



Estado del acuífero de Doñana

Análisis de WWF del estado de la masa de agua subterránea

UH 05.51 en el Plan Hidrológico de la Demarcación del

Guadalquivir 2009-2015

ESTADO DEL ACUÍFERO DE DOÑANA

Análisis de WWF del estado de la masa de agua subterránea UH 05.51 en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir 2009-2015

WWF/ADENA

Gran Vía de San Francisco, 8-D

28005 Madrid

Tel: 91 354 05 78

Fax: 91 365 63 36

info@wwf.es

www.wwf.es

Texto: Eva Hernández, Juanjo Carmona, Laura Vay y Felipe Fuentelsaz

Febrero 2014. Revisado en Septiembre 2014.

Contenido

A.- ESTADO DEL ACUÍFERO SEGÚN EL PLAN HIDROLÓGICO DE LA DEMARCACIÓN DEL GUADALQUIVIR	4
B.- ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ACUÍFERO POR WWF	7
1. <i>Índice de Explotación</i>	10
Recarga	10
Necesidades ambientales/Descargas del acuífero	15
Extracciones	17
Conclusiones	19
2. <i>Descenso de niveles piezométricos</i>	19
Conclusiones	27
3. <i>Descenso de caudales</i>	27
Conclusiones	29
4. <i>Afecciones a los ecosistemas</i>	29
Conclusiones	33
C.- CONCLUSIONES FINALES	34
BIBLIOGRAFIA	36
BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ACUÍFERO DE DOÑANA Y SU RELACIÓN CON LOS ECOSISTEMAS	38

A.- ESTADO DEL ACUÍFERO SEGÚN EL PLAN HIDROLÓGICO DE LA DEMARCACIÓN DEL GUADALQUIVIR

El documento definitivo del *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* (aprobado por R.D. 355/2013) (1) declara en “Buen Estado” el acuífero de Doñana, denominado acuífero Almonte-Marismas o Masa de Agua Subterránea UH 05.51. WWF considera, y aquí quiere demostrar, que hay evidencias suficientes para considerar que el citado acuífero está en “Mal Estado” y por lo tanto debe ser incluido en el artículo 13 de la normativa del *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir*, aprobado por Real Decreto 355/2013, publicado en el BOE 102/2006, de 29 de abril de 2006 Ref. Boletín: 06/07677.

Lo primero es centrar el contexto normativo. El estado de un acuífero viene determinado por el Índice de Explotación. Para el cálculo del Índice de Explotación, la IPH en su apartado 5.2.4.1 relativo a la evaluación del estado cuantitativo, establece dos condiciones relevantes:

1. *Este indicador se obtendrá con el valor medio del recurso correspondiente al periodo 1980/81-2005/06 y los datos de extracciones representativos de unas condiciones normales de suministro en los últimos años.*
2. *El recurso disponible se obtendrá como diferencia entre los recursos renovables (recarga por la infiltración de la lluvia, recarga por retorno de regadío, pérdidas en el cauce y transferencias desde otras masas de agua subterránea) y los flujos medioambientales requeridos para cumplir con el régimen de caudales ecológicos y para prevenir los efectos negativos causados por la intrusión marina.*

De hecho, el propio *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir*, en su documento definitivo de Memoria (1), establece que el estado cuantitativo de una masa de aguas subterráneas o acuífero, se establecerá en función de:

El índice de explotación: balance entre la extracción y recurso disponible (pág. 281 del pdf)

Los niveles piezométricos, valorando si hay o no un descenso de los mismos (pág. 285 del pdf)

Variaciones en los caudales drenados en manantiales que se han medido en puntos de control significativos de las masas de agua subterránea (pág. 285 del pdf)

Existencia de “alteraciones antropogénicas que impiden alcanzar los objetivos medioambientales para las aguas superficiales asociadas que puede ocasionar perjuicios a los ecosistemas existentes asociados o que puede causar una alteración del flujo que genere salinización u otras intrusiones” (pág. 285 del pdf).

