	0,008	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049
ES063MSPF000117270	Arroyo de la Culebra	0,018	0,016	0,019	0,061	0,045	0,047	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,245
ES063MSPF000117280	Arroyo del Aciscar	0,012	0,012	0,022	0,083	0,072	0,094	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,350
ES063MSPF000117950	Arroyo Villalona	0,001	0,001	0,002	0,007	0,004	0,004	0,014	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,039
ES063MSPF000117960	Arroyo Bermejo	0,001	0,001	0,002	0,010	0,005	0,004	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,001	0,041
ES063MSPF000117970	Río Guadalporcún	0,019	0,018	0,027	0,061	0,062	0,053	0,047	0,046	0,038	0,031	0,026	0,022	0,450
ES063MSPF000119040	Río Guadalete III	1,028	1,011	1,407	5,146	2,979	3,079	3,579	3,080	1,747	1,506	1,484	1,230	27,277
ES063MSPF000119070	Río Barbate II	0,634	0,585	0,659	2,999	1,921	2,225	1,677	0,355	0,209	0,144	0,115	0,099	11,621
ES063MSPF000119220	Arroyo del Gallo	0,043	0,038	0,043	0,087	0,081	0,106	0,090	0,085	0,069	0,058	0,055	0,049	0,803
ES063MSPF000119230	Arroyo Salado de Puerto Real	0,045	0,042	0,040	0,039	0,035	0,031	0,029	0,028	0,026	0,024	0,032	0,030	0,402
ES063MSPF000119240	Arroyo Zurraque	0,038	0,036	0,041	0,061	0,057	0,057	0,056	0,056	0,052	0,047	0,044	0,043	0,588
ES063MSPF000119250	Río Iro	0,032	0,030	0,042	0,066	0,057	0,065	0,053	0,049	0,044	0,039	0,036	0,035	0,548
ES063MSPF000119260	Arroyo de Ahogarratones	0,039	0,038	0,048	0,063	0,060	0,063	0,061	0,060	0,054	0,049	0,046	0,044	0,622
ES063MSPF000119270	Río Salado	0,052	0,049	0,053	0,069	0,065	0,066	0,064	0,024	0,019	0,015	0,012	0,010	0,497
ES063MSPF000119280	Arroyo del Conilete	0,008	0,008	0,008	0,009	0,008	0,008	0,009	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,070

Código	Nombre	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	TOTAL
ES063MSPF000119290	Canal Colector del Este	0,075	0,072	0,090	0,526	0,343	0,562	0,456	0,050	0,028	0,019	0,016	0,014	2,251
ES063MSPF000119300	Arroyo de San Ambrosio	0,011	0,010	0,010	0,012	0,011	0,010	0,011	0,013	0,013	0,009	0,007	0,006	0,123
ES063MSPF000119310	Arroyo Zarzuela	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
ES063MSPF000119320	Río Del Valle	0,000	0,000	0,001	0,007	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026
ES063MSPF000119330	Cañada de la Jara	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
ES063MSPF000119340	Río de la Vega	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
ES063MSPF000119350	Río Guadamelsí	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013
ES063MSPF000119360	Arroyo Balletero	0,001	0,001	0,002	0,018	0,007	0,006	0,004	0,008	0,003	0,002	0,002	0,002	0,055
ES063MSPF000119370	Río del Bosque	0,004	0,004	0,006	0,064	0,021	0,019	0,013	0,026	0,009	0,007	0,007	0,005	0,185
ES063MSPF000119380	Arroyo de Montecorto	0,007	0,007	0,009	0,016	0,022	0,020	0,017	0,017	0,014	0,012	0,010	0,008	0,160
ES063MSPF000119390	Arroyo del Águila	0,004	0,003	0,005	0,035	0,015	0,015	0,016	0,019	0,007	0,005	0,005	0,004	0,133
ES063MSPF000119400	Garganta del Boyar	0,009	0,008	0,013	0,126	0,044	0,042	0,026	0,060	0,019	0,014	0,013	0,011	0,384
ES063MSPF000119410	Arroyo de los Álamos	0,013	0,012	0,027	0,294	0,133	0,110	0,146	0,148	0,050	0,026	0,022	0,017	0,999
ES063MSPF000119420	Río del Montero	0,003	0,003	0,003	0,013	0,009	0,009	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049
ES063MSPF000119430	Garganta del Aliscar	0,002	0,002	0,002	0,008	0,007	0,006	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032
ES063MSPF000119440	Garganta del Gavilán	0,002	0,002	0,002	0,007	0,005	0,006	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029
ES063MSPF005200220	Río Almodóvar	0,019	0,018	0,032	0,184	0,129	0,360	0,200	0,048	0,027	0,018	0,015	0,013	1,065
ES063MSPF005200231	Río del Alamo I	0,063	0,057	0,064	0,166	0,147	0,142	0,122	0	0	0	0	0	0,761
ES063MSPF005200232	Río del Alamo II	0,157	0,142	0,161	0,414	0,368	0,355	0,306	0	0	0	0	0	1,903
ES063MSPF005200240	Río Ubrique	0,019	0,016	0,034	0,357	0,155	0,136	0,163	0,184	0,060	0,033	0,029	0,023	1,207

Código	Nombre	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	TOTAL
ES063MSPF005200310	Río Majaceite I	0,037	0,029	0,056	0,668	0,232	0,231	0,210	0,311	0,091	0,056	0,056	0,042	2,019
ES063MSPF005200320	Arroyo de la Molineta	0,018	0,020	0,021	0,052	0,028	0,031	0,030	0,039	0,028	0,022	0,022	0,022	0,334
ES063MSPF005200330	Río Celemín	0,039	0,037	0,048	0,247	0,154	0,152	0,136	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,812
ES063MSPF005200340	Río Barbate	0,242	0,219	0,252	0,899	0,729	0,653	0,564	0,033	0,014	0,007	0,007	0,008	3,626
ES063MSPF005200350	Río Guadalete I	0,015	0,014	0,025	0,102	0,064	0,053	0,069	0,057	0,029	0,023	0,020	0,018	0,490
ES063MSPF005200360	Arroyo de los Toriles II	0,000	0,000	0,002	0,012	0,001	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,052
ES063MSPF005200370	Arroyo Hondo de Tahivilla	0,001	0,001	0,001	0,007	0,003	0,004	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022
	Salida Embalse Almodóvar	0,000	0,000	0,010	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026
	Salida Embalse Arcos	0,052	0,087	0,305	0,202	0,168	0,221	0,180	0,101	0,085	0,078	0,067	0,054	1,600
	Salida Embalse Barbate	0,022	0,025	0,090	0,071	0,064	0,056	0,071	0,044	0,033	0,033	0,029	0,024	0,561
	Salida Embalse Celemín	0,003	0,004	0,020	0,012	0,013	0,013	0,013	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,097
	Salida Embalse Guadalcacín	0,061	0,087	0,766	0,271	0,303	0,275	0,377	0,134	0,095	0,095	0,074	0,061	2,600
	Salida Embalse Hurones	0,031	0,059	0,676	0,244	0,219	0,221	0,319	0,095	0,059	0,058	0,045	0,038	2,064
	Salida Embalse Zahara	0,014	0,025	0,098	0,063	0,052	0,068	0,055	0,029	0,023	0,020	0,017	0,015	0,479

Tabla nº 25. Régimen de caudales ecológicos mínimos (hm³/mes) en situación de sequía prolongada

6.1.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE CAUDALES MÁXIMOS

Los resultados del modelo de precipitación-aportación muestran que, de forma natural, es frecuente que se produzcan episodios de avenida, con elevadas velocidades que pueden superar puntualmente la velocidad crítica para la especie estudiada. No obstante, se ha observado, mediante campaña de campo, que existen refugios en las márgenes del río, donde la ictiofauna es capaz de resguardarse de estas avenidas.

Por otra parte, se recomienda que durante la gestión ordinaria de las infraestructuras hidráulicas no se superen estas velocidades en periodos continuados, ya que de forma natural estos eventos de avenidas no se dan de manera continua, debido al carácter de las precipitaciones tipo (cortas e intensas) y a las características de las cuencas vertientes.

Para la estimación del caudal máximo se analizaron dos métodos diferentes. El primero se basa en el caudal máximo según los datos obtenidos en la modelización de hábitats, y en el segundo se utiliza la metodología empleada en la IPHA, que se basa en el análisis hidrológico de la serie de estudio.

6.1.3.1 CAUDALES MÁXIMOS EN FUNCIÓN DE LA MODELIZACIÓN DE HÁBITATS

El modelo hidráulico que se empleó en el estudio es unidimensional, y por ello se adaptó la metodología aplicada. El procedimiento llevado a cabo consistió, para un rango de caudales, en estimar la velocidad media con el modelo hidráulico en las secciones representativas del tramo, comparando

con las velocidades de las curvas de idoneidad para tener un orden de magnitud del grado de confort de la especie representativa en sus distintas etapas de crecimiento para un rango de caudales.

Para ello, utilizando las curvas de idoneidad empleadas en el método de modelización de hábitats, y considerando que en periodos continuados el flujo del río va aproximándose a la situación ideal de régimen permanente y uniforme, se estimaron unos rangos de volúmenes máximos a desembalsar en los principales embalses de la Demarcación en función del tipo de estado en el que se encuentre las distintas especies (alevín, juvenil o adulto). Estos valores, aunque son una primera aproximación, en la medida de lo posible no deberían rebasarse en la gestión ordinaria de las infraestructuras hidráulicas.

En la Tabla nº 26 y la Tabla nº 27 se muestran algunos de los resultados obtenidos para el Sistema Guadalete y el Sistema Barbate, respectivamente. Como se puede comprobar, en algunos tramos se presentan diferentes resultados en función de las hipótesis de partida que se tomen (básicamente pendiente y rugosidad, contemplado mediante el número de Manning).

Subcuenca	Pendiente	Alevín (m ³ /s)		Juvenil (m ³ /s)		Adulto (m ³ /s)	
		n=0,05	n=0,07	n=0,05	n=0,07	n=0,05	n=0,07
Arcos	5,25/1.000	20,0	25,0	55,0	60,0	50,0	55,0
Guadalcaçín	7,52/1.000	1,4	2,0	5,0	9,0	4,0	7,0
Hurones	17,48/1.000	1,2	1,8	3,6	6,0	3,2	5,0
Zahara	6,83/1.000	4,0	6,0	15,0	25,0	12,0	20,0
Zahara	7,85/1.000	4,0	6,0	14,0	22,0	12,0	20,0

Subcuenca	Pendiente	Alevín (m ³ /s)		Juvenil (m ³ /s)		Adulto (m ³ /s)	
		n=0,05	n=0,07	n=0,05	n=0,07	n=0,05	n=0,07
Zahara	5,81/1.000	4,0	7,0	20,0	25,0	15,0	22,0

Tabla nº 26. Valores orientativos de caudal máximo a desembalsar en los embalses del Sistema Guadalete

Subcuenca	Pendientes	Alevín (m ³ /s)		Juvenil (-m ³ /s)		Adulto (-m ³ /s)	
		n=0,05	n=0,07	n=0,05	n=0,07	n=0,05	n=0,07
Almodóvar	6,43/1.000	1,0	1,6	3,6	6,0	3,2	6,0
Almodóvar	7,39/1.000	1,0	1,4	3,2	6,0	2,8	6,0
Almodóvar	5,47/1.000	1,0	1,6	4,0	9,0	3,6	6,0
Barbate	5,45/1.000	1,8	3,2	9,0	15,0	6,0	12,0
Celemín T1	1,81/1.000	1,6	3,2	9,0	15,0	9,0	15,0
Celemín T1	1,54/1.000	2,0	3,6	9,0	15,0	9,0	15,0
Celemín T1	2,08/1.000	1,4	2,8	9,0	15,0	9,0	15,0
Celemín T2	6,43/1.000	1,2	1,8	4,0	9,0	4,0	6,0
Celemín T2	7,39/1.000	1,0	1,6	4,0	9,0	4,0	6,0
Celemín T2	5,47/1.000	1,2	2,0	6,0	9,0	6,0	9,0

Tabla nº 27. Valores orientativos de caudal máximo a desembalsar en los embalses del Sistema Barbate

6.1.3.2 CAUDALES MÁXIMOS EN FUNCIÓN DEL ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Por otra parte, la IPHA determina que “*los caudales máximos que no deben ser superados durante la operación y gestión ordinaria de las infraestructuras hidráulicas se definirán, al menos, en dos periodos hidrológicos homogéneos y representativos, correspondientes al periodo húmedo y seco del año. Su caracterización se realizará analizando los percentiles de excedencia mensuales de una serie representativa de caudales en régimen natural de al menos 20 años de duración. Con la finalidad de preservar las magnitudes fundamentales del régimen natural, se*

recomienda no utilizar percentiles superiores al 90%, en consonancia con los umbrales propuestos en apartados posteriores para los índices de alteración hidrológica” .

En consecuencia, se propuso como método de cálculo del caudal máximo para el régimen de caudales ecológicos, el cálculo del percentil 90 de excedencia de la curva de caudales clasificados para cada mes y, de estos doce valores, seleccionar el valor máximo obtenido para los seis meses del período seco del año (mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre) y lo mismo para los seis meses restantes, correspondientes al período húmedo.

En la Tabla nº 28 y la Tabla nº 29 se indican, para el Sistema Guadalete y el Sistema Barbate, respectivamente, los valores de caudal máximo para el período húmedo y seco en los principales embalses de la DHGB.

Subcuenca	Periodo húmedo (m ³ /s)	Periodo seco (m ³ /s)
Arcos	40,994	6,755
Guadalcaçín	49,125	10,456
Hurones	26,957	5,848
Zahara	11,990	2,078

Tabla nº 28. Valores orientativos de caudal máximo a desembalsar, según los criterios de la IPHA, en los embalses del Sistema Guadalete

Subcuenca	Periodo húmedo (m ³ /s)	Periodo seco (m ³ /s)
Almodóvar	2,314	0,369
Barbate	27,060	4,399
Celemín	7,763	1,099

Tabla nº 29. Valores orientativos de caudal máximo a desembalsar, según los criterios de la IPHA, en los embalses del Sistema Barbate

Hay que destacar que las masas de agua analizadas se encuentran aguas abajo de embalses en la cuenca del Guadalete y Barbate, por lo que se trata de masas de agua donde la morfología del río se ha adaptado a la circulación de caudales regulados. En consecuencia, la aplicación de criterios estrictamente hidrológicos sobre el régimen natural a la hora de determinar los caudales máximos, que no considera esta circulación de caudales elevados (percentil 90%, etc.), podría plantear problemas al resultar caudales muy reducidos en comparación con los realmente circulantes

6.1.3.3 DETERMINACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES MÁXIMOS

Una vez analizados los dos métodos anteriormente comentados, se tomaron como valores representativos, siguiendo el criterio de experto y después de analizar su adecuación a la gestión ordinaria de los diferentes embalses, los obtenidos en función del análisis hidrológico (apartado 6.1.3.2: Tabla nº 28 y Tabla nº 29).

6.1.4 TASAS DE CAMBIO

La tasa de cambio, tal y como se ha comentado anteriormente, representa la máxima diferencia de caudal entre dos valores sucesivos de una serie hidrológica por unidad de tiempo. Esta diferencia se debe establecer tanto para condiciones de ascenso como de descenso de caudal.

En las tablas siguientes se presentan los resultados para todos los puntos de estudio. Estos valores son el promedio de las tasas de cambio anuales para el periodo 1985-2007 a escala diaria.

Embalse	Tasa de cambio (m ³ /s/día)	
	Ascendente	Descendente
Arcos	51,12	7,09
Guadalcaçín	23,82	6,38
Hurones	19,54	4,43
Zahara	7,82	2,3

Tabla nº 30. Tasas de cambio en los embalses del Sistema Guadalete

Embalse	Tasa de cambio (m ³ /s/día)	
	Ascendente	Descendente
Almodóvar	1,109	0,76
Barbate	11,83	4,45
Celemín	3,788	1,96

Tabla nº 31. Tasas de cambio en los embalses del Sistema Barbate

6.1.5 CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN DE CRECIDAS

El proceso para la caracterización del régimen de crecidas (caudal generador) en la DHGB se llevó a cabo por dos métodos diferentes. A continuación, se muestra, de manera resumida, los resultados obtenidos por cada uno de ellos.

6.1.5.1 CÁLCULO DEL CAUDAL GENERADOR. OPCIÓN 1

Tras el análisis previo, se llevó a cabo la caracterización del caudal generador, siempre considerando los aspectos fundamentales de una crecida, tales como magnitud, frecuencia, duración, época y tasa máxima de cambio. Estos elementos se estiman a partir del análisis de la serie histórica del río en régimen natural. El caudal generador se puede aproximar por el

caudal de la Máxima Crecida Ordinaria (Q_{MCO}), que, a su vez, siguiendo las indicaciones recogidas en la “Guía para la determinación del régimen de caudales ecológicos” (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008), se calcula según la siguiente expresión en base a la serie de máximos caudales medios diarios en régimen natural:

$$\frac{Q_{MCO}}{Q_m} = 0.7 + 0.6 \cdot C_V$$

Por tanto, el QMCO ($m^3 \cdot s^{-1}$) se calcula a partir de los valores de la media (Q_m) y del coeficiente de variación (C_V), calculados mediante las siguientes expresiones, respectivamente.

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^N q_i}{n}$$

$$C_V = \frac{\sigma}{Q_m}$$

donde,

- Q_m , es el caudal medio ($m^3 \cdot s^{-1}$)
- C_V , es el coeficiente de variación (adimensional)
- q_i , son los caudales máximos instantáneos de cada uno de los años de la serie ($m^3 \cdot s^{-1}$)
- n , es el número total de años y
- σ , es la desviación típica ($m^3 \cdot s^{-1}$)

Los parámetros obtenidos para cada uno de los tramos, así como el Q_{MCO} se muestran en la Tabla nº 32.

	Almodóvar	Arcos	Barbate	Celemín	Guadalcacín	Hurones	Zahara
Qm	5,22	115,9	46,51	16,41	89,13	73,51	27,30
σ	4,76	48,11	38,31	14,83	76,15	67,36	23,24
Cv	0,91	0,41	0,82	0,9	0,85	0,92	0,85
Q_{MCO} (m³/s)	6,51	110,01	55,54	20,31	108,08	91,87	33,05

Tabla nº 32. Estadísticos para el cálculo del caudal de máxima crecida ordinaria

El último paso es la generación del hidrograma de crecida del caudal generador, para lo que es necesario fijar una tasa de cambio del caudal por unidad de tiempo, tanto para ascenso o incremento, como para el descenso o decremento, que amortigüe y atenúe los cambios de caudal. En este estudio se fijaron como tasas de cambio las proporcionadas por el Plan sectorial de caudales de mantenimiento, de la Agencia Catalana del Agua (2006):

$$Q_{t+1}(\text{máx}) = 1.8 \cdot Q_t$$

$$Q_{t+1}(\text{mín}) = 0.7 \cdot Q_t$$

En la Figura nº 17 y la Figura nº 18 se muestran, a modo de ejemplo, algunos de los hidrogramas estimados para el cumplimiento del régimen de crecidas.

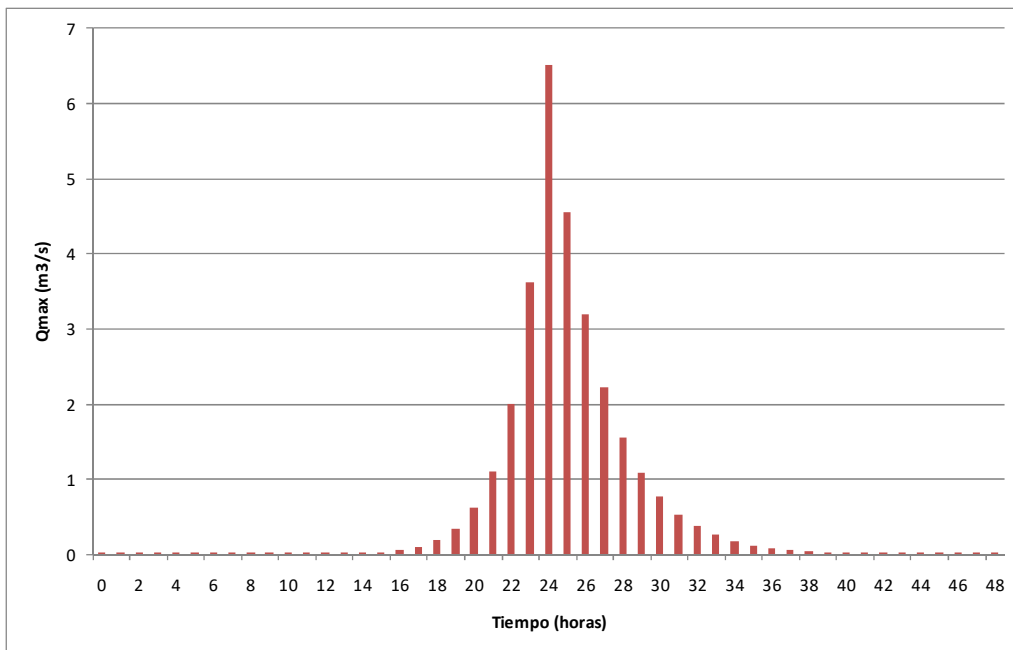


Figura nº 17. Hidrograma de crecida en la cuenca de Almodóvar

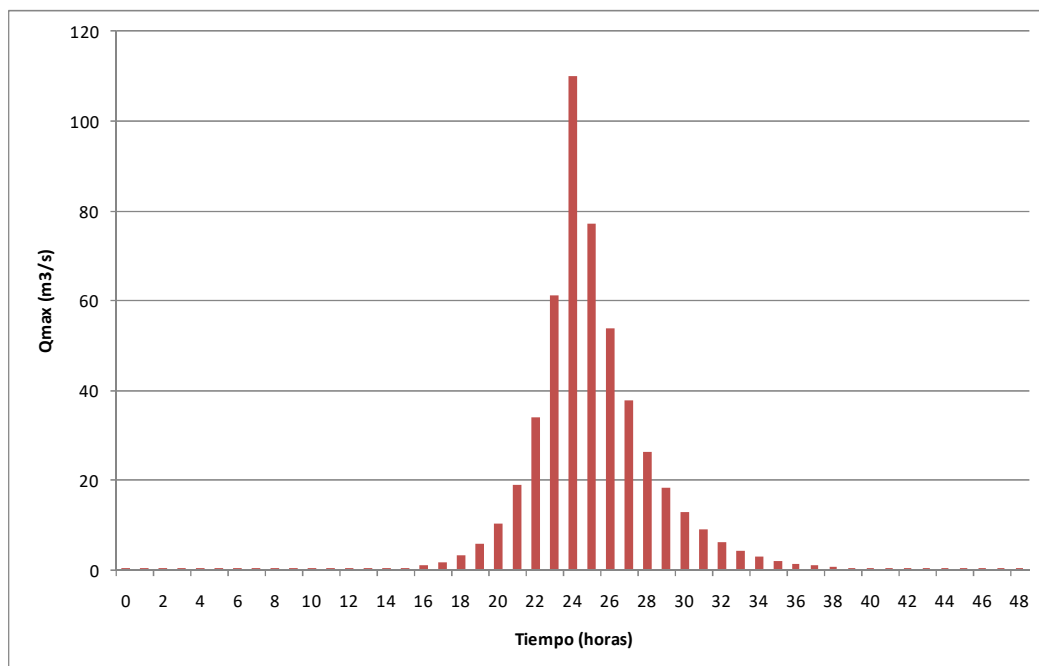


Figura nº 18. Hidrograma de crecida en la cuenca de Arcos

6.1.5.2 CÁLCULO DEL CAUDAL GENERADOR. OPCIÓN 2.

La caracterización del régimen de crecidas para los tramos de estudio se realizó atendiendo al concepto teórico del caudal generador, que se corresponde a la máxima avenida ordinaria, definida de acuerdo con la legislación vigente en el artículo 4 del TRLA, como la media de los caudales máximos en un periodo representativo y continuado de diez años. En el caso de ríos mediterráneos, el periodo de retorno que define al caudal generador varía entre 1,5 y 7 años, con los valores más altos asociados a los ríos más temporales e inestables desde un punto de vista hidrológico.

La IPHA determina que *“en aquellos tramos situados aguas debajo de importantes infraestructuras de regulación la crecida asociada al caudal generador es asociada al caudal de sección llena del cauce. Debe definirse incluyendo su magnitud, frecuencia, duración, estacionalidad y tasa máxima de cambio, tanto en la curva de ascenso como en la curva de descenso del hidrograma de crecida”* .

Se propone como caudal generador el caudal de la máxima avenida ordinaria, pero acomodando su aplicación a la frecuencia definida por el periodo de retorno correspondiente al obtenido por el método Gumbel, resultado del análisis de la serie de caudales máximos que determinan la citada máxima avenida ordinaria.

Respecto al resto de los parámetros requeridos por la IPHA, se adoptan los siguientes criterios:

- El caudal generador tendrá una duración de 24 horas y su estacionalidad vendrá deducida del hidrograma natural de cada tramo, coincidiendo con las épocas de deshielo, precipitaciones abundantes, etc.
- La tasa máxima de cambio será la misma que se ha definido en el apartado correspondiente.
- La frecuencia del caudal generador será igual al periodo de retorno de la máxima crecida ordinaria.

En la Tabla nº 33 y la Tabla nº 34 se indican para los embalses del Sistema Guadalete y del Sistema Barbate, respectivamente, los valores de los caudales correspondientes a la máxima avenida ordinaria propuestos como caudal generador, su período de retorno y la estacionalidad del caudal generador señalándose el mes más propicio para realizar la suelta de estos caudales:

Nombre del tramo	Período (10 años) con Media QMax más alta	Caudal (m ³ /s)	Periodo de retorno (T) (años por Gumbel)	Estacionalidad Q Generador
Arcos	1991-2000	136,19	4,2	Diciembre
Guadalcaçín	1995-2004	127,27	4,4	Diciembre
Hurones	1995-2004	104,27	4,3	Diciembre
Zahara	1995-2004	35,52	4,1	Diciembre

Tabla nº 33. Caracterización del régimen de crecidas y propuesta de caudal generador en los embalses del Sistema Guadalete

Nombre del tramo	Período (10 años) con Media QMax más alta	Caudal (m ³ /s)	Periodo de retorno (T) (años por Gumbel)	Estacionalidad Q Generador
Almodóvar	1988-1997	6,79	3,9	Diciembre

Nombre del tramo	Período (10 años) con Media QMax más alta	Caudal (m ³ /s)	Periodo de retorno (T) (años por Gumbel)	Estacionalidad Q Generador
Barbate	1995-2004	67,97	4,6	Diciembre
Celemín	1995-2004	23,00	4,3	Diciembre

Tabla nº 34. Caracterización del régimen de crecidas y propuesta de caudal generador en los embalses del Sistema Barbate

6.1.5.3 DETERMINACIÓN DEL RÉGIMEN DE CRECIDAS

Una vez analizados los dos métodos anteriormente comentados, se tomaron como valores representativos, siguiendo el criterio de experto y después de analizar su adecuación a la gestión ordinaria de los diferentes embalses, los obtenidos siguiendo los criterios de la Opción 2 o IPHA (apartado 6.1.5.2: Tabla nº 33 y Tabla nº 34).

Hay que destacar que el establecimiento del régimen de crecidas tendrá que estar íntimamente ligado a los estudios que realice la Junta de Andalucía en materia de evaluación de zonas inundables, de modo que el aquí establecido se adecue a la realidad de los sistemas.

6.2 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LAGOS Y ZONAS HÚMEDAS

Teniendo en cuenta la cantidad, variedad y complejidad de los humedales, así como el escaso nivel de conocimiento actual y la limitada disponibilidad de información, la determinación de sus necesidades hídricas supone un gran reto difícil de acometer cuando se trata de plazos y recursos limitados.

Se recogen a continuación (Tabla nº 35) los resultados de los trabajos de estimación de los requerimientos hídricos en las 8 zonas húmedas

designadas como masas de agua presentes en la DHGB (Figura nº 19). Estos resultados deben entenderse como que la precipitación caída sobre el lago por sí sola no permite el mantenimiento de la orla de vegetación y lámina de agua, y hace que sean necesarios otros orígenes de recurso como escorrentía superficial o subterránea.

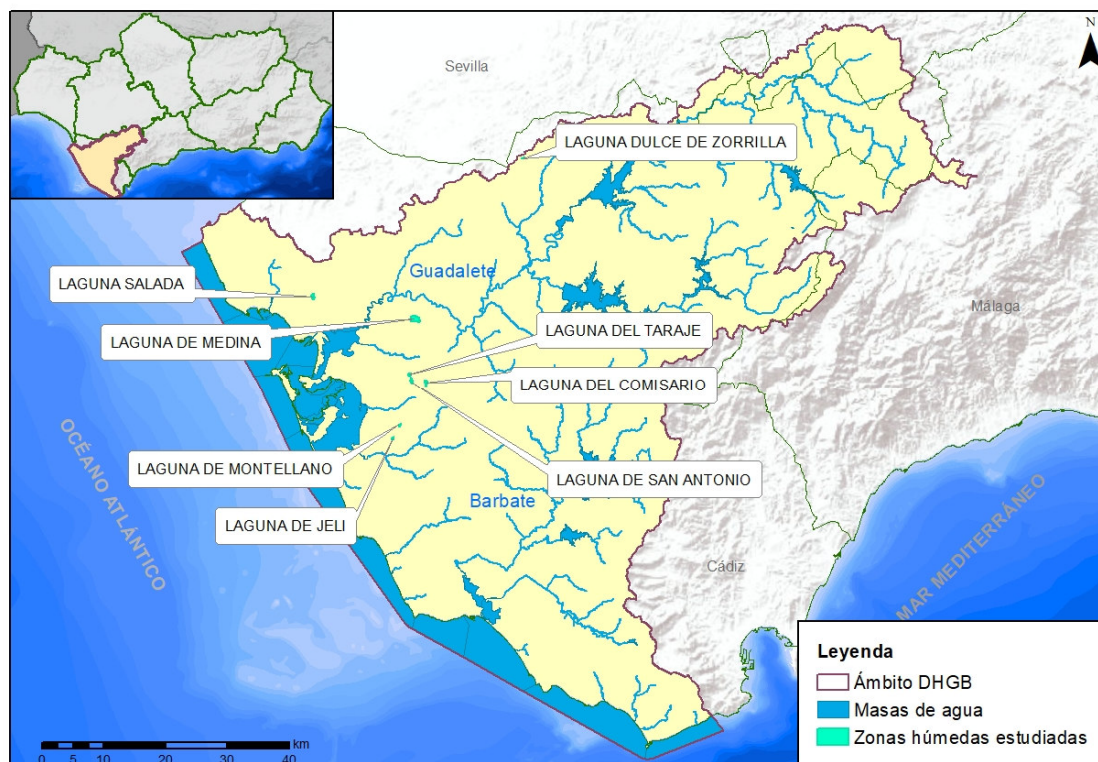


Figura nº 19. Zonas húmedas con estimación de requerimientos hídricos

Nótese que esta estimación de requerimientos hídricos permite mantener, con características climáticas de un año medio, la superficie de lámina de agua indicada durante 12 meses para las lagunas permanentes y durante 9 meses para las lagunas temporales.

Los trabajos de detalle se recogen en el Apéndice V.1.

Código	Nombre	Sup. lámina agua (ha)	Sup. vegetación asociada (ha)	Temporalidad	Necesidades hídricas vegetación	Necesidades hídricas lámina de agua	Requerimientos hídricos mantenimiento zona húmeda	Origen requerimientos hídricos	
					(ETR-Pe) (m ³ /año)	(EV-P) (m ³ /año)	(ETR-Pe) +(EV-P) (m ³ /año)	Origen del recurso principal	Origen del recurso complementario
ES063MSPF000203660	Laguna de Medina	109,54	21,08	Permanente	38.707	962.900	1.001.607	Superficial drenaje cuenca vertiente (principalmente)	Aportes subterráneos muy reducidos (ES063MSBT000620080 Aluvial del Guadalete)
ES063MSPF000203670	Laguna del Comisario	16,78	19,04	Temporal	27.099	65.326	92.425	Superficial drenaje cuenca vertiente	--
ES063MSPF005200200	Laguna Dulce de Zorrilla	7,20	6,47	Permanente	12.134	60.917	73.051	Superficial drenaje cuenca vertiente (principalmente)	Aportes subterráneos muy reducidos procedentes de los terrenos acuitados

Código	Nombre	Sup. lámina agua (ha)	Sup. vegetación asociada (ha)	Temporalidad	Necesidades hídricas vegetación	Necesidades hídricas lámina de agua	Requerimientos hídricos mantenimiento zona húmeda	Origen requerimientos hídricos	
					(ETR-Pe) (m ³ /año)	(EV-P) (m ³ /año)	(ETR-Pe) +(EV-P) (m ³ /año)	Origen del recurso principal	Origen del recurso complementario
ES063MSPF005200210	Laguna Salada	27,93	7,79	Temporal	15.275	131.610	146.885	Superficial drenaje cuenca vertiente	Aportes subterráneos (ES063MSBT000620100 Sanlúcar - Chipiona - Rota - Puerto de Santa María)
ES063MSPF005200270	Laguna de Jeli	26,52	10,58	Permanente	19.515	231.724	251.238	Superficial drenaje cuenca vertiente (principalmente)	Pequeño acuífero interconectado con la laguna, de forma que en algunos periodos la laguna cede al acuífero y viceversa
ES063MSPF005200280	Laguna de Montellano	6,84	3,68	Temporal	4.608	26.516	31.124	Superficial drenaje cuenca vertiente	--

Código	Nombre	Sup. lámina agua (ha)	Sup. vegetación asociada (ha)	Temporalidad	Necesidades hídricas vegetación	Necesidades hídricas lámina de agua	Requerimientos hídricos mantenimiento zona húmeda	Origen requerimientos hídricos	
					(ETR-Pe) (m ³ /año)	(EV-P) (m ³ /año)	(ETR-Pe) +(EV-P) (m ³ /año)	Origen del recurso principal	Origen del recurso complementario
ES063MSPF005200290	Laguna de Taraje	11,61	29,35	Temporal	48.527	45.998	94.525	Superficial drenaje cuenca vertiente	Excedente agua Laguna San Antonio
ES063MSPF005200300	Laguna de San Antonio	7,83	12,17	Temporal	29.128	30.804	59.932	Efluente depurado en la EDAR “El Montañés”	Superficial drenaje cuenca vertiente

Nota: ETR: evapotranspiración real; Pe: precipitación efectiva; EV: evaporación; P: precipitación

Tabla nº 35. Requerimientos hídricos para el mantenimiento de las zonas húmedas

6.3 RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO EN LAS AGUAS DE TRANSICIÓN

Este apartado incluye un análisis de los diferentes ámbitos estuarinos y zonas de marisma definidas en la DHGB (Figura nº 20) que, en principio, requerirían un estudio del régimen de caudales ecológicos.

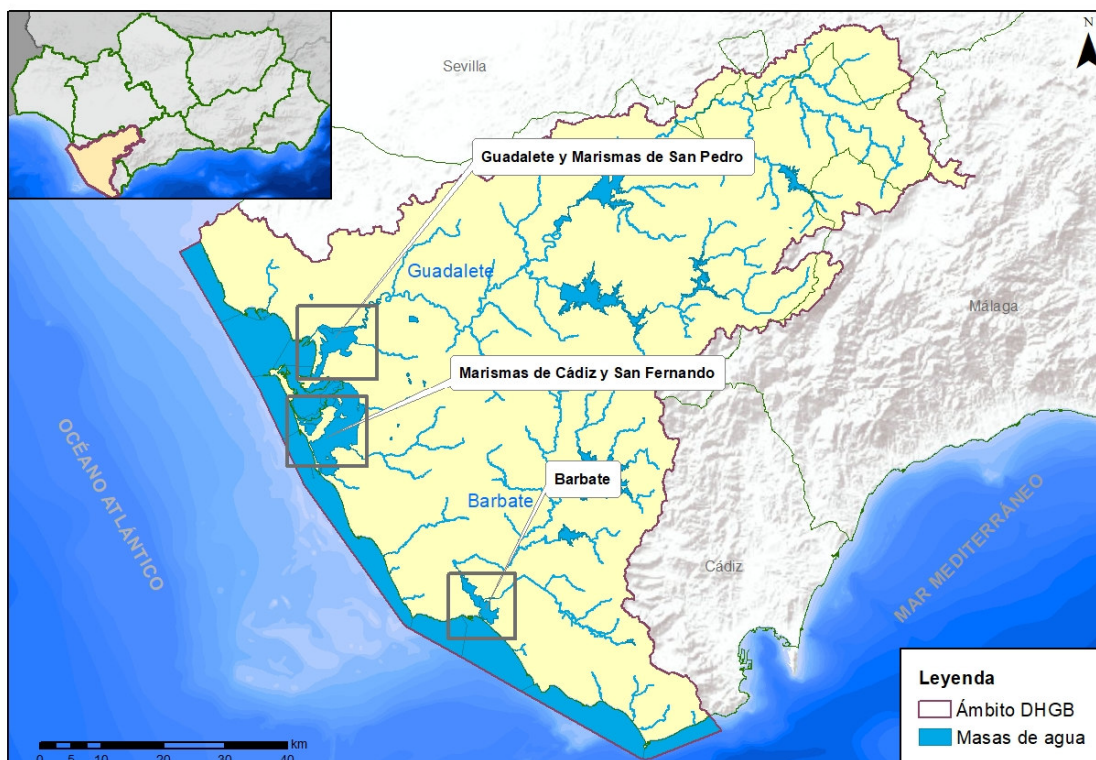


Figura nº 20. Ámbitos estuarinos y zonas de marismas en la DHGB

En primer lugar, se realizó un análisis del aporte de agua dulce que recibe cada uno de estos ámbitos por parte de las aguas continentales. Así, en los casos en los que alguno de los ámbitos reciba de forma muy esporádica aportes de agua dulce, de manera que la dinámica dominante en el mismo sea la marina la mayor parte del tiempo, no se considera necesario la estimación del régimen de caudales ecológicos, puesto que el aporte fluvial no determina, en ningún caso, la dinámica natural del sistema.

Con el fin de conocer la dinámica dominante en las masas de transición andaluzas, se identificaron los aportes de agua dulce que reciben de las masas de agua continentales cada uno de los ámbitos y se estudiaron los datos de salinidad procedentes de las estaciones de control de calidad de las aguas litorales de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.

Por otra parte, se analizó la regulación que sufre cada uno de los ámbitos, considerándose innecesario el análisis de caudales ecológicos en aquellas masas donde el régimen actual es similar al natural.

A continuación, se resumen las conclusiones del análisis realizado que se sintetiza en la Tabla nº 36:

- En el **estuario del río Guadalete** se observa un claro gradiente de salinidad que se mueve desde valores oligohalinos en las masas iniciales, donde es evidente el efecto que provocan los embalses de Arcos-Bornos y de Guadalquivir aguas abajo de los mismos, hasta valores salinos en la zona del Puerto de Santa María, donde la influencia mareal es dominante.
- El **área marismeña de la desembocadura del río Guadalete** y su antiguo brazo, el **río San Pedro**, se ubica en el interior de la Bahía de Cádiz, formando una extensa zona de marismas litorales mareales en proceso de colmatación, y configuradas por una red de canales profundos a través de los cuales penetran los flujos de marea. En



efecto, los valores de salinidad disponibles señalan el carácter principalmente salino de estas marismas. Este carácter principalmente mareal, y el escaso aporte continental que reciben, hacen innecesario el cálculo del régimen de caudales ecológicos en este caso.

- Igualmente, las **marismas de Cádiz y San Fernando**, situadas dentro de la Bahía, reciben aportes del arroyo Zurraque (11924), del arroyo Ahogarratones (11926) y principalmente del río Iro (11925). Estas marismas forman una extensa superficie dominada por dinámica mareal. Como ocurre con las de San Pedro, los valores analizados muestran una clara tendencia a la salinidad en las marismas de la Bahía de Cádiz. Por otra parte, el río Iro, principal aportante a las marismas, no está regulado, presentando un régimen actual real similar al natural salvo por algunas captaciones en su curso. Por todo ello, se considera innecesaria la determinación de un régimen de caudales ecológicos.
- En el caso del **río Barbate**, el perfil de salinidad muestra un evidente gradiente dulce-salino desde el tramo inicial del estuario hasta su desembocadura. El principal aporte a la zona de transición proviene del propio río Barbate, regulado por un embalse con el mismo nombre.



Código	Nombre	Modificada regulación	Masa continental aguas arriba	Embalse aguas arriba
ES063MSPF005200130	Curso fluvial del Guadalete 2	Sí	ES063MSPF000119040 Río Guadalete ES063MSPF000116540 Arroyo Santiago	Bornos Guadalcajín
ES063MSPF005200120	Curso fluvial del Guadalete 1	Sí	No	No
ES063MSPF005200110	Desembocadura del Guadalete 2	No	No	No
ES063MSPF005200100	Desembocadura del Guadalete 1 (Puerto de Santa María)	No	No	No
ES063MSPF005200560	Puerto de Santa María	No	No	No
ES063MSPF005200180	Marismas del río San Pedro	No	ES063MSPF000119230 Arroyo Salado	No
ES063MSPF005200190	Marismas de Cádiz y San Fernando	No	ES063MSPF000119240 Arroyo Zurraque ES063MSPF000119250 Río Iro ES063MSPF000119260 Arroyo Ahogarratones	No
ES063MSPF005200160	Marismas de Barbate 3 (Vejer de la Frontera)	Sí	ES063MSPF000119070 Río Barbate	Barbate
ES063MSPF005200150	Marismas de Barbate 2	Sí	No	No
ES063MSPF005200140	Marismas de Barbate 1 (Barbate)	No	No	No

Tabla nº 36. Resumen del análisis de ámbitos estuarinos y zonas de marismas

A la vista de lo anterior, se resumen en la Tabla nº 37 las masas de agua de transición de la DHGB que finalmente requerirían un análisis del régimen de caudales ecológicos.

Estuario	Código	Nombre
Estuario Guadalete	ES063MSPF005200130	Curso fluvial del Guadalete 2
	ES063MSPF005200120	Curso fluvial del Guadalete 1
	ES063MSPF005200110	Desembocadura del Guadalete 2
	ES063MSPF005200100	Desembocadura del Guadalete 1 (Puerto de Santa María)
	ES063MSPF005200560	Puerto de Santa María
Estuario Barbate	ES063MSPF005200160	Marismas de Barbate 3 (Vejer de la Frontera)
	ES063MSPF005200150	Marismas de Barbate 2
	ES063MSPF005200140	Marismas de Barbate 1 (Barbate)

Tabla nº 37. Masas de agua de transición que requieren un análisis del régimen de caudales ecológicos

Los modelos necesarios para la definición del régimen de caudales ecológicos, además de altamente complejos, son muy exigentes en cuanto al número de datos que requieren, frecuencia, grado de detalle y exactitud. Actualmente, ninguno de los ámbitos definidos cuenta con los datos mínimos necesarios para abordar el desarrollo de los modelos explicados (datos de marea, batimetría, avance de la cuña salina, etc.).

Se propone, por tanto, la recopilación de la información y datos mencionados que permita el correcto desarrollo de las metodologías específicas para la determinación del régimen de caudales ecológicos en los ámbitos de transición señalados. Como ejemplo se puede citar la necesidad de realizar campañas de muestreo de salinidad y temperatura con la frecuencia necesaria en diferentes puntos significativos, ubicación de



mareógrafos a lo largo de los estuarios donde se den medidas de marea en continuo, campaña batimétrica para rodar el modelo con una geometría real, etc.



7 PROCESO DE CONCERTACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS

La implantación de los caudales ecológicos debe desarrollarse conforme a un proceso específico de concertación que tenga en cuenta los usos y demandas actualmente existentes y su régimen concesional, así como las buenas prácticas, de modo que se puedan conciliar los requerimientos ambientales con los usos dentro de cada masa de agua.

El proceso de concertación del régimen de caudales ecológicos tiene como objetivos:

- Valorar su integridad hidrológica y ambiental.
- Analizar la viabilidad técnica, económica y social de su implantación efectiva.
- Proponer un plan de implantación y gestión adaptativa.

La dificultad del proceso es evidente y exige un tratamiento particular, caso a caso, dentro de las reglas generales de información, consulta pública y participación pública activa, en el que también se pondrá de manifiesto la necesidad de buscar la compatibilidad para la consecución de los objetivos de planificación establecidos en la legislación de aguas, así como las diferentes posibilidades espaciales y temporales que quepa concebir. Necesariamente, en los casos más complejos habrá que llegar a negociaciones directas con los agentes involucrados, tanto de forma sectorial como en un tratamiento conjunto.



Durante el ciclo de planificación hidrológica 2009-2015 se llevó a cabo el proceso de concertación del régimen de caudales mínimos en los tramos en los que existe una competencia directa con otros usos. Los puntos seleccionados fueron las salidas de los embalses analizados en el apartado 6.1.1 de este Anejo, y los caudales concertados, como se ha comentado anteriormente, fueron los correspondientes al método RVA, ya que se ha concluido que con este método se obtienen los mejores resultados por métodos hidrológicos.

El proceso de concertación del régimen de caudales ecológicos se resume en el Anejo 11 (Participación Pública) del Plan Hidrológico del ciclo 2009-2015.



8 REPERCUSIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS SOBRE LOS USOS DEL AGUA

Es notorio el uso intensivo del recurso agua en gran parte del territorio español. Son muy numerosas las concesiones que han sido otorgadas para permitir dicho uso, así como el largo plazo restante hasta su extinción, que en muchos casos se extiende hasta el año 2060 (disposiciones transitorias de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas). Incluso en algunos casos, la misma normativa contempla la renovación automática del aprovechamiento, aunque se puedan introducir las oportunas modificaciones en el título habilitante.

Obviamente, al implementar los caudales ecológicos en las distintas masas de agua es bien posible que se deriven afecciones a los usuarios de aquellas, en ciertos casos en un sentido negativo, aunque también pueda presentarse el caso opuesto. Es necesario analizar cada caso concreto, pues la casuística es muy diversa.

Las principales afecciones se derivarán de los caudales mínimos, aunque también procederán de los máximos y de limitaciones en las tasas de cambio, y pueden producirse en un uso consuntivo o en uno no consuntivo.

En algunos casos estas afecciones serán limitadas y podrán ser aceptadas por los usuarios dentro del proceso de concertación, con lo que no existirá problema alguno. En otros casos, aquellos usos caracterizados por una demanda determinada, como el riego, el abastecimiento, etc., sufrirán una

afección de cierta entidad, pudiendo originarse una disminución de mayor o menor cuantía en la garantía de satisfacción de dicha demanda.

También existen otros usos, por ejemplo, la producción de energía hidroeléctrica, en los que sólo en contados períodos el caudal aprovechado se acerca al máximo concedido. En estas situaciones, la imposición de caudales ecológicos no compatibles con el uso preexistente originará una afección al reducir el volumen de agua aprovechado.

Por ello, cuando existan afecciones de cierta magnitud, se deberá llevar a cabo un tratamiento singular de cada caso para intentar llegar a una solución viable y de general aceptación.

En el Anejo VI (Asignación y reservas de recursos a usos) del presente Plan Hidrológico se comprueban los efectos que tiene la implantación del régimen de caudales ecológicos sobre los usos del agua, analizando la repercusión en los niveles de garantía de las unidades de demanda afectadas y la disponibilidad de caudales y compatibilidad con los usos existentes, utilizando modelos de simulación.

9 GLOSARIO DE ABREVIATURAS

DHGB Demarcación Hidrográfica del Guadalete-Barbate

DMA Directiva Marco del Agua

HPU Hábitat Potencial Útil

IFIM *Instream Flow Incremental Methodology*

IPHA Instrucción de Planificación Hidrológica para las Demarcaciones
Intracomunitarias de Andalucía

PES Plan Especial de Actuación en Situación de Alerta y Eventual Sequía

PHN Plan Hidrológico Nacional

QBM Caudal Básico de Mantenimiento

RDPH Reglamento de Dominio Público Hidráulico

RPH Reglamento de Planificación Hidrológica

RVA *Range of Variability Approach*

TRLA Texto Refundido de la Ley de Aguas

ZEC Zona Especial de Conservación

ZEPA Zona de Especial Protección para las Aves

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Catalana del Agua (2006). Plan sectorial de caudales de mantenimiento.

Costa, M.J., J.M. Gomes, A. Bruxelas & M.I. Domingos (1988). *Efeitos previsíveis da construção da barragem de Alqueva sobre a ictiofauna do rio Guadiana*. Revista de Ciencias Agrarias, XI(4): 143-163.

Herrero J., A. Millares, C. Aguilar, A. Díaz, M.J. Polo, M.A. Losada (2011). WiMMed. Base teórica. Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales. Universidad de Granada. Grupo de Dinámica Fluvial e Hidrología. Universidad de Córdoba.

Martínez-Capel, F. (2000). Preferencias de microhábitat de *Barbus bocagei*, *Chondrostoma polylepis* y *Leuciscus pyrenaicus* en la cuenca del río Tajo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1992). Libro rojo de los vertebrados de España.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2008). Guía para la determinación del régimen de caudales ecológicos. Borrador sin publicar.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2009). Inventario Nacional de Biodiversidad.



Palau, A., J. Alcázar, C. Alcácer & J. Roi (1998). Metodología de cálculo de regímenes de caudales y mantenimiento. Informe técnico para el CEDEX. Ministerio de Medio Ambiente.

Richter B.D., J.V. Baumgartner, R. Wigington & D.P. Braun (1997). *How much water does a river need?* Freshw. Biol. 37:231–249.





Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional



Junta de Andalucía

Demarcación Hidrográfica del Guadalete y Barbate

Revisión de tercer ciclo (2021-2027)

PLAN HIDROLÓGICO

(Documento para consulta pública)

APÉNDICE V.1 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LAGOS Y ZONAS HÚMEDAS



Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Andalucía
se mueve con Europa



Junta de Andalucía

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS HÚMEDAS	2
2.1	LAGUNA DE MEDINA.....	6
2.2	LAGUNA DEL COMISARIO	11
2.3	LAGUNA DULCE DE ZORRILLA	16
2.4	LAGUNA SALADA	20
2.5	LAGUNA DE JELI	24
2.6	LAGUNA DE MONTELLANO	28
2.7	LAGUNA DE TARAJE	31
2.8	LAGUNA DE SAN ANTONIO.....	34
3	METODOLOGÍA.....	37
3.1	REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LA ORLA DE VEGETACIÓN	39
3.2	REQUERIMIENTO HÍDRICOS POR EVAPORACIÓN DE LA LÁMINA DE AGUA47	
4	RESULTADOS	53
5	DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA Y ORTOFOTOGRAFÍA	58
5.1	LAGUNA DE MEDINA.....	58
5.2	LAGUNA DEL COMISARIO	66
5.3	LAGUNA DULCE DE ZORRILLA	76
5.4	LAGUNA SALADA	81
5.5	LAGUNA DE JELI	86
5.6	LAGUNA DE MONTELLANO	92
5.7	LAGUNA DEL TARAJE	98
5.8	LAGUNA DE SAN ANTONIO.....	104
6	GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....	110



7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
---	----------------------------------	-----



FIGURAS

Figura nº 1. Zonas húmedas con estimación de requerimientos hídricos.....	3
Figura nº 2. Laguna de Medina.....	6
Figura nº 3. Laguna del Comisario	12
Figura nº 4. Laguna Dulce de Zorrilla.....	16
Figura nº 5. Laguna Salada.....	21
Figura nº 6. Laguna de Jeli	24
Figura nº 7. Laguna de Montellano	29
Figura nº 8. Laguna de Taraje.....	31
Figura nº 9. Laguna de San Antonio.....	34
Figura nº 10. Zona de vegetación donde se toma el valor de ETR/ETP SIMPA (1980/81-2017/18).....	40
Figura nº 11. Evapotranspiración del cultivo y curva del Kc en función del desarrollo	42

TABLAS

Tabla nº 1. Lagunas a analizar y características principales	5
Tabla nº 2. Superficie considerada en la estimación de requerimiento de necesidades hídricas	39
Tabla nº 3. Estimación simplificada de la Pe en la Laguna Dulce de Zorrilla	41
Tabla nº 4. Valores ET_0 medios (06/04/2001 al 09/12/2010) en la estación del Puerto de Santa María	43

Tabla nº 5. Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo, Kc	43
Tabla nº 6. Valores estimados de ETR del carrizo para los humedales analizados	44
Tabla nº 7. Valores de ETP (mm) según el modelo SIMPA, serie corta (1980/81-2017/18).....	45
Tabla nº 8. Valores de ETR (mm) según el modelo SIMPA, serie corta (1980/81-2017/18).....	45
Tabla nº 9. Valores de Pe (mm). Estimación simplificada con datos de ETP y Precipitación	46
Tabla nº 10. Valores de evaporación (mm).....	50
Tabla nº 11. Valores de precipitación (mm) según el modelo SIMPA, serie corta (1980/81-2017/18)	50
Tabla nº 12. Estimación del déficit correspondiente a cada masa de agua 51	
Tabla nº 13. Requerimientos hídricos de la orla de vegetación asociada a la laguna	54
Tabla nº 14. Requerimientos hídricos de la lámina de agua	56
Tabla nº 15. Estimación requerimiento ambiental del mantenimiento de la zona húmeda.....	57

1 INTRODUCCIÓN

Para las 8 zonas húmedas identificadas en la Demarcación Hidrográfica del Guadalete-Barbate (DHGB) que presentan significancia suficiente como para que hayan sido designadas como masa de agua, sería necesario definir sus requerimientos hídricos (artículo 18.1 del Reglamento de Planificación Hidrológica, o RPH) para mantener de forma sostenible la funcionalidad de estos ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados, ya que durante los ciclos de planificación hidrológica anteriores, los estudios realizados en la evaluación de requerimientos ambientales se centraron únicamente en las masas de agua de la categoría río.

No se contemplan en el presente estudio los humedales de origen artificial creados por usos/alteraciones hidromorfológicas, lo que implica no asignar requerimientos hídricos en las colas de embalse ni salinas.

Respecto a las marismas, la alimentación principal de estos humedales es de origen marino y ligado a la actividad mareal. Dado que el principal origen de recurso no es continental, no se cuantifican sus requerimientos hídricos, ya que va a ser satisfecha por recursos costeros y no supone afección significativa a los sistemas de explotación de la demarcación ni a las masas de agua subterránea. El principal requerimiento de estos humedales sobre el sistema superficial continental es el mantenimiento de un régimen de caudales ambientales en la desembocadura de los ríos de la demarcación, estimados en el Anejo V del Plan Hidrológico.

2 CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS HÚMEDAS

En la Figura nº 1 se muestran las masas de agua de la categoría lago sobre las que se van a estimar sus requerimientos hídricos, cuyas características se detallan en la Tabla nº 1.

A continuación, se incluyen los aspectos más relevantes para su caracterización recogidos en el Inventario de Humedales de Andalucía (IHA), así como en el Decreto 1/2017, de 10 de enero, por el que se aprueban el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de las Reservas Naturales de las Lagunas de Cádiz (BOJA Nº 25, martes 7 de febrero de 2017), donde se realiza una descripción de la vegetación de las lagunas. También se ha tenido en consideración la información recogida en las fichas informativas de los humedales Ramsar, así como el trabajo “Caracterización de los Humedales de Andalucía” (Junta de Andalucía 2005).

Por su parte, en el Capítulo 5 se muestra, para cada zona húmeda, una comparativa visual entre los límites de cada masa de agua y de los inventarios de humedales disponibles: Inventario Español de Zonas Húmedas (IEZH) e IHA. Asimismo, se muestra una secuencia de ortofotos de diferentes fechas extraídas con ayudas de *Google Earth* que han servido, entre otras cosas, como apoyo para corroborar la temporalidad de las lagunas incluida en las fichas del IHA.

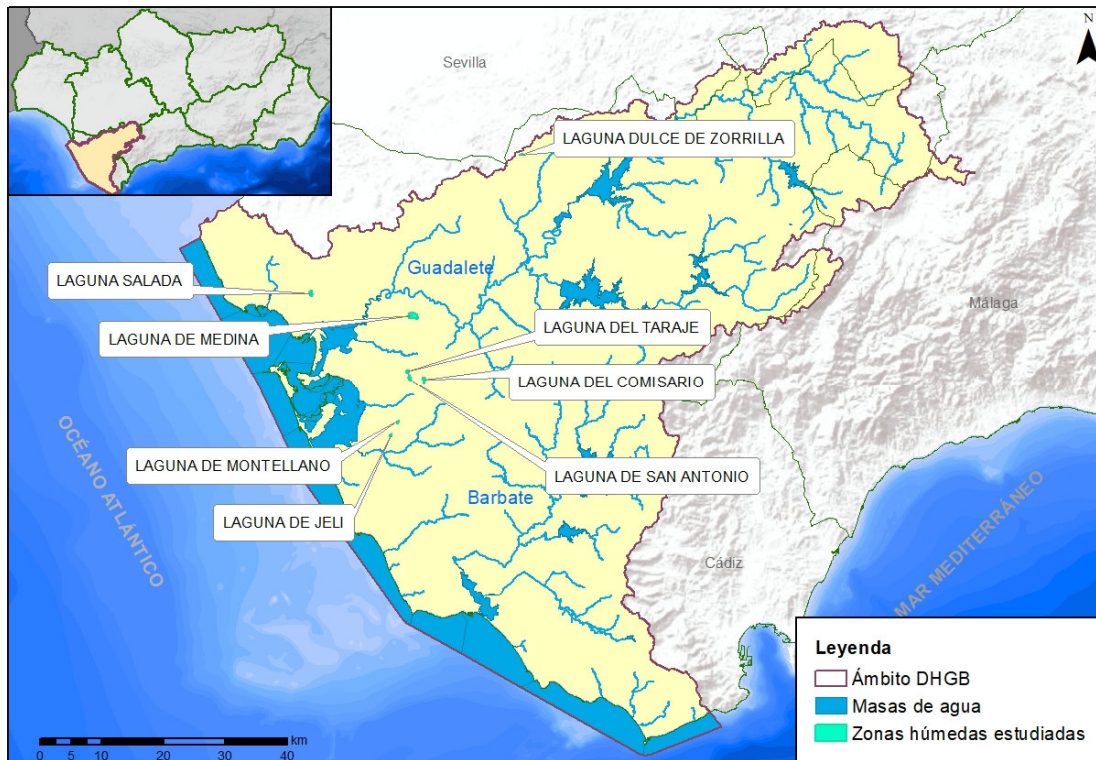


Figura nº 1. Zonas húmedas con estimación de requerimientos hídricos



Humedales considerados como masa de agua	Código masa de agua	Sup. Masa de agua (ha)	Sup. IEZH (ha)	Sup. IHA (ha)	Temporalidad	Alimentación	Origen recurso principal	Origen recurso complementario
Laguna de Medina	ES063MSPF000203660	111,89	120,33	120,33	Permanente	Mixta	Superficial drenaje cuenca vertiente (principalmente)	Aportes subterráneos muy reducidos (ES063MSBT000620080 Aluvial del Guadalete)
Laguna del Comisario	ES063MSPF000203670	21,2	42,28	42,28	Temporal	Epigénico	Superficial drenaje cuenca vertiente	--
Laguna Dulce de Zorrilla	ES063MSPF005200200	5,57	12,63	19,99	Permanente	Mixto	Superficial drenaje cuenca vertiente (principalmente)	Aportes subterráneos muy reducidos procedentes de los terrenos acuitados
Laguna Salada	ES063MSPF005200210	32,45	35,53	35,53	Temporal	Mixta	Superficial drenaje cuenca vertiente	Aportes subterráneos (ES063MSBT000620100 Sanlúcar - Chipiona - Rota -Puerto de Santa María)

Humedales considerados como masa de agua	Código masa de agua	Sup. Masa de agua (ha)	Sup. IEZH (ha)	Sup. IHA (ha)	Temporalidad	Alimentación	Origen recurso principal	Origen recurso complementario
Laguna de Jeli	ES063MSPF005200270	11,35	37,07	37,07	Permanente	Mixta	Superficial drenaje cuenca vertiente (principalmente)	Pequeño acuífero interconectado con la laguna, de forma que en algunos periodos la laguna cede al acuífero y viceversa
Laguna de Montellano	ES063MSPF005200280	9,36	16,18	16,18	Temporal	Epigénico	Superficial drenaje cuenca vertiente	--
Laguna de Taraje	ES063MSPF005200290	17,89	38,57	37,06	Temporal	Epigénico	Superficial drenaje cuenca vertiente	Excedente agua Laguna San Antonio
Laguna de San Antonio	ES063MSPF005200230	18,57	25,15	25,15	Temporal	Epigénico	Efluente depurado en la EDAR "El Montañés"	Superficial drenaje cuenca vertiente

Tabla nº 1. Lagunas a analizar y características principales

2.1 LAGUNA DE MEDINA

Figuras de protección

- Reserva Natural Laguna de Medina
- ZEC ES0000027 Laguna de Medina
- ZEPA ES0000027 Laguna de Medina
- Sitio Ramsar Lagunas de Cádiz



Figura nº 2. Laguna de Medina

Climatología

El humedal se encuadra en una zona de clima Mediterráneo continental, caracterizado por presentar temperaturas medias anuales elevadas, con veranos muy cálidos e inviernos frescos con heladas ocasionales. En concreto, cuenta con una precipitación media anual que ronda los 600 mm, y una temperatura media anual de 17 °C. El mes más frío es enero, cuando la temperatura media ronda los 11 °C, mientras que el mes más cálido es agosto, cuando la temperatura media ronda los 25 °C. El mes más seco es julio, con una precipitación media de 1 mm de lluvia, mientras que el mes

más húmedo es diciembre, con una precipitación media de 99 mm. La evapotranspiración potencial oscila entre 900 y 1.000 mm, la cual se ve acuciada por la elevada insolación anual que presenta el territorio (más de 4.200 horas de sol anuales).

El humedal posee un bioclima Pluviestacional Oceánico, presentando termotipo termomediterráneo, con ombrotipo seco-subhúmedo.

Geología

Esta laguna está enclavada en la campiña de Paterna, ocupando una posición interfluvial entre el río Guadalete por el norte y el río Salado de Paterna por el sur. Está incluida en la Reserva Natural Laguna de Medina. Al igual que otros humedales endorreicos gaditanos, esta laguna se encuentra ubicada en el contacto de las unidades sedimentarias de la cuenca del Guadalquivir con las series externas de las Béticas. En general, junto a los materiales del Triásico-Terciario, se desarrollan pequeñas formaciones de depósitos pliocenos y cuaternarios recientes ocasionados por las transgresiones marinas del Plioceno, que ocupó toda la bahía de Cádiz depositando gran cantidad de sedimentos litorales de arenas y limos arenosos, entre otros. El origen de esta laguna está asociado a procesos diapíricos (ascenso y empuje vertical) de los niveles de yesos presentes en los materiales triásicos, generando curvaturas y abombamientos del relieve. En relación con la geomorfología de la Reserva, destaca un sector (al sureste) de fuerte pendiente en las proximidades del Cerro de Cuellar, donde el arroyo Fuente Bermeja discurre encajado en los materiales triásicos (gravas y arenas). Sin embargo, el resto de la cuenca son zonas llanas o que presentan un relieve alomado con pendientes suaves o moderadas.

Hidrología

Se trata de una laguna semipermanente salobre, cuya profundidad alcanza los 3,5 m en épocas de máxima inundación, manteniéndose una profundidad mínima de 1,5 m en años medios. Sólo en períodos largos de sequía llega a secarse, lo que ocurre muy excepcionalmente.

Se localiza en la cabecera del arroyo Buitrán, afluente del Guadalete en su curso bajo, y es atravesado por el arroyo Fuente Bermeja, un tramo aguas arriba del arroyo Buitrán. Las entradas de agua se producen principalmente por precipitación directa y escorrentía desde el arroyo de Fuente Bermeja, que desemboca en la laguna por su orilla sureste. En relación con la infiltración, circulación y alimentación a partir de aguas subterráneas, ésta se supone muy reducida. Las salidas tienen lugar a partir de la evaporación, infiltración y escorrentía a través del arroyo de Buitrán. Respecto a su hidroperíodo, la Laguna de Medina puede considerarse semipermanente, llegándose a secar en años poco lluviosos. Las fluctuaciones que se producen en los valores de salinidad (entre subsalinas e hiposalinas) están asociadas a las variaciones en la profundidad de la columna de agua.

Flora

La vegetación palustre forma una orla casi continua de anchura y desarrollo variable, dependiendo de las condiciones hidrológicas particulares de cada año. Predomina el carrizo (*Phragmites australis*) y localmente rodales de castañuela (*Scirpus maritimus*) y enea (*Typha dominguensis*). Otros helófitos menos extendidos son: el junco marino (*Juncus maritimos*), junco pinchudo (*Juncus acutus*), bayunco (*Schoenoplectus lacustfis*) y *Scirpus holoschoenus*. El taraje (*Tamarix africana*) es el único elemento arbustivo

propio de la zona palustre, llegando a constituir un pequeño bosque en la orilla noroccidental.

En años secos, en los que el encharcamiento de la laguna es parcial, se desarrollan con profusión comunidades de *Salicornia ramossisima* y *Cressa cretica*. Estas halófilas anuales se extienden a lo largo de las orillas tendidas de la laguna, confiriéndoles un tono rojizo a final de estación.

Otro elemento indicador de la salinidad del sustrato es el brezo de mar (*Frankenia laevis*), que se sitúa en niveles topográficos superiores esporádicamente inundados.

La comunidad de plantas acuáticas manifiesta un acusado dinamismo temporal según varían las condiciones fisicoquímicas del agua. Algas de los géneros *Chara* y *Cladophora* junto a otros macrófitos como *Potamogeton pectinatus*, *Zannichelia obtusifolia*, *Miriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum submersum*, etc. desarrollan praderas sumergidas que constituyen un alimento primordial para anátidas y fochas.

Fauna

La laguna de Medina es el principal núcleo endorreico de la provincia de Cádiz, lo que le confiere un papel protagonista como centro de invernada, reproducción y descanso migratorio de multitud de aves acuáticas. Resulta particularmente importante su función como refugio de concentración postreproductora de aves que han criado en otros humedales cercanos, como son las marismas del Guadalquivir. De ellas proceden la mayoría de fochas comunes (*Fulica atra*) que arriban en verano al secarse Doñana, superando en ocasiones los 20.000 ejemplares. De igual manera ocurre con la cerceta pardilla (*Marmorenetta angustirostris*) y la focha cornuda (*Fulica cristata*).

Este carácter alternativo y complementario de Medina respecto a Doñana es genérico para el resto de lagunas gaditanas, siendo también aplicable al flamenco (*Phoenicopterus ruber*) que, reproduciéndose en Fuente de Piedra, viene a estos humedales a alimentarse y llega a alcanzar el millar de ejemplares.

Entre las aves reproductoras destacan por la exigüedad de sus poblaciones la malvasía (*Oxyura leucocephala*), focha cornuda (*Fulica cristata*) y calamón (*Porphyrio porphyrio*).

Debido a la mayor profundidad de sus aguas las especies buceadoras, como porrones comunes y moñudos (*A. ferina* y *A. fuligula*), y colorados (*Netta ruffina*), tienen mayor representación proporcional que en las marismas. Sin embargo, también abundan especies de superficie como cucharas (*A. clypeata*), frisos (*A. strepera*) y reales (*A. platyrinchos*).

Durante la migración otoñal resulta espectacular el paso de hirundínidos, llegándose a formar dormideros en los carrizos de varias decenas de miles.

Otras especies de vertebrados interesantes en la Reserva y sus alrededores son gallipato (*Pleurodeles walt*), culebra de agua viperina (*Natrix maura*), galápagos leproso y europeo (*Clemmis caspia*, *Emys orbicularis*) y meloncillo (*Herpestes ichneumon*).

Estado de conservación

Este humedal está bien conservado, acusando menos la colmatación que otros del entorno, debido a la existencia de un monte mediterráneo bien desarrollado de acebuches (*Olea europaea* var. *sylvestris*), coscojas (*Quercus coccifera*) y lentiscos (*Pistacia lentiscus*) con abundante matorral, que circunda la cubeta casi en su totalidad y lo aísla relativamente de los cultivos de secano adyacentes. El carácter público de la mayoría de los terrenos

colindantes a la laguna ha posibilitado la reforestación perimetral casi en su totalidad, por lo que el efecto de la colmatación por arrastre de materiales del entorno es menor que en el resto de humedales de la campiña gaditana.

Además, posee un cinturón de vegetación palustre donde dominan, según zonas, tarajes (*Tamarix africana*) o carrizos (*Phragmites australis*), apareciendo también retazos aislados de cañaveral (*Arundo donax*) y praderas de castañuelas (*Scirpus maritimus*) en zonas más someras. Resulta especialmente destacable el gran desarrollo de macrófitos acuáticos que tiene lugar en esta laguna, variando según las condiciones hídricas del espacio, y que en ocasiones llegan a ocupar casi toda su superficie.

Esta producción de vegetación subacuática se ha visto afectada en los últimos años por la proliferación de carpas, que constituye sin duda el principal problema que afecta a este humedal. Estas poblaciones fueron erradicadas a finales de verano de 2007, aunque desde marzo de 2011 se han detectado de nuevo, favorecidas por los altos niveles hídricos (precipitaciones, llegada de excedentes de riego a la cubeta). La proliferación de las carpas ha ido en aumento, observándose un gran número de ejemplares, una prácticamente ausencia de macrófitos sumergidos y una elevada turbidez del agua. Igualmente ha venido aumentando el riesgo de la presencia de la malvasía canela (*Oxyura jamaicensis*).

2.2 LAGUNA DEL COMISARIO

Figuras de protección

- Reserva Natural Complejo Endorreico de Puerto Real
- ZEC ES0000030 Complejo Endorreico de Puerto Real
- ZEPA ES0000030 Complejo Endorreico de Puerto Real

- Sitio Ramsar Complejo Endorreico de Puerto Real

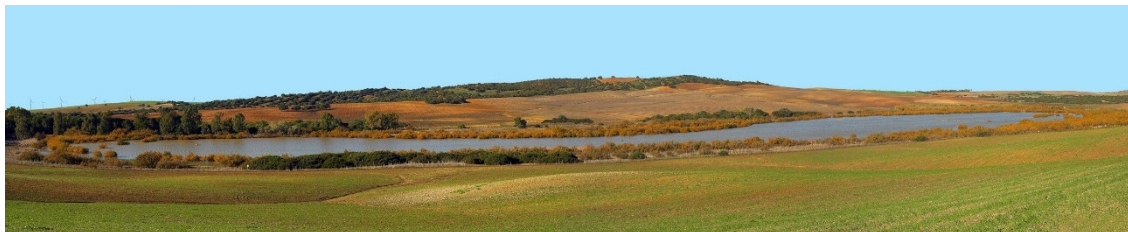


Figura nº 3. **Laguna del Comisario**

Climatología

El humedal se encuadra en una zona de clima Mediterráneo continental, caracterizado por presentar temperaturas medias anuales elevadas, con veranos muy cálidos e inviernos frescos con heladas ocasionales. En concreto, cuenta con una precipitación media anual que ronda los 700 mm, y una temperatura media anual de 17 °C. El mes más frío es enero, cuando la temperatura media ronda los 12 °C, mientras que el mes más cálido es agosto, cuando la temperatura media ronda los 25 °C. El mes más seco es julio, con una precipitación media de 1 mm de lluvia, mientras que el mes más húmedo es diciembre, con una precipitación media de 102 mm. La evapotranspiración potencial oscila entre 800 y 900 mm, la cual se ve acuciada por la elevada insolación anual que presenta el territorio (más de 4.200 horas de sol anuales).

El humedal posee un bioclima Pluviestacional Oceánico, presentando termotipo termomediterráneo, con ombrotipo seco-subhúmedo.

Geología

Esta laguna, junto con la laguna de San Antonio y del Taraje, está incluida en la Reserva Natural del Complejo Endorreico de Puerto Real, ubicada en el área prelitoral de la Bahía de Cádiz. Está asentada sobre un substrato de albarizas del Mioceno que yace sobre una cobertura subbética margoyesífera

de carácter impermeable. A diferencia de los otros dos humedales que conforman el complejo endorreico, esta laguna presenta una mayor jerarquización de la red de drenaje teniendo, por tanto, pendientes relativamente importantes.

Hidrología

Esta laguna es la más extensa de las tres que componen el Complejo Lagunar de Puerto Real. La laguna del Comisario se alimenta fundamentalmente de aportes de escorrentía superficial, y se conecta con el arroyo del Yesero que actúa como efluente en épocas de máximo nivel de inundación. Presenta un hidroperíodo temporal, aunque en ciclos muy húmedos puede mantener una reducida lámina de agua durante el estiaje. Las aguas de esta laguna evolucionan a lo largo de su ciclo de inundación desde bajas concentraciones salinas (aguas dulces) a concentraciones subsalinas en los periodos en los que presenta menor volumen de agua o previos a la desecación de la cubeta.

Flora

Destaca presencia de algunos taxones acuáticos de interés, con varias especies de carófitos (*Chara connivens*, *Chara aspera* y *Nitella flexilis*), indicadoras generalmente de humedales estacionales y/o con aguas dulces o subsalinas. Por su parte, las fanerógamas acuáticas están bien representadas por *Najas marina*, *Potamogetum pectinatus var. tenuifolius*, *Myriophyllum spicatum*, *Ranunculus peltatus peltatus*, *Callitriche truncata subsp. occidentalis* y *Zanichellia obtusifolia*.

Posee un cinturón perilagunar formado por tarajes (*Tamarix canariensis*, *T. africana*), apareciendo carrizales (*Phragmites australis*), eneales (*Typha dominguensis*) y bayuncos (*Bolboschoenus maritimus*), en las zonas de mayor permanencia de agua, y praderas de castañuela (*Cyperus rotundus*)

en zonas someras, además de algunos retazos de cañaveral (*Arundo donax*). Este cinturón está rodeado de monte mediterráneo de origen natural, en el que se integran algunos rodales de repoblación de pinos (*Pinus spp.*) y eucaliptos (*Eucalyptus globulus*). Finalmente, este monte está completamente rodeado de cultivos de secano.

Fauna

El Complejo Lagunar destaca como lugar de invernada y nidificación de la malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*), considerada “En Peligro” por la Lista Roja andaluza, nacional y mundial, así como por albergar ocasionalmente parejas reproductoras de fochamoruna (*Fulica cristata*), catalogada como “En Peligro Crítico” en Andalucía y en España. está citada igualmente la presencia regular de otras especies en paso como el porrón pardo (*Aythya nyroca*) o la cerceta pardilla (*Marmaronetta angustirostris*), amenazada a nivel andaluz y español.

En este complejo endorreico también son habituales otras muchas especies que se reproducen, invernan o bien acuden a estas lagunas en sus desplazamientos, muchas de las cuales también están contempladas en el “Libro Rojo de los Vertebrados Amenazados de Andalucía” (2001) y en el Anexo I de la Directiva Aves, como el aguilucho lagunero occidental (*Circus aeruginosus*), la espátula (*Platalea leucorodia*), el pato colorado (*Netta rufina*), el flamenco común (*Phoenicopterus ruber*), el zampullín cuellinegro (*Podiceps nigricollis*), la avoceta común (*Recurvirostra avosetta*), el calamón común (*Porphyrio porphyrio*) y la cigüeñuela (*Himantopus himantopus*). Destacan por su abundancia la focha común (*Fulica atra*) (concentraciones estivales de hasta cerca de 2.000 individuos en los años con elevada producción de macrófitos), así como un buen número de anátidas como el

pato cuchara común (*Anas clypeata*), el ánade azulón (*Anas platyrhynchos*) y el porrón europeo (*Aythya ferina*).

También son habituales otras aves como el milano real (*Milvus milvus*) y el alcaraván común (*Burhinus oedicephalus*). Debido a la cercanía de una gran planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU) son frecuentes las concentraciones las concentraciones cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) y gaviotas (*Larus spp.*) que acuden a descansar, beber o bañarse a las lagunas. En determinados años de elevada precipitación, llega a constituirse en el tarajal existente en la orilla noreste de la Laguna de Comisario una colonia de cría de garcillas (*Bubulcus ibis*) y garcetas (*Egretta garzetta*) con varias decenas de parejas.

Otras especies de vertebrados a destacar son el salinete (*Aphanius baeticus*), endemismo muy restringido (de Andalucía occidental) adaptado a un ambiente extremo (aguas hipersalinas) poco común; algunas especies de anfibios tales como la ranita meridional (*Hyla meridionalis*), el sapillo pintojo (*Discoglossus jeanneae*), el sapillo moteado (*Pelodytes ibericus*), el sapo corredor (*Bufo calamita*) y el gallipato (*Pleurodeles waltl*); o reptiles como el galápago leproso (*Mauremys leprosa*), la culebra viperina (*Natrix maura*) y la más escasa culebra de collar (*Natrix natrix*).

Estado de conservación

La degradación del hábitat viene dada por la colmatación que produce el entorno agrícola, que llega a ser importante en algunas zonas del perímetro. Esta circunstancia propicia también una contaminación difusa debido a la llegada de fitosanitarios.

2.3 LAGUNA DULCE DE ZORRILLA

Figuras de protección

- Reserva Natural Complejo Endorreico de Espera
- ZEC ES0000026 Complejo Endorreico de Espera
- ZEPA ES0000026 Complejo Endorreico de Espera
- Sitio Ramsar Complejo Endorreico de Espera



Figura nº 4. Laguna Dulce de Zorrilla

Climatología

El humedal se encuadra en una zona de clima Mediterráneo de montaña, caracterizado por presentar inviernos fríos y largos con temperaturas negativas, y veranos frescos y cortos. En concreto, cuenta con una precipitación media anual que ronda los 700 mm, y una temperatura media anual de 17 °C. El mes más frío es enero, cuando la temperatura media ronda los 10 °C, mientras que el mes más cálido es agosto, cuando la temperatura media ronda los 25 °C. El mes más seco es julio, con una precipitación media de 1 mm de lluvia, mientras que el mes más húmedo es diciembre, con una

precipitación media de 103 mm. La evapotranspiración potencial oscila entre 900 y 1.000 mm, la cual se ve acuciada por la elevada insolación anual que presenta el territorio (más de 4.200 horas de sol anuales).

El humedal posee un bioclima Pluviestacional Oceánico, presentando termotipo termomediterráneo, con ombrotipo seco-subhúmedo.

Geología

Esta laguna integra, junto con la Laguna Hondilla y Salada de Zorrilla, la Reserva Natural del Complejo Endorreico de Espera. Este complejo está ubicado en la sierra de Gibalbín y próxima al límite con la provincia de Sevilla, en lo que se conoce como Campiña Alta del Guadalquivir. Se encuentra ubicado en el contacto de las unidades sedimentarias de la cuenca del Guadalquivir con las series externas de las Béticas, litológicamente constituido por materiales margo-yesíferos, calizas y dolomías del Triásico, y margas con areniscas del Oligoceno-Mioceno. Los materiales del Terciario dan lugar a relieves alomados y sobreelevaciones que ocupan las zonas marginales de las cuencas. Los materiales margo-yesíferos se encuentran en las zonas topográficamente más deprimidas de las cuencas. Las calizas y dolomías constituyen una serie de pequeños afloramientos que descansan sobre los materiales margo-yesíferos. El relieve de la zona es suavemente alomado, resultado de la erosión de los materiales margosos. La mayor parte del área de emplazamiento de este Complejo presenta una pendiente suave o moderada. Aisladamente aparecen zonas de fuerte pendiente distribuidas irregularmente por todo el Complejo, mientras que en las zonas más deprimidas aparecen sectores llanos.

Hidrología

Se trata de una laguna semipermanente salobre de alimentación mixta, cuya profundidad alcanza los 2,5 m en períodos de máxima inundación.

Es la segunda más extensa de las tres que componen el Complejo Lagunar de Espera. La escorrentía superficial constituye el principal agente geomorfológico y de llenado de la cubeta lagunar. No obstante, también tienen un papel importante los aportes subterráneos procedentes de los terrenos acuitados (es decir, contienen agua, pero esta circula con dificultad) donde se emplaza. En esta laguna cabe destacar la existencia de un pequeño afluente, el arroyo Salado, que canaliza parte de la escorrentía superficial de su cuenca vertiente. Esta laguna presenta un hidroperiodo permanente, aunque experimenta un acusado descenso de nivel durante el estiaje. Las salidas de agua se producen principalmente por evaporación. Presenta concentraciones hiposalinas, aunque éstas dependen del nivel de inundación.

Flora

Se encuentra ubicada en un entorno agrícola, con retazos de vegetación natural, representada por acebuches (*Olea europaea*), lentiscos (*Pistacia lentiscus*), palmitos (*Chamaerops humilis*), etc., inmersos en vastas zonas de pastizales, que contribuyen significativamente a la conservación del humedal. La vegetación perilagunar la constituye un denso carrizal (*Phragmites australis*), con algunas zonas de taraje (*Tamarix canariensis*, *T. africana*).

Destaca la presencia de algunos taxones acuáticos como los carófitos *Chara aspera* y *Chara connivens*, los macrófitos *Ceratophyllum demersum*, *Najas marina*, *Potamogeton pectinatus* y *Zanichellia obtusifolia*.

Entre los helófitos hay que destacar la presencia del endémico *Nigella papillosa*, junto a los tradicionales carrizo (*Phragmites australis*), enea (*Typha dominguensis*) y otros juncos del género *Scirpus*, seguidos en la orla de vegetación por especies de porte algo más arbóreo del género *Tamarix*.

En las orillas aparecen praderas de compuestas y de leguminosas que forma un cinturón u orla alrededor todas ellas sobre suelos arcillosos, apareciendo igualmente algunas especies halófilas en los suelos correspondientes.

Fauna

Estas lagunas destacan como lugar de invernada y nidificación de la malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*), considerada en peligro según la Lista Roja andaluza, nacional y mundial (UICN 2006), así como por albergar una importante población invernante de focha moruna (*Fulca cristata*), catalogada como en peligro crítico en Andalucía y España, citándose regularmente la presencia de otras especies en paso como el porrón pardo (*Aythya nyroca*), amenazada a nivel andaluz y español.

También son habituales otras muchas especies que se reproducen en estas lagunas, invernan o bien acuden a ellas durante sus desplazamientos, muchas de las cuales están contempladas en el Libro Rojo de los Vertebrados Amenazados de Andalucía (2001) y en el Anexo I de la Directiva Aves (79/409/CEE), como el agullucho lagunero occidental (*Circus aeruginosus*), el pato colorado (*Netta rufina*), el flamenco común (*Phoenicopterus ruber*), el zampullín cuellinegro (*Podiceps nigricollis*), la avoceta común (*Recurvirostra avosetta*), el calamón común (*Porphyrio porphyrio*), la cigüeñuela (*Himantopus himantopus*).

Destacan por su abundancia la focha común (*Fulica atra*) y un buen número de anátidas como el pato cuchara común (*Anas clypeata*), el ánade azulón

(*Anas platyrhynchos*) y el porrón europeo (*Aythya ferina*). También son habituales otras aves como el milano real (*Milyus milvus*), el alcaraván común (*Burhinus oedicephalus*), la avefría europea (*Vanellus vanellus*) y el aguilucho pálido (*Circus cyaneus*).

Otras especies de vertebrados de interés son anfibios tales como la ranita meridional (*Hyla meridionalis*), el sapo corredor (*Bufo calamita*) o el gallipato (*Pleurodeles waltl*); reptiles como el galápago leproso (*Mauremys leprosa*), contemplado en los Anexos II y IV de la Directiva Hábitat, siendo también frecuente la culebra viperina (*Natrix maura*) y, en las zonas próximas al agua, la culebra de collar (*Natrix natrix*).

Estado de conservación

La laguna se enmarca en un medio agrícola fundamentalmente dedicado a cultivos en secano que se alternan con retazos de monte mediterráneo. Los principales factores de tensión a considerar son los derivados de las prácticas agrícolas, especialmente en relación con las posibles entradas difusas de productos de origen agrícola y la colmatación.

2.4 LAGUNA SALADA

Figuras de protección

- Reserva Natural Complejo Endorreico del Puerto de Santa María
- ZEC ES0000029 Complejo Endorreico del Puerto de Santa María
- ZEPA ES0000029 Complejo Endorreico del Puerto de Santa María
- Sitio Ramsar Lagunas de Cádiz



Figura nº 5. **Laguna Salada**

Climatología

El humedal se encuadra en una zona de clima Mediterráneo oceánico, caracterizado por unas temperaturas suaves y una humedad notable. En concreto, cuenta con una precipitación media anual que ronda los 700 mm, y una temperatura media anual de 17 °C. El mes más frío es enero, cuando la temperatura media ronda los 11 °C, mientras que el mes más cálido es agosto, cuando la temperatura media ronda los 25 °C. El mes más seco es julio, con una precipitación media de 1 mm de lluvia, mientras que el mes más húmedo es diciembre, con una precipitación media de 97 mm. La evapotranspiración potencial oscila entre 800 y 900 mm, la cual se ve acuciada por la elevada insolación anual que presenta el territorio (más de 4.200 horas de sol anuales).

El humedal posee un bioclima Pluviestacional Oceánico, presentando termotipo termomediterráneo, con ombrotipo seco-subhúmedo.

Geología

Esta laguna, junto con la laguna Chica y Juncosa, está incluida en la Reserva Natural del Complejo Endorreico del Puerto de Santa María. Ésta se enmarca entre el área prelitoral y la campiña gaditana próxima a la costa. Además, predominan los procesos de acumulación de materiales de naturaleza limo-arcillosa y materia orgánica que van colmatando y rellenando el vaso

lagunar. La topografía es prácticamente llana, localizándose de forma puntual pendientes suaves.

Hidrología

Se trata de una laguna temporal salobre/salina de alimentación mixta (escorrentías y descargas de acuíferos asociados), cuya profundidad en períodos de máxima inundación supera los 2 m.

Es la más extensa del Complejo Lagunar del Puerto de Santa María. Las entradas de agua se producen por arroyada difusa y a partir de la conexión con el acuífero detrítico del Puerto de Santa María. Esta laguna puede mantenerse inundada durante todo el ciclo anual en periodos de elevada pluviometría, pero en años de precipitaciones medias, o con menores reservas hídricas, esta laguna se seca en el periodo estival. Sus aguas muestran una mayor concentración salina que las del resto de lagunas de este complejo, debido a la existencia de materiales arcilloso-yesíferos que cortan a los materiales suprayacentes, de menor capacidad de disolución.

Flora

Se encuentra completamente rodeada de cultivos, tanto de secano como de regadío, constituyendo la orla perilagunar la única vegetación natural del entorno. Presenta un tarajal (*Tamarix canariensis*, *T. africana*) que la circunda en su totalidad, apareciendo también algunas praderas de castañuela (*Scirpus maritimus*), carrizales (*Phragmites australis*) y juncales (*Juncus maritimus*). En la orilla desnuda, aparecen pastizales de *Salicornia ramossísima*, lo que viene propiciado por la elevada salinidad de su cubeta.

Las fanerógamas acuáticas están bien representadas por *Najas marina*, *Potamogetum pectinatus* var. *tenuifolius*, *Myriophyllum spicatum*,

Ranunculus peltatus peltatus, *Callitriche truncata subsp. occidentalis* y *Zanichellia obtusifolia*.

Fauna

La proximidad con las vecinas marismas del Guadalquivir acentúa la interconexión y uso alternativo de este humedal, especialmente en años secos y durante el período estival.

Tras finalizar la reproducción y secarse las marismas, la laguna Salada funciona como refugio de multitud de aves: se han contabilizado concentraciones superiores a las 5.000 fochas comunes (*Fulica atra*), 15 cercetas pardillas (*Marmaronetta angustirostris*) y 200 flamencos (*Phoenicopterus ruber*). El porrón pardo (*Aythya nyroca*) se detecta regularmente en paso. También acoge un dormitorio de hasta 850 ardeidas, mayoritariamente *Bulbucus ibis*, y en menor medida *Egretta garcetta*.

En años con buenos niveles de agua, la laguna Salada resulta un importante enclave de reproducción de malvasía y focha cornuda. Otras especies reproductoras son el pato colorado (*Netta rufina*), el ánade friso (*Anas strepera*), el calamón (*Porphyrio porphyrio*), el zampullín cuellinegro (*Podiceps nigricollis*) y el avetorillo (*Ixobrychus minutus*). Entre limícolas se encuentran la canastera (*Glareola pratincola*), la cigüeñuela (*Himantopus himantopus*), la avoceta (*Recurvirostra avosetta*) y el chorlito partinegro (*Charadrius alexandrinus*).

Estado de conservación

La degradación del hábitat viene dada por la colmatación y contaminación difusa que produce el entorno agrícola del espacio, con puntuales invasiones, siendo insuficiente el cinturón perilagunar de vegetación existente para frenar estos procesos.

Las extracciones de agua derivadas de la urbanización irregular de las inmediaciones, puede estar afectando el hidroperíodo de la laguna, aunque no es el espacio más afectado del complejo ya que las abundantes precipitaciones han mantenido unos niveles altos de la lámina de agua.

La existencia de peces en la laguna afecta negativamente a algunas especies, habiéndose establecido una población aparentemente estable de carpas (*Cyprinus carpio*) y otros peces.

2.5 LAGUNA DE JELI

Figuras de protección

- Reserva Natural Complejo Endorreico de Chiclana
- ZEC ES0000029 Complejo Endorreico de Chiclana
- ZEPA ES0000029 Complejo Endorreico de Chiclana
- Sitio Ramsar Complejo Endorreico de Chiclana



Figura nº 6. Laguna de Jeli

Climatología

El humedal se encuadra en una zona de clima Mediterráneo oceánico, caracterizado por unas temperaturas suaves y una humedad notable. En concreto, cuenta con una precipitación media anual que ronda los 700 mm, y una temperatura media anual de 17 °C. El mes más frío es enero, cuando la temperatura media ronda los 12 °C, mientras que el mes más cálido es agosto, cuando la temperatura media ronda los 24 °C. El mes más seco es julio, con una precipitación media de 1 mm de lluvia, mientras que el mes más húmedo es diciembre, con una precipitación media de 110 mm. La evapotranspiración potencial oscila entre 800 y 900 mm, la cual se ve acuciada por la elevada insolación anual que presenta el territorio (más de 4.200 horas de sol anuales).

El humedal posee un bioclima Pluviestacional Oceánico, presentando termotipo termomediterráneo, con ombrotipo subhúmedo.

Geología

La laguna de Jeli integra, junto con la laguna de Montellano, la Reserva Natural Complejo Endorreico de Chiclana, siendo el complejo endorreico más meridional de la provincia de Cádiz. Esta zona húmeda se sitúa en la campiña prelitoral, en un área de topografía ondulada, asentado sobre materiales triásicos que han sufrido fracturas que delimitan y configuran la cubeta de la laguna. Los materiales más frecuentes son arcillas y yesos del Triásico superior subbético. Además, existen depósitos aluviales y coluviales compuestos mayoritariamente por cantos redondeados y angulosos del Holoceno.

Hidrología

Se trata de una laguna semipermanente dulce/salobre de alimentación mixta, cuya profundidad se sitúa en torno a 2 m en épocas de máxima inundación, y pertenece al Complejo endorreico de Chiclana.

La laguna se alimenta principalmente por escorrentía en arroyada difusa. No obstante, en la cuenca de la laguna de Jeli, los materiales arcillosoevaporíticos tienen comportamiento de acuicludo (almacenan agua, pero no permiten su libre circulación) con un cierto grado de alteración superficial, mientras que los materiales aluviales-coluviales constituyen un pequeño acuífero interconectado con la laguna, de forma que en algunos periodos la laguna cede al acuífero y viceversa. Las salidas de agua del hidrosistema se producen por evaporación. Se trata de una laguna semipermanente ya que en condiciones de sequía prolongada puede llegar a secarse en toda su extensión. Las aguas de esta laguna presentan concentraciones subsalinas.

Flora

Se ubica en un entorno agrícola y ganadero, limitando en algunas zonas con terrenos de cultivo y en otras con monte mediterráneo, con aprovechamiento ganadero, lo que determina también la existencia generalizada de pastizales nitrófilos. La vegetación lagunar propiamente dicha se compone de tarajes (*Tamarix canariensis*, *T. africana*), que no llegan a formar cinturón perilagunar, formaciones densas y localizadas de carrizal (*Phragmites australis*) y enea (*Typha dominguensis*), así como praderas de castañuelas (*Cyperus rotundus*) en las zonas menos profundas.

Fauna

Las lagunas del Complejo destacan como lugar de invernada y nidificación de la malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*), considerada “En Peligro” según la Lista Roja andaluza, nacional y mundial, así como por albergar ocasionalmente algunas parejas reproductoras de focha moruna (*Fulica cristata*), catalogada como “En Peligro Crítico” en Andalucía y en España. También es destacable la presencia regular de algunas especies particularmente escasas como el porrón pardo (*Aythya nyroca*) o la cerceta pardilla (*Marmaronetta angustirostris*), amenazadas a nivel andaluz y español.

También son habituales otras muchas especies que se reproducen, invernán o bien acuden a estas lagunas durante sus desplazamientos, muchas de las cuales también están contempladas en el Libro Rojo de los Vertebrados Amenazados de Andalucía (2001) y en el Anexo I de la Directiva Aves, como el aguilucho lagunero occidental (*Circus aeruginosus*), la espátula (*Platalea leucorodia*), el pato colorado (*Netta rufina*), el flamenco común (*Phoenicopterus ruber*), el zampullín cuellinegro (*Podiceps nigricollis*), la avoceta común (*Recurvirostra avosetta*), el calamón común (*Porphyrio porphyrio*) o la cigüeñuela (*Himantopus himantopus*).

Destaca por su abundancia la focha común (*Fulica atra*) y un buen número de anátidas como el pato cuchara común (*Anas clypeata*), el ánade azulón (*Anas platyrhynchos*) y el porrón europeo (*Aythya ferina*).

También son habituales en la zona otras aves no acuáticas como el milano real (*Milvus milvus*), el alcaraván común (*Burhinus oedicephalus*), el avefría europea (*Vanellus vanellus*), el águila pescadora (*Pandion haliaetus*) y el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*). Debido a la cercanía de una gran

planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU), son frecuentes grandes concentraciones de cigüeñas blancas (*Ciconia ciconia*) y gaviotas (*Larus spp.*) que acuden a descansar, beber o bañarse a las lagunas.

Otras especies de vertebrados interesantes son la ranita meridional (*Hyla meridionalis*), el sapo corredor (*Bufo calamita*) y el gallipato (*Pleurodeles waltl*), entre los anfibios; el galápago leproso (*Mauremys leprosa*), la culebra viperina (*Natrix maura*) y la más escasa culebra de collar (*Natrix natrix*), entre los reptiles; y la nutria (*Lutra lutra*), entre los mamíferos.

Estado de conservación

A la colmatación por aportes de los terrenos agrícolas adyacentes, se une un uso ganadero eventual de la laguna, que implica el pastoreo de la vegetación circundante y contribuye a la contaminación orgánica del espacio. La sobreexplotación de acuífero que tiene lugar en término municipal de Chiclana, como consecuencia de la urbanización irregular generalizada (extracción directa de agua para abastecimiento doméstico), lo cual debe afectar en años secos al hidropérido del humedal, aunque en menor medida que en el otro espacio del complejo.

2.6 LAGUNA DE MONTELLANO

Figuras de protección

- Reserva Natural Complejo Endorreico de Chiclana
- ZEC ES0000028 Complejo Endorreico de Chiclana
- ZEPA ES0000028 Complejo Endorreico de Chiclana
- Sitio Ramsar Complejo Endorreico de Chiclana



Figura nº 7. Laguna de Montellano

Climatología

El humedal se encuadra en una zona de clima Mediterráneo oceánico, caracterizado por sus unas temperaturas suaves y una humedad notable. En concreto, cuenta con una precipitación media anual que ronda los 700 mm, y una temperatura media anual de 17 °C. El mes más frío es enero, cuando la temperatura media ronda los 12 °C, mientras que el mes más cálido es agosto, cuando la temperatura media ronda los 24 °C. El mes más seco es julio, con una precipitación media de 1 mm de lluvia, mientras que el mes más húmedo es diciembre, con una precipitación media de 110 mm. La evapotranspiración potencial oscila entre 900 y 1.000 mm, la cual se ve acuciada por la elevada insolación anual que presenta el territorio (más de 4.200 horas de sol anuales).

Geología

La laguna de Montellano integra, junto con la laguna de Jeli, la Reserva Natural Complejo Endorreico de Chiclana, siendo el complejo endorreico más meridional de la provincia de Cádiz. Esta zona húmeda se sitúa en la campiña prelitoral, en un área de topografía ondulada, asentado sobre

materiales triásicos que han sufrido fracturas que delimitan y configuran la cubeta de la laguna.

Hidrología

Se trata de una laguna temporal dulce/salobre de alimentación fundamentalmente superficial, cuya profundidad puede superar los 2 m en épocas de máxima inundación, y pertenece al Complejo endorreico de Chiclana.

La alimentación hídrica de esta laguna se basa fundamentalmente en la escorrentía en arroyada difusa. Cuando se alcanzan máximos niveles de inundación se forma un efluente (arroyo del Yesero). Aunque la baja permeabilidad del sustrato de la cubeta favorece el almacenamiento del agua y el mantenimiento de la inundación, en años con bajas reservas hídricas la laguna llega a secarse en toda su extensión. Las aguas de esta laguna presentan concentraciones sub-hiposalinas, dependiendo de la pluviometría registrada.

Flora

Se encuentra ubicada en un entorno agrícola, entre cultivos de secano, principalmente cereal, con algunos retazos de monte mediterráneo. La vegetación lagunar está representada por un cinturón de tarajes (*Tamarix canariensis*, *T. africana*), y densas manchas de carrizo (*Phragmites australis*) en algunas zonas, apareciendo también praderas de castañuela (*Cyperus rotundus*) en las zonas más someras.

Respecto a la presencia de vegetación subacuática, hay que destacar el desarrollo de tupidas praderas de *Zannichellia obtusifolia*, con una elevada cobertura en la mayor parte de la cubeta, y con presencia de formaciones dispersas de *Ranunculus peltatus*, distribuidas principalmente por las zonas

más próximas a la orilla.

Fauna

La fauna de las lagunas del Complejo Endorreico de Chiclana se describe con detalle en el apartado relativo a la Laguna de Jeli (ver apartado 2.5).

Estado de conservación

La laguna de Jeli, de propiedad particular, se emplaza en un medio agrícola y ganadero, aunque en este caso la presión ganadera es mayor por la gran afluencia de ganado vacuno que pastorea en sus alrededores. Hay que señalar, sin embargo, que toda la laguna presenta un vallado de cierre que limita el acceso a la zona perimetral de la misma

2.7 LAGUNA DE TARAJE

Figuras de protección

- Reserva Natural Complejo Endorreico de Puerto Real
- ZEC ES0000030 Complejo Endorreico de Puerto Real
- ZEPA ES0000030 Complejo Endorreico de Puerto Real
- Sitio Ramsar Complejo Endorreico de Puerto Real

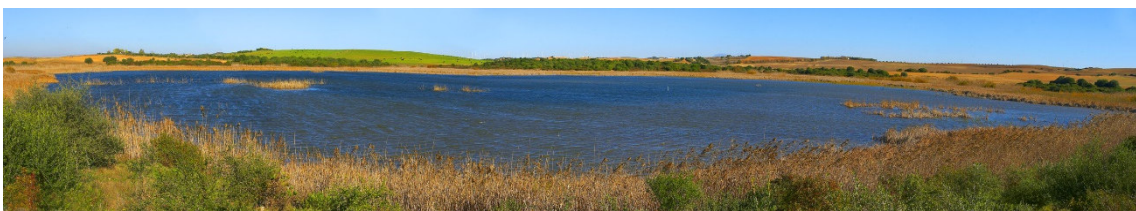


Figura nº 8. Laguna de Taraje

Climatología

El humedal se encuadra en una zona de clima Mediterráneo de continental, caracterizado por presentar temperaturas medias anuales elevadas, con veranos muy cálidos e inviernos frescos con heladas ocasionales. En

concreto, cuenta con una precipitación media anual que ronda los 700 mm, y una temperatura media anual de 17 °C. El mes más frío es enero, cuando la temperatura media ronda los 12 °C, mientras que el mes más cálido es agosto, cuando la temperatura media ronda los 25 °C. El mes más seco es julio, con una precipitación media de 1 mm de lluvia, mientras que el mes más húmedo es diciembre, con una precipitación media de 102 mm. La evapotranspiración potencial oscila entre 800 y 900 mm, la cual se ve acuciada por la elevada insolación anual que presenta el territorio (más de 4.200 horas de sol anuales).

El humedal posee un bioclima Pluviestacional Oceánico, presentando termotipo termomediterráneo, con ombrotipo seco-subhúmedo.

Geología

Esta laguna, junto con la laguna del Comisario y San Antonio, está incluida en la Reserva Natural del Complejo Endorreico de Puerto Real, ubicado en el área prelitoral de la Bahía de Cádiz. Este humedal se asienta sobre materiales margo-arcillosos del Eoceno Medio-Mioceno Inferior (Terciario). La horizontalidad de los terrenos adyacentes a las lagunas dificulta el drenaje de las masas de agua acumuladas en las hondonadas.

Hidrología

Esta laguna es la segunda más extensa del Complejo Lagunar de Puerto Real. Esta laguna recuperó su régimen hidrológico natural tras la eliminación del efluente de depuradora que le llegaba a través de la Laguna de San Antonio (ver apartado 2.8), mediante la canalización del arroyo que conectaba ambos humedales. Esta canalización, desviando el aporte, propició que se volviera a secarse en el verano de 2008, después de muchos años constituyendo un humedal permanente. Sin embargo, sigue sirviendo de rebosadero de la de

San Antonio a pesar de las obras de desviación del cauce, ya que en años de abundantes precipitaciones se restablece la comunicación superficial entre ambas cubetas. Antes de que la depuradora vertiera sus aguas a la laguna de San Antonio y ésta drenara su excedente a la laguna del Taraje, las aguas eran más salinas. Posee un efluente que descarga hacia la red externa de la cuenca, aunque la descarga por evaporación es importante.

Flora

El cinturón perilagunar está formado por tarajes (*Tamarix canariensis*, *T. africana*), carrizales (*Phragmites australis*), eneaes (*Typha dominguensis*) y bayuncos (*Bolboschoenus maritimus*), apareciendo también algunas praderas de castañuela (*Cyperus rotundus*), y exteriormente al humedal, pastizales y monte mediterráneo procedente de repoblación.

Fauna

La fauna de las lagunas del Complejo Endorreico de Puerto Real se describe con detalle en el apartado relativo a la Laguna del Comisario (ver apartado 2.2).

Estado de conservación

La colmatación propiciada por la llegada de arroyos que discurren por los terrenos agrícolas del entorno, que propician también la contaminación del espacio, constituye la principal causa de degradación del hábitat. La evidencia de caza furtiva (lazos) en el entorno inmediato de la cubeta lagunar, podría incidir también sobre las poblaciones de acuáticas, aunque este aspecto se desconoce.

2.8 LAGUNA DE SAN ANTONIO

Figuras de protección

- Reserva Natural Complejo Endorreico de Puerto Real
- ZEC ES0000030 Complejo Endorreico de Puerto Real
- ZEPA ES0000030 Complejo Endorreico de Puerto Real
- Sitio Ramsar Complejo Endorreico de Puerto Real



Figura nº 9. Laguna de San Antonio

Climatología

El humedal se encuadra en una zona de clima Mediterráneo continental, caracterizado por presentar temperaturas medias anuales elevadas, con veranos muy cálidos e inviernos frescos con heladas ocasionales. En concreto, cuenta con una precipitación media anual que ronda los 700 mm, y una temperatura media anual de 17 °C. El mes más frío es enero, cuando la temperatura media ronda los 12 °C, mientras que el mes más cálido es agosto, cuando la temperatura media ronda los 25 °C. El mes más seco es julio, con una precipitación media de 1 mm de lluvia, mientras que el mes más húmedo es diciembre, con una precipitación media de 102 mm. La evapotranspiración potencial oscila entre 800 y 900 mm, la cual se ve acuciada por la elevada insolación anual que presenta el territorio (más de 4.200 horas de sol anuales).

El humedal posee un bioclima Pluviestacional Oceánico, presentando termotipo termomediterráneo, con ombrotipo seco-subhúmedo.

Geología

Esta laguna, junto con la laguna del Comisario y del Taraje, está incluida en la Reserva Natural del Complejo Endorreico de Puerto Real, ubicada en el área prelitoral de la Bahía de Cádiz. Este humedal se asienta sobre materiales margo-arcillosos del Eoceno Medio-Mioceno Inferior (Terciario). La horizontalidad de los terrenos adyacentes a las lagunas dificulta el drenaje de las masas de agua acumuladas en las hondonadas.

Hidrología

San Antonio es una laguna permanente, dulce y somera, y es la menos extensa de las tres que componen el Complejo Lagunar de Puerto Real. Presenta una red de drenaje poco desarrollada. Además, presenta un nivel máximo de inundación de apenas medio metro, drenando el exceso hacia la cuenca de la Laguna del Taraje.

Esta laguna recibe las aguas procedentes de la estación depuradora "El Montañés" prácticamente de manera continua, lo que ha alterado el hidroperíodo de este sistema, pasando de temporal a permanente. No obstante, en los periodos más secos también experimenta un descenso muy acusado en su nivel de inundación. El aporte artificial que recibe de la depuradora propicia su nivel hídrico estable, que alcanza como máximo 0,5 m, cota a la que presenta un aliviadero.

Flora

La vegetación propia del humedal la constituye un carrizal con carrizo (*Phragmites australis*) y enea (*Typha dominguensis*) que ocupa gran parte del interior de la laguna. Por fuera de este aparece un tarajal con especies

como *Tamarix africana* y *T. canariensis*, que se encuentra acompañado de juncales de *Juncus maritimus* y *J. subulatus*, y de formaciones de *Scirpus maritimus*. Otras formaciones vegetales que pueden reconocerse alrededor de a la laguna son praderas de *Elymus repens*, ocupando las zonas más externas, y una pequeña chopera de *Populus alba* en el extremo sur de la laguna.

Fauna

La fauna de las lagunas del Complejo Endorreico de Puerto Real se describe con detalle en el apartado relativo a la Laguna del Comisario (ver apartado 2.2).

Estado de conservación

Los aportes de la depuradora han hecho disminuir la salinidad, dulcificando las aguas, lo que junto a su permanencia ha favorecido la colonización de un denso carrizal/eneal sin que existan prácticamente aguas libres. Esta formación contribuye significativamente a la retención de materiales, lo que unido a la alta carga de sólidos en suspensión que tienen las aguas que recibe, procedentes de las purgas de los decantadores de fango, hacen que la laguna se esté colmatando aceleradamente. Esta circunstancia se agrava con el arrastre de materiales de los terrenos de cultivo adyacentes.

3 METODOLOGÍA

Se detalla en este apartado la metodología propuesta para la estimación de los requerimientos hídricos de las 8 zonas húmedas designadas como masas de agua, presentes en la DHGB.

En estos casos se propone estimar los requerimientos hídricos de tipo ambiental como los necesarios para mantener la lámina de agua y la vegetación del humedal.

En primer lugar, se identifica la temporalidad de cada laguna, para considerar una lámina de agua permanente o temporal (considerando su desecación en época estival).

El método de cálculo se ha basado en analizar los recursos que recibe el lago o laguna (en su vegetación de ribera y lámina de agua) de forma directa por la precipitación, analizándose si con estos recursos es suficiente para mantener la dinámica de la laguna con sus fluctuaciones naturales (incluyendo la práctica desecación en verano de las temporales), o bien si son necesarios aportes adicionales, tanto de origen superficial de su cuenca vertiente como de origen subterráneo procedente de acuíferos interrelacionados.

Se ha considerado que los requerimientos hídricos de estos lagos son los necesarios para mantener la orla de la vegetación y la lámina de agua, por lo que estos requerimientos deben compensar la evapotranspiración de la vegetación y la evaporación de la lámina de agua.

Se estiman los requerimientos hídricos, por tanto, como las pérdidas por evapotranspiración de la orla de vegetación asociada a la zona húmeda (diferenciando el carrizo, si aplica, del resto de vegetación, por sus altas necesidades de agua) menos la precipitación efectiva sobre la vegetación,

más las pérdidas por evaporación de la lámina de agua libre menos la precipitación sobre la misma.

La expresión final de los requerimientos hídricos o demanda ambiental es:

$$\begin{aligned}
 DA = & (S \text{ orla de vegetación} \times (ETR \text{ orla vegetación} - Pe)) + (S \text{ carrizo} \times (ETR \\
 & \text{carrizo} - Pe)) + \\
 & (S \text{ lámina de agua} \times (EV - P))
 \end{aligned}$$

Donde:

- DA es la demanda ambiental consuntiva (m³/año)
- S es la superficie (ha)
- ETR es la evapotranspiración real (mm/año)
- EV es la evaporación (mm/año)
- P es la precipitación (mm/año)
- Pe es la precipitación efectiva (mm/año)

Para estimar la superficie de agua y de vegetación asociada a la zona húmeda que van a tener requerimientos hídricos se ha empleado la cartografía del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (en adelante, SIOSE) del año 2014, apoyándose de diferentes ortofotos en diferentes fechas.

En el Capítulo 5 se muestra la cartografía del SIOSE y las superficies de agua y vegetación finalmente consideradas para el cálculo de los requerimientos hídricos de estas zonas húmedas, que se sintetizan en la Tabla nº 2.

Código	Nombre	Sup. masa de agua (ha)	Sup. IEZH (ha)	Sup. IHA (ha)	Sup. consideradas	
					Sup. Lámina agua (ha)	Sup. veg. asociada (ha)
ES063MSPF000203660	Laguna de Medina	111,89	120,33	120,33	109,54	21,08

Código	Nombre	Sup. masa de agua (ha)	Sup. IEZH (ha)	Sup. IHA (ha)	Sup. consideradas	
					Sup. Lámina agua (ha)	Sup. veg. asociada (ha)
ES063MSPF000203670	Laguna del Comisario	21,2	42,28	42,28	16,78	19,04
ES063MSPF005200200	Laguna Dulce de Zorrilla	5,57	12,63	19,99	7,20	6,47
ES063MSPF005200210	Laguna Salada	32,45	35,53	35,53	27,93	7,79
ES063MSPF005200270	Laguna de Jeli	11,35	37,07	37,07	26,52	10,58
ES063MSPF005200280	Laguna de Montellano	9,36	16,18	16,18	6,84	3,68
ES063MSPF005200290	Laguna de Taraje	17,89	38,57	37,06	11,61	29,35
ES063MSPF005200230	Laguna de San Antonio	18,57	25,15	25,15	7,83	12,17

Tabla nº 2. Superficie considerada en la estimación de requerimiento de necesidades hídricas

La metodología aquí expuesta parte de un enfoque y análisis simplificado que ha posibilitado determinar unos requerimientos hídricos en todas las masas de agua de la categoría lago de la demarcación en un plazo de tiempo y con una disponibilidad de información limitados. Por este motivo, los resultados han de tomarse como una primera aproximación que se irán mejorando conforme se vayan produciendo avances en el conocimiento de esta temática, en general, y para la DHGB, en particular.

3.1 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LA ORLA DE VEGETACIÓN

Para estimar los requerimientos hídricos de la vegetación asociada a la zona húmeda son necesarios los valores de superficie de la vegetación, su

evapotranspiración (ETR) y precipitación efectiva (Pe). Este análisis se realiza mes a mes para un año hidrológico medio, característico de la serie corta (1980/81-2017/18).

La **superficie de la vegetación** asociada se ha estimado con ayuda de ortofotos de diferentes años y se ha apoyado, tal y como se ha comentado, con la cartografía del SIOSE.

El valor de la **ETR** se ha obtenido con el modelo SIMPA para la serie corta (1980/81-2017/18), seleccionando una celda de SIMPA (tamaño 500x500 m) suficientemente representativa, donde se vea con ortofoto que predomina la vegetación asociada a la masa lago, tal y como se muestra en la figura siguiente (Figura nº 10).



Figura nº 10. Zona de vegetación donde se toma el valor de ETR/ETP SIMPA (1980/81-2017/18)

La **precipitación efectiva** como término agrario es el porcentaje de lluvia que puede compensar las necesidades hídricas de los cultivos, ya que es la lluvia que es aprovechable en la zona de las raíces de la planta permitiendo a la planta germinar o mantener su crecimiento.

La precipitación efectiva para la vegetación se ha estimado de manera simplificada teniendo en cuenta los valores mensuales de SIMPA de la serie corta (1980/81-2017/18) de la evapotranspiración potencial (ETP) y la precipitación (P). Y se ha establecido una precipitación efectiva como el valor mínimo entre ellos, de tal manera que:

- si la $P > ETP$, la P_e será aquella que permite satisfacer todas las necesidades de la planta (valor igual a la ETP), y
- si la $P < ETP$, la P_e en este caso será la máxima precipitación que pueda utilizar la planta (valor igual a la P), que es lo que ocurre en todos los meses en un año medio.

En la Tabla nº 3 se muestra un ejemplo de estimación de la precipitación efectiva.

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
ETP (mm)	70,05	41,79	28,47	30,31	45,06	69,06	100,94	134,13	168,98	189,76	164,74	113,83
P (mm)	53,20	38,39	28,20	29,91	44,25	63,98	86,30	96,82	40,67	0,77	3,91	28,49
Precipitación efectiva (P_e) (mm)	53,20	38,39	28,20	29,91	44,25	63,98	86,30	96,82	40,67	0,77	3,91	28,49

Tabla nº 3. Estimación simplificada de la P_e en la Laguna Dulce de Zorrilla

En la estimación de los requerimientos hídricos para el mantenimiento de la orla de vegetación asociada a la laguna es importante diferenciar la vegetación de carrizo (*Phragmites australis*) del resto de vegetación. El carrizo es una vegetación con unos valores de evapotranspiración muy

elevados, que da lugar a unos requerimientos de agua mucho mayores que el resto de vegetación de ribera.

Mediante el empleo del ETP de SIMPA con celdas 500x500 metros es difícil discriminar este tipo de vegetación. Por ello, la ETP del carrizo se estima mediante bibliografía, aplicando el procedimiento FAO-56 (*Food and Agriculture Organization* -FAO-, 2006), consistente en el producto de un coeficiente de cultivo (K_c) por la evapotranspiración de referencia (ET_0). La formulación adoptada para el carrizo es:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$

Donde:

- ET_c : evapotranspiración del cultivo (mm)
- K_c : coeficiente del cultivo (adimensional)
- ET_0 : evapotranspiración del cultivo de referencia (mm)

En la Figura nº 11 se esquematiza este procedimiento.

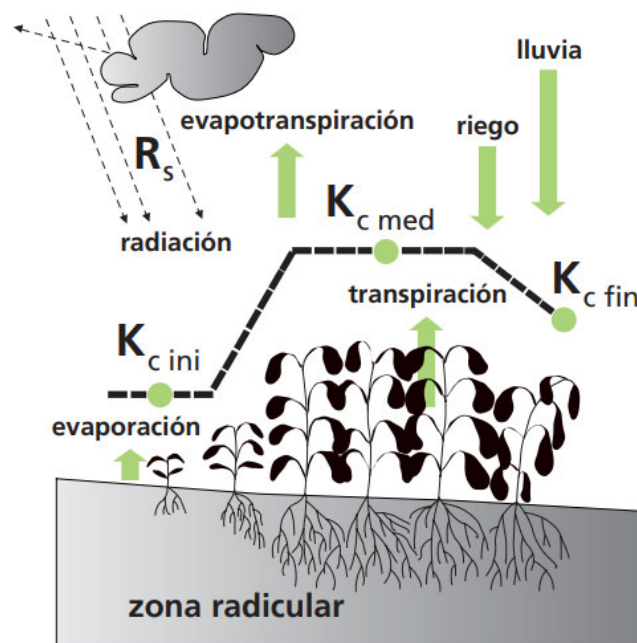


Figura nº 11. Evapotranspiración del cultivo y curva del K_c en función del desarrollo

Para la estimación de la ET_0 se ha consultado la Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIA), de la Junta de Andalucía, y bibliografía de la FAO:

- a) Por un lado, la RIA, a través de una serie de estaciones meteorológicas automáticas distribuidas en diferentes zonas de Andalucía, permite disponer de información agrometeorológica para el conjunto de los regadíos de Andalucía, entre los que se encuentran valores de evapotranspiración de referencia (ET_0).

De las estaciones agroclimáticas se ha seleccionado la de Moguer, por ser la más cercana al conjunto de zonas húmedas objeto de análisis en el presente documento (Tabla nº 4).

- b) Por otro lado, en los estudios de la FAO se exponen unos valores de coeficientes de cultivo (K_c) para diferentes cultivos y formaciones vegetales, entre ellas el carrizo (Tabla nº 5).

ET_0 (mm)	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	SUMA
Puerto de Santa María	97,46	63,79	48,69	51,96	62,88	105,92	136,23	178,62	197,65	200,31	174,20	129,41	1.447,13

Tabla nº 4. Valores ET_0 medios (06/04/2001 al 09/12/2010) en la estación del Puerto de Santa María

Cultivo	$K_{c\text{ini}}$	$K_{c\text{med}}$	$K_{c\text{fin}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
o. Humedales – clima templado				
Anea (Typha), Junco (Scirpus), muerte por heladas	0,30	1,20	0,30	2
Anea, Junco, sin heladas	0,60	1,20	0,60	2
Vegetación pequeña, sin heladas	1,05	1,10	1,10	0,3
Carrizo (Phragmites), con agua sobre el suelo	1,00	1,20	1,00	1-3
Carrizo, suelo húmedo	0,90	1,20	0,70	1-3

Tabla nº 5. Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo, K_c

Con estos valores de K_c se ha optado por dar al carrizo una K_c de 1 con lo que aplicando la fórmula $ET_c = ET_o \cdot K_c$, el valor de evapotranspiración estimado para el carrizo en los humedales objeto de análisis en el presente documento sería el mostrado en la Tabla nº 6.

Evapotranspiración (mm)	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	SUMA
Carrizo	97,46	63,79	48,69	51,96	62,88	105,92	136,23	178,62	197,65	200,31	174,20	129,41	1.447,13

Tabla nº 6. Valores estimados de ETR del carrizo para los humedales analizados

Por lo tanto, como se ha comentado, el carrizo presenta unos valores de evapotranspiración muy elevados, cercanos al ET_o , al menos hasta su secado si retrocede la lámina de agua y se reducen sus disponibilidades hídricas.

En este estudio se ha estimado que los humedales con un denso carrizal (según la descripción contenida en el Decreto 1/2017, de 10 de enero, por el que se aprueban el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de las Reservas Naturales de las Lagunas de Cádiz (BOJA N° 25, martes 7 de febrero de 2017), tienen de media un 20% de la superficie de vegetación ocupado por carrizo. Este porcentaje se ha estimado mediante revisión de ortofotos en diferentes fechas. Para el resto de humedales en los que se describe la existencia de carrizal sin especificar superficies ni que sea un denso carrizal, esta superficie se ha estimado en el 10% de la superficie de vegetación asociada al humedal.

En la Tabla nº 7, Tabla nº 8 y Tabla nº 9 se detalla para cada laguna el promedio mensual de las variables ETP y ETR obtenidas con SIMPA para la serie corta (1980/81-2017/18) y la estimación de la P_e , respectivamente; variables empleadas para la estimación de los requerimientos hídricos de la orla de vegetación asociada a cada laguna.



Código	Nombre	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
ES063MSPF000203660	Laguna de Medina	72,83	44,59	30,74	32,72	47,71	70,45	101,56	137,64	172,30	185,76	163,75	111,77	1.171,80
ES063MSPF000203670	Laguna del Comisario	70,07	43,84	31,11	32,66	46,50	68,31	97,87	136,09	160,68	181,40	159,42	109,42	1.137,38
ES063MSPF005200200	Laguna Dulce de Zorrilla	70,05	41,79	28,47	30,31	45,06	69,06	100,94	134,13	168,98	189,76	164,74	113,83	1.157,11
ES063MSPF005200210	Laguna Salada	68,39	41,36	28,92	30,45	45,23	68,29	96,82	133,40	160,67	178,40	154,88	107,15	1.113,96
ES063MSPF005200270	Laguna de Jeli	72,07	45,15	32,61	34,48	49,12	72,70	100,47	137,98	164,85	182,04	159,95	110,54	1.161,96
ES063MSPF005200280	Laguna de Montellano	70,32	44,02	31,71	33,54	47,37	70,04	97,69	135,59	159,92	178,62	157,33	108,24	1.134,37
ES063MSPF005200290	Laguna de Taraje	70,12	43,40	30,71	32,53	46,59	67,65	97,17	135,10	159,95	179,84	158,36	109,08	1.130,50
ES063MSPF005200230	Laguna de San Antonio	69,27	43,41	30,81	32,31	46,48	67,52	95,73	135,24	158,73	178,61	157,54	108,42	1.124,07

Tabla nº 7. Valores de ETP (mm) según el modelo SIMPA, serie corta (1980/81-2017/18)

Código	Nombre	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
ES063MSPF000203660	Laguna de Medina	52,30	46,58	34,54	35,56	51,73	68,50	93,00	83,88	36,95	3,35	4,65	25,65	536,71
ES063MSPF000203670	Laguna del Comisario	48,54	43,58	33,89	33,72	47,06	66,47	92,60	97,62	47,12	8,55	4,89	24,72	548,75
ES063MSPF005200200	Laguna Dulce de Zorrilla	53,18	38,38	28,20	29,92	44,26	64,02	86,29	97,01	41,69	0,91	3,92	28,48	516,26
ES063MSPF005200210	Laguna Salada	49,63	43,31	32,23	34,53	49,95	67,97	88,07	88,69	35,11	9,04	3,03	24,20	525,78
ES063MSPF005200270	Laguna de Jeli	47,68	40,77	31,43	32,52	45,42	65,88	88,46	94,10	38,14	2,73	4,08	23,15	514,36
ES063MSPF005200280	Laguna de Montellano	50,07	43,09	32,20	33,89	47,06	68,54	91,66	97,83	50,28	9,50	6,13	25,08	555,34
ES063MSPF005200290	Laguna de Taraje	45,74	42,96	32,40	33,43	46,37	63,22	87,94	85,12	34,12	7,76	4,13	22,17	505,35
ES063MSPF005200230	Laguna de San Antonio	47,35	43,28	33,83	34,63	46,77	64,85	89,50	86,82	38,06	7,33	4,07	23,86	520,37

Tabla nº 8. Valores de ETR (mm) según el modelo SIMPA, serie corta (1980/81-2017/18)



Código	Nombre	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
ES063MSPF000203660	Laguna de Medina	46,17	39,85	30,16	30,63	43,83	59,68	82,45	68,72	12,20	1,06	4,99	24,39	444,13
ES063MSPF000203670	Laguna del Comisario	45,10	39,29	29,59	29,37	42,35	60,65	85,58	93,84	39,99	1,49	4,37	24,64	496,27
ES063MSPF005200200	Laguna Dulce de Zorrilla	53,20	38,39	28,20	29,91	44,25	63,98	86,30	96,82	40,67	0,77	3,91	28,49	514,89
ES063MSPF005200210	Laguna Salada	44,68	36,66	27,72	29,10	43,07	59,67	77,59	65,40	9,73	1,04	3,21	23,96	421,83
ES063MSPF005200270	Laguna de Jeli	48,08	40,82	31,77	32,81	46,01	66,12	88,80	94,41	38,05	2,58	4,09	22,92	516,46
ES063MSPF005200280	Laguna de Montellano	46,34	39,71	28,67	30,18	42,54	62,90	86,12	97,80	50,10	5,00	4,60	25,33	519,30
ES063MSPF005200290	Laguna de Taraje	43,28	38,72	29,18	30,19	41,58	58,29	81,53	70,13	13,21	1,55	4,41	22,11	434,18
ES063MSPF005200230	Laguna de San Antonio	44,46	39,18	30,25	30,76	42,12	59,63	83,31	83,32	22,53	1,63	3,70	25,48	466,37

Tabla nº 9. Valores de Pe (mm). Estimación simplificada con datos de ETP y Precipitación

3.2 REQUERIMIENTO HÍDRICOS POR EVAPORACIÓN DE LA LÁMINA DE AGUA

La estimación de estos requerimientos hídricos o demanda ambiental se considera que debe ser igual a las pérdidas por evaporación de la lámina de agua menos la precipitación.

$$DA = S \text{ lámina de agua} \times (EV - P)$$

Donde:

- DA es la demanda ambiental consuntiva (m³/año)
- S es la superficie de lámina de agua (ha)
- EV es la evaporación (mm/año)
- P es la precipitación (mm/año)

Primeramente, se calcula la **superficie de la lámina de agua** libre empleando la delimitación GIS de las masas de agua, la cartografía de usos del suelo del SIOSE y mediante el apoyo de imágenes satélite de diferentes fechas.

El valor de **evaporación** considerada se ha obtenido de los valores de evaporación calculados para los embalses en el Anejo VI (Asignación y reservas de recursos a usos) del Plan Hidrológico, asumiendo para cada lago o laguna los datos de evaporación del embalse más cercano.

Por último, el valor de **precipitación** considerado ha sido el valor procedente del modelo SIMPA de la serie corta (1980/81-2017/18).

Este análisis se realiza mes a mes para un año hidrológico medio, característico de la serie corta (1980/81-2017/18).

Además, se ha tenido en cuenta un factor hidrológico esencial para el mantenimiento de este tipo de lagunas. Este factor es la temporalidad de la

laguna, es decir la presencia de una lámina de agua en la laguna a lo largo del año hidrológico. Esta temporalidad de las lagunas está documentada en el IHA. Partiendo de esta fuente de información se ha comprobado este factor hidrológico analizando las imágenes por satélite disponibles.

En base a este factor, las lagunas pueden ser clasificadas en:

- Permanente: si la laguna permanece inundada todo el año. En este caso los valores considerados de precipitación y evaporación son los valores medios anuales.
- Temporal: si la laguna permanece inundada alrededor de 9 meses al año. Se ha establecido un nuevo valor para la precipitación y evaporación que resulta del total de los meses del año, exceptuando los tres de verano (julio, agosto y septiembre) en los que no hay lámina de agua.
- Efímera: si la laguna permanece inundada alrededor de 3 meses al año. En este caso los valores considerados teniendo en cuenta los tres meses que cubren la casi totalidad de la primavera (abril, mayo, junio) y donde hay más probabilidades de que sean los meses en que la laguna esté con lámina de agua.

De las 8 zonas húmedas identificadas como masas de agua, 3 de ellas permanecen inundadas todo el año, mientras que las otras 5 son temporales y llegan a secarse en periodos secos.

En la Tabla nº 13 y la Tabla nº 14 se detalla para cada laguna el promedio mensual de evaporación y precipitación, respectivamente.

Por su parte, la Tabla nº 15 muestra el balance mensual considerando los recursos que recibe el lago o laguna de forma directa por la infiltración de la



lluvia menos las pérdidas por evaporación en la lámina de agua, donde se ve reflejado las situaciones de déficit a las que se llega en cada una de las 8 masas de agua consideradas. Todos los meses, excepto el periodo de noviembre a febrero, se presentarían deficitarios.





Código	Nombre	Temporalidad	Embalse más cercano	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
ES063MSPF000203660	Laguna de Medina	Permanente	E. de Guadalcaçín	81,60	47,80	37,40	38,80	55,80	81,10	110,70	143,40	182,70	199,10	181,60	131,70	1.291,70
ES063MSPF000203670	Laguna del Comisario	Temporal	E. de Guadalcaçín	81,60	47,80	37,40	38,80	55,80	81,10	110,70	143,40	182,70	--	--	--	779,30
ES063MSPF005200200	Laguna Dulce de Zorrilla	Permanente	E. de Guadalcaçín	81,60	47,80	37,40	38,80	55,80	81,10	110,70	143,40	182,70	199,10	181,60	131,70	1.291,70
ES063MSPF005200210	Laguna Salada	Temporal	E. de Arcos	117,70	74,60	61,60	57,10	66,70	102,60	110,50	147,40	185,20	--	--	--	923,40
ES063MSPF005200270	Laguna de Jeli	Permanente	E. de Guadalcaçín	81,60	47,80	37,40	38,80	55,80	81,10	110,70	143,40	182,70	199,10	181,60	131,70	1.291,70
ES063MSPF005200280	Laguna de Montellano	Temporal	E. de Guadalcaçín	81,60	47,80	37,40	38,80	55,80	81,10	110,70	143,40	182,70	--	--	--	779,30
ES063MSPF005200290	Laguna de Taraje	Temporal	E. de Guadalcaçín	81,60	47,80	37,40	38,80	55,80	81,10	110,70	143,40	182,70	--	--	--	779,30
ES063MSPF005200230	Laguna de San Antonio	Temporal	E. de Guadalcaçín	81,60	47,80	37,40	38,80	55,80	81,10	110,70	143,40	182,70	--	--	--	779,30

Tabla nº 10. Valores de evaporación (mm)

Código	Nombre	Temporalidad	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
ES063MSPF000203660	Laguna de Medina	Permanente	68,41	95,87	89,21	70,83	52,51	51,70	46,48	32,34	6,18	0,74	4,65	25,65	544,57
ES063MSPF000203670	Laguna del Comisario	Temporal	68,95	104,83	96,13	73,86	62,46	55,64	44,59	33,53	7,48	--	--	--	547,47
ES063MSPF005200200	Laguna Dulce de Zorrilla	Permanente	80,56	93,19	107,06	74,31	61,86	53,19	53,04	38,42	6,74	0,61	3,92	29,35	602,24
ES063MSPF005200210	Laguna Salada	Temporal	67,68	92,40	86,68	67,49	56,11	51,67	45,45	30,87	7,11	--	--	--	505,46
ES063MSPF005200270	Laguna de Jeli	Permanente	67,74	102,81	99,59	73,29	64,57	57,29	47,92	28,45	6,69	2,38	4,08	23,58	578,40
ES063MSPF005200280	Laguna de Montellano	Temporal	68,59	104,40	101,26	74,20	65,90	58,61	47,06	30,36	7,23	--	--	--	557,61
ES063MSPF005200290	Laguna de Taraje	Temporal	63,83	102,58	85,67	72,55	57,82	55,68	45,09	31,41	7,30	--	--	--	521,92
ES063MSPF005200230	Laguna de San Antonio	Temporal	65,76	102,94	93,09	72,86	60,02	55,53	44,94	32,39	7,48	--	--	--	535,01

Tabla nº 11. Valores de precipitación (mm) según el modelo SIMPA, serie corta (1980/81-2017/18)



Código	Nombre	Temporalidad laguna	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	BALANCE ANUAL	Déficit final considerado ⁽¹⁾
ES063MSPF000203660	Laguna de Medina	Permanente	-13,19	48,07	51,81	32,03	-3,29	-29,40	-64,22	-111,06	-176,52	-198,36	-176,95	-106,05	-747,13	-879,04
ES063MSPF000203670	Laguna del Comisario	Temporal	-12,65	57,03	58,73	35,06	6,66	-25,46	-66,11	-109,87	-175,22	--	--	--	-231,83	-389,31
ES063MSPF005200200	Laguna Dulce de Zorrilla	Permanente	-1,04	45,39	69,66	35,51	6,06	-27,91	-57,66	-104,98	-175,96	-198,49	-177,68	-102,35	-689,46	-846,07
ES063MSPF005200210	Laguna Salada	Temporal	-50,02	17,80	25,08	10,39	-10,59	-50,93	-65,05	-116,53	-178,09	--	--	--	-417,94	-471,21
ES063MSPF005200270	Laguna de Jeli	Permanente	-13,86	55,01	62,19	34,49	8,77	-23,81	-62,78	-114,95	-176,01	-196,72	-177,52	-108,12	-713,30	-873,77
ES063MSPF005200280	Laguna de Montellano	Temporal	-13,01	56,60	63,86	35,40	10,10	-22,49	-63,64	-113,04	-175,47	--	--	--	-221,69	-387,66
ES063MSPF005200290	Laguna de Taraje	Temporal	-17,77	54,78	48,27	33,75	2,02	-25,42	-65,61	-111,99	-175,40	--	--	--	-257,38	-396,19
ES063MSPF005200230	Laguna de San Antonio	Temporal	-15,84	55,14	55,69	34,06	4,22	-25,57	-65,76	-111,01	-175,22	--	--	--	-244,29	-393,41

(1) El déficit final considerado se obtiene como la suma de los meses en los que la evaporación supera la precipitación.

Tabla nº 12. Estimación del déficit correspondiente a cada masa de agua

De acuerdo con la metodología descrita, el presente estudio se ha basado en analizar recursos que recibe el lago o laguna de forma directa por la infiltración de lluvia, analizándose si con estos recursos es suficiente para mantener la dinámica de la laguna con sus fluctuaciones naturales o si son necesario aportes adicionales.

En todas las lagunas el balance anual indica la existencia de una situación deficitaria, que implica que necesitan de otros orígenes de recursos además de la lluvia para mantener la lámina de agua.

Se ha considerado como requerimientos hídricos por mantenimiento de la lámina de agua la suma de los meses con déficit, necesidades a suplir con agua de orígenes distintos a lluvia directa sobre la laguna (escorrentía superficial o subterránea). El origen de estos aportes adicionales se ha podido identificar a partir de las fichas del IHA y quedan reflejados en la Tabla nº 1.

4 RESULTADOS

En la Tabla nº 13 y la Tabla nº 14 se recogen, para cada una de las lagunas estudiadas, los requerimientos hídricos de la orla de vegetación asociada y los requerimientos hídricos de la lámina de agua, respectivamente.

Por último, en la Tabla nº 15 se muestra la estimación del requerimiento ambiental para el mantenimiento de cada una de las zonas húmedas. Este resultado debe entenderse como que la precipitación caída sobre el lago por sí sola no permite el mantenimiento de la orla de vegetación y lámina de agua, y hace que sean necesarios otros orígenes de recurso como escorrentía superficial o subterránea.

Nótese que esta estimación de requerimientos hídricos permite mantener, con características climáticas de un año medio, la superficie de lámina de agua indicada durante 12 meses para las lagunas permanentes y durante 9 meses para las lagunas temporales.



CÓDIGO	Masa de agua	Superficie total lámina agua (ha)	VEGETACIÓN						
			Total veg. asociada a zona húmeda para cálculo (ha)	Vegetación (no carrizo) (ha)	Vegetación Carrizo (ha)	ETR Vegetación (no carrizo) (mm/año)	ETR Vegetación Carrizo (mm/año)	Pe (mm/año)	DA Veg. (ETR-Pe) (m ³ /año)
ES063MSPF000203660	Laguna de Medina	109,54	21,08	18,97	2,11	536,71	1.447,13	444,13	38.707
ES063MSPF000203670	Laguna del Comisario	16,78	19,04	17,14	1,90	548,75	1.447,13	496,27	27.099
ES063MSPF005200200	Laguna Dulce de Zorrilla	7,20	6,47	5,18	1,29	516,26	1.447,13	514,89	12.134
ES063MSPF005200210	Laguna Salada	27,93	7,79	7,01	0,78	525,78	1.447,13	421,83	15.275
ES063MSPF005200270	Laguna de Jeli	26,52	10,58	8,46	2,12	514,36	1.447,13	516,46	19.515
ES063MSPF005200280	Laguna de Montellano	6,84	3,68	3,31	0,37	555,34	1.447,13	519,30	4.608
ES063MSPF005200290	Laguna de Taraje	11,61	29,35	26,42	2,94	505,35	1.447,13	434,18	48.527
ES063MSPF005200300	Laguna de San Antonio	7,83	12,17	9,74	2,43	520,37	1.447,13	466,37	29.128
									194.993

Tabla nº 13. Requerimientos hídricos de la orla de vegetación asociada a la laguna



CÓDIGO	Masa de agua	TEMPORALIDAD	EV (Emb. cercano al que se le asocia)	LÁMINA DE AGUA				DA Lám. Agua (EV-Prec) (m ³ /año)
				EV (Lámina Agua) (mm/año)	EV (Lámina Agua) (mm/año) (temporalidad)	Precipitación (SIMPA) (mm/año) (temporalidad)	EV-Prec (mm/año)	
ES063MSPF000203660	Laguna de Medina	Permanente	Embalse de Guadalcacín	1.291,70	1.291,70	544,57	879,04	962.900
ES063MSPF000203670	Laguna del Comisario	Temporal	Embalse de Guadalcacín	1.291,70	779,30	547,47	389,31	65.326
ES063MSPF005200200	Laguna Dulce de Zorrilla	Permanente	Embalse de Guadalcacín	1.291,70	1.291,70	602,24	846,07	60.917
ES063MSPF005200210	Laguna Salada	Temporal	Embalse de Arcos	1.498,10	923,40	505,46	471,21	131.610
ES063MSPF005200270	Laguna de Jeli	Permanente	Embalse de Guadalcacín	1.291,70	1.291,70	578,40	873,77	231.724
ES063MSPF005200280	Laguna de Montellano	Temporal	Embalse de Guadalcacín	1.291,70	779,30	557,61	387,66	26.516
ES063MSPF005200290	Laguna de Taraje	Temporal	Embalse de Guadalcacín	1.291,70	779,30	521,92	396,19	45.998
ES063MSPF005200300	Laguna de San Antonio	Temporal	Embalse de Guadalcacín	1.291,70	779,30	535,01	393,41	30.804
								1.555.794

Tabla nº 14. Requerimientos hídricos de la lámina de agua





CÓDIGO	NOMBRE	Sup. Lámina agua (ha)	Sup. veg. Asociada (ha)	TEMPORALIDAD	DA VEGETACIÓN	DA LÁMINA DE AGUA	DA MANTENIMIENTO ZONA HÚMEDA	Origen requerimiento ambiental	
					(ETR-Pe) (m ³ /año)	(EV-Prec) (m ³ /año)	(ETR-Pe) +(EV-Prec) (m ³ /año)	Origen del recurso principal	Origen del recurso complementario
ES063MSPF000203660	Laguna de Medina	109,54	21,08	Permanente	38.707	962.900	1.001.607	Superficial drenaje cuenca vertiente (principalmente)	Aportes subterráneos muy reducidos (ES063MSBT000620080 Aluvial del Guadalete)
ES063MSPF000203670	Laguna del Comisario	16,78	19,04	Temporal	27.099	65.326	92.425	Superficial drenaje cuenca vertiente	--
ES063MSPF005200200	Laguna Dulce de Zorrilla	7,20	6,47	Permanente	12.134	60.917	73.051	Superficial drenaje cuenca vertiente (principalmente)	Aportes subterráneos muy reducidos procedentes de los terrenos acuitardos
ES063MSPF005200210	Laguna Salada	27,93	7,79	Temporal	15.275	131.610	146.885	Superficial drenaje cuenca vertiente	Aportes subterráneos (ES063MSBT000620100 Sanlúcar - Chipiona - Rota -Puerto de Santa María)

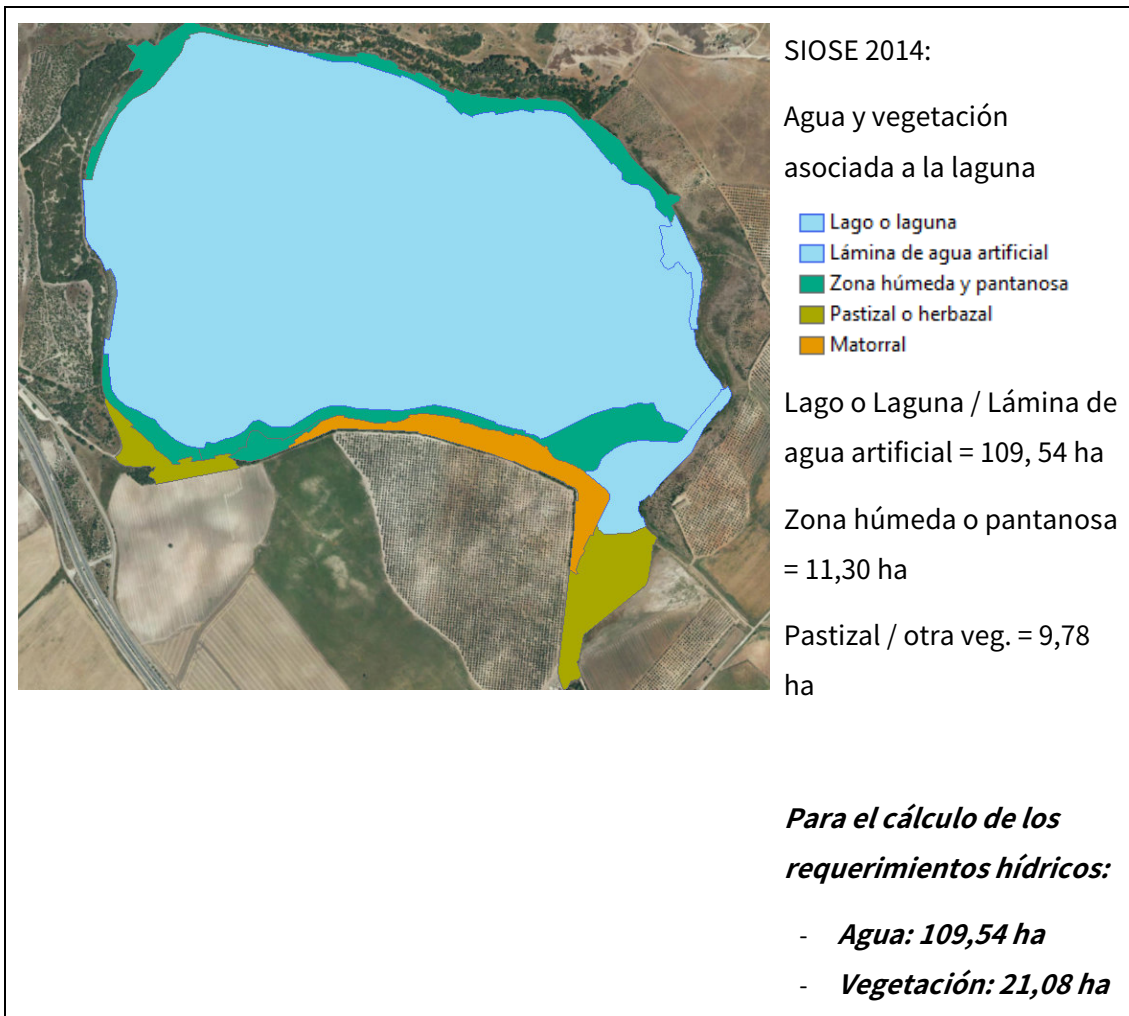
CÓDIGO	NOMBRE	Sup. Lámina agua (ha)	Sup. veg. Asociada (ha)	TEMPORALIDAD	DA VEGETACIÓN	DA LÁMINA DE AGUA	DA MANTENIMIENTO ZONA HÚMEDA	Origen requerimiento ambiental	
					(ETR-Pe) (m³/año)	(EV-Prec) (m³/año)	(ETR-Pe) +(EV-Prec) (m³/año)	Origen del recurso principal	Origen del recurso complementario
ES063MSPF005200270	Laguna de Jeli	26,52	10,58	Permanente	19.515	231.724	251.238	Superficial drenaje cuenca vertiente (principalmente)	Pequeño acuífero interconectado con la laguna, de forma que en algunos periodos la laguna cede al acuífero y viceversa
ES063MSPF005200280	Laguna de Montellano	6,84	3,68	Temporal	4.608	26.516	31.124	Superficial drenaje cuenca vertiente	--
ES063MSPF005200290	Laguna de Taraje	11,61	29,35	Temporal	48.527	45.998	94.525	Superficial drenaje cuenca vertiente	Excedente agua Laguna San Antonio
ES063MSPF005200300	Laguna de San Antonio	7,83	12,17	Temporal	29.128	30.804	59.932	Efluente depurado en la EDAR "El Montañés"	Superficial drenaje cuenca vertiente
					194.993	1.555.794	1.750.787		

Tabla nº 15. Estimación requerimiento ambiental del mantenimiento de la zona húmeda

5 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA Y ORTOFOTOGRAFÍA

5.1 LAGUNA DE MEDINA

	<p> Masa de agua Lago  Inventario Español Zonas Húmedas (IEZH)</p> <p>Masa de agua: 111,89 ha IEZH: 120,33 ha</p>
	<p>Inventario Humedales de Andalucía (IHA)</p> <p>FICHA IHA612026: 120,33 ha</p>





IMÁGENES GOOGLE EARTH



OCTUBRE 2004



FEBRERO 2005











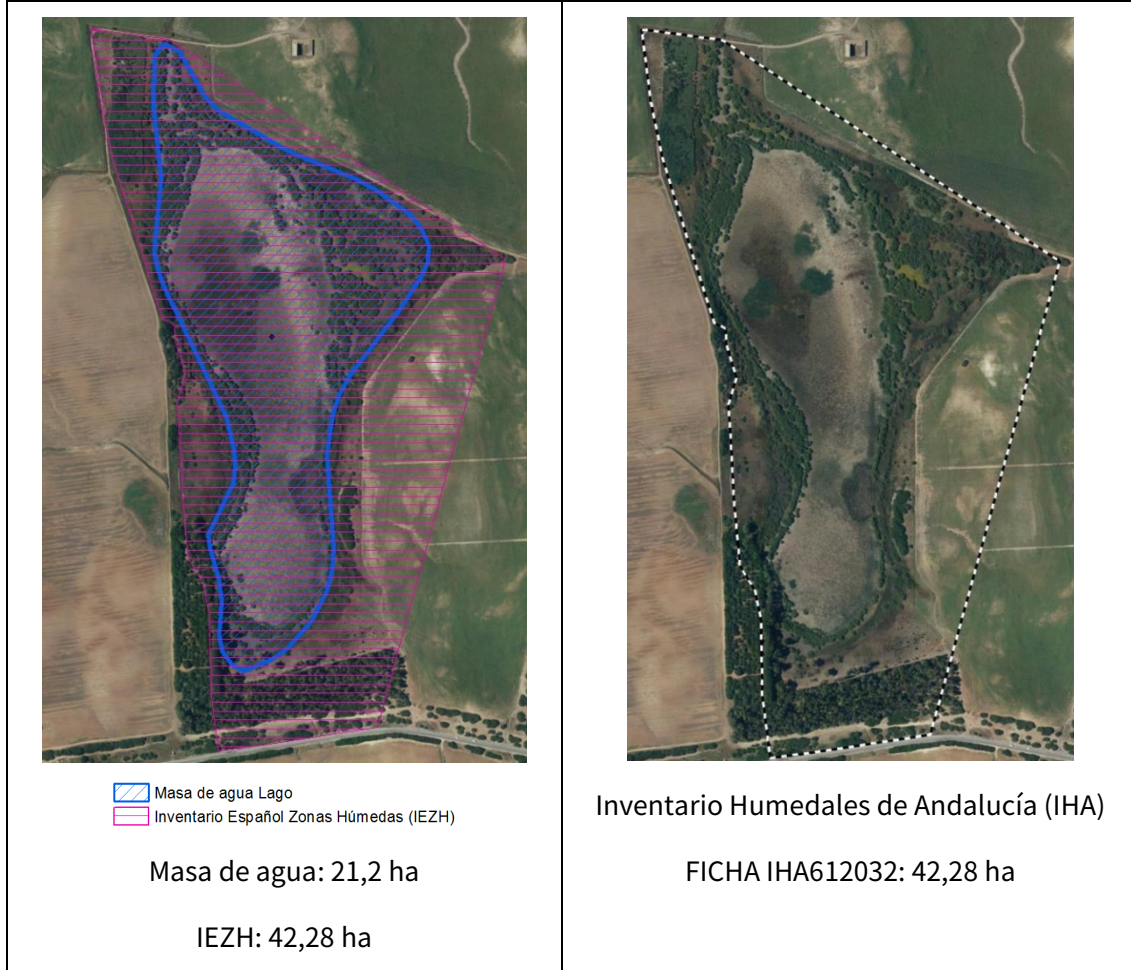
Zoom (vegetación perimetral)

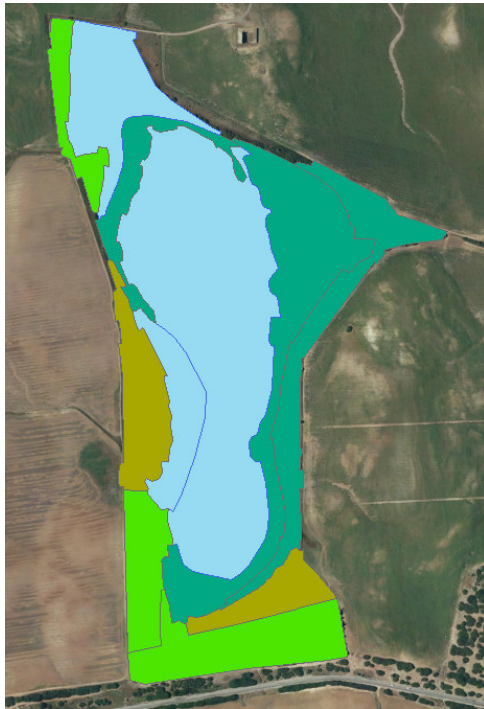






5.2 LAGUNA DEL COMISARIO





SIOSE 2014:

Agua y vegetación asociada a la laguna

- Lago o laguna
- Lámina de agua artificial
- Zona húmeda y pantanosa
- Pastizal o herbazal
- Combinación de vegetación

Lago o Laguna / Lámina de agua artificial =
16,78 ha

Zona húmeda o pantanosa = 9,97 ha

Pastizal / combinación veg. = 9,07 ha

***Para el cálculo de los requerimientos
hídricos:***

- ***Agua: 16,78 ha***
- ***Vegetación: 19,04 ha***



IMÁGENES GOOGLE EARTH

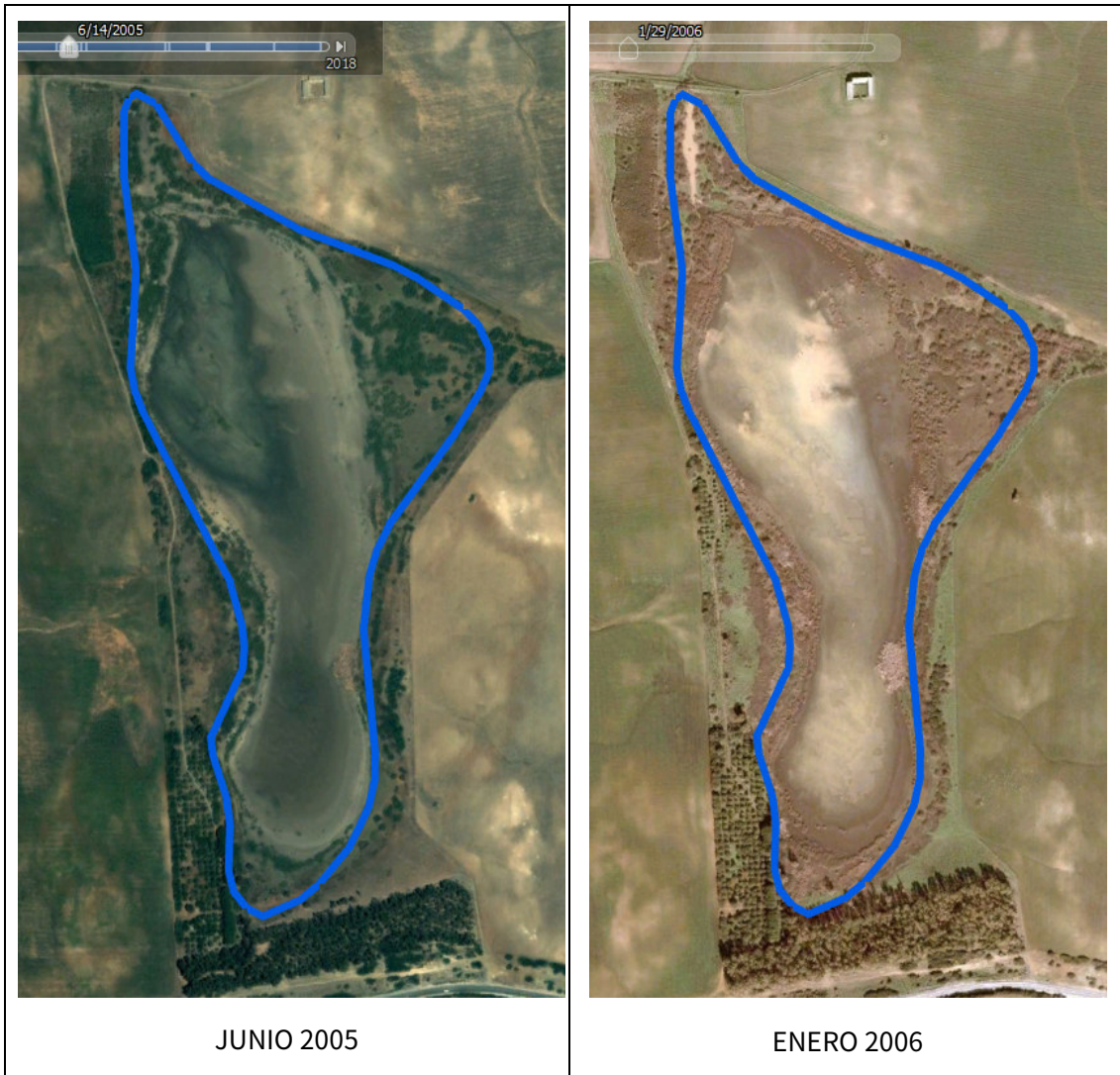


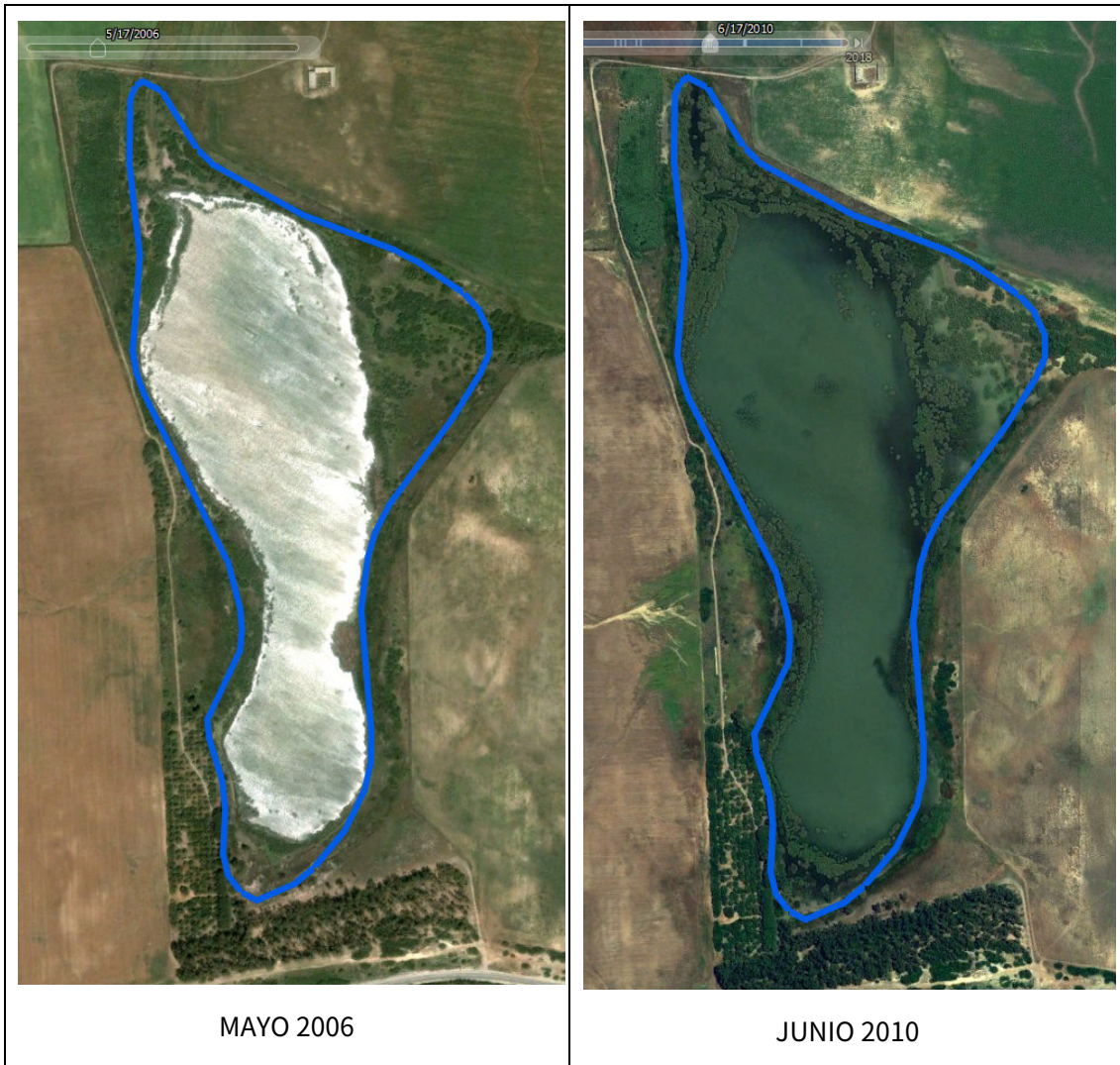
MAYO 2002

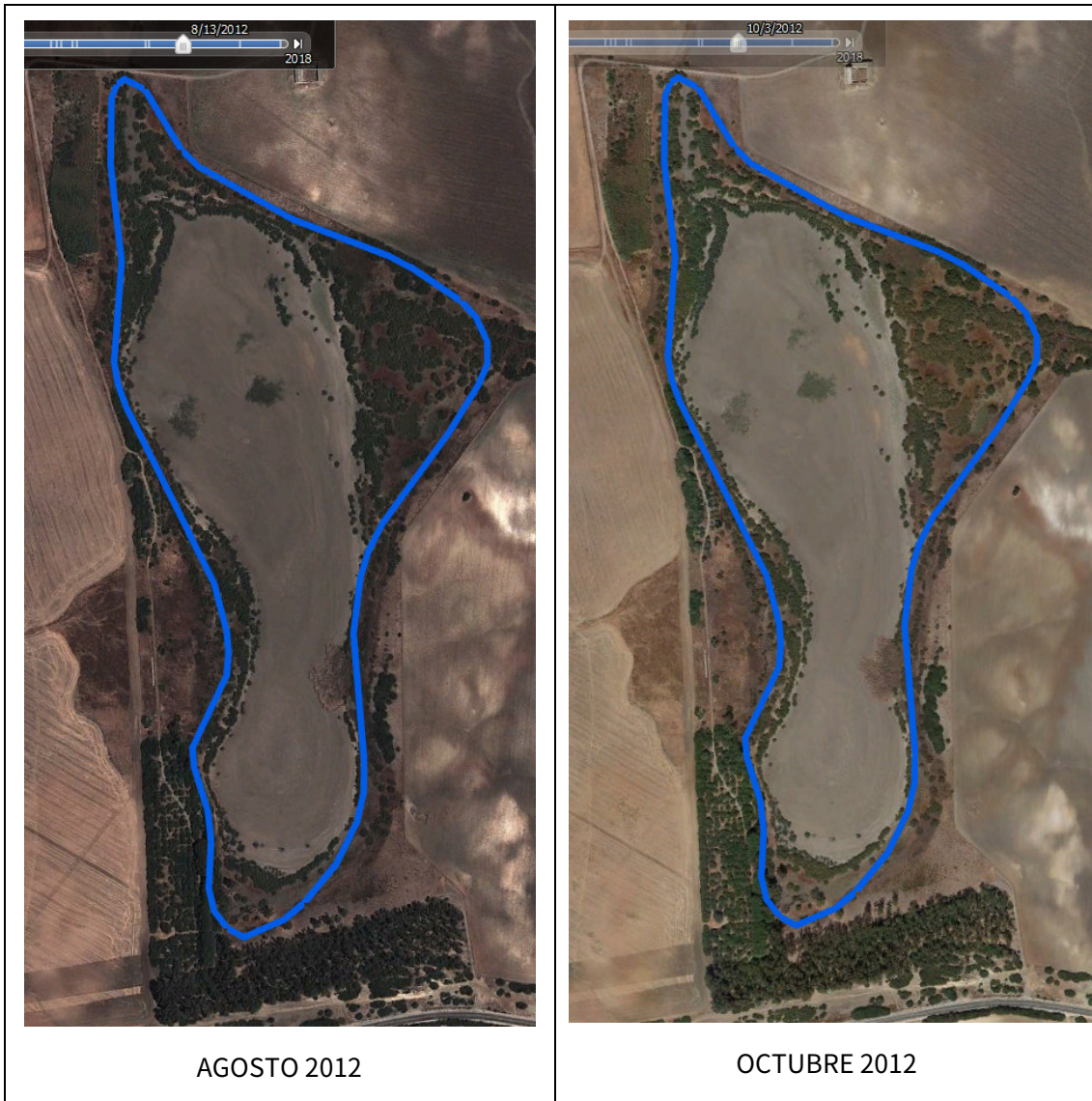


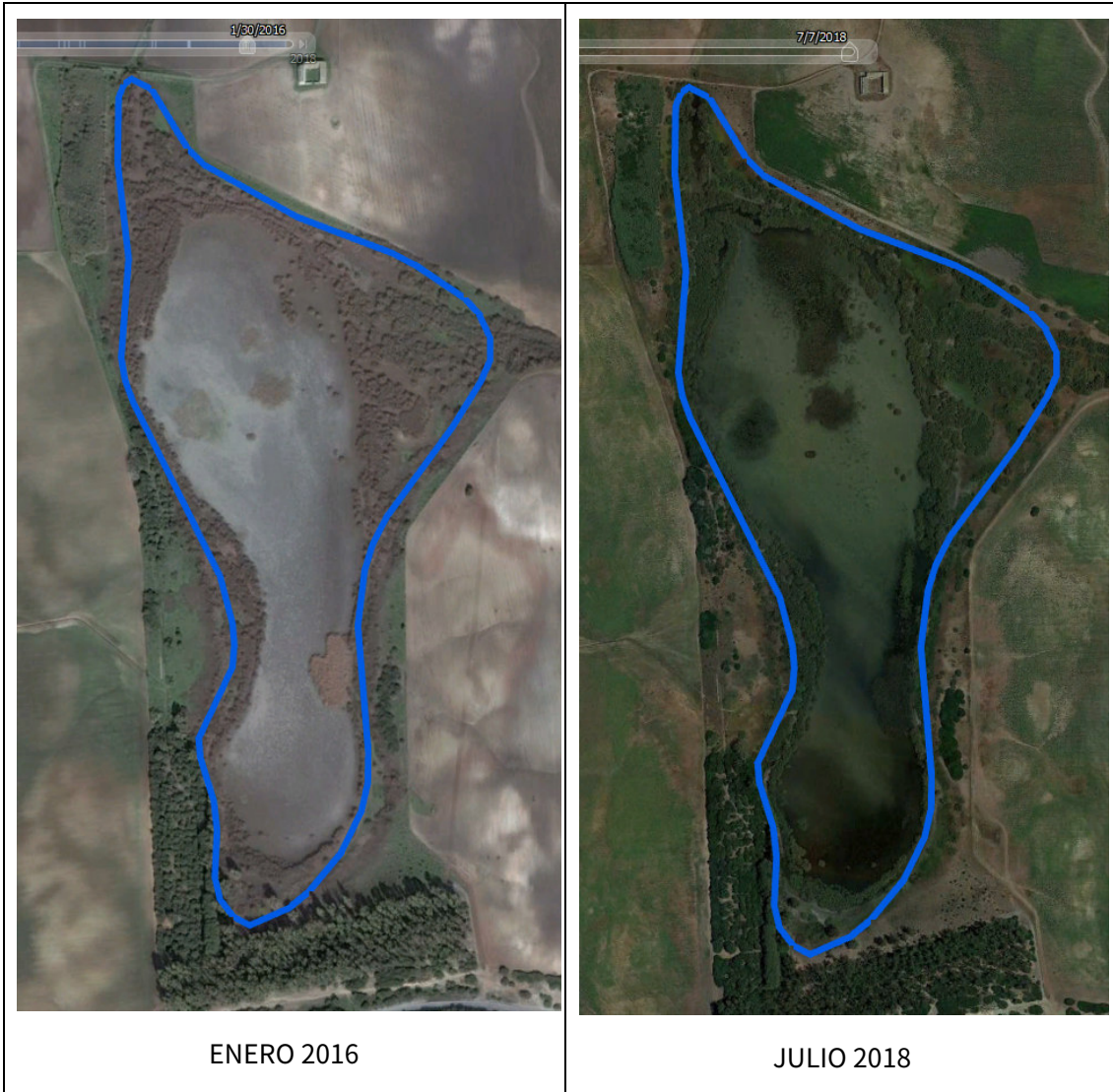
FEBRERO 2005













Zoom (vegetación perimetral)







5.3 LAGUNA DULCE DE ZORRILLA





IMÁGENES GOOGLE EARTH



JULIO 2002



JULIO 2004



OCTUBRE 2004



MARZO 2010

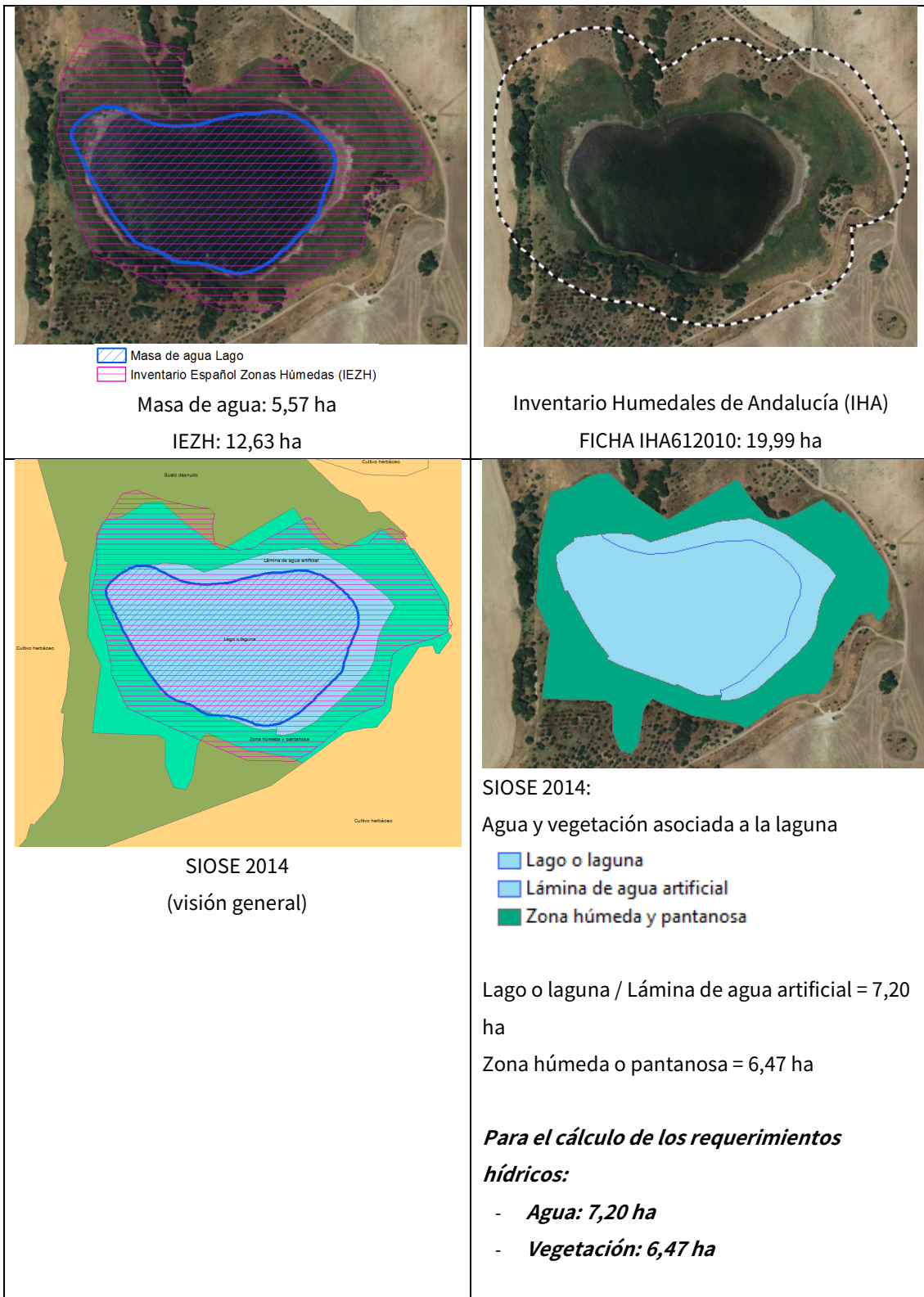


AGOSTO 2010	OCTUBRE 2012
 <p data-bbox="443 835 587 869">JULIO 2015</p>	 <p data-bbox="1015 835 1158 869">JULIO 2017</p>
 <p data-bbox="443 1373 587 1406">JULIO 2018</p>	

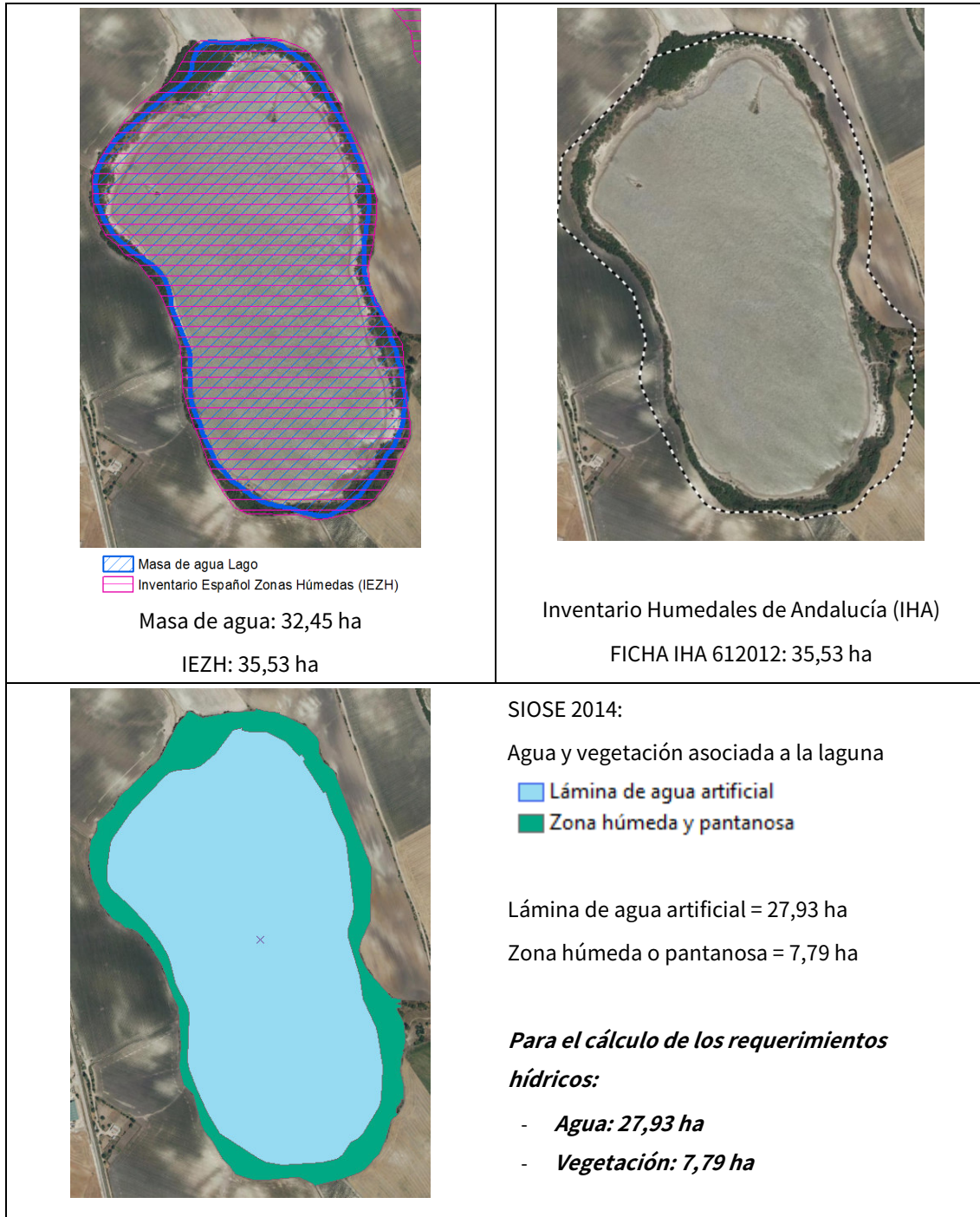


Zoom (vegetación perimetral)





5.4 LAGUNA SALADA





IMÁGENES GOOGLE EARTH



JUNIO 2002



AGOSTO 2002

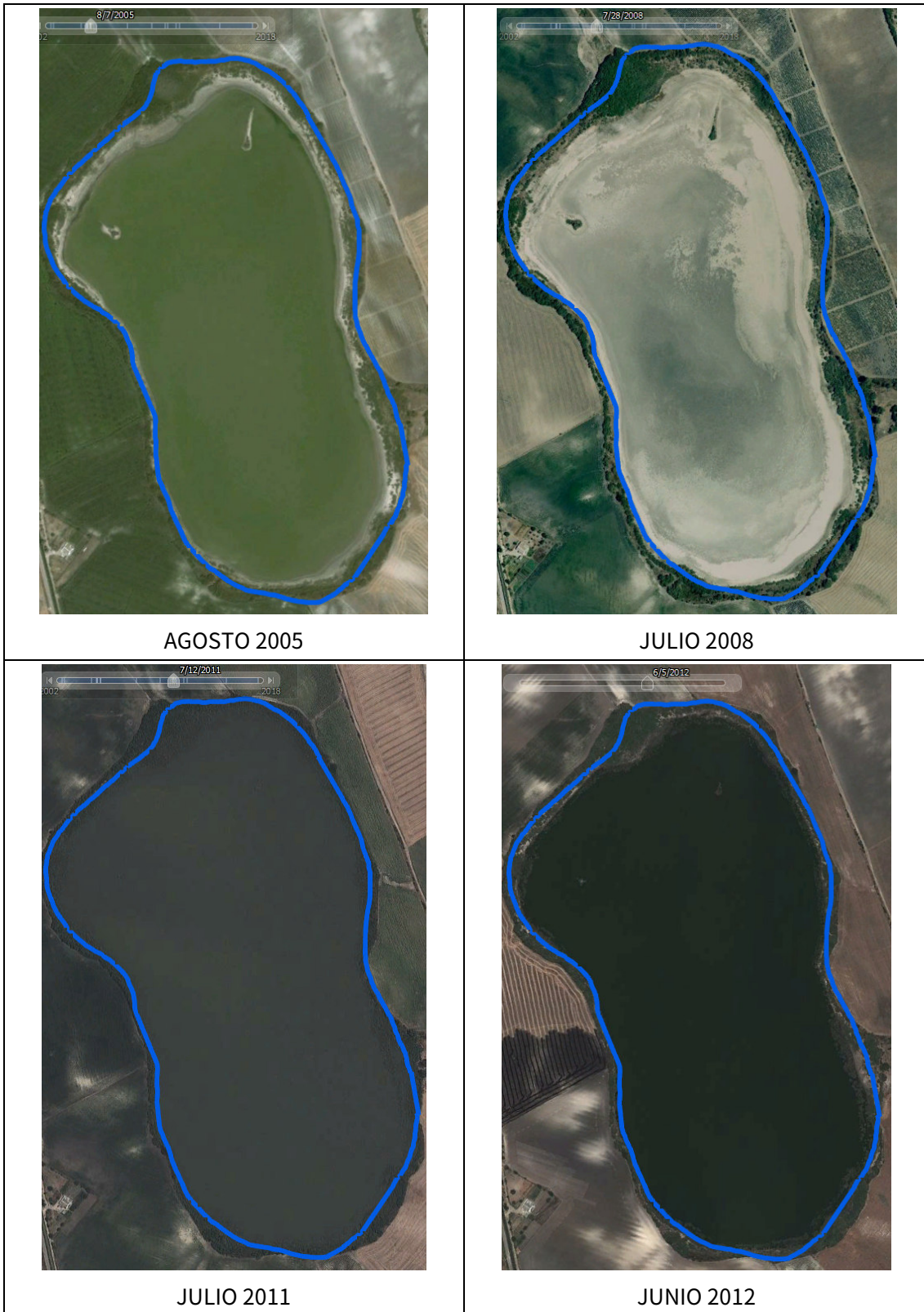


OCTUBRE 2004



ABRIL 2005





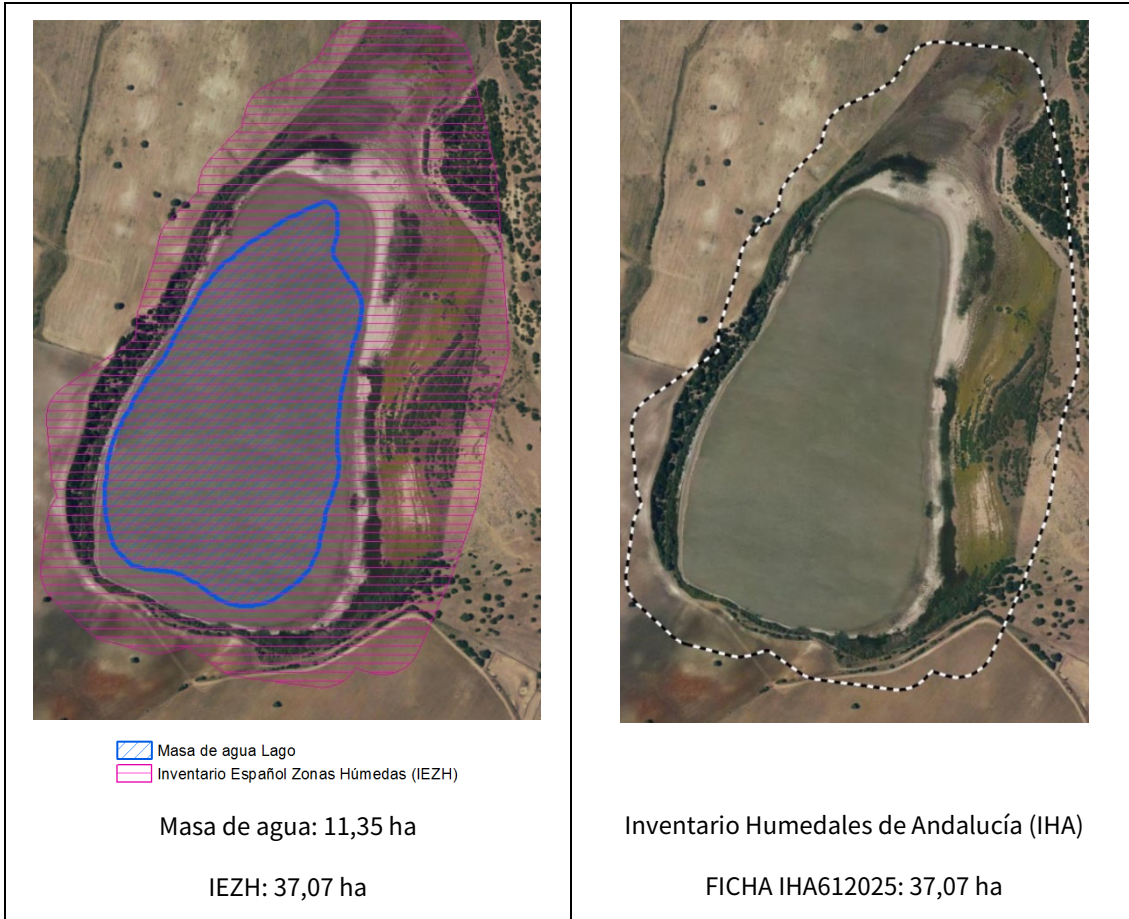


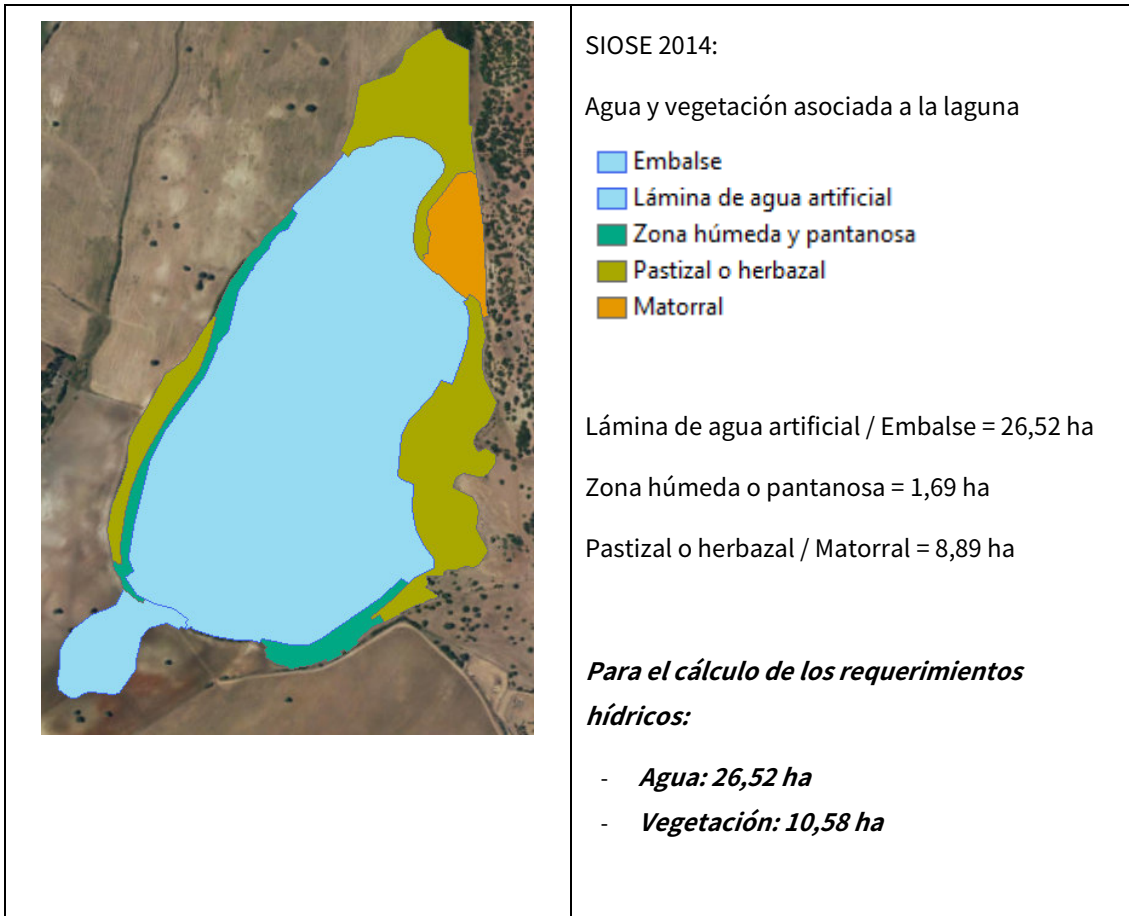


Zoom (vegetación perimetral)



5.5 LAGUNA DE JELI







IMÁGENES GOOGLE EARTH



MAYO 2002



OCTUBRE 2004



JUNIO 2005



ENERO 2016





MAYO 2006



JULIO 2009

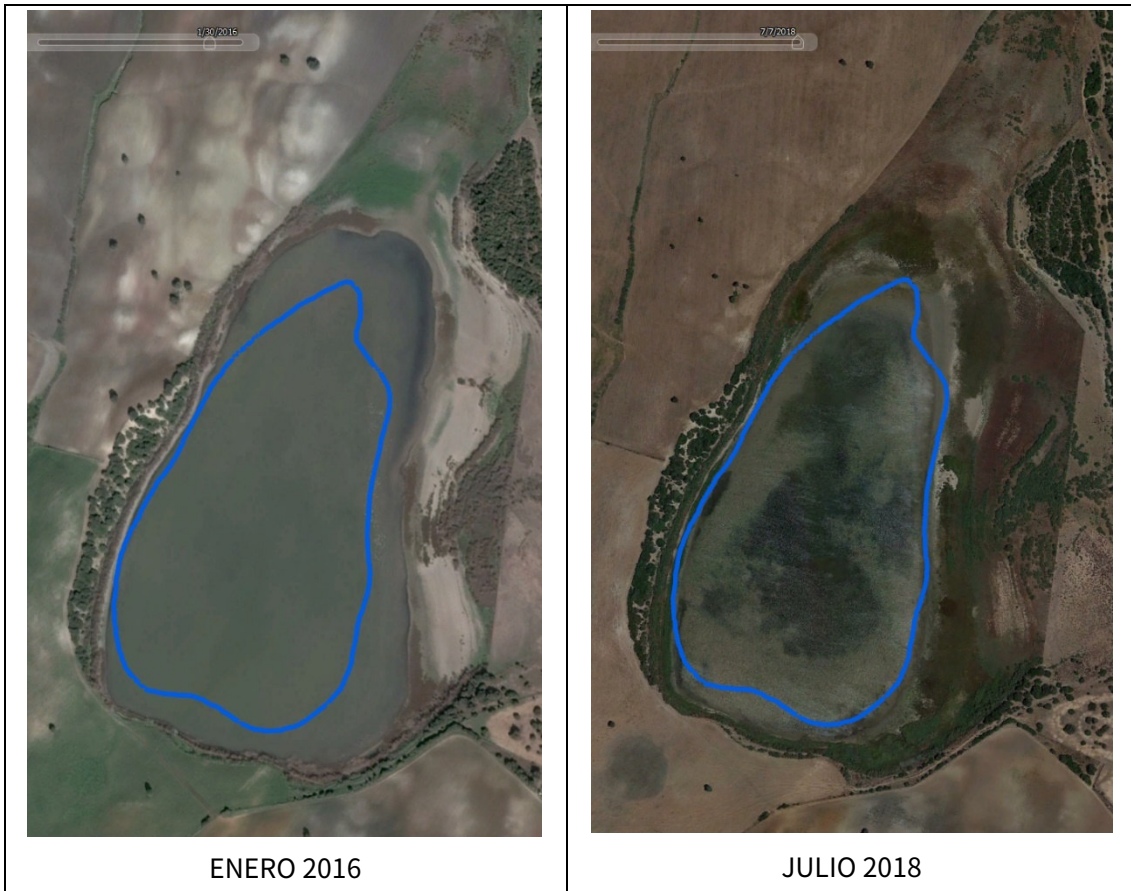


JULIO 2010



SEPTIEMBRE 2012



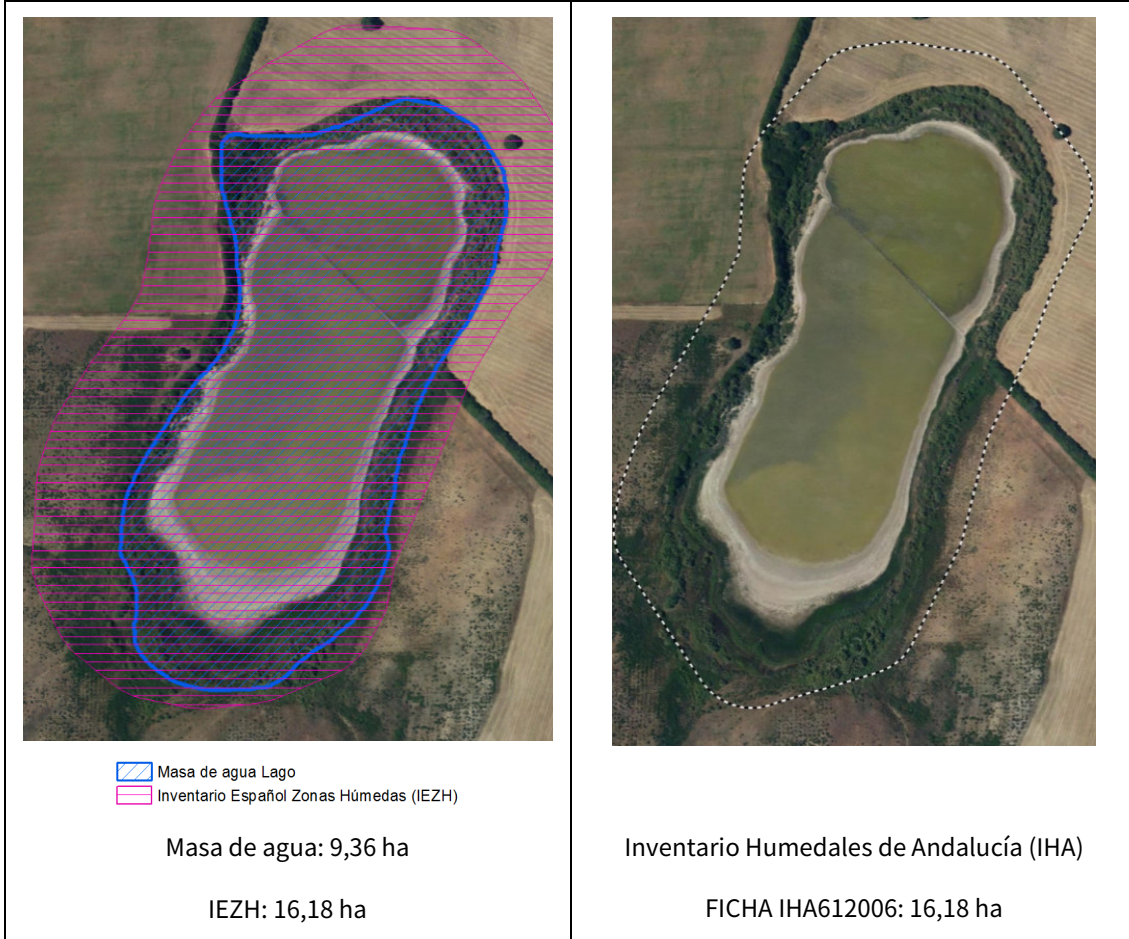




Zoom (vegetación perimetral)



5.6 LAGUNA DE MONTELLANO





SIOSE 2014:

Agua y vegetación asociada a la laguna

- Lámina de agua artificial
- Zona húmeda y pantanosa

Lámina de agua artificial = 6,84 ha

Zona húmeda o pantanosa = 3,68 ha

***Para el cálculo de los requerimientos
hídricos:***

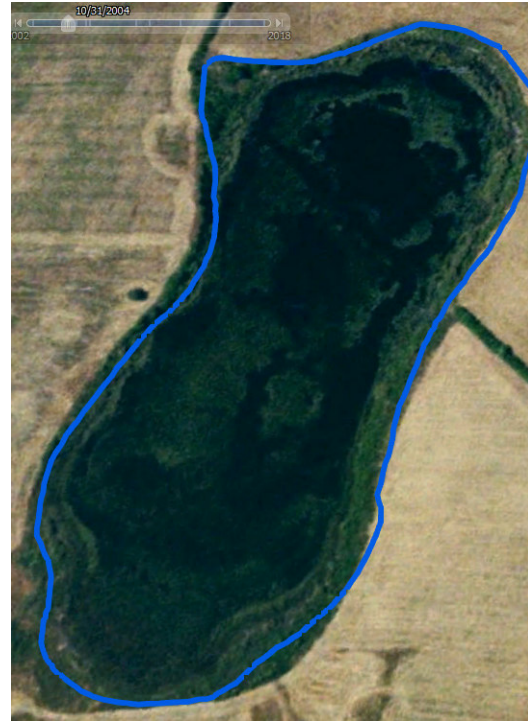
- ***Agua: 6,84 ha***
- ***Vegetación: 3,68 ha***



IMÁGENES GOOGLE EARTH



MAYO 2002



OCTUBRE 2004

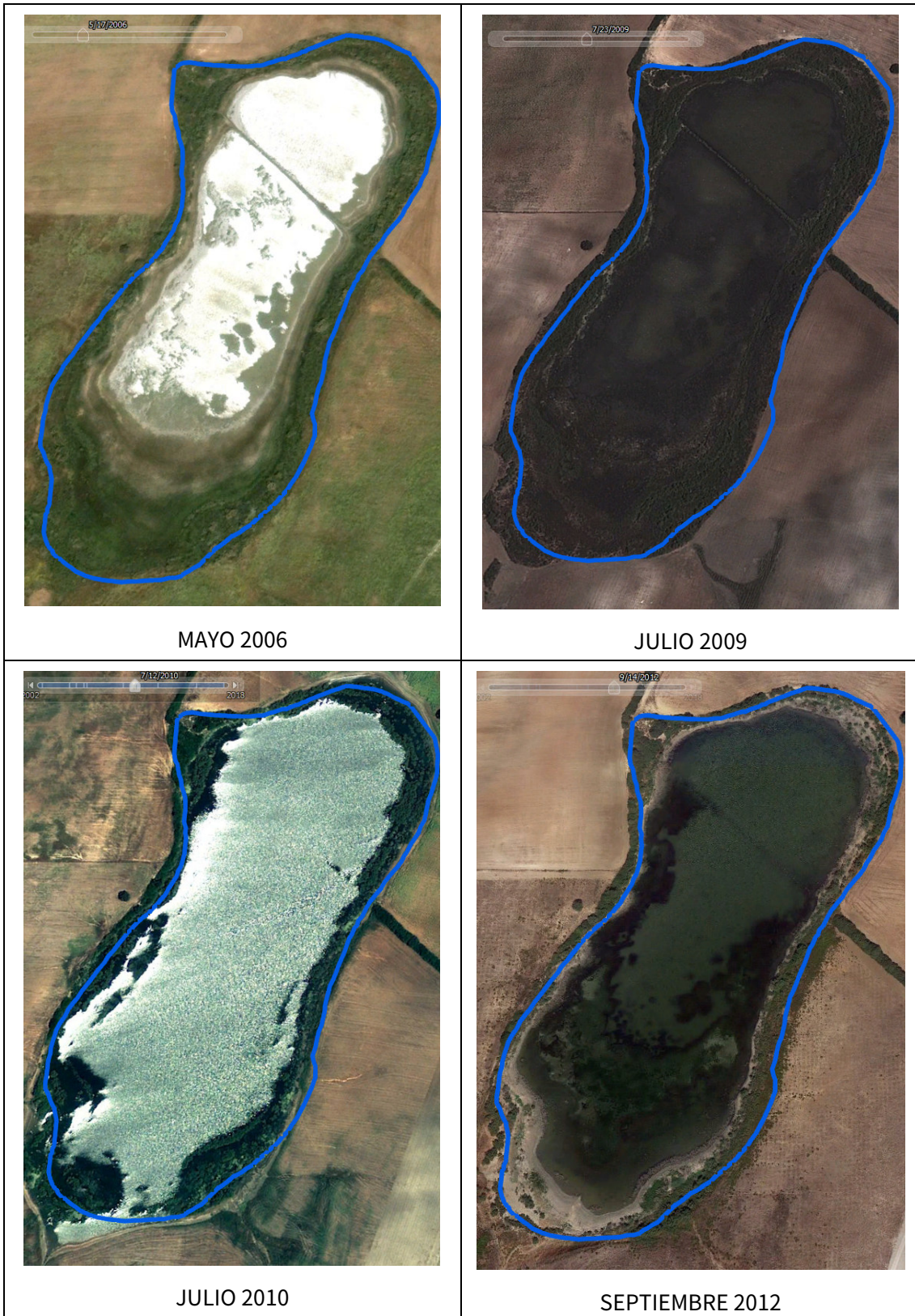


JUNIO 2005



ENERO 2006







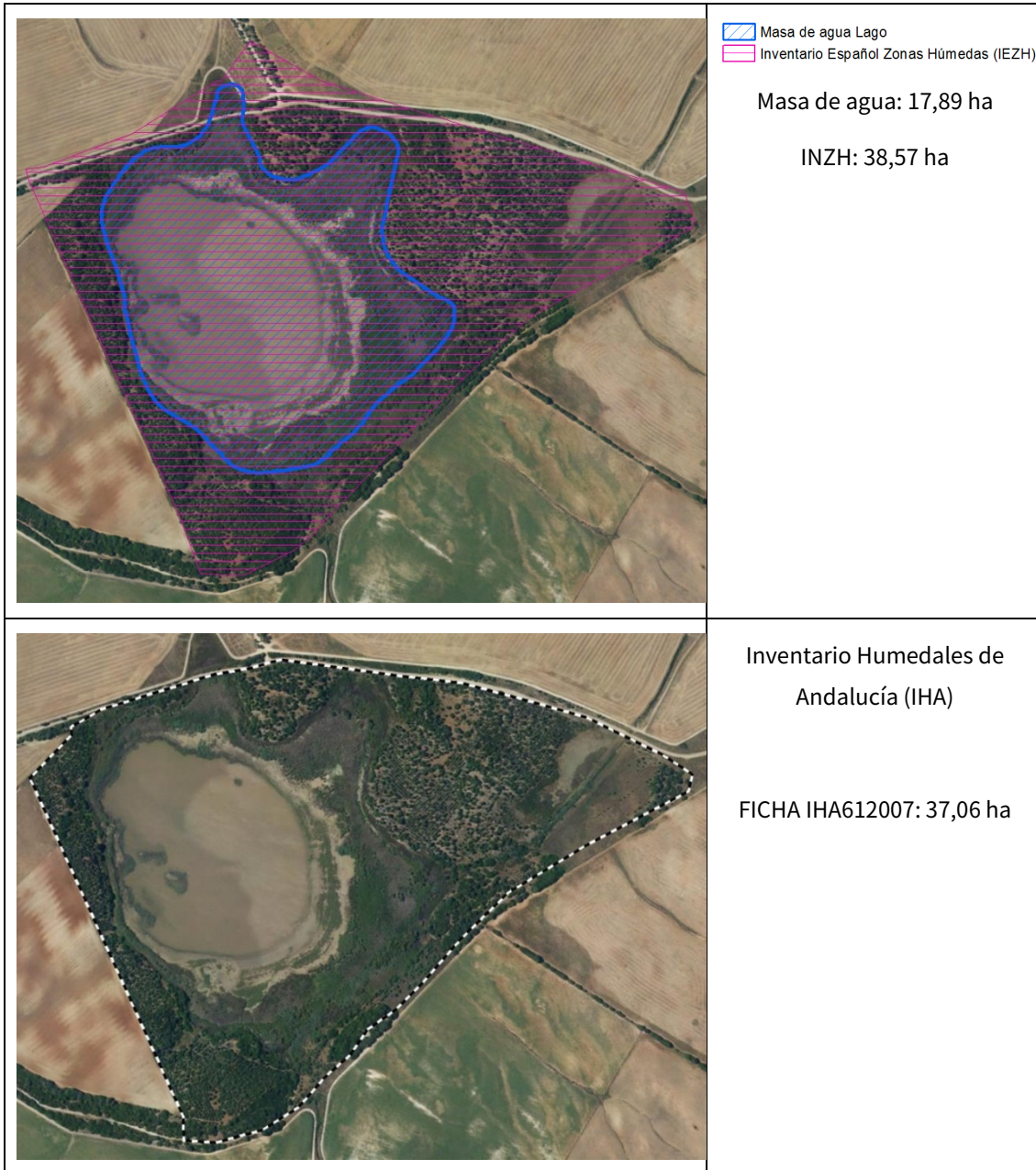


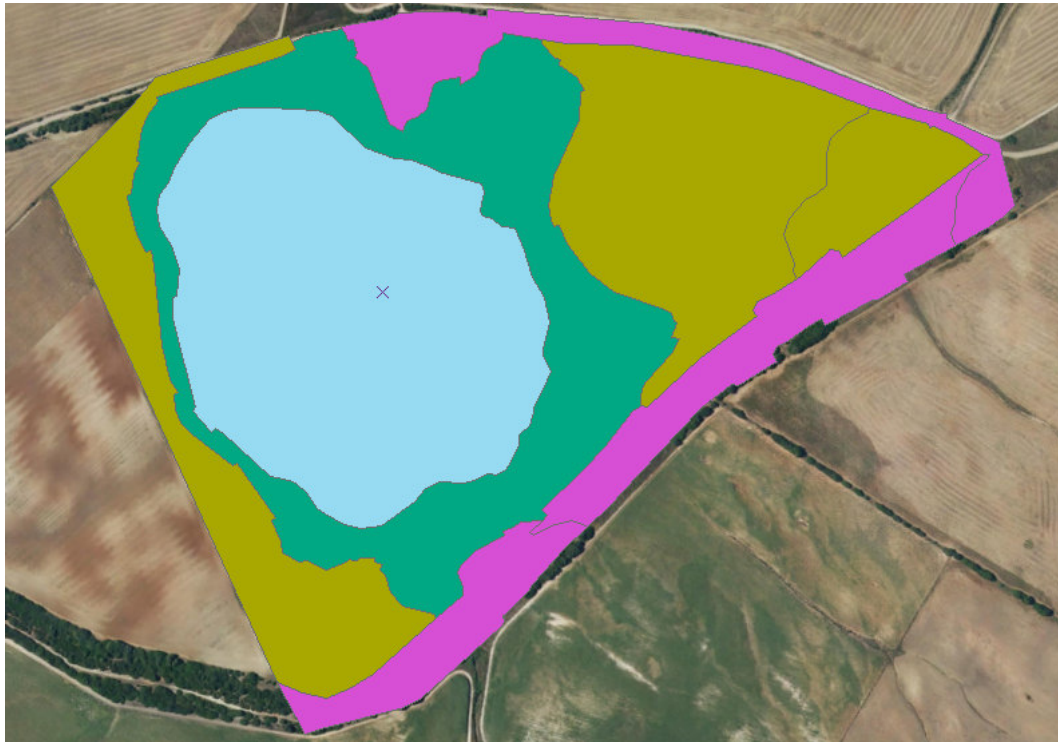
Zoom (vegetación perimetral)





5.7 LAGUNA DEL TARAJE





SIOSE 2014:

Agua y vegetación asociada a la laguna

- Lámina de agua artificial
- Pastizal o herbazal
- Zona húmeda y pantanosa
- Suelo desnudo

(*) Comprobado por ortofoto que lo que el SIOSE 2014 marca con predominio de “suelo desnudo” en esta parte es vegetación, que se le asocia al hmedal.

Lámina de agua artificial = 11,61 ha

Zona húmeda o pantanosa = 8,5 ha

Pastizal / otra veg. (*) = 20,85 ha

Para el cálculo de los requerimientos hídricos:

- ***Agua: 11,61 ha***
- ***Vegetación: 29,35 ha***



IMÁGENES GOOGLE EARTH

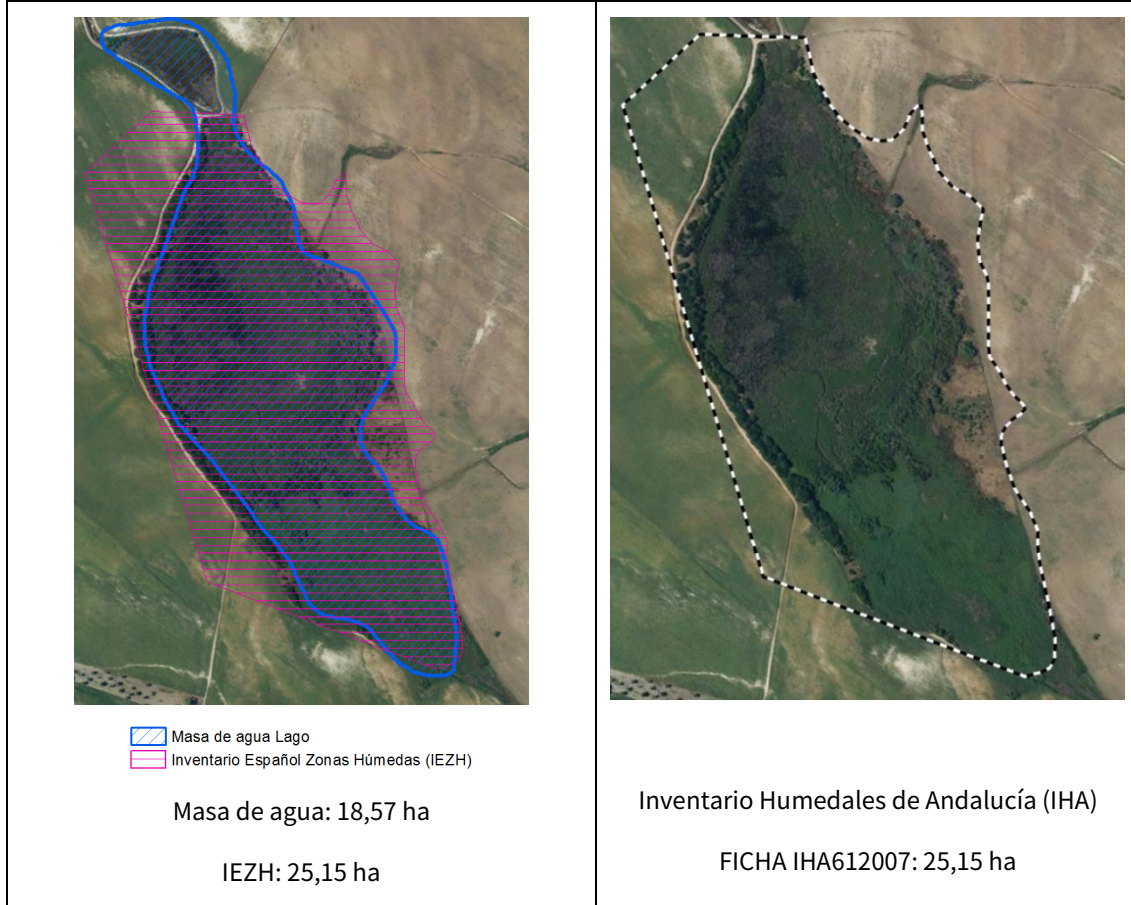


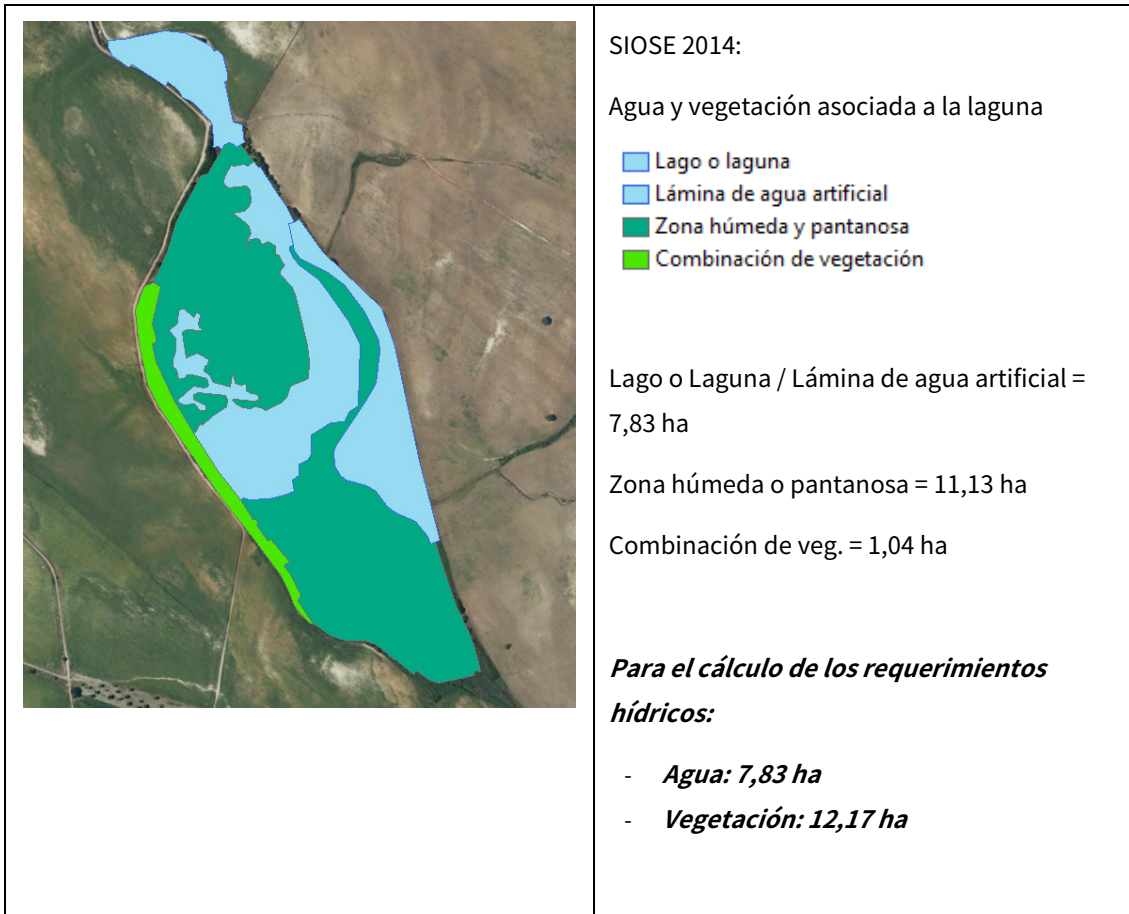






5.8 LAGUNA DE SAN ANTONIO







IMÁGENES GOOGLE EARTH



MAYO 2020



OCTUBRE 2004

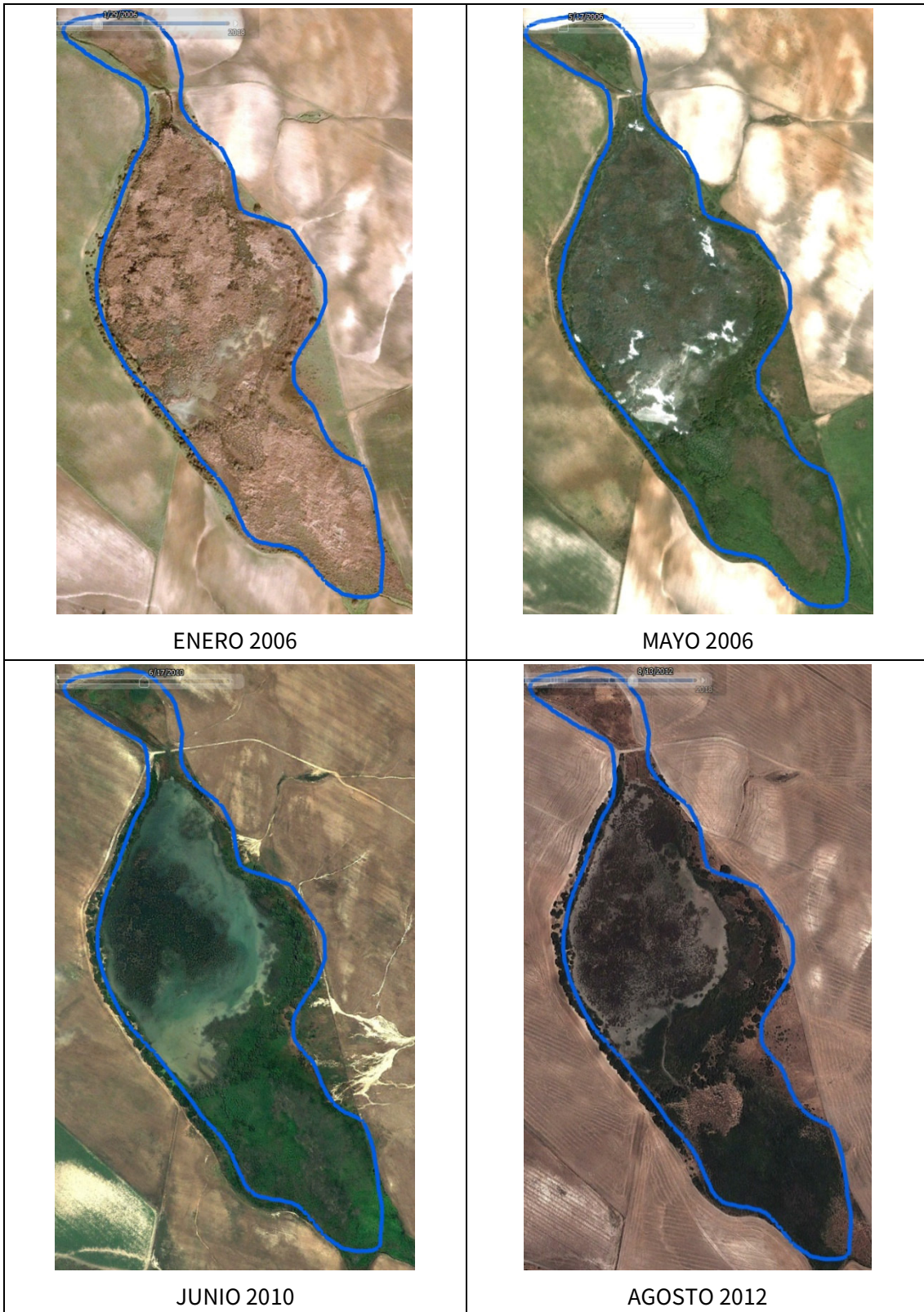


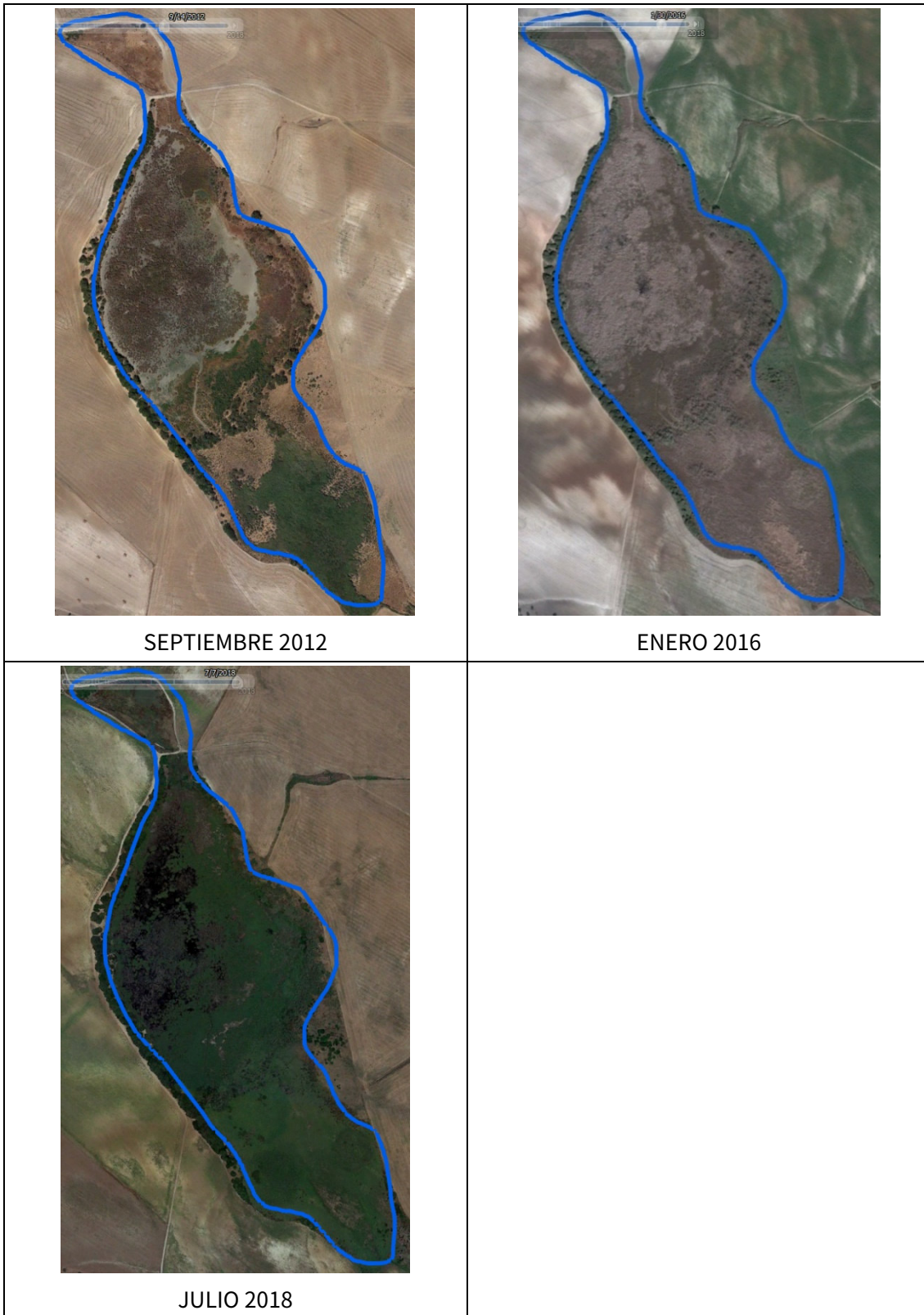
FEBRERO 2005



JUNIO 2005

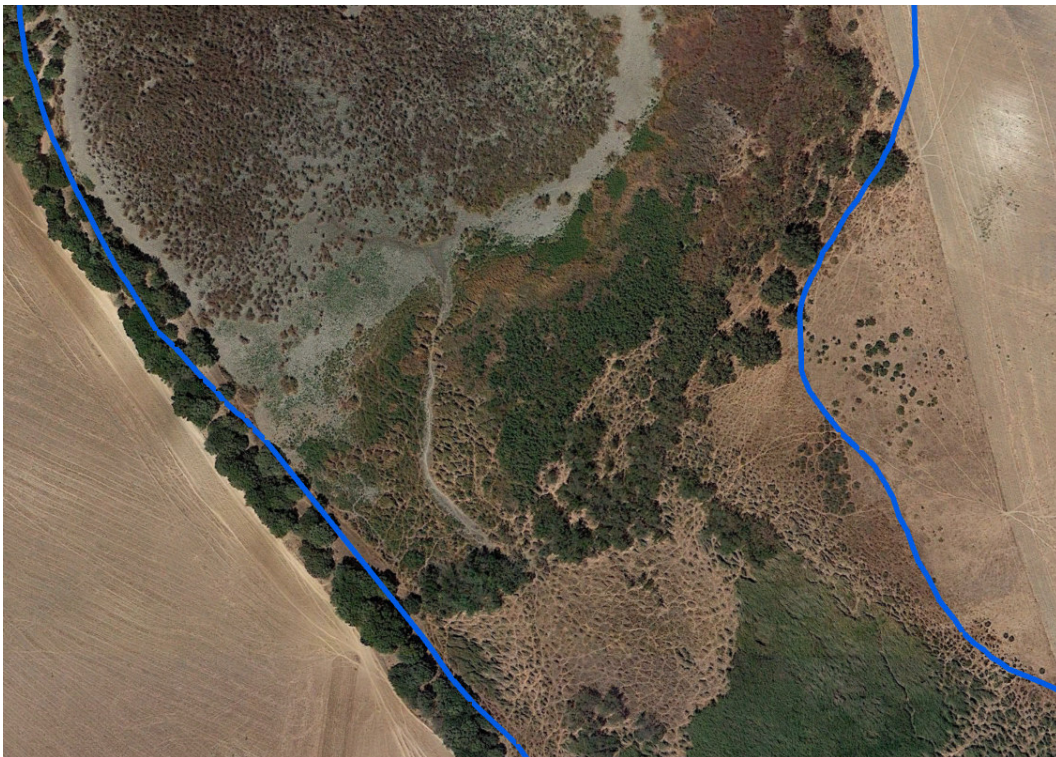
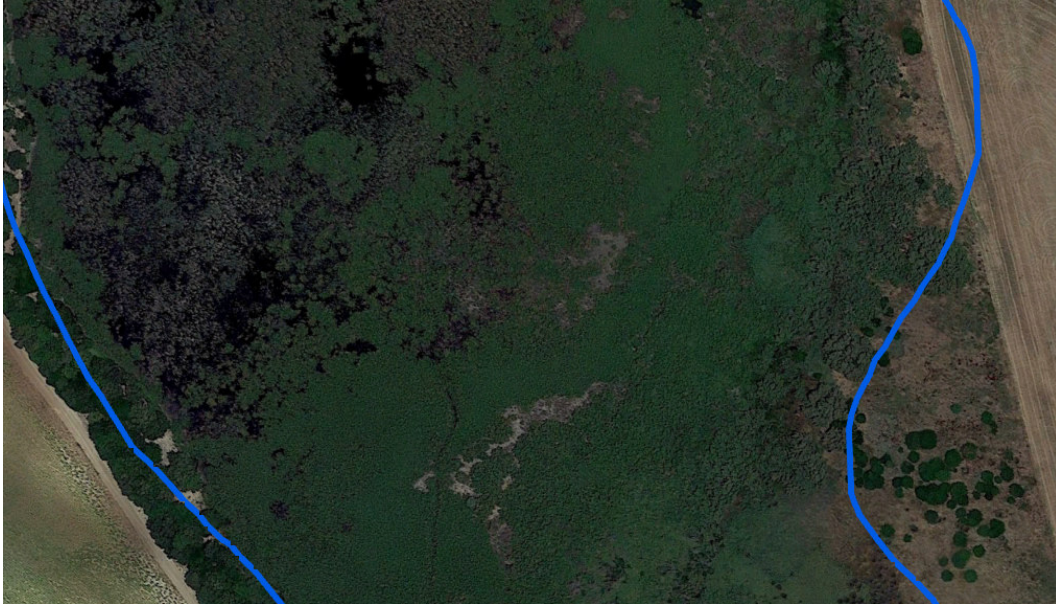








Zoom (vegetación perimetral)



6 GLOSARIO DE ABREVIATURAS

DHGB	Demarcación Hidrográfica del Guadalete-Barbate
FAO	Food and Agriculture Organization
IEZH	Inventario Español de Zonas Húmedas
IHA	Inventario de Humedales de Andalucía
RIA	Red de Información Agroclimática de Andalucía
RPH	Reglamento de Planificación Hidrológica
SIOSE	Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FAO (2006): Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje nº 56. Disponible en: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf> [Fecha de consulta: septiembre-2021]

Junta de Andalucía (1996): Ficha informativa Ramsar de las Lagunas de Cádiz: Laguna de Medina y Laguna Salada. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/462364/cadiz_ris_4.pdf [Fecha de consulta: septiembre-2021]

Junta de Andalucía (2005): Caracterización de los Humedales de Andalucía.

Junta de Andalucía (2009): Ficha informativa Ramsar del Complejo Endorreico de Puerto Real. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/462364/firpuertoreal.pdf> [Fecha de consulta: septiembre-2021]

Junta de Andalucía (2007): Ficha informativa Ramsar del Complejo Endorreico de Espera. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/694564/Ficha_Informativa_Sitio_Ramsar_Complejo_Endorreico_de_Espera_2007.pdf [Fecha de consulta: septiembre-2021]

Junta de Andalucía (2009): Ficha informativa Ramsar del Complejo Endorreico de Chiclana. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/462364/firchiclana.pdf> [Fecha de consulta: septiembre-2021]

Junta de Andalucía (2017): Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de las Reservas Naturales de las Lagunas de Cádiz. Disponible en:



https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page/-/asset_publisher/4V1kD5gLiJkq/content/porn-de-las-reservas-naturales-de-las-lagunas-de-c-c3-a1diz/20151?categoryVal= [Fecha de consulta: septiembre-2021]

Junta de Andalucía (2020): Fichas de información general de los humedales incluidos en el Inventario de Humedales de Andalucía. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/inventario-de-humedales-de-andaluc-c3-ada-ih-a-/20151?categoryVal= [Fecha de consulta: septiembre-2021]





Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional



Junta de Andalucía