

2ª JORNADA DE CONCERTACIÓN

CAUDALES ECOLÓGICOS EN LA DHGN

EVALUACIÓN DE EFECTOS

Noviembre 2011

ÍNDICE

1. CAUDALES ECOLÓGICOS EN RÍOS	1
1.1. BASE NORMATIVA	1
1.2. OBJETIVOS Y EFECTOS.....	4
1.3. ESTUDIOS TÉCNICOS	5
1.4. RÍO LÁCARA.....	13
1.4.1. Análisis de garantías	13
1.5. RÍO ZAPATÓN II.....	13
1.5.1. Análisis de garantías	13
1.5.2. Valoración económica de afecciones	15
1.6. RÍO GUADAMATILLA II.....	15
1.6.1. Análisis de garantías	15
1.7. RÍO OLIVENZA II	16
1.7.1. Análisis de garantías	16
1.7.2. Valoración económica de afecciones	16
1.8. RÍO GUADIANA AGUAS ABAJO DEL EMBALSE DE ORELLANA	18
1.8.1. Análisis de garantías	18
1.9. RÍO GUADIANA IV	19
1.9.1. Análisis de garantías	19
1.9.2. Valoración económica de afecciones	20
1.10. RÍO ARDILA II.....	21
1.10.1. Análisis de garantías	21
1.10.2. Valoración económica de afecciones	23
1.11. RÍO ALCARRACHE II.....	24
1.11.1. Análisis de garantías	24
1.12. RIVERA LIMONETES	25
1.12.1. Análisis de garantías	25
1.13. RÍO MATACHEL II.....	26
1.13.1. Análisis de garantías	26
1.13.2. Valoración económica de afecciones	28

1.14.RÍO GUADAJIRA.....	28
1.14.1. Análisis de garantías	28
1.15.RÍO MATACHEL III	29
1.15.1. Análisis de garantías	29
1.16.RÍO BÚRDALO.....	30
1.16.1. Análisis de garantías	30
1.17.RÍO RUECAS IV	30
1.17.1. Análisis de garantías	30
1.18.RÍO ZÚJAR II	30
1.18.1. Análisis de garantías	30
1.19.RÍO BULLAQUE	30
1.19.1. Análisis de garantías	30
1.19.2. Valoración económica de afecciones	32
1.20.RÍO JABALÓN III.....	33
1.20.1. Análisis de garantías	33
2. NECESIDADES DE ZONAS HÚMEDAS.....	34
2.1. LAGUNAS DE RUIDERA.....	35
2.1.1. Necesidades ambientales.....	35
2.1.2. Influencia de las extracciones	35
2.1.3. Efectos previsibles	36
2.1.4. Valoración económica de afecciones	36
2.2. TABLAS DE DAIMIEL.....	37
2.2.1. Necesidades ambientales.....	37
2.2.2. Influencia de las extracciones	37
2.2.3. Efectos previsibles	38
3. COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE CAUDALES ECOLÓGICOS AGUAS ABAJO DE LOS EMBALSES DE ZÚJAR Y ORELLANA	40
3.1. INTRODUCCIÓN	40
3.2. ANTECEDENTES Y PROCEDIMIENTO.....	40
3.3. RESULTADOS	42

3.3.1. Resultados Zújar.....	42
3.3.2. Resultados Orellana	45
3.4. CONCLUSIONES	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Régimen de caudales ecológicos mínimos incluidos en la Propuesta del PHC–DHGn (hm ³)	5
Tabla 2.	UDAs afectadas por los caudales ecológicos mínimos incluidos en la Propuesta del PHC–DHGn	6
Tabla 3.	Rangos de regímenes de caudales ecológicos por métodos ecohidráulicos (hm ³)	7
Tabla 4.	Porcentaje de variación de los regímenes ecohidráulicos respecto al HPU 60%	9
Tabla 5.	Rangos de regímenes de caudales ecológicos por métodos hidrológicos (hm ³).....	11
Tabla 6.	Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Lácara	13
Tabla 7.	Garantías de la demanda afectada por caudales ecológicos – Río Zapatón II	14
Tabla 8.	UDA de Zapatón I	15
Tabla 9.	Valoración económica de la reducción de superficies de regadío – UDA de Zapatón I	15
Tabla 10.	Aumento del caudal bombeado para cada régimen de caudal ecológico respecto al régimen propuesto	18
Tabla 11.	Pérdida de carga en la conducción Guadiana–Piedra Aguda	18
Tabla 12.	Valoración del coste energético	18
Tabla 13.	Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Guadiana IV.....	19
Tabla 14.	UDA de El Vicario y Guadiana IV	21
Tabla 15.	Valoración económica de la reducción de superficies de regadío – UDA de El Vicario y Guadiana IV ..	21
Tabla 16.	Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Ardila II	21
Tabla 17.	UDA de Valuengo y Ardila II	23
Tabla 18.	Valoración económica de la reducción de superficies de regadío – UDA de Valuengo y Ardila II	23
Tabla 19.	Demanda 2015 y necesidades hídricas por tipo de ganado en la Comarca de Jerez de los Caballeros	23
Tabla 20.	UDGs de Valuengo y Ardila II	24
Tabla 21.	Valoración económica de la reducción de dotaciones en las UDGs de Valuengo y Ardila II.....	24
Tabla 22.	Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Alcarrache II.....	25
Tabla 23.	Garantías de la demanda afectada por caudales ecológicos – Río Rivera Limonetes	25
Tabla 24.	Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Matachel II.....	26
Tabla 25.	UDA de Los Molinos	28

Tabla 26. Valoración económica de la eliminación de la UDA de Los Molinos	28
Tabla 27. Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Guadajira	29
Tabla 28. Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Bullaque.....	31
Tabla 29. UDA de Torre Abraham y Bullaque	33
Tabla 30. Valoración económica de la reducción de superficies de regadío – UDA de Torre Abraham y Bullaque	33
Tabla 31. Garantías de la demanda afectada por caudales ecológicos – Río Jabalón III.....	33
Tabla 32. UDA de Montiel.....	36
Tabla 33. Valoración económica de la reducción de superficies de regadío – UDA de Montiel.....	36
Tabla 34. Tasas de cambio observadas y propuestas.....	43
Tabla 35. Comparativa caudales máximos (m ³ /s)	43
Tabla 36. Comparativa caudales mínimos (m ³ /s).....	44
Tabla 37. Tasas de cambio observadas y propuestas.....	46
Tabla 38. Comparativa caudales máximos (m ³ /s)	46
Tabla 39. Comparativa caudales mínimos (m ³ /s).....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Garantía volumétrica en relación con el caudal ecológico – Río Zapatón II	14
Figura 2.	Porcentaje de déficit respecto de la demanda anual en relación con el caudal ecológico – Río Zapatón II	14
Figura 3.	Garantía volumétrica en relación con el caudal ecológico – Río Guadiana IV	20
Figura 4.	Porcentaje de déficit respecto de la demanda anual en relación con el caudal ecológico – Río Guadiana IV	20
Figura 5.	Garantía volumétrica en relación con el caudal ecológico – Río Ardila II	22
Figura 6.	Porcentaje de déficit respecto de la demanda anual en relación con el caudal ecológico – Río Ardila II	22
Figura 7.	Garantía volumétrica en relación con el caudal ecológico – Río Matachel II	27
Figura 8.	Porcentaje de déficit respecto de la demanda anual en relación con el caudal ecológico – Río Matachel II	27
Figura 9.	Garantía volumétrica en relación con el caudal ecológico – Río Bullaque	32
Figura 10.	Porcentaje de déficit respecto de la demanda anual en relación con el caudal ecológico – Río Bullaque	32

1. CAUDALES ECOLÓGICOS EN RÍOS

1.1. BASE NORMATIVA

El marco normativo en el ordenamiento jurídico español para la determinación de regímenes de caudales ecológicos (Q eco) viene establecido por:

- ✦ 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 PHN; y
- ✦ el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH).
- ✦ la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), que desarrolla los contenidos de la normativa y define la metodología de aplicación.

El marco normativo vigente emana de la Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco de Agua). Es importante destacar que, si bien en la Directiva Marco de Agua (DMA) no se establece el requerimiento de establecer regímenes de caudales ecológicos, la determinación de los mismos y su mantenimiento supone un paso adelante en el camino hacia el logro del buen estado de las masas de agua, objetivo concreto y principio que inspira toda la DMA.

La **Directiva Marco de Agua** reza en su Artículo 4, en cuanto a los objetivos ambientales referidos a aguas superficiales naturales, que “*Los Estados miembros tratarán de lograr los objetivos de prevenir el deterioro del estado ecológico...*” definido –de acuerdo a su Anejo 5– por un natural régimen hidrológico en cuanto a cantidad y dinámica de flujo en las masas de agua de categoría Ríos.

El **TRLA** establece en su Artículo 42 que los planes hidrológicos de cuenca (PHC) comprenderán obligatoriamente “*(...) 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, entendiendo como tales los que mantienen 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 (Concesión administrativa) se establecen los caudales ecológicos como restricciones a los sistemas de explotación: “(...) 7. *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 la 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 realizarán estudios específicos para cada tramo de río.*”

El **Plan Hidrológico Nacional** desarrolla el Artículo 59.7 del TRLA en el:

Artículo 26 (Caudales ambientales)

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 realizarán 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.

3. La inexistencia de obligación expresa en relación con el mantenimiento de caudales ambientales en las autorizaciones y concesiones otorgadas por la Administración hidráulica, no exonerará al concesionario del cumplimiento de las obligaciones generales que, respecto a tales caudales, serán recogidas por la planificación hidrológica, sin perjuicio del posible derecho de indemnización establecido en el artículo 63.3 de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

Artículo 31 (Humedales)

1. 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.

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

El **Reglamento de la Planificación Hidrológica** dice en su Artículo 18 que “*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*”.

Asimismo, el RPH establece en su Artículo 17 (Prioridad y compatibilidad de usos), apartado 2¹ la supremacía del uso para abastecimiento urbano, también frente al caudal ecológico.

La **Instrucción de Planificación Hidrológica** establece, respecto al análisis de garantías, que se considera satisfecha una demanda agraria cuando el déficit en un año es menor que el 50 % de la demanda anual, el déficit acumulado en 2 años es menor que el 75 % de la demanda anual y el déficit acumulado en 10 años es menor que el 100 % de la demanda anual; de igual forma, se considera satisfecha una demanda urbana cuando el déficit en un mes es menor que el 10% de la demanda mensual y el déficit acumulado en 10 años es menor que el 8% de la demanda anual.

La IPH establece también que los PHC deben recoger un análisis de la repercusión que tiene la implantación del régimen de caudales ecológicos sobre los usos del agua. Este análisis incluye:

- ✦ Marco legal de los usos existentes, incluyendo las características técnico-administrativas de los mismos y un análisis jurídico de los efectos sobre los mismos.
- ✦ Repercusión en los niveles de garantía de las unidades de demanda afectadas y análisis de la disponibilidad de caudales y compatibilidad con las concesiones existentes.
- ✦ Repercusión económica y social de la implantación del régimen de caudales.

¹ RPH, Artículo 17.2: *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.*

Así pues, los caudales ecológicos exigen una doble intervención administrativa: en primer lugar, su determinación para cuantificar cuál es el volumen de agua que ha de mantenerse en los cauces; y después, su implantación, que supone la adopción de medidas para que los caudales ecológicos sean respetados. Ello puede implicar que haya que reducir derechos concesionales preexistentes.

1.2. OBJETIVOS Y EFECTOS

El objetivo del establecimiento de un régimen de caudales ecológicos es que éstos permitan 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 las masas de agua. Teniendo en cuenta esta premisa es fácil deducir los efectos ambientales positivos de los caudales ecológicos.

Además, no cabe duda que los caudales ecológicos también tienen efectos económicos y sociales positivos sobre diversos usos o actividades como pueden ser las ecoturísticas y recreativas, pesca, científicas, etc. Tampoco hay que olvidar los valores de existencia de las propias masas de agua, donde los ecosistemas acuáticos forman parte de la propia identidad de los habitantes ribereños.

Por otra parte, la implantación de caudales ecológicos, cuando éstos sean incompatibles con el uso del agua preexistente o conlleven una disminución de la garantía de satisfacción de la demanda, puede originar efectos económicos y sociales negativos.

La definición de caudales ecológicos en las diferentes masas de agua debe hacerse teniendo en cuenta los efectos negativos o afecciones sobre los usos de las mismas. En el caso de que la implantación de caudales ecológicos conduzca a la reducción de derechos concesionales preexistentes, han de valorarse los daños económicos que el recorte de la concesión pueda comportar y que puedan ser objeto de indemnización.

Los usos caracterizados por una demanda determinada, como el riego, el abastecimiento, etc., sufrirán una afección por la implantación de caudales ecológicos al producirse una disminución de mayor o menor cuantía en la garantía de satisfacción de dicha demanda. A efectos de este informe, se entiende por *afección* la disminución del caudal asignado debido a la restricción que supone el caudal ecológico, es decir, la *disminución de las garantías de los usos*, que dará lugar a perjuicios por las consecuentes pérdidas en las cosechas, en la producción eléctrica, el incremento de costes de producción, etc.

1.3. ESTUDIOS TÉCNICOS

Los estudios de “PROPUESTA FINAL DE RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS PARA CADA MASA DE AGUA EN LA PARTE ESPAÑOLA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (SGPUSA 2010)” incluidos en el Anejo 6 de la Propuesta de Plan Hidrológico del Guadiana (PHC–DHGn), han establecido el régimen de caudales ecológicos mínimos en 19 masas de agua estratégicas de la DHGn. Estos caudales han sido los utilizados en el resto de apartados del Plan en los que han sido necesarios, como los balances realizados para la Asignación y Reserva de Recursos.

Tabla 1. Régimen de caudales ecológicos mínimos incluidos en la Propuesta del PHC–DHGn (hm³)

Código Masa	Nombre masa	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOT
12010	Río Lácara	0,40	1,27	1,31	1,31	1,19	1,31	0,39	0,40	0,00	0,00	0,00	0,05	7,63
12013	Río Zapatón II	0,00	2,07	2,14	2,14	1,94	2,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,43
12024	Río Guadamatilla II	0,08	0,18	0,19	0,19	0,17	0,19	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1,16
12027	Río Olivenza II	0,45	0,43	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,13	0,00	0,00	0,00	0,05	3,68
13218	Río Guadiana VII	26,78	25,92	26,78	26,78	24,19	26,78	25,92	26,78	2,18	0,29	0,31	4,00	216,73
13353	Río Guadiana IV	3,75	5,18	5,36	5,36	4,84	5,36	5,18	5,36	1,56	0,54	0,54	0,52	43,55
13354	Río Guadiana VI	17,95	17,37	17,95	17,95	16,21	17,95	17,37	17,95	4,41	1,74	1,31	4,41	152,53
13355	Río Guadiana V	13,93	13,48	13,93	13,93	12,58	13,93	13,48	13,93	1,19	1,23	1,23	1,19	114,02
13359	Río Ardila II	1,29	1,24	1,29	1,29	1,16	1,29	1,24	1,07	0,03	0,00	0,00	0,03	9,92
13366	Río Alcarrache II	0,03	0,03	0,13	0,13	0,12	0,13	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63
13387	Rivera Limonetes	0,23	0,44	0,46	0,46	0,41	0,46	0,44	0,19	0,05	0,00	0,00	0,08	3,22
13393	Río Guadajira	0,24	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,11	0,00	0,00	0,00	0,03	3,51
13397	Río Matachel II	0,27	1,30	1,34	1,34	1,21	1,34	1,30	0,27	0,16	0,00	0,00	0,26	8,79
13398	Río Matachel III	0,03	1,48	1,53	1,53	1,38	1,53	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,03	7,60
13408	Río Búrdalo	0,54	1,04	1,07	1,07	0,97	1,07	1,04	0,54	0,03	0,00	0,00	0,03	7,40
13414	Río Ruecas IV	1,37	2,15	2,22	2,22	2,01	2,22	2,15	0,80	0,23	0,00	0,00	0,23	15,60
13423	Río Zújar II	10,71	11,56	11,95	11,95	10,79	11,95	4,80	4,96	0,03	0,03	0,03	0,03	78,79
13450	Río Bullaque	0,96	0,93	2,54	2,54	2,30	2,54	2,46	2,54	0,26	0,08	0,08	0,26	17,52
13463	Río Jabalón III	0,32	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,19	0,03	0,00	0,00	0,03	3,70

Fuente: Datos PHC-DHGn

Las afecciones más importantes detectadas en la Demarcación del Guadiana, teniendo en cuenta el régimen de caudales ecológicos mínimos de la Propuesta del Plan, se han dado en los usos agrícolas de cinco masas, para los que se han definido una serie de medidas en el PHC–DHGn con el fin de mejorar sus garantías.

Tabla 2. UDAs afectadas por los caudales ecológicos mínimos incluidos en la Propuesta del PHC-DHGn

Código masa	Nombre masa	UDA afectada		Demanda 2015 (hm ³ /año)	Garantía volumétrica	Medida adoptada
		Código	Nombre			
13353	Río Guadiana IV	R13A	El Vicario	8,00	84,1%	Reducción de la dotación o superficie Gestión en sequías
		R20A	Guadiana IV	12,00	92,9%	
13450	Río Bullaque	R17A	Torre de Abraham	31,69	96,1%	Gestión en sequías
		R21A	Ampliación Torre Abraham	11,25	96,1%	
		R18A	Bullaque	6,73	94,9%	
12010	Río Lácara	R42B	Lácara	0,49	95,8%	
13366	Río Alcarrache II	R57B	Alcarrache II	0,06	88,5%	
13397	Río Matachel II	R34B	Los Molinos	2,53	86,5%	

Fuente: Datos PHC-DHGn

La medida de reducción de la dotación en las UDAs de El Vicario y Guadiana IV consistiría en la adaptación de menores dotaciones mediante la incorporación de mejoras técnicas actuales o futuras que ahorren recurso; supondría un coste de 15,17 M€. Como alternativa, la reducción de la superficie regable supondría un coste de 53,91 M€ para estas unidades de demanda.

La medida de gestión en sequías planteada para las UDAs anteriores, consistiría en seguir los criterios fijados en el Plan Especial de Sequías para los sistemas a los que pertenecen las diferentes unidades de demanda, llegando finalmente al correcto cumplimiento de las garantías de las mismas.

Una vez vistos los efectos de los caudales ecológicos propuestos en los estudios técnicos y el Plan, se debe comprobar **la posible afección sobre los usos que podría suponer un aumento de la magnitud de los caudales mínimos**, según los criterios de la Instrucción de Planificación Hidrológica. Esta comprobación **se ha realizado estimando la relación de los diferentes regímenes con las garantías de los usos existentes**; un problema complejo cuyo análisis se ha llevado a cabo **mediante la simulación del sistema general de la cuenca utilizando un modelo numérico detallado entre recursos hídricos y demandas**.

En este modelo de recursos los datos se analizan a nivel mensual utilizando como unidad el hm³. Para este análisis se ha considerado el efecto sobre las garantías de un potencial caudal mayor al propuesto en el Plan, así como el efecto de un caudal menor permitido también por la IPH para los caudales calculados por métodos ecohidráulicos. Por tanto, en estas masas se ha tenido en cuenta los diferentes rangos de Hábitat Potencial Útil (HPU: 30%, 50%, 60% y 80%).

A continuación se muestran los diferentes regímenes analizados en el modelo de recursos para dichas masas. Los datos marcados en azul son los caudales propuestos en el Plan vistos anteriormente.

Tabla 3. Rangos de regímenes de caudales ecológicos por métodos ecohidráulicos (hm³)

Código masa	Nombre masa	Tipo régimen	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOT
12027	Río Olivenza II	Ecohidráulico HPU 30%	0,45	0,43	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,13	0,00	0,00	0,00	0,05	3,68
		Ecohidráulico HPU 50%	0,54	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,13	0,00	0,00	0,00	0,05	3,84
		Ecohidráulico HPU 60%	0,59	0,57	0,59	0,59	0,53	0,59	0,57	0,13	0,00	0,00	0,00	0,05	4,21
		Ecohidráulico HPU 80%	0,64	0,62	0,64	0,64	0,58	0,64	0,62	0,13	0,00	0,00	0,00	0,05	4,58
13218	Río Guadiana VII	Ecohidráulico HPU 30%	26,78	25,92	26,78	26,78	24,19	26,78	25,92	26,78	2,18	0,29	0,31	4,00	216,73
		Ecohidráulico HPU 50%	34,82	33,70	34,82	34,82	31,45	34,82	33,70	34,82	2,18	0,29	0,31	4,00	279,72
		Ecohidráulico HPU 60%	38,84	37,58	38,84	38,84	35,08	38,84	37,58	38,84	2,18	0,29	0,31	4,00	311,21
		Ecohidráulico HPU 80%	50,89	49,25	50,89	50,89	45,96	50,89	49,25	50,89	2,18	0,29	0,31	4,00	405,69
13353	Río Guadiana IV	Ecohidráulico HPU 50%	2,81	4,77	4,93	4,93	4,45	4,93	4,77	4,93	1,56	0,37	0,37	0,36	39,18
		Ecohidráulico HPU 60%	3,75	5,18	5,36	5,36	4,84	5,36	5,18	5,36	1,56	0,54	0,54	0,52	43,55
		Ecohidráulico HPU 80%	5,76	6,74	6,96	6,96	6,29	6,96	6,74	6,96	1,56	0,54	0,54	0,52	56,53
13354	Río Guadiana VI	Ecohidráulico HPU 50%	16,34	15,81	16,34	16,34	14,76	16,34	15,81	16,34	1,04	1,74	1,31	1,04	133,20
		Ecohidráulico HPU 60%	17,95	17,37	17,95	17,95	16,21	17,95	17,37	17,95	4,41	1,74	1,31	4,41	152,53
		Ecohidráulico HPU 80%	21,70	21,00	21,70	21,70	19,60	21,70	21,00	21,70	4,41	1,74	1,31	4,41	181,93
13355	Río Guadiana V	Ecohidráulico HPU 50%	11,25	10,89	11,25	11,25	10,16	11,25	10,89	11,25	1,01	1,04	1,04	1,01	92,29
		Ecohidráulico HPU 60%	13,93	13,48	13,93	13,93	12,58	13,93	13,48	13,93	1,19	1,23	1,23	1,19	114,02
		Ecohidráulico HPU 80%	19,28	18,66	19,28	19,28	17,42	19,28	18,66	19,28	1,61	1,66	1,66	1,61	157,70
13359	Río Ardila II	Ecohidráulico HPU 50%	1,10	1,06	1,10	1,10	0,99	1,10	1,06	0,80	0,03	0,00	0,00	0,03	8,37
		Ecohidráulico HPU 60%	1,29	1,24	1,29	1,29	1,16	1,29	1,24	1,07	0,03	0,00	0,00	0,03	9,92
		Ecohidráulico HPU 80%	1,74	1,68	1,74	1,74	1,57	1,74	1,68	1,07	0,03	0,00	0,00	0,26	13,27
13366	Río Alcarrache II	Ecohidráulico HPU 50%	0,03	0,03	0,13	0,13	0,12	0,13	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63
		Ecohidráulico HPU 60%	0,06	0,06	0,13	0,13	0,12	0,13	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75
		Ecohidráulico HPU 80%	0,09	0,09	0,51	0,51	0,46	0,51	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	2,34
13387	Rivera Limonetes	Ecohidráulico HPU 50%	0,39	0,38	0,39	0,39	0,35	0,39	0,38	0,39	0,05	0,00	0,00	0,08	3,18
		Ecohidráulico HPU 60%	0,23	0,44	0,46	0,46	0,41	0,46	0,44	0,19	0,05	0,00	0,00	0,08	3,22
		Ecohidráulico HPU 80%	0,46	0,61	0,63	0,63	0,57	0,63	0,61	0,63	0,61	0,00	0,00	0,61	5,98

Código masa	Nombre masa	Tipo régimen	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOT
13393	Río Guadajira	Ecohidráulico HPU 30%	0,24	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,11	0,00	0,00	0,00	0,03	3,51
		Ecohidráulico HPU 50%	0,80	0,78	0,80	0,80	0,73	0,80	0,78	0,11	0,00	0,00	0,00	0,03	5,63
		Ecohidráulico HPU 60%	0,94	0,91	0,94	0,94	0,85	0,94	0,91	0,11	0,00	0,00	0,00	0,03	6,54
		Ecohidráulico HPU 80%	1,15	1,11	1,15	1,15	1,04	1,15	1,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,03	8,01
13397	Río Matachel II	Ecohidráulico HPU 50%	0,27	1,30	1,34	1,34	1,21	1,34	1,30	0,27	0,16	0,00	0,00	0,26	8,79
		Ecohidráulico HPU 60%	1,58	1,45	1,50	1,50	1,35	1,50	1,45	0,27	0,16	0,00	0,00	0,26	11,02
		Ecohidráulico HPU 80%	2,36	1,92	1,98	1,98	1,79	1,98	1,92	0,27	0,16	0,00	0,00	0,26	14,61
13414	Río Ruecas IV	Ecohidráulico HPU 30%	1,37	2,15	2,22	2,22	2,01	2,22	2,15	0,80	0,23	0,00	0,00	0,23	15,60
		Ecohidráulico HPU 50%	2,14	3,11	3,21	3,21	2,90	3,21	3,11	0,80	0,47	0,00	0,00	0,47	22,65
		Ecohidráulico HPU 60%	2,49	3,60	3,72	3,72	3,36	3,72	3,60	3,72	0,62	0,00	0,00	0,62	29,20
		Ecohidráulico HPU 80%	3,35	4,87	5,04	5,04	4,55	5,04	4,87	5,04	1,19	0,00	0,00	1,19	40,17
13423	Río Zújar II	Ecohidráulico HPU 50%	9,51	9,20	9,51	9,51	8,59	9,51	4,80	4,96	0,03	0,03	0,03	0,03	65,70
		Ecohidráulico HPU 60%	10,71	11,56	11,95	11,95	10,79	11,95	4,80	4,96	0,03	0,03	0,03	0,03	78,79
		Ecohidráulico HPU 80%	14,46	14,00	14,46	14,46	13,06	14,46	8,55	8,84	0,03	0,03	0,03	0,03	102,43
13450	Río Bullaque	Ecohidráulico HPU 50%	0,96	0,93	1,98	1,98	1,79	1,98	1,92	1,98	0,13	0,08	0,08	0,26	14,08
		Ecohidráulico HPU 60%	0,96	0,93	2,54	2,54	2,30	2,54	2,46	2,54	0,26	0,08	0,08	0,26	17,52
		Ecohidráulico HPU 80%	2,46	2,38	4,34	4,34	3,92	4,34	4,20	4,34	0,26	0,08	0,08	0,26	31,00
13463	Río Jabalón III	Ecohidráulico HPU 30%	0,32	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,19	0,03	0,00	0,00	0,03	3,70
		Ecohidráulico HPU 50%	0,54	0,65	0,67	0,67	0,60	0,67	0,65	0,21	0,03	0,00	0,00	0,03	4,72
		Ecohidráulico HPU 60%	0,64	0,73	0,75	0,75	0,68	0,75	0,73	0,24	0,03	0,00	0,00	0,03	5,32
		Ecohidráulico HPU 80%	0,86	0,88	0,91	0,91	0,82	0,91	0,88	0,32	0,03	0,00	0,00	0,03	6,56

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia

Nota: los valores marcados en azul son los caudales propuestos en el PHC-DHGn

Para las masas con caudales calculados por métodos hidrológicos sólo se dispone de un régimen mensual único para cada una en la propuesta final de caudales ecológicos. Ante esta circunstancia, para estas masas se ha buscado un régimen mayor y otro menor teniendo en cuenta la variabilidad en las masas con caudales calculados por métodos ecohidráulicos.

Se ha estudiado la variación cuantitativa respecto al valor HPU 60%, tomado como central, de los valores HPU 50% y HPU 80% en las masas de agua con caudales ecohidráulicos. Los resultados se aprecian en la Tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de variación de los regímenes ecohidráulicos respecto al HPU 60%

Código masa	Nombre masa	Tipo régimen	Q total (hm ³ /año)	Variación
12027	Río Olivenza II	Ecohidráulico HPU 50%	3,84	-9%
		Ecohidráulico HPU 60%	4,21	
		Ecohidráulico HPU 80%	4,58	9%
13218	Río Guadiana VII	Ecohidráulico HPU 50%	279,72	-10%
		Ecohidráulico HPU 60%	311,21	
		Ecohidráulico HPU 80%	405,69	30%
13353	Río Guadiana IV	Ecohidráulico HPU 50%	39,18	-10%
		Ecohidráulico HPU 60%	43,55	
		Ecohidráulico HPU 80%	56,53	30%
13354	Río Guadiana VI	Ecohidráulico HPU 50%	133,20	-13%
		Ecohidráulico HPU 60%	152,53	
		Ecohidráulico HPU 80%	181,93	19%
13355	Río Guadiana V	Ecohidráulico HPU 50%	92,29	-19%
		Ecohidráulico HPU 60%	114,02	
		Ecohidráulico HPU 80%	157,70	38%
13359	Río Ardila II	Ecohidráulico HPU 50%	8,37	-16%
		Ecohidráulico HPU 60%	9,92	
		Ecohidráulico HPU 80%	13,27	34%
13366	Río Alcarrache II	Ecohidráulico HPU 50%	0,63	-16%
		Ecohidráulico HPU 60%	0,75	
		Ecohidráulico HPU 80%	2,34	213%
13387	Riviera Limonetes	Ecohidráulico HPU 50%	3,18	-1%
		Ecohidráulico HPU 60%	3,22	
		Ecohidráulico HPU 80%	5,98	86%
13393	Río Guadajira	Ecohidráulico HPU 50%	5,63	-14%
		Ecohidráulico HPU 60%	6,54	
		Ecohidráulico HPU 80%	8,01	22%
13397	Río Matachel II	Ecohidráulico HPU 50%	8,79	-20%
		Ecohidráulico HPU 60%	11,02	
		Ecohidráulico HPU 80%	14,61	33%

Código masa	Nombre masa	Tipo régimen	Q total (hm ³ /año)	Variación
13414	Río Ruecas IV	Ecohidráulico HPU 50%	22,65	-22%
		Ecohidráulico HPU 60%	29,20	
		Ecohidráulico HPU 80%	40,17	38%
13423	Río Zújar II	Ecohidráulico HPU 50%	65,70	-17%
		Ecohidráulico HPU 60%	78,79	
		Ecohidráulico HPU 80%	102,43	30%
13450	Río Bullaque	Ecohidráulico HPU 50%	14,08	-20%
		Ecohidráulico HPU 60%	17,52	
		Ecohidráulico HPU 80%	31,00	77%
13463	Río Jabalón III	Ecohidráulico HPU 50%	4,72	-11%
		Ecohidráulico HPU 60%	5,32	
		Ecohidráulico HPU 80%	6,56	23%

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia

Eliminando los valores extremos en la tabla anterior de Alcarrache II (+213%), Limonetes (-1% y +86%) y Bullaque (+77%), se obtendría una media del 30% para el porcentaje de aumento y del 15% para el de disminución.

Por tanto, se toman el 30% y el 15% como rangos de aumento y disminución de los regímenes de caudales calculados por métodos hidrológicos. A continuación se muestran estos regímenes analizados en el modelo de recursos.

Tabla 5. Rangos de regímenes de caudales ecológicos por métodos hidrológicos (hm³)

Código Masa	Nombre masa	Tipo régimen	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOT
12010	Río Lácara	Hidrológico -15%	0,34	1,08	1,11	1,11	1,01	1,11	0,33	0,34	0,00	0,00	0,00	0,04	6,49
		Hidrológico	0,40	1,27	1,31	1,31	1,19	1,31	0,39	0,40	0,00	0,00	0,00	0,05	7,63
		Hidrológico +30%	0,52	1,65	1,70	1,70	1,55	1,70	0,51	0,52	0,00	0,00	0,00	0,07	9,92
12013	Río Zapatón II	Hidrológico -15%	0,00	1,76	1,82	1,82	1,65	1,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,87
		Hidrológico	0,00	2,07	2,14	2,14	1,94	2,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,43
		Hidrológico +30%	0,00	2,69	2,78	2,78	2,52	2,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,56
12024	Río Guadamatilla II	Hidrológico -15%	0,07	0,15	0,16	0,16	0,14	0,16	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99
		Hidrológico	0,08	0,18	0,19	0,19	0,17	0,19	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1,16
		Hidrológico +30%	0,10	0,23	0,25	0,25	0,22	0,25	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,51
13408	Río Matachel III	Hidrológico -15%	0,03	1,26	1,30	1,30	1,17	1,30	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,03	6,46
		Hidrológico	0,03	1,48	1,53	1,53	1,38	1,53	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,03	7,60
		Hidrológico +30%	0,04	1,92	1,99	1,99	1,79	1,99	0,04	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	9,88
13398	Río Búrdalo	Hidrológico -15%	0,46	0,88	0,91	0,91	0,82	0,91	0,88	0,46	0,03	0,00	0,00	0,03	6,29
		Hidrológico	0,54	1,04	1,07	1,07	0,97	1,07	1,04	0,54	0,03	0,00	0,00	0,03	7,40
		Hidrológico +30%	0,70	1,35	1,39	1,39	1,26	1,39	1,35	0,70	0,04	0,00	0,00	0,04	9,62

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia
Nota: los valores marcados en azul son los caudales propuestos en el PHC-DHGn

Para llevar a cabo la valoración económica del efecto del aumento del caudal ecológico, se calibra el modelo de simulación de recursos disminuyendo el valor de la demanda con déficit (debido al aumento del caudal ecológico), de manera que su garantía volumétrica aumente hasta el nivel de garantía inicial (garantía para el caudal propuesto).

Una vez determinada la afección de la demanda, la valoración de los daños económicos se realiza, en función de su tipología, como sigue:

- 🔦 Para las **unidades de demanda agraria** (UDAs), primeramente se calculará la afección de la superficie de regadío (ha) a la que dé lugar la afección de la demanda ($\text{hm}^3/\text{año}$) teniendo en cuenta la dotación media ($\text{hm}^3/\text{ha}/\text{año}$) de los cultivos de la UDA; seguidamente, se valoran las consecuentes pérdidas en la producción en términos de Margen Neto medio ($\text{€}/\text{ha}/\text{año}$) y Beneficio medio ($\text{€}/\text{ha}/\text{año}$) de la UDA. Se supone que:
 - la afección de la demanda no incide en la distribución de cultivos, es decir, que la distribución se mantiene constante;
- 🔦 Para las **unidades de demanda ganadera** (UDGs), primeramente se calculará la reducción de cabezas de ganado a la que dé lugar la afección de la demanda ($\text{hm}^3/\text{año}$) teniendo en cuenta la dotación media ($\text{hm}^3/\text{cabeza}/\text{año}$) de las cabezas de ganado de la UDG; seguidamente, se valorarán las consecuentes pérdidas en términos de VAB medio ($\text{€}/\text{cabeza}/\text{año}$) de la provincia en la que se sitúe la UDG. Se supone que:
 - la afección de la demanda no incide en la distribución del tipo de ganado;
 - dicha distribución es similar en la provincia y en la UDG objeto de estudio.

Dado que el RPH establece en su Artículo 17.2 la supremacía del uso para abastecimiento urbano sobre el caudal ecológico, no ha lugar una valoración económica de la afección a las unidades de demanda urbana (UDUs).

1.4. RÍO LÁCARA

1.4.1. Análisis de garantías

Las demandas que podrían verse afectadas por una variación del caudal ecológico son la UDA R42B (Lácara) y la UDU A55B (Mancomunidad Lácara Sur). Teniendo en cuenta el caudal ecológico propuesto en el Plan, la demanda de abastecimiento cumple el criterio de garantía de la IPH; sin embargo, la demanda agraria no cumple este criterio y tiene una garantía volumétrica del 95,8%. Como ya se vio en la Tabla 2, se ha definido una medida de gestión en sequías con el fin de mejorar su garantía.

En la Tabla 6 puede apreciarse cómo afectan los diferentes caudales a las garantías de las demandas, según el modelo de simulación de recursos.

Tabla 6. Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Lácara

Unidad de demanda	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Q ecológico (hm ³ /año)	Garantía volumétrica	Garantía IPH
R42B (Lácara)	0,49	6,49	98,5%	Cumple
		7,63	95,8%	No cumple
		9,92	0,0%	No cumple
A55B (M. Lácara Sur)	4,43	6,49	100,0%	Cumple
		7,63	100,0%	Cumple
		9,92	93,8%	No cumple

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia

Nota: El valor marcado en azul es el caudal propuesto en PHC-DHGn

Puede apreciarse la falta de capacidad de regulación del sistema Lácara para un aumento del caudal ecológico a 9,92 hm³/año, produciéndose el incumplimiento de la garantía de la demanda urbana A55B incluso con la eliminación total de la demanda agraria R42B.

Por tanto, el aumento del caudal ecológico en el río Lácara hasta 9,92 hm³/año produciría afecciones en el abastecimiento urbano del sistema y no respetaría el Artículo 17 (apartado 2) del RPH.

1.5. RÍO ZAPATÓN II

1.5.1. Análisis de garantías

La demanda que podría verse afectada por una variación del caudal ecológico es la UDA del río Zapatón I. Teniendo en cuenta el caudal ecológico propuesto en el Plan, esta demanda cumple los criterios de garantía de la IPH y no tiene prevista ninguna medida.

En la Tabla 7 puede apreciarse cómo afectan los diferentes caudales a la garantía de la UDA.

Tabla 7. Garantías de la demanda afectada por caudales ecológicos – Río Zapatón II

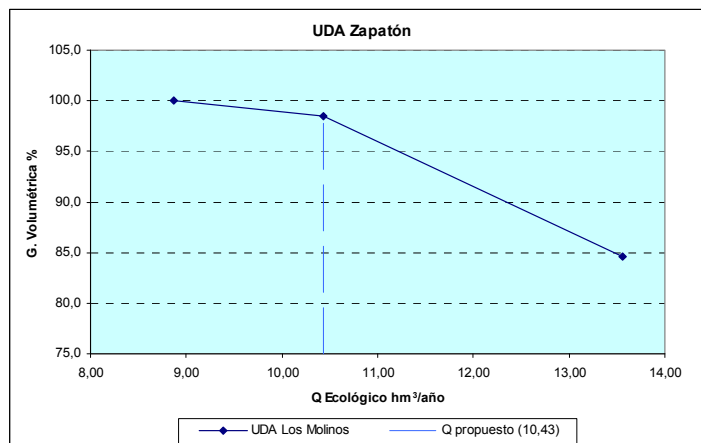
Unidad de demanda	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Q ecológico (hm ³ /año)	Garantía Volumétrica	Garantía IPH
R46B (Zapatón I)	1,08	8,87	100,0%	Cumple
		10,43	98,5%	Cumple
		13,56	84,6%	No cumple

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia

Nota: El valor marcado en azul es el caudal propuesto en PHC-DHGn

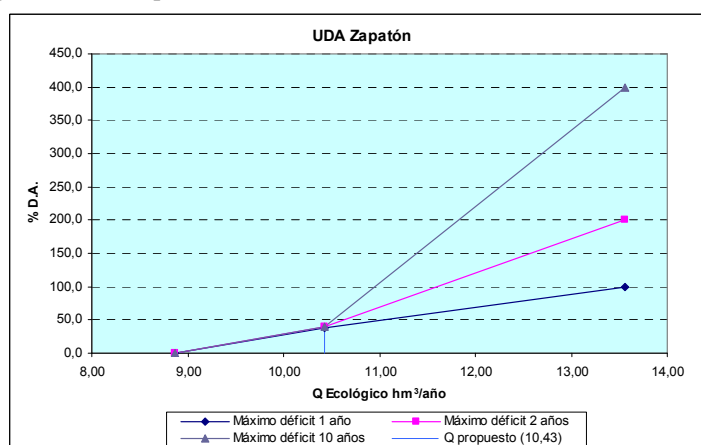
A continuación puede verse de forma gráfica como a medida que aumenta el caudal ecológico disminuye la garantía volumétrica, o lo que es lo mismo, aumenta su déficit.

Figura 1. Garantía volumétrica en relación con el caudal ecológico – Río Zapatón II



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Porcentaje de déficit respecto de la demanda anual en relación con el caudal ecológico – Río Zapatón II



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 se observa el cumplimiento del criterio de garantía de la IPH con el caudal propuesto, para el que los tres puntos de máximo déficit están por debajo del 50%. Para un aumento del caudal propuesto, la línea de máximo déficit de un año sobrepasa el 50% con lo que no se cumpliría el criterio de garantía de la IPH.

1.5.2. Valoración económica de afecciones

La Tabla 8 muestra información sobre la UDA de Zapatón I y la Tabla 9 los resultados del análisis de la valoración económica de afecciones en la unidad de demanda objeto de estudio.

Tabla 8. UDA de Zapatón I

UDA	Superficie PHC (ha)	Dotación PHC (m ³ /ha/ año)	Margen Neto PHC (€/ha)	Beneficio PHC (€/ha)
Zapatón I	163	6.600	502,12	47,22

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua)

Tabla 9. Valoración económica de la reducción de superficies de regadío – UDA de Zapatón I

UDA	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Demanda con aumento de Qeco (hm ³ /año)	Demanda afectada (hm ³ /año)	Superficie afectada (ha)	Pérdidas s/ Margen Neto (€/año)	Pérdidas s/ Beneficio (€/año)
Zapatón I	1,08	0,30	0,78	118	59.022	5.550

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua) y elaboración propia

El aumento del caudal ecológico requeriría una reducción de superficie de 118 ha; lo que implicaría pérdidas por 0,059 M€/año en términos de margen neto y 0,006 M€/año en términos de beneficio.

1.6. RÍO GUADAMATILLA II

1.6.1. Análisis de garantías

En este caso sólo los usos urbanos pueden verse afectados directamente por una variación del caudal ecológico. Las UDUs relacionadas serían los abastecimientos A20B: Almadén y comarca, y A25B: Mancomunidad de la Sierra Boyera. Para esta última demanda, se ha acordado con la D. H. del Guadalquivir el aporte consolidado del embalse de Sierra Boyera, de 2 hm³/año.

Teniendo en cuenta dicho aporte, se ha podido comprobar que ninguno de los caudales de la Tabla 5 para el río Guadamatilla II afecta a los abastecimientos mencionados. Además, se ha comprobado que el caudal de 1,51 hm³/año (hidrológico +30%) agotaría la capacidad de regulación del embalse de La

Colada y, por consiguiente, cualquier caudal superior a este produciría afecciones al uso de abastecimiento de dicho embalse.

En el caso de que el aporte del embalse de Sierra Boyera no se pudiera llevar a cabo, cualquier caudal de la Tabla 5, incluido el propuesto, produciría afecciones a las demandas de abastecimiento y no respetaría el Artículo 17 (apartado 2) del RPH.

1.7. RÍO OLIVENZA II

1.7.1. Análisis de garantías

La demanda que podría verse afectada por una variación del caudal ecológico es la UDA R53B (Piedra Aguda). Teniendo en cuenta el caudal ecológico propuesto en el Plan, esta demanda cumple los criterios de garantía de la IPH y no tiene prevista ninguna medida.

Se ha comprobado que ninguno de los caudales de la Tabla 3 para el río Olivenza II afecta a la garantía de esta UDA, que cumple los criterios de la IPH con cualquiera de ellos. El motivo fundamental de este cumplimiento es la existencia de una conducción que impulsa agua desde el río Guadiana hasta el embalse de Piedra Aguda. Por ello, si se aumenta el caudal ecológico será necesario aumentar el bombeo del Guadiana, lo que conlleva un aumento del coste energético asociado.

1.7.2. Valoración económica de afecciones

Como se ha comentado, el aumento del caudal ecológico en el río Olivenza II no produciría afecciones sobre las demandas del sistema. Sin embargo, sí sería necesario un aumento del bombeo del río Guadiana hacia Piedra Aguda, aumentando el gasto energético medio anual y su coste asociado.

Para calcular este coste es necesario el valor del incremento del volumen anual medio transportado por la conducción. Se ha utilizado el volumen medio obtenido con el modelo de simulación para el periodo 1980/81 – 2005/06.

Con el incremento de volumen anual y el caudal de la tubería se calcula el tiempo anual medio de funcionamiento en horas. Después, con la altura manométrica a salvar, se calcula la potencia necesaria de las estaciones de bombeo expresada en Kw y la energía media consumida expresada en Kwh. Todo esto se resume en las siguientes expresiones.

$$T(horas) = \frac{V(m^3)}{3600 \cdot q(m^3/s)} \quad P(Kw) = \frac{9,8 \cdot q \cdot h}{0,75} \quad E(Kwh) = P \cdot T$$

En el cálculo de la altura manométrica de la elevación, además de la diferencia de cotas, hay que considerar las pérdidas de carga continua (ΔH_C) y localizadas (ΔH_L).

$$\Delta H = \Delta H_C + \Delta H_L$$

La pérdida de carga continua o lineal se calcula por la fórmula empírica de Manning:

$$\Delta H_C = J \cdot L \quad J = \frac{6,35 v^2 \cdot n^2}{(ID)^{4/3}}$$

Donde L (m) es la longitud de la tubería, v (m/s) es la velocidad del flujo, ID (m) es el diámetro de la tubería y n es el coeficiente de rugosidad absoluta de Manning. Se ha adoptado el valor de n = 0,017, que es el valor medio recomendado por diversos autores y fabricantes para tubos en mal estado de conservación (Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión; CEDEX, 2003).

Para la pérdida de carga localizada tenemos la siguiente expresión, según la ecuación de Bernouilli:

$$\Delta H_L = K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

En el cálculo del coeficiente K se ha adoptado como hipótesis la existencia de pérdidas a la entrada y salida del depósito, y cada 500 m, por la instalación de válvulas de seccionamiento abiertas completamente cuando la instalación esté en operación. Por tanto

$$K = K1 + K2 + \frac{L}{500} \cdot K3$$

Donde K1=1, K2=0,5 y K3=0,02.

Para calcular el coste energético se ha utilizado un precio de la energía de 0,1437 €/Kwh, que es un precio medio obtenido a partir de otras instalaciones de bombeo de la cuenca.

Los incrementos de caudal bombeados respecto al caudal propuesto en el PHC (HPU 30%) se reflejan a continuación. También pueden apreciarse los valores de pérdidas de carga calculados, así como los posibles aumentos del coste energético anual.

Tabla 10. Aumento del caudal bombeado para cada régimen de caudal ecológico respecto al régimen propuesto

Tipo régimen	ΔQ tubería (hm ³ /año)
Ecohidráulico HPU 50%	0,08
Ecohidráulico HPU 60%	0,23
Ecohidráulico HPU 80%	0,44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Pérdida de carga en la conducción Guadiana–Piedra Aguda

Descripción	L (m)	K	Q (m ³ /s)	ID (m)	v (m/s)	J (m/m)	ΔH_e (m)	ΔH_L (m)	ΔH (m)
Guadiana - Piedra Aguda	17.373	2,19	0,500	0,80	0,9947	0,00245	42,48	10,65	53,13

Fuente: GIS corporativo de la CHGn y elaboración propia

Sumando esta pérdida de carga a la diferencia de cota (57 m) se tiene 110,13 m.c.a. de altura manométrica para esta conducción.

Tabla 12. Valoración del coste energético

Tipo régimen	T (horas)	P (Kw)	E (Kwh)	Coste energético anual (€)
Ecohidráulico HPU 50%	44,44	719,52	31.978,49	4.595,31
Ecohidráulico HPU 60%	127,78	719,52	91.938,17	13.211,51
Ecohidráulico HPU 80%	244,44	719,52	175.881,72	25.274,20

Fuente: Elaboración propia

El aumento máximo del caudal ecológico (hasta HPU 80%) supondría un coste energético adicional de más de 0,025 M€/año.

1.8. RÍO GUADIANA AGUAS ABAJO DEL EMBALSE DE ORELLANA

Bajo esta denominación se engloban las masas de agua Guadiana V, VI y VII.

1.8.1. Análisis de garantías

Se ha comprobado en el modelo de simulación de recursos que no se producen cambios en las garantías de las unidades de demanda del sistema central de la demarcación, para cualquier régimen de caudales (Tabla 3) considerado en estas masas.

Esta falta de afección en las garantías se debe a las numerosas aportaciones intermedias y retornos de demandas agrarias en dichas masas de agua, así como a la alta regulación de todo el sistema gracias a los grandes embalses existentes y la interconexión entre ellos.

1.9. RÍO GUADIANA IV

1.9.1. Análisis de garantías

Las demandas que podrían verse afectadas por una variación del caudal ecológico, son las demandas agrarias R13A (El Vicario) y R20A (Guadiana IV). Teniendo en cuenta el caudal ecológico propuesto en el Plan, estas demandas no cumplen el criterio de garantía de la IPH. Como ya se vio en la Tabla 2, en el Plan Hidrológico se han definido medidas de reducción de superficie regable y gestión en sequías con el fin de mejorar sus garantías.

En la Tabla 13 puede apreciarse cómo afectan los diferentes caudales a las garantías de las demandas según el modelo de simulación de recursos.

Tabla 13. Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Guadiana IV

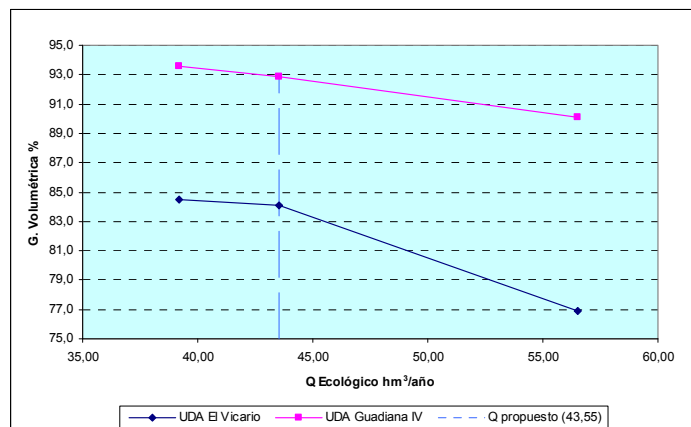
Unidad de demanda	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Q ecológico (hm ³ /año)	Garantía volumétrica	Garantía IPH
R13A (El Vicario)	8,00	39,18	84,5%	No cumple
		43,55	84,1%	No cumple
		56,53	76,9%	No cumple
R20A (Guadiana IV)	12,00	39,18	93,6%	No cumple
		43,55	92,9%	No cumple
		56,53	90,1%	No cumple

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia

Nota: El valor marcado en azul es el caudal propuesto en PHC-DHGn

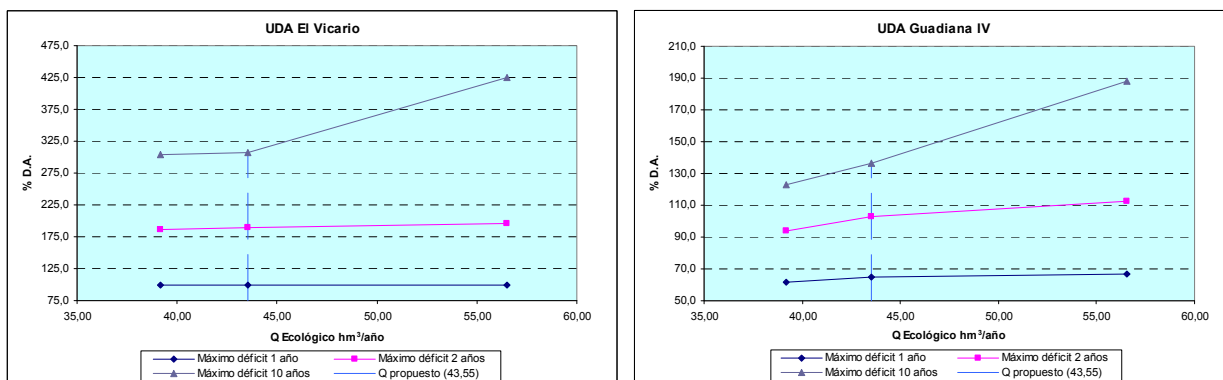
A continuación puede verse de forma gráfica la variación de la garantía y déficit de las demandas frente al régimen de caudal ecológico.

Figura 3. Garantía volumétrica en relación con el caudal ecológico – Río Guadiana IV



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Porcentaje de déficit respecto de la demanda anual en relación con el caudal ecológico – Río Guadiana IV



Fuente: Elaboración propia

En las gráficas anteriores se observa la disminución de la garantía volumétrica de las demandas con el aumento del caudal ecológico, así como el aumento del déficit esas mismas demandas.

Para ambas demandas se aprecia claramente el incumplimiento del criterio de garantía de la IPH en los tres caudales simulados, para los que el máximo déficit en un año sobrepasa el 50 %. Sobre esto hay que destacar que, además de con el caudal propuesto en el Plan sobre el que ya se han definido medidas, también se produciría el incumplimiento de las garantías con un caudal ecológico menor.

1.9.2. Valoración económica de afecciones

A continuación se muestra información sobre las unidades de demanda objeto de estudio y los resultados del análisis de valoración económica de afecciones por aumento de los caudales ecológicos.

Tabla 14. UDA de El Vicario y Guadiana IV

UDA	Superficie PHC (ha)	Dotación PHC (m ³ /ha/ año)	Margen Neto PHC (€/ha)	Beneficio PHC (€/ha)
El Vicario	1.600	5.000	874,80	385,91
Guadiana IV	2.230	5.381	608,13	-46,70

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua)

Tabla 15. Valoración económica de la reducción de superficies de regadío – UDA de El Vicario y Guadiana IV

UDA	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Demanda con aumento de Qeco (hm ³ /año)	Demanda afectada (hm ³ /año)	Superficie afectada (ha)	Pérdidas s/ Margen Neto (€/año)	Pérdidas s/ Beneficio (€/año)
El Vicario	8,00	4,00	4,00	800	699.838	308.731
Guadiana IV	12,00	11,00	1,00	186	113.011	-8.679
	20,00	15,00	5,00	986	812.850	300.052

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua) y elaboración propia

El aumento del caudal ecológico requeriría una reducción de superficie de 986 ha, pérdidas por unos 0,81 M€/año en términos de margen neto y 0,30 M€/año en términos de beneficio.

1.10. RÍO ARDILA II

1.10.1. Análisis de garantías

Las demandas que podrían verse afectadas por una variación del caudal ecológico son las UDAs y UDGs del embalse de Valuengo y del río Ardila. Teniendo en cuenta el caudal ecológico propuesto en el Plan, estas demandas cumplen los criterios de garantía de la IPH y no tienen prevista ninguna medida.

En la Tabla 16 puede apreciarse cómo afectan los diferentes caudales a las garantías de las demandas.

Tabla 16. Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Ardila II

Unidad de demanda (UDA/UDG)	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Q ecológico (hm ³ /año)	Garantía volumétrica	Garantía IPH
R63B (Valuengo)	7,50	8,37	99,2%	Cumple
		9,92	97,2%	Cumple
		13,27	88,7%	No cumple
R64B (Ardila II)	0,85	8,37	99,0%	Cumple
		9,92	98,3%	Cumple
		13,27	97,6%	Cumple
G23B (Valuengo)	4,60	8,37	99,2%	Cumple
		9,92	98,0%	Cumple
		13,27	90,4%	No cumple

Unidad de demanda (UDA/UDG)	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Q ecológico (hm ³ /año)	Garantía volumétrica	Garantía IPH
G25B (Ardila II)	0,39	8,37	99,2%	Cumple
		9,92	98,7%	Cumple
		13,27	97,9%	Cumple

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia

Nota: El valor marcado en azul es el caudal propuesto en PHC-DHGn

A continuación puede verse de forma gráfica la variación de la garantía de las demandas frente al régimen de caudal ecológico. Como ejemplo, sólo se muestra la variación de los déficits de los regadíos ya que la variación del déficit de las demandas ganaderas sería prácticamente igual.

Figura 5. Garantía volumétrica en relación con el caudal ecológico – Río Ardila II

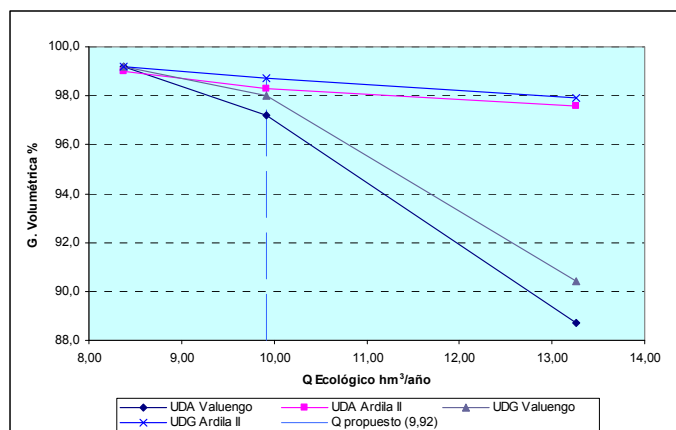
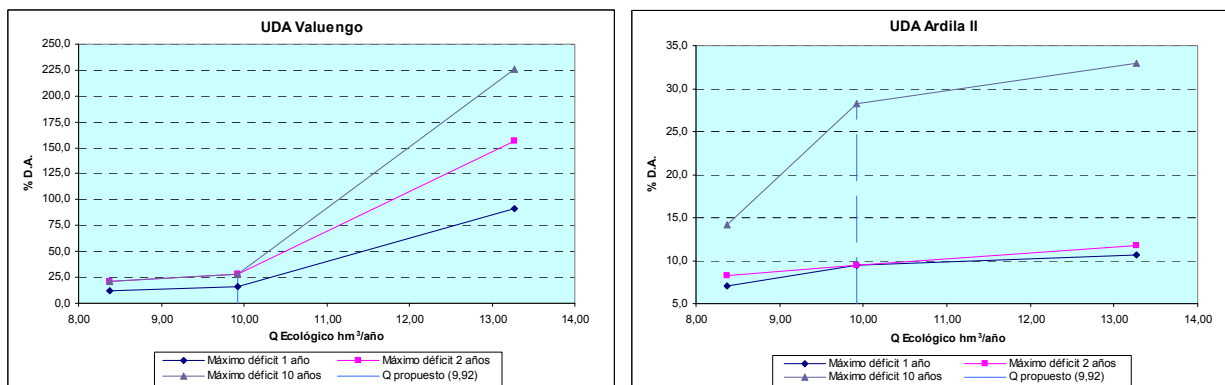


Figura 6. Porcentaje de déficit respecto de la demanda anual en relación con el caudal ecológico – Río Ardila II



Fuente: Elaboración propia

Puede apreciarse que la variación del caudal ecológico no afecta prácticamente a las demandas del río Ardila II, debido principalmente a su menor cuantía.

No ocurre lo mismo para las demandas del embalse de Valuengo, mucho más importantes cuantitativamente, cuyas garantías disminuyen considerablemente al aumentar el caudal ecológico (a partir del caudal propuesto) llegando al incumplimiento de los criterios de garantía establecidos en la IPH una vez sobrepasados los 11 hm³/año.

1.10.2. Valoración económica de afecciones

A continuación se muestra información sobre las unidades de demanda objeto de estudio y los resultados del análisis de valoración económica de afecciones por aumento de los caudales ecológicos.

Tabla 17. UDA de Valuengo y Ardila II

UDA	Superficie PHC (ha)	Dotación PHC (m ³ /ha/ año)	Margen Neto PHC (€/ha)	Beneficio PHC (€/ha)
Valuengo	1.000	7.500	571	177,02
Ardila II	129	6.600	571	177,02

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua)

Tabla 18. Valoración económica de la reducción de superficies de regadío – UDA de Valuengo y Ardila II

UDA	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Demanda con aumento de Qeco (hm ³ /año)	Demanda afectada (hm ³ /año)	Superficie afectada (ha)	Pérdidas s/ Margen Neto (€/año)	Pérdidas s/ Beneficio (€/año)
Valuengo	7,50	4,70	2,80	373	213.130	66.088
Ardila II	0,85	0,60	0,25	38	21.624	6.705
	8,35	5,30	3,05	411	234.754	72.794

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua) y elaboración propia

En las UDAs Valuengo y Ardila II, el aumento de los caudales ecológicos requeriría una reducción de superficie de 411 ha; lo que implicaría pérdidas por unos 0,23 M€/año en términos de margen neto y 0,073 M€/año en términos de beneficio.

Respecto a las unidades de demanda ganaderas, según información del INE, el VAB de la ganadería en la provincia de Badajoz (en la que se encuentran las UDG objeto de estudio) asciende a 127,74 M€; por otra parte, esta provincia cuenta con un total de 8,3 millones de cabezas de ganado, por lo que el VAB medio por cabeza de ganado se estima en 15,4 €. Tanto en la comarca de Jerez de los Caballeros como en la provincia de Badajoz, el tipo de ganado mayoritario es el porcino con un peso sobre el total de 68% y 64% respectivamente.

Tabla 19. Demanda 2015 y necesidades hídricas por tipo de ganado en la Comarca de Jerez de los Caballeros

Jerez de los Caballeros	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Equino	Aves	Total
Demanda 2015 (hm ³ /año)	2,00	4,74	0,16	0,04	0,03	0,01	6,99

Jerez de los Caballeros	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Equino	Aves	Total
Distribución demanda	29%	68%	2%	1%	0,4%	0,2%	100%
Dotaciones (m ³ /año)	17,60	2,87	2,00	1,98	4,72	0,08	29,25

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua)

Tabla 20. UDGs de Valuengo y Ardila II

UDG	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Demanda con aumento de Qeco (hm ³ /año)	Demanda afectada (hm ³ /año)
Valuengo	4,60	2,90	1,70
Ardila II	0,39	0,32	0,07

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua)

Tabla 21. Valoración económica de la reducción de dotaciones en las UDGs de Valuengo y Ardila II

Afección	UDG	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Equino	Aves	Total	Pérdida VAB (€/año)
Demanda (hm ³ /año)	Valuengo	0,49	1,15	0,04	0,01	0,01	0,00	1,70	
	Ardila II	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	
Cabezas (Nº)	Valuengo	27.666	402.152	19.732	4.889	1.467	38.404	494.310	7.611.341
	Ardila II	1.139	16.559	812	201	60	9	18.782	289.198
									7.900.539

Fuente: Elaboración propia

El aumento del caudal ecológico implicaría una minoración de la demanda de 1,7 hm³/año en la UDG de Valuengo y de 0,07 hm³/año en la UDG de Ardila II, lo que conduciría a una reducción de 494.310 y 18.782 cabezas ganado respectivamente; ello daría lugar a una pérdida de VAB de 7,9 M€/año.

1.11. RÍO ALCARRACHE II

1.11.1. Análisis de garantías

Las demandas que podrían verse afectadas por una variación del caudal ecológico son la UDA R57B (Alcarrache II) y la UDU A62B (Mancomunidad de aguas del Alcarrache). Teniendo en cuenta el caudal ecológico propuesto en el Plan, la demanda de abastecimiento cumple el criterio de garantía de la IPH. Sin embargo, la demanda agraria no cumple este criterio y tiene una garantía volumétrica del 88,5%. Como ya se vio en la Tabla 2, se ha definido una medida de gestión en sequías para esta demanda.

En la Tabla 22 puede apreciarse cómo afectan los diferentes caudales a las garantías de las demandas, según el modelo de simulación de recursos.

Tabla 22. Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Alcarrache II

Unidad de demanda	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Q ecológico (hm ³ /año)	Garantía volumétrica	Garantía IPH
R57B (Alcarrache II)	0,06	0,63	88,5%	No cumple
		0,75	88,5%	No cumple
		2,34	0,0%	No cumple
A62B (M. de aguas del Alcarrache)	3,06	0,63	100,0%	Cumple
		0,75	100,0%	Cumple
		2,34	98,5%	No cumple

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia

Nota: El valor marcado en azul es el caudal propuesto en PHC-DHGn

Puede apreciarse la falta de capacidad de regulación del embalse del Aguijón para un aumento del caudal ecológico a 2,34 hm³/año, produciéndose el incumplimiento de la garantía de la demanda urbana A62B incluso con la eliminación total de la demanda agraria R57B.

Por tanto, el aumento del caudal ecológico en el río Alcarrache II hasta 2,34 hm³/año produciría afecciones en el abastecimiento urbano del sistema y no respetaría el Artículo 17 (apartado 2) del RPH.

1.12. RIVERA LIMONETES

1.12.1. Análisis de garantías

En este caso, no hay usos distintos a los urbanos que puedan verse afectados directamente por una variación del caudal ecológico. La UDU relacionada sería la A52B (Mancomunidad de Nogales). Teniendo en cuenta el caudal ecológico propuesto en el Plan, esta demanda cumple los criterios de garantía de la IPH y no tiene prevista ninguna medida.

En la Tabla 23 puede apreciarse cómo afectan los diferentes caudales a la garantía de la demanda.

Tabla 23. Garantías de la demanda afectada por caudales ecológicos – Río Rivera Limonetes

Unidad de demanda	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Q ecológico (hm ³ /año)	Garantía volumétrica	Garantía IPH
A52B (M. de Nogales)	2,22	3,18	100,0%	Cumple
		3,22	100,0%	Cumple
		5,98	98,3%	No cumple

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia

Nota: El valor marcado en azul es el caudal propuesto en PHC-DHGn

Un aumento del caudal ecológico mínimo a 5,98 hm³/año (80% HPU) produciría afecciones en el abastecimiento urbano y no respetaría el Artículo 17 (apartado 2) del RPH.

1.13. RÍO MATACHEL II

1.13.1. Análisis de garantías

Las demandas que podrían verse afectadas por una variación del caudal ecológico, son la UDA R34B (Los Molinos) y la UDU A42B (Mancomunidad de Los Molinos).

Teniendo en cuenta el caudal ecológico propuesto en el Plan, la demanda de abastecimiento cumple el criterio de garantía de la IPH. Para ello, se ha definido una medida en el Plan Hidrológico consistente en una conducción de apoyo desde el embalse de Villalba hasta el embalse de Los Molinos.

Para ese mismo caudal ecológico, la demanda agraria no cumple dicho criterio y tiene una garantía volumétrica del 86,5%. Como ya se vio en la Tabla 2, se ha definido una medida de gestión en sequías para esta demanda agraria.

En la Tabla 24 puede apreciarse cómo afectan los diferentes caudales a las garantías, según el modelo de simulación de recursos.

Tabla 24. Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Matachel II

Unidad de demanda	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Q ecológico (hm ³ /año)	Garantía Volumétrica	Garantía IPH
R34B (Los Molinos)	2,53	8,79	86,5%	No cumple
		11,02	60,0%	No cumple
		14,61	0,0%	No cumple
A42B (M. de Los Molinos)	8,23	8,79	100,0%	Cumple
		11,02	100,0%	Cumple
		14,61	98,7%	No cumple

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia

Nota: El valor marcado en azul es el caudal propuesto en PHC-DHGn

Puede apreciarse la falta de capacidad de regulación del sistema para un aumento del caudal ecológico a 14,61 hm³/año, produciéndose el incumplimiento de la garantía de la demanda urbana A42B incluso con la eliminación total de la demanda agraria R34B.

A continuación puede verse de forma gráfica la variación de la garantía y déficit de la demanda agraria frente al régimen de caudal ecológico.

Figura 7. Garantía volumétrica en relación con el caudal ecológico – Río Matachel II

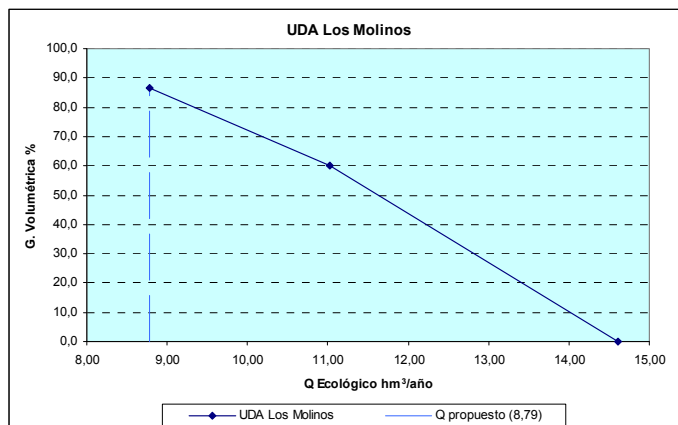
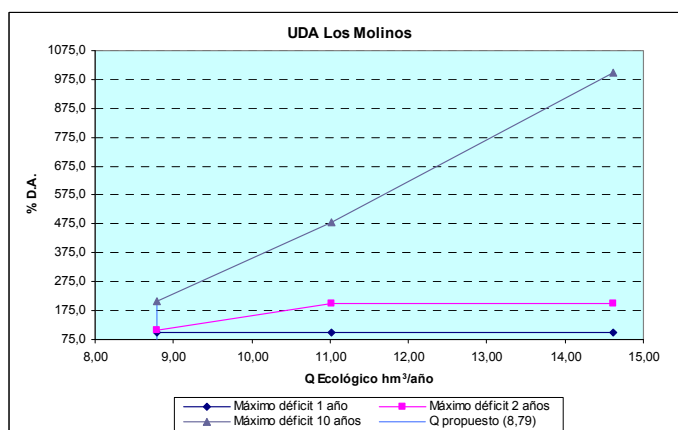


Figura 8. Porcentaje de déficit respecto de la demanda anual en relación con el caudal ecológico – Río Matachel II



Fuente: Elaboración propia

En las gráficas anteriores se observa la disminución de la garantía volumétrica de la demanda con el aumento del caudal ecológico, así como el aumento del déficit.

Puede apreciarse claramente el incumplimiento del criterio de garantía de la IPH en los tres caudales simulados (incluido el más bajo), para los que el máximo déficit en un año sobrepasa el 50 %.

Cabe destacar que el caudal correspondiente al HPU 80% (14,61 hm³/año) produciría incumplimientos en la demanda de abastecimiento A42B (Mancomunidad de Los Molinos), incluso cuando se elimina la demanda agraria (garantía volumétrica del 0% en la gráfica). Por tanto, para este caudal no se respetaría el Artículo 17 (apartado 2) del Reglamento de Planificación Hidrológica.

El aumento del caudal de HPU 50% a HPU 60% disminuye la garantía volumétrica de la UDA hasta el 60%. Se ha comprobado con el modelo de recursos que por mucho que se disminuya el valor de

la UDA el valor de su garantía no aumenta, sino que se queda en torno al 60%. Por consiguiente, para valorar económicamente este aumento del caudal ecológico ha supuesto la eliminación total de la UDA.

1.13.2. Valoración económica de afecciones

A continuación se muestra información sobre las unidades de demanda objeto de estudio y los resultados del análisis de valoración económica de afecciones por aumento de los caudales ecológicos.

Tabla 25. UDA de Los Molinos

UDA	Superficie PHC (ha)	Dotación PHC (m ³ /ha/ año)	Margen Neto PHC (€/ha)	Beneficio PHC (€/ha)
Los Molinos	1.054	2.399	1241,13	660,34

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua)

Tabla 26. Valoración económica de la eliminación de la UDA de Los Molinos

UDA	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Demanda con aumento de Qeco (hm ³ /año)	Demanda afectada (hm ³ /año)	Superficie afectada (ha)	Pérdidas s/ Margen Neto (€/año)	Pérdidas s/ Beneficio (€/año)
Los Molinos	2,53	0,00	2,53	1.054	1.308.153	695.996

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua) y elaboración propia

El aumento del caudal ecológico requeriría la eliminación de la UDA de Los Molinos, lo que implicaría pérdidas por unos 1,31 M€/año en términos de margen neto y 0,70 M€/año en términos de beneficio.

1.14. RÍO GUADAJIRA

1.14.1. Análisis de garantías

Las demandas que podrían verse afectadas por una variación del caudal ecológico, son la UDA R43B (Barros II) y la UDU A51B (Mancomunidad Jaime Ozores y Feria). También podría verse afectado el abastecimiento del embalse de Los Molinos, visto en el punto anterior, debido a la medida consistente en una conducción desde el embalse de Villalba hasta el embalse de Los Molinos, haciendo que los dos sistemas queden relacionados entre sí.

Teniendo en cuenta el caudal ecológico propuesto en el Plan, todas las demandas del sistema cumplirían el criterio de garantía de la IPH. En este sentido, se ha definido en el PHC la medida del Canal de Barros, consistente en un canal que partiría del sistema Zújar-La Serena para atender los regadíos de Barros I y II.

En la Tabla 27 puede apreciarse cómo afectan los diferentes caudales a las garantías, según el modelo de simulación de recursos.

Tabla 27. Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Guadajira

Unidad de demanda	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Q ecológico (hm ³ /año)	Garantía Volumétrica	Garantía IPH
R43B (Barros II)	13,83	3,51	98,7%	Cumple
		5,63	98,7%	Cumple
		6,54	98,7%	Cumple
		8,01	98,7%	Cumple
A51B (M. Jaime Ozores y Feria)	5,85	3,51	100,0%	Cumple
		5,63	100,0%	Cumple
		6,54	98,7%	No cumple
		8,01	98,0%	No cumple
A42B (M. de Los Molinos)	8,23	3,51	100,0%	Cumple
		5,63	100,0%	Cumple
		6,54	98,7%	No cumple
		8,01	98,0%	No cumple

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia

Nota: El valor marcado en azul es el caudal propuesto en PHC-DHGn

Las garantías de la tabla anterior están condicionadas al desarrollo de la medida del Canal de Barros (o medida alternativa). De esta forma, la demanda de regadío cumpliría el criterio de la IPH para cualquier caudal gracias al recurso que llegaría desde un sistema externo con gran regulación.

Un aumento del caudal ecológico mínimo a 6,54 y 8,01 hm³/año produciría afecciones en los abastecimientos urbanos y no respetaría el Artículo 17 (apartado 2) del RPH.

1.15. RÍO MATACHEL III

1.15.1. Análisis de garantías

Se ha comprobado en el modelo de simulación de recursos que no se producen cambios en las garantías de las unidades de demanda del embalse de Alange, para cualquier régimen de caudales (Tabla 3) considerado en el río Matachel III. Esta falta de afección en las garantías se debe a la alta regulación del embalse de Alange.

1.16. RÍO BÚRDALO

1.16.1. Análisis de garantías

El embalse de Búrdalo se integra en toda la infraestructura de regadío de la zona regable de Vegas Altas, a través del Canal de las Dehesas. Gracias a la alta regulación de este sistema, conectado a los grandes embalses de la cuenca y a los retornos de la gran zona regable, se ha podido observar en el modelo de simulación que no se producen cambios en las garantías de las unidades de demanda agraria de la zona para cualquier régimen de caudales (Tabla 3) considerado en el río Búrdalo.

1.17. RÍO RUECAS IV

1.17.1. Análisis de garantías

Este caso sería similar al anterior debido a que los embalses aguas arriba del río Rucas IV forman parte del mismo sistema de regadío de Vegas Altas. Así pues, por las mismas razones tampoco se producirían afecciones en las demandas agrarias para cualquier régimen de caudales del río Rucas IV mostrado en la Tabla 3.

1.18. RÍO ZÚJAR II

1.18.1. Análisis de garantías

El río Zújar II está situado aguas abajo de los grandes embalses del Zújar y La Serena, que forman parte de la gran infraestructura de regulación anteriormente comentada. Debido a la gran capacidad de regulación del sistema, no se producirían afecciones en las demandas del sistema para cualquier régimen de caudales del río Zújar II, tal y como se ha podido comprobar en el modelo de recursos.

1.19. RÍO BULLAQUE

1.19.1. Análisis de garantías

Las demandas que podrían verse afectadas por una variación del caudal ecológico son las UDAs del embalse de Torre Abraham y del río Bullaque. Teniendo en cuenta el caudal ecológico propuesto en el Plan, estas demandas no cumplen el criterio de garantía de la IPH. Como ya se vio en la Tabla 2, en el PHC se ha definido una medida de gestión en sequías para estas demandas agrarias.

En la Tabla 28 puede apreciarse cómo afectan los diferentes caudales a las garantías de las UDAs.

Tabla 28. Garantías de las demandas afectadas por caudales ecológicos – Río Bullaque

Unidad de demanda	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Q ecológico (hm ³ /año)	Garantía Volumétrica	Garantía IPH
R17A (Torre Abraham)	31,69	14,08	97,2%	No cumple
		17,52	96,1%	No cumple
		31,00	92,1%	No cumple
R21A (Ampliación Torre Abraham)	11,25	14,08	97,2%	No cumple
		17,52	96,1%	No cumple
		31,00	92,1%	No cumple
R18A (Bullaque)	6,73	14,08	96,3%	No cumple
		17,52	94,9%	No cumple
		31,00	91,5%	No cumple

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia

Nota: El valor marcado en azul es el caudal propuesto en PHC-DHGn

A continuación puede verse de forma gráfica la variación de la garantía y déficit de las demandas frente al régimen de caudal ecológico.

Figura 9. Garantía volumétrica en relación con el caudal ecológico – Río Bullaque

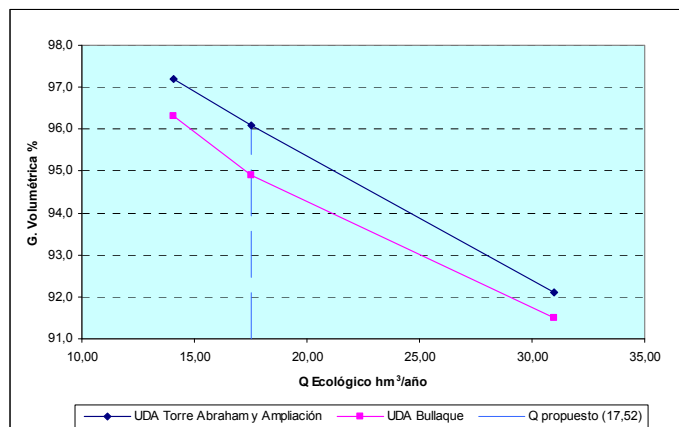
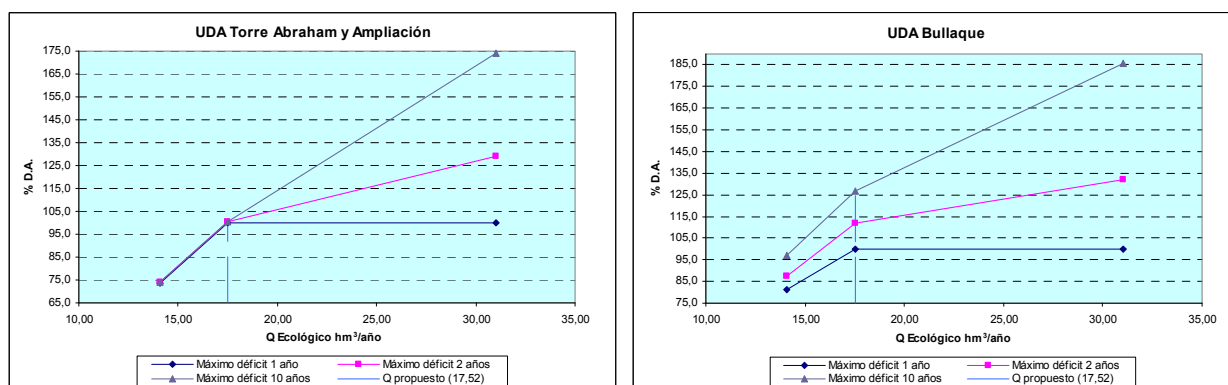


Figura 10. Porcentaje de déficit respecto de la demanda anual en relación con el caudal ecológico – Río Bullaque



Fuente: Elaboración propia

En las gráficas anteriores se observa la disminución de la garantía volumétrica de las demandas con el aumento del caudal ecológico, así como el aumento del déficit esas mismas demandas.

Para todas las demandas se aprecia claramente el incumplimiento del criterio de garantía de la IPH en los tres caudales simulados, para los que el máximo déficit en un año sobrepasa el 50 %. Sobre esto hay que destacar que, además de con el caudal propuesto en el Plan sobre el que ya se han definido medidas, también se produciría el incumplimiento de las garantías con un caudal ecológico menor.

1.19.2. Valoración económica de afecciones

A continuación se muestra información sobre las unidades de demanda objeto de estudio y los resultados del análisis de valoración económica de afecciones por aumento de los caudales ecológicos.

Tabla 29. UDA de Torre Abraham y Bullaque

UDA	Superficie PHC (ha)	Dotación PHC (m ³ /ha/ año)	Margen Neto PHC (€/ha)	Beneficio PHC (€/ha)
Torre Abraham	5.762	5.500	518	81,53
Ampliación Torre Abraham	2.500	4.500	518	81,53
Bullaque	1.914	3.516	608	-46,70

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua)

Tabla 30. Valoración económica de la reducción de superficies de regadío – UDA de Torre Abraham y Bullaque

UDA	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Demanda con aumento de Qeco (hm ³ /año)	Demanda afectada (hm ³ /año)	Superficie afectada (ha)	Pérdidas s/ Margen Neto (€/año)	Pérdidas s/ Beneficio (€/año)
Torre Abraham	31,69	25,05	6,64	1.208	625.762	98.455
Ampliación T. Abraham	11,25	8,89	2,36	524	271.512	42.719
Bullaque	6,73	5,45	1,28	364	221.379	-17.002
	49,67	39,39	10,28	2.096	1.118.653	124.173

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua) y elaboración propia

El aumento de los caudales ecológicos requeriría una reducción de superficie de 2.096 ha, pérdidas por unos 1,12 M€/año en términos de margen neto y 0,12 M€/año en términos de beneficio.

1.20. RÍO JABALÓN III

1.20.1. Análisis de garantías

La única demanda que podría verse afectada por la variación del caudal ecológico sería la demanda urbana de abastecimiento A27A (Mancomunidad Campo de Calatrava), que se abastece del embalse de La Vega del Jabalón. Teniendo en cuenta el caudal ecológico propuesto en el Plan, esta demanda cumple los criterios de garantía de la IPH y no tiene prevista ninguna nueva medida.

En la Tabla 31 puede apreciarse cómo afectan los diferentes caudales a la garantía de la demanda.

Tabla 31. Garantías de la demanda afectada por caudales ecológicos – Río Jabalón III

Unidad de demanda	Demanda 2015 (hm ³ /año)	Q ecológico (hm ³ /año)	Garantía volumétrica	Garantía IPH
A27A (M. Campo de Calatrava)	7,63	3,70	100,0%	Cumple
		4,72	100,0%	Cumple
		5,32	100,0%	Cumple
		6,56	98,6%	No cumple

Fuente: Datos PHC-DHGn y elaboración propia. Nota: El valor marcado en azul es el caudal propuesto en PHC-DHGn

Un aumento del caudal ecológico mínimo a 6,56 hm³/año (80% HPU) produciría afecciones en el abastecimiento urbano y no respetaría el Artículo 17 (apartado 2) del RPH.

2. NECESIDADES DE ZONAS HÚMEDAS

Los estudios de “ESTIMACIÓN DE NECESIDADES ECOLÓGICAS DE LAGOS Y HUMEDALES. DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (SGPUSA 2010)” elaborados para la Propuesta de PHC–DHGn e incluidos en su Anejo 6, han establecido las necesidades ecológicas de lagos y humedales de las siguientes zonas húmedas situadas en el Alto Guadiana.

- ✦ Laguna de Navalcudia
- ✦ Laguna de los Carros
- ✦ Laguna de Manjavacas
- ✦ Laguna de Taray Chico
- ✦ Laguna de la Veguilla
- ✦ Lagunas de Ruidera
- ✦ Tablas de Daimiel

Siguiendo la normativa de planificación (IPH), los resultados obtenidos para Lagunas de Ruidera y Tablas de Daimiel han servido de base para la determinación y contraste de los recursos subterráneos disponibles y la evaluación de los efectos que sobre los ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas tendrían un aumento o disminución de dichas necesidades ecológicas frente a diferentes escenarios de extracción.

Las conclusiones finales alcanzadas han sido reflejadas en la Propuesta de PHC–DHGn tanto en la Memoria, Anejos 6 y 11, como en Normativa, donde se reflejan los recursos subterráneos disponibles en las masas de aguas subterráneas.

Además, en las masas de aguas subterráneas relacionadas con estas dos zonas húmedas se han establecido los recursos subterráneos disponibles medios, tanto a medio plazo (2010-2105) como a largo plazo (2015-2027). No obstante, debido al desequilibrio existente en la mayoría de las masas de aguas subterráneas del Alto Guadiana, entre recurso subterráneo disponible y extracciones, que afectan a las zonas húmedas y principalmente a las Tablas de Daimiel, ha sido necesario establecer en la propuesta del Plan, y en concordancia con el PEAG, un periodo transitorio que permita la recuperación progresiva de este desequilibrio seleccionado el máximo plazo previsto mediante medidas de gestión iniciadas en el PEAG y la previstas en la propuesta de Plan (plazo máximo para 2027).

A continuación, se resumen los efectos identificados para distintos criterios de aumento o disminución de los requerimientos de caudales ecológicos en Lagunas de Ruidera y Tablas de Daimiel.

2.1. LAGUNAS DE RUIDERA

2.1.1. Necesidades ambientales

El régimen de fluctuaciones de un humedal es un factor clave en la estructura y funcionamiento del ecosistema asociado, por lo que para el estudio de las lagunas de Ruidera se ha adoptado como el régimen hidrológico el correspondiente a los registros históricos de la estación de aforos de la Cubeta que representa la salida natural del acuífero de Campos de Montiel.

Las especificaciones de la IPH indican que para obtener la distribución temporal de caudales mínimos, se podrán definir percentiles entre el 5 y el 15% a partir de la curva de caudales clasificados.

Teniendo en cuenta los objetivos de conservación del Parque Natural Lagunas de Ruidera para definir los caudales ecológicos en los años secos y medios, los percentiles seleccionados han sido el 10 y el 50 respectivamente. Estos caudales deberán representar las descargas de referencia del acuífero que marcan el régimen de fluctuaciones del nivel de lámina de agua de las lagunas.

2.1.2. Influencia de las extracciones

Los estudios hidrogeológicos realizados por el MOPU (1987) e IGME (1991) sobre la declaración de sobreexplotación del acuífero de Campo de Montiel, así como los específicos realizados para la propuesta de Plan Hidrológico, establecen la gran vulnerabilidad del sistema de las lagunas frente a las explotaciones de aguas subterráneas concentradas en el espacio y en el tiempo; especialmente en los meses de estiaje en la zona de alimentación en los que no se producen precipitaciones y en cambio las necesidades de riegos son máximas (junio a septiembre).

En conclusión, se deben considerar los efectos negativos que producirán la traslación directa de las extracciones sobre el sistema de las lagunas.

Por todo lo anterior, y tomando como referencia las necesidades ecológicas indicadas anteriormente para Lagunas de Ruidera, en la propuesta de Plan Hidrológico se establecen los recursos subterráneos disponibles para la masa de agua subterránea Campo de Montiel que permiten el drenaje a través de las lagunas y manantiales de la cabecera del Guadiana.

2.1.3. Efectos previsibles

Los caudales considerados en la actual propuesta de PH están referidos a los años medios y secos, siendo la principal conclusión sobre los efectos previsibles que cualquier aumento de los requerimientos hídricos para la conservación de este espacio protegido debería repercutirse al 100% sobre los usos de las aguas subterráneas existentes. Es decir, y a modo de ejemplo, en caso de aumentar en 4 hm³/año dichos requerimientos, deberán reducirse en la misma cantidad los recursos medios subterráneos disponibles establecidos en 8 hm³/año en la propuesta del Plan.

Por otra parte, y para el caso contrario de disminución de requerimientos de conservación, podrían aumentarse las extracciones, repartiéndolas en los meses octubre-mayo y manteniéndose el régimen entre junio-septiembre, debiendo en todos los casos estar avalado por los estudios pertinentes sobre el buen estado de los ecosistemas y los Régimen de Explotación Anual (REA) correspondientes de la declaración de sobreexplotación.

2.1.4. Valoración económica de afecciones

Teniendo en cuenta que 1 hm³ más de requerimiento ambiental supone 1 hm³ menos de extracción, a continuación se muestran los resultados de la valoración de las pérdidas por disminución de 1 hm³ en la unidad de demanda agraria de Montiel (R1A).

Tabla 32. UDA de Montiel

UDA	Superficie PHC (ha)	Dotación PHC (m ³ /ha/ año)	Margen Neto PHC (€/ha)	Beneficio PHC (€/ha)
Montiel	6.000	1.500	661,70	123,65

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua)

Tabla 33. Valoración económica de la reducción de superficies de regadío – UDA de Montiel

UDA	Demanda con aumento de Qeco (hm ³ /año)	Demanda afectada (hm ³ /año)	Superficie afectada (ha)	Pérdidas s/ Margen Neto (€/año)
Montiel	1,00	667	441.131	82.431

Fuente: Datos PHC-DHGn (Anejo 4 de Usos y Demandas de Agua) y elaboración propia

El aumento de 1 hm³ del requerimiento ambiental en las Lagunas de Ruidera conllevaría una reducción de la superficie regable de 667 ha; lo que implicaría pérdidas por unos 0,44 M€/año en términos de margen neto y 0,082 M€/año en términos de beneficio.

2.2. TABLAS DE DAIMIEL

2.2.1. Necesidades ambientales

En el estudio de ESTIMACIÓN DE NECESIDADES ECOLÓGICAS DE LAGOS Y HUMEDALES. DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (SGPUSA 2010), se analiza la situación anterior a 2009-10 que no producía drenaje alguno hacia las Tablas de Daimiel, basándose en los trabajos de diversos autores, entre los que destaca el del Dr. Pedro Martínez-Santos y colaboradores “Wetland Restoration in the Mancha Occidental Aquifer, Spain: A Critical Perspective on Water, Agricultural, and Environmental Policies. (2008)”. Dichos trabajos, incluidos posteriormente en su tesis, concluyen con una estimación de las aportaciones de los ríos Gigüela, Guadiana y Azuer, así como las debidas a aguas subterráneas, con resultado final igual a cero en dicho periodo de estudio.

Por ello, para obtener las necesidades ecológicas se ha tomado como referencia el régimen natural del sistema de las Tablas de Daimiel, que tiene en cuenta las pérdidas por evaporación de las zonas húmedas, proponiendo los volúmenes necesarios para la consecución y mantenimiento de las superficies húmedas; y no sólo de las Tablas de Daimiel sino también de su entorno.

Además, el principal factor a tener en cuenta es el volumen de agua que debería salir aguas abajo de Puente Navarro para mantener un caudal ecológico. Y también las aguas que se infiltrarían desde la superficie de las Tablas de Daimiel al acuífero infrayacente, lo cual se ha tenido en cuenta de cara a la propuesta de futura gestión recogida en el nuevo PH.

En conclusión, la propuesta de necesidades ecológicas a que responde la propuesta de Plan Hidrológico basada en los estudios indicados, integra tanto aportación superficial como subterránea.

2.2.2. Influencia de las extracciones

Dichas necesidades ecológicas para el humedal de Las Tablas de Daimiel ($38,25 \text{ hm}^3/\text{año}$) representan el 15,48% de las aportaciones totales naturales, así como del orden del 56,25% de los valores de las descargas del acuífero Mancha Occidental a los Ojos del Guadiana conforme a los datos de control de la Estación de Aforos de Zuacorta (EA 4909), la cual muestra valores medios anuales de $68 \text{ hm}^3/\text{año}$ entre los años 1914 y 1941, que pueden tomarse como condiciones prácticamente naturales.

Se puede considerar, por lo tanto, la referida valoración de las necesidades ecológicas como un adecuado indicador hidrológico integrado de la recuperación del buen estado de las masas de aguas

subterráneas, previsto en el Plan Hidrológico para el periodo 2023-2027. Su elección se justifica también en el modo en que se han calculado las necesidades ecológicas aguas abajo de la presa de Puente Navarro ajustando el valor hidrológico de caudal mínimo a partir de la información disponible sobre modelación de idoneidad de hábitat en el tramo fluvial Guadiana IV, representativo del mismo tipo de río.

Dicho valor de referencia será exigible en 2027, pues se ha determinado un periodo transitorio (2010-2027) en el que se seguirán aplicando las medidas previstas en PEAG y en el programa de medidas de la Propuesta de PHC, para una adecuación de las extracciones que permita la recuperación progresiva de los niveles freáticos, que posibiliten el mantenimiento y buen estado de la Tablas de Daimiel.

Los estudios hidrogeológicos realizados en su día para la declaración de sobreexplotación del acuífero de Mancha Occidental, así como los específicos realizados para la propuesta de PHC, establecen la gran vulnerabilidad del sistema de las zonas húmedas frente a las explotaciones de aguas subterráneas distribuidas por todo el Alto Guadiana y concentradas en especialmente en Mancha Occidental.

Tomando como referencia las necesidades ecológicas indicadas anteriormente para las Tablas de Daimiel, en la propuesta de Plan Hidrológico se establecen los recursos subterráneos disponibles para cada una de las masas de aguas subterráneas del Alto Guadiana una vez recuperado los niveles del acuífero que permiten cierto drenaje a través de los Ojos del Guadiana.

2.2.3. Efectos previsibles

El drenaje del acuífero en la zona de Ojos del Guadiana y su entorno hace necesario unos niveles freáticos elevados que oscilen en función de las variaciones climáticas y de las extracciones, pero que no se ven afectados por el exceso de las extracciones respecto a los recursos disponibles establecidos en dicha propuesta. Este delicado equilibrio dará lugar al mantenimiento de las necesidades ecológicas de las zonas húmedas y su entorno.

En el supuesto de plantearse un aumento de dichas necesidades ecológicas, se obligaría a la reducción de los recursos subterráneos disponibles. Concretamente, los recursos medios disponibles estimados a largo plazo para el conjunto del Alto Guadiana de unos 250 hm³/año, teniendo en cuenta dichas necesidades, deberían de reducirse más del 50% para poder alcanzar unas condiciones cercanas a las naturales; es decir, las extracciones de aguas subterráneas existentes anteriores a 1970. Reducciones más intensas de las extracciones hasta los 60 hm³/año serían compatibles con un estado prácticamente natural semejante al anterior de los años 50 del pasado siglo, cuando el las aportaciones medias subterráneas al humedal alcanzaban valores cercanos a los 70 hm³/año.

Por el contrario, una disminución de las necesidades ecológicas del 50%, se traduciría en un aumento poco significativo de los recursos disponibles a largo plazo a partir de 2027 (inferior al 5-10%) debido a que los niveles freáticos que deben permanecer necesariamente altos para favorecer el drenaje del acuífero, junto a las variaciones tan irregulares del clima y los efectos previsibles del cambio climático a partir de 2030, provocarán un aumento de la evaporación en las zonas húmedas, con especial significado en las masas de aguas subterráneas centrales del sistema Alto Guadiana formadas por Mancha Occidental I y II.

Finalmente, las incertidumbres asociadas al largo plazo deberán tratarse mediante estudios que permitan realizar el seguimiento de todas las variables implicadas en la gestión de los recursos hídricos, la mejora del conocimiento y el empleo de equipos humanos y herramientas altamente especializadas.

3. COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE CAUDALES ECOLÓGICOS AGUAS ABAJO DE LOS EMBALSES DE ZÚJAR Y ORELLANA

3.1. INTRODUCCIÓN

La presente nota tiene por objeto la comprobación del cumplimiento de los caudales máximos y mínimos y de las tasas de cambio a las que alude el apartado 3.4.1.3.1 Componentes del Régimen de Caudales Ecológicos de la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), de acuerdo con los valores propuestos en el Borrador del Plan Hidrológico de Cuenca de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana para la masa de agua Guadiana V situada inmediatamente aguas abajo de los embalses de Zújar y Orellana, emplazados en la zona media de la cuenca.

Para ello, se ha realizado, en el caso de Zújar, el turbinado de caudales en los grupos de la central hidroeléctrica situados en el canal del mismo nombre y en el caso de Orellana, una operación de apertura y cierre de compuertas en condiciones de desagüe mínimo.

Como puntos de control para los caudales generados, se han empleado cuatro estaciones SAIH adecuadamente seleccionadas, registrándose en cada una de ellas los valores alcanzados por dichos caudales y las tasas de cambio correspondientes.

3.2. ANTECEDENTES Y PROCEDIMIENTO

La Directiva Marco del Agua tiene como uno de sus objetivos prevenir el deterioro adicional y proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos y, con respecto a sus necesidades de agua, de los ecosistemas terrestres y humedales directamente dependientes de los anteriores.

En este sentido, en ríos con una explotación tan intensa como la existente en las cuencas españolas, la implantación de un régimen de caudales ecológicos contribuirá de forma importante a alcanzar los objetivos ambientales en las masas de agua.

En la legislación nacional vigente existen numerosas referencias al concepto de caudales ecológicos, entre las que destacan, en relación con la determinación de los mismos y la metodología a seguir:

- 👉 El Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH) aprobado por Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, que en su artículo 18, “Caudales ecológicos”, incluye de forma sintética

numerosos conceptos relacionados con el establecimiento e implantación de un régimen de caudales ecológicos.

- ✦ La Instrucción de Planificación Hidrológica, que en su apartado “Caudales ecológicos” establece un programa por fases que incluye los correspondientes estudios técnicos, el análisis de las repercusiones de dicho régimen sobre los usos del agua y un proceso de concertación, finalizando con un sistema de seguimiento del efecto del nuevo régimen. En las recomendaciones metodológicas, se distingue entre el régimen de caudales ecológicos en ríos y aguas de transición y los requerimientos hídricos de lagos y humedales, concretando en el caso de ríos permanentes la caracterización de caudales mínimos y máximos, la tasa de cambio y el régimen de crecidas. También se introduce la posibilidad de modificar el régimen de caudales ecológicos en las denominadas masas muy alteradas hidrológicamente o en situación de sequías prolongadas.

De ésta última, como se puede ver, se infiere que el cumplimiento del régimen de caudales ecológicos en ríos permanentes supone la determinación de un caudal máximo que no se debe sobrepasar, un caudal mínimo que debe superarse en todo momento y una tasa de cambio de caudal por unidad de tiempo a fin de comprobar que la variación de caudales en los ríos sea lo más próxima a la que tiene lugar en situación natural permitiendo una mejor modulación a lo largo del año, cumplir con los requerimientos de los humedales y lagos y con las necesidades de las masas de agua de transición (zonas estuarinas).

Determinadas actividades antrópicas, como la regulación de los ríos o la producción de energía hidroeléctrica, inducen tasas de cambio en los caudales circulantes, tanto en fase de crecida como en fase de descenso o decrecida, que pueden ser incompatibles con las que puede absorber el ecosistema fluvial.

Al mismo tiempo, la exigencia del cumplimiento de caudales máximos y caudales mínimos en el sentido expresado anteriormente, ponen a prueba la idoneidad de los órganos de desagüe de las presas y el funcionamiento óptimo de las instalaciones de turbinado de los aprovechamientos hidroeléctricos.

Con el fin de verificar el cumplimiento de las tasas de cambio, de los caudales máximos y las posibilidades de suministrar los mínimos en la masa de agua Guadiana V, se han llevado a cabo pruebas de turbinado en los grupos localizados en el canal del Zújar y se ha aprovechado una situación de apertura de compuertas con fines operativos en la Presa de Orellana en condiciones de desagüe mínimo.

A partir de los hidrogramas de crecida generados por esas dos operaciones y de su tránsito por los puntos de control antes mencionados, se han determinado los caudales punta asociados así como las tasas de cambio experimentadas en las fases de ascenso y de descenso de los caudales circulantes. Posteriormente, se ha realizado una comparación con los valores límites propuestos en el Borrador del Plan Hidrológico de Cuenca para la masa de agua Guadiana V.

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Resultados Zújar

Para comprobar el cumplimiento de las tasas de cambio y de los caudales máximos y mínimos el funcionamiento de los grupos se ha producido en condiciones de máxima carga, es decir funcionando la instalación a su máxima potencia.

Si se observan los hidrogramas de avenida para Zújar que figuran al final de este documento, en la rama de ascenso del primer hidrograma se aplica de una sola vez la carga o potencia máxima mientras que en la rama de descenso se aplican de forma progresiva dos escalones descendentes de carga en la central: uno en condiciones de potencia media y otro en condiciones de potencia mínima.

Esta forma de actuar, tiene como objetivo, detectar en el hidrograma registrado en último punto de control (CR2-25), después del tránsito a través del cauce, el caudal mínimo laminado para la condición de funcionamiento a mínima potencia que será el que debe cumplir con el caudal mínimo ecológico propuesto. Sin embargo, la forma de este último hidrograma enmascara esta posibilidad.

Por lo tanto, el hidrograma laminado en el punto de control CR2-25, se interpreta como el resultado aproximado de la laminación del hidrograma de partida en condiciones de funcionamiento a máxima potencia.

Por otro lado, en el caso de Zújar, se han utilizado como puntos de control para el paso de caudales las estaciones SAIH CR2-13 situada aguas abajo de la Presa del Zújar, CR2-51 situada en Villanueva de la Serena, y CR2-25 situada en Valverde de Mérida.

3.3.1.1. Cumplimiento de las tasas de cambio

En el gráfico que contiene los hidrogramas de avenida para Zújar, se observa la fase de crecida así como la de atenuación de la avenida generada por la operación de turbinado, pudiendo obtenerse las

tasas de cambio experimentadas por los caudales circulantes en las distintas estaciones de control y permitiendo su comparación con las máximas propuestas en el Borrador del Plan Hidrológico de Cuenca.

En la tabla adjunta, resaltados en color rojo, aparecen los valores correspondientes a las tasas de cambio observadas y su contraste con las tasas propuestas, tanto para la fase de ascenso como la de descenso. Se comprueba que en todos los puntos de control las tasas de cambio obtenidas a partir del análisis de la rama ascendente y descendente de los hidrogramas están por debajo de los valores límite, por lo que se verifica su cumplimiento.

Tabla 34. Tasas de cambio observadas y propuestas

Código-Período	Horas de Ascenso/Descenso	Días de Ascenso/Descenso	Incremento de Caudal(m ³ /s)	TC (m ³ /s/día)	Límite TC ascenso Zújar	Límite TC ascenso Guadiana	Límite TC descenso Zújar	Límite TC descenso Guadiana
CR2-13 Ascenso	5.4	0.23	28	121.74	425	1130		
CR2-13 Descenso	2.5	0.1	8.43	84.3			331	878
CR2-51 Ascenso	12.67	0.53	20.23	38.17		1130		
CR2-51 Descenso	133.42	5.56	19.85	3.57				878
CR2-25 Ascenso	19	0.79	10.85	13.73		1130		
CR2-25 Descenso	94.75	3.95	10.09	2.55				878

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.2. Cumplimiento de los caudales máximos

En el caso de los caudales máximos, el mayor valor para el caudal circulante se registra en el punto de control más cercano al origen de la perturbación, que es la estación CR2-13, situada al pie de la presa de Zújar y donde el caudal máximo registrado es de 28,62 m³/s.

La tabla que aparece a continuación muestra que dicho caudal no supera el régimen de caudales máximos propuesto en ningún momento.

Tabla 35. Comparativa caudales máximos (m³/s)

MES	MASA DE AGUA TIPO RÍO GUADIANA V	
	QMAX	QPUNTA CR2-13
OCT	150,71	28.62
NOV	451,85	28.62
DIC	451,85	28.62
ENE	451,85	28.62
FEB	451,85	28.62
MAR	451,85	28.62
ABR	150,71	28.62
MAY	150,71	28.62
JUN	150,71	28.62

MES	MASA DE AGUA TIPO RÍO GUADIANA V	
	QMAX	QPUNTA CR2-13
JUL	150,71	28.62
AGO	150,71	28.62
SEP	150,71	28.62

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.3. Cumplimiento de los caudales mínimos

De la observación del gráfico que contiene los hidrogramas de avenida para Zújar se comprueba el efecto que la laminación del cauce produce en la punta del hidrograma a medida que éste avanza hacia el extremo final de la masa de agua (estación CR2-25), pudiendo conocer el caudal punta mínimo laminado de avenida.

En la tabla que se adjunta a continuación, se observa, que el caudal punta registrado en la estación de control más cercana al extremo más alejado de la masa de agua (CR2-25), (ver gráfico de los hidrogramas), supera el mínimo propuesto en el borrador del Plan Hidrológico de Cuenca.

Tabla 36. Comparativa caudales mínimos (m³/s)

MES	MASA DE AGUA TIPO RÍO GUADIANA V	
	QMIN	QPUNTA CR2-25
OCT	5,20	16.64
NOV	5,20	16.64
DIC	5,20	16.64
ENE	5,20	16.64
FEB	5,20	16.64
MAR	5,20	16.64
ABR	5,20	16.64
MAY	5,20	16.64
JUN	0.46	16.64
JUL	0.46	16.64
AGO	0.46	16.64
SEP	0.46	16.64

Fuente: Elaboración propia

Aunque hay que matizar, tal y como se dice en el apartado 3.1, que este valor de 16.64 m³/s, se produce en condiciones de funcionamiento de los grupos del canal a su máxima potencia. Lo ideal sería comprobar el valor de este caudal en el mismo punto de control (CR2-25) para condiciones de mínima carga, porque de este modo podríamos calibrar el valor del caudal mínimo turbinado para que supere el mínimo ecológico propuesto.

En caso de que el caudal mínimo turbinado estuviese por encima del mínimo ecológico, esto supondría pérdida de recurso en situaciones de escasez. Para mitigar este inconveniente, caben dos posibilidades: o bien la adaptación de las instalaciones de turbinado, o bien analizar ambiental e hidrológicamente la posibilidad de turbinar de forma intermitente, (pulsos de turbinado), lo cual podría suponer una disminución del exceso de caudal sobre el mínimo ecológico propuesto y por tanto un mejor ajuste.

En caso de estar por debajo del valor mínimo propuesto, únicamente bastaría con un aumento de la potencia de turbinado mediante su adecuada regulación.

3.3.2. Resultados Orellana

En el caso de Orellana, la comprobación de las tasas de cambio y de los caudales máximos y mínimos se ha realizado en condiciones de desagüe mínimo, lo que permite comprobar si los desagües de fondo tienen la capacidad de suministrar caudales que en situaciones de escasez no supongan pérdida de recurso embalsado.

Se han utilizado como puntos de control para el paso de caudales las estaciones SAIH CR2-06 situada aguas abajo de la Presa de Orellana, CR2-51 situada en Villanueva de la Serena, y CR2-25 situada en Valverde de Mérida.

3.3.2.1. Cumplimiento de las tasas de cambio

En el gráfico que contiene los hidrogramas de avenida para Orellana, se observa la fase de crecida así como la de atenuación de la avenida generada por la operación de apertura de compuertas en Orellana en condiciones de desagüe mínimo, pudiendo obtenerse las tasas de cambio experimentadas por los caudales circulantes y permitiendo su comparación con las máximas propuestas en el Borrador del Plan Hidrológico de Cuenca.

En la tabla adjunta, resaltado en color rojo, aparecen los valores correspondientes a las tasas de cambio observadas y su contraste con las tasas propuestas tanto para la fase de ascenso como la de descenso. Se comprueba como en todos los puntos de control las tasas de cambio obtenidas a partir de la rama ascendente y descendente de los hidrogramas están por debajo de los valores límite, por lo que se verifica su cumplimiento.

Tabla 37. Tasas de cambio observadas y propuestas

Código- Período	Horas de Ascenso/Descenso	Días de Ascenso/Descenso	Incremento de Caudal (m ³ /s)	TC (m ³ /s/día)	Límite TC ascenso Guadiana	Límite TC descenso Guadiana
CR2-06 Ascenso	4.42	0.18	15.06	83.67	1130	
CR2-06 Descenso	13.5	0.56	15.06	26.89		878
CR2-51 Ascenso	1.33	0.06	0.97	16.17	1130	
CR2-51 Descenso	39.66	1.65	0.97	0.59		878
CR2-25 Ascenso	43.25	1.8	2.52	1.4	1130	
CR2-25 Descenso	88	3.67	2.18	0.59		878

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.2. Cumplimiento de los caudales máximos

De la observación del gráfico que contiene los hidrogramas de avenida (al final del documento), se observa el efecto que la apertura de las compuertas tiene sobre el aumento del caudal circulante, que en condiciones de desagüe mínimo produce una punta de 15.26 m³/s y que claramente está por debajo del máximo propuesto, como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 38. Comparativa caudales máximos (m³/s)

	MASA DE AGUA TIPO RÍO GUADIANA V	
	QMAX	QPUNTA CR2-06
MES		
OCT	150,71	15.26
NOV	451,85	15.26
DIC	451,85	15.26
ENE	451,85	15.26
FEB	451,85	15.26
MAR	451,85	15.26
ABR	150,71	15.26
MAY	150,71	15.26
JUN	150,71	15.26
JUL	150,71	15.26
AGO	150,71	15.26
SEP	150,71	15.26

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.3. Cumplimiento de los caudales mínimos

Igual que en el caso anterior, se observa, también, cómo el hidrograma de avenida, generado por la apertura de las compuertas de la presa, sufre una laminación a lo largo de su tránsito por el cauce produciéndose una disminución del caudal punta que es mayor en el punto de control más cercano al extremo final de la masa de agua y que está representado por la estación de control CR2-25.

Comparando el caudal punta registrado en este punto de control con los mínimos propuestos en el borrador del Plan Hidrológico de Cuenca, se comprueba su cumplimiento, tal y como se indica en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 39. Comparativa caudales mínimos (m³/s)

MES	MASA DE AGUA TIPO RÍO GUADIANA V	
	QMIN	QPUNTA CR2-25
OCT	5,20	6.93
NOV	5,20	6.93
DIC	5,20	6.93
ENE	5,20	6.93
FEB	5,20	6.93
MAR	5,20	6.93
ABR	5,20	6.93
MAY	5,20	6.93
JUN	0.46	6.93
JUL	0.46	6.93
AGO	0.46	6.93
SEP	0.46	6.93

Fuente: Elaboración propia

En este caso la situación de compuertas abiertas en situación de desagüe mínimo es idónea para la comprobación de dicho cumplimiento, ya que es la situación en la que el caudal circulante es mínimo.

No obstante, el caudal en esta situación es muy superior al propuesto, sobre todo en los meses de estiaje. Esto indica que sería conveniente estudiar la posibilidad de adaptar los órganos de desagüe de la presa para regular el caudal ecológico sin pérdidas innecesarias de volumen embalsado, o bien, estudiar la posibilidad de realizar desagües intermitentes, en forma de pulsos de vertido, que permitieran un mejor ajuste a las necesidades de caudal mínimo ecológico propuesto.

3.4. CONCLUSIONES

Dentro del establecimiento del régimen de caudales ecológicos en las masas de agua de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana se impone la limitación, simultáneamente, de que los caudales circulantes no superen un valor máximo y respeten un valor mínimo que deben superar en todo momento de acuerdo con lo indicado en los estudios específicos que se han llevado a cabo para su determinación. Al mismo tiempo, las tasas de cambio de estos caudales no deben sobrepasar unos límites con el fin de no afectar a los ecosistemas asociados a dichas masas de agua.

Determinadas actividades, como son la regulación de caudales a través de las presas y el turbinado de los mismos para aprovechamientos hidroeléctricos, inducen tasas de cambio que pueden ser incompatibles con el respeto debido al ecosistema fluvial.

En el caso de la masa de agua Guadiana V, se han llevado a cabo dos operaciones para comprobar las exigencias anteriores en los caudales circulantes mediante la observación de las curvas de ascenso y de descenso de los hidrogramas de avenida producidos.

Estas operaciones han consistido, por un lado, en el turbinado de caudales a través de los grupos de generación de energía hidroeléctrica situados en el canal del Zújar y por otro en la apertura de compuertas por razones operativas en la Presa de Orellana en condiciones de desagüe mínimo.

Del análisis de los hidrogramas a su paso por los puntos de control estratégicamente seleccionados y de las curvas de ascenso y descenso asociadas, se han obtenido los valores punta de los caudales y las tasas de cambio experimentadas por los caudales circulantes, que en ningún momento han supuesto una superación de los límites establecidos, pero ante lo que hay que hacer, no obstante, las siguientes dos observaciones:

- ✦ En el caso de Zújar el turbinado se ha llevado a cabo en condiciones de carga o potencia de turbinado para los grupos del canal máximas, lo que no supone ningún problema para el cumplimiento de los caudales mínimos ecológicos, de hecho se superan holgadamente. A pesar de haberse turbinado a potencia mínima al final de la prueba, no se detecta en el hidrograma de la estación de control CR2-25, el escalón de caudal correspondiente a esa situación. Convendría, por tanto, comprobar en condiciones de potencia mínima, es decir para el mínimo caudal que se puede turbinar, si se superan estos caudales ecológicos mínimos. En el caso de que se superen, esto podría provocar, en épocas de escasez, pérdidas de recurso embalsado, por lo que sería necesaria una adaptación de las instalaciones de turbinado, o bien, un mejor ajuste a los caudales mínimos ecológicos a través de la realización de operaciones intermitentes de turbinado a modo de pulsos de generación.
- ✦ En el caso de Orellana, la condición de desagüe mínimo permite comprobar la posibilidad de suministrar el caudal mínimo, pero al ser éste muy superior al mínimo propuesto en el borrador del Plan Hidrológico de Cuenca, sobre todo en los meses de estiaje, es obligado adaptar los órganos de desagüe de la presa a fin de poder regular el caudal mínimo ecológico evitando la pérdida innecesaria de volumen embalsado. O bien, como en el caso anterior

realizar operaciones de apertura y cierre intermitente, por pulsos, aprovechando la laminación del río, de los desagües de fondo, que permitan un mejor ajuste a los requerimientos reales.