El documento definitivo de Memoria del Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir, considera los valores y situaciones en relación con los aspectos mencionados que se observan en la tabla 1. Además, el mismo documento explica:

Se considera que una masa o grupo de masas se encuentra en mal estado cuando el índice de explotación es mayor de 0,80 [o lo que es lo mismo, del 80%] y/o además existe una tendencia clara de disminución de los niveles piezométricos o caudales en una zona relevante pudiéndose producir una afección ambiental. (pág. 286 y 287 del pdf, pág. 274 y 275 del papel)

Aspecto	Evaluación	Lugar del Plan donde se menciona (en la Memoria)(1)
1 Índice de Explotación	79,69% (=0,7969)	<i>Pág. 200 pdf (188 del papel): Tabla 97. Nivel de explotación de las masas de agua subterránea de la Demarcación.</i>
<i>Datos para su cálculo</i>		
Recargas	250 hm ³ /año	<i>Pag 285 del pdf: Tabla 139. Recurso disponible en cada masa o grupo de masas de agua subterránea</i>
Flujos Medioambientales Requeridos	125 hm ³ /año	
Recurso Disponible	125 hm ³ /año	
Extracciones	99,61 hm ³ /año	<i>Pág. 200 pdf (188 del papel): Tabla 97. Nivel de explotación de las masas de agua subterránea de la Demarcación.</i>
2 Descenso de Niveles piezométricos	No	<i>Pág 286 del pdf, 274 del papel. Tabla 140. Tendencias en la piezometría para cada masa o grupo de masas de agua subterránea</i>
3 Descenso de Caudales	Sin datos	
4 Afecciones ambientales	No	

Tabla 1. Criterios que determinan el estado de la masa de agua en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir. El Índice de Explotación se ha calculado realizando un balance entre las Extracciones y el Recurso Disponible. El Recurso Disponible es la Recarga menos el Flujo Medioambiental requerido.

Por ello, con estos criterios y estas valoraciones de los diferentes parámetros, el *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* concluye que el acuífero Almonte-Marismas en la Demarcación del Guadalquivir, es decir, la masa de agua subterránea UH 05.51 está en buen estado cuantitativo, tal y como se especifica en el apéndice nº 5 del Anejo 8, Objetivos Medioambientales, y como puede observarse en el siguiente **mapa** de la Memoria (**Fig. 102**, pág. 287 del pdf, pág. 275 del papel. Las flechas del mapa son nuestras).

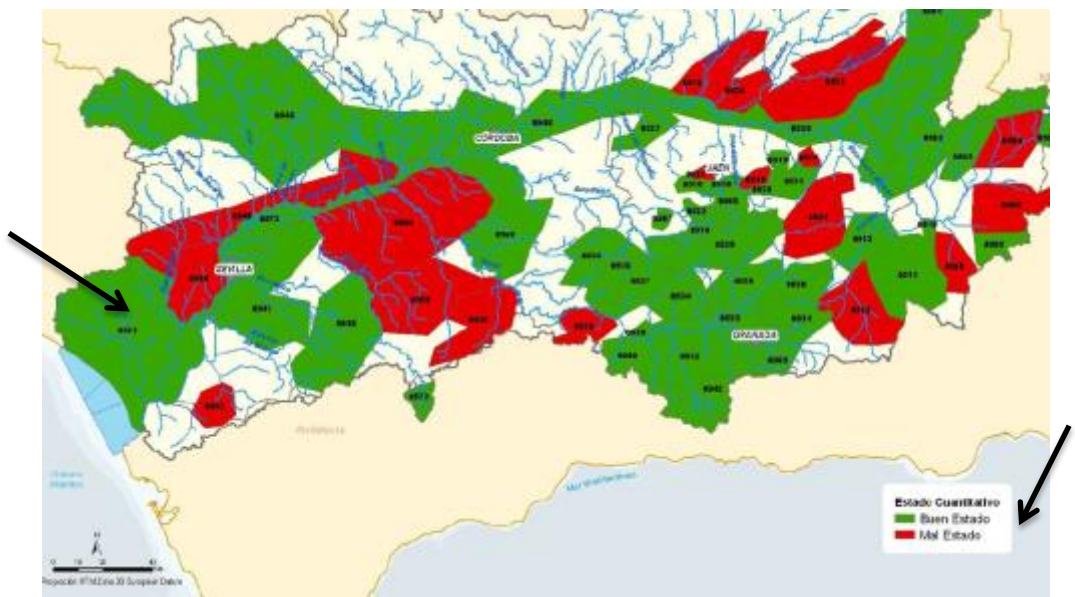


Figura 102. Estado Cuantitativo de las masas de agua subterránea de la D.H. Guadalquivir. Fuente: Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir apéndice nº 5 del Anejo 8, Objetivos Medioambientales.

B.- ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ACUÍFERO POR WWF

El **objetivo** de este análisis es poner de manifiesto la existencia de datos suficientes, tanto en la Confederación Hidrográfica de la Demarcación del Guadalquivir (CHG), como en documentos oficiales y artículos científicos publicados, y en las alegaciones presentadas por WWF durante la elaboración del *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir 2009-2015*, todos ellos disponibles durante la elaboración del mismo y que comprenden el periodo 1980/81-2005/06 (las series hidrológicas utilizadas en la elaboración del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir), que apoyan, de manera consistente, que la masa de agua UH 05.51 sea declarada en **mal estado**.

De hecho, tal conclusión es la que alcanza el Esquema de Temas Importantes (ETI) aprobado en 2010 (2). El ETI es uno de los elementos más importantes desarrollado por las Confederaciones hidrográficas en la elaboración de los planes de cuenca. El ETI de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir considera que el acuífero de Doñana está en mal estado, principalmente por el descenso de niveles piezométricos, a pesar de considerar unas extracciones del acuífero menores a las contempladas por el documento definitivo del *Plan Hidrológico de Demarcación del Guadalquivir*. Los informes del estado del acuífero de la propia CHG posteriores al ETI no permiten deducir mejoras en los descensos de los niveles del acuífero en las zonas agrícolas donde los descensos son preocupantes y sostenidos, y son precisamente a los que hace referencia el ETI.

En el texto principal del “Esquema de Temas Importantes” o ETI se puede leer:

En el cuadro 4.1.2.I. se relacionan las MASUB en mal estado cuantitativo atendiendo a los criterios de tasa de explotación y descenso de niveles piezométricos. Su situación, en el ámbito de la cuenca, se refleja en la figura 4.1.2.I. La causa generadora del mal estado cuantitativo es la creciente demanda de agua para la agricultura tradicional y, de manera notable, para la puesta en riego del cultivo del olivar.

Esta es una cuestión heredada de cuando estaba vigente la Ley de Aguas de 1879 que se ha visto agudizada, en algunas MASUB, por la puesta en riego de manera ilegal, sobre todo de olivar. (pág 139 y 140 del pdf/pág. 135 y 136 del papel)

CÓDIGO MASUB / DENOMINACIÓN	TASA DE EXPLOTACIÓN Y DESCENSO
Cazalla	
05.49 Gerena-Posadas	125.85%
05.50 Aljarafe	83.33%
05.51 Almonte-Marismas	Descenso
05.52 Lebrija	73.97%
05.66 Grajales-Pandera-Carchel	52.09%
05.69 Osuna-La Lantejuela	75.26%
TOTAL	50%

Cuadro 4.1.2.1.- Masas de agua subterránea en mal estado cuantitativo de la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir.

Y en el mismo documento podemos observar en la fig 4.1.2.1. la situación de la masa UH 05.51, en el ámbito de la cuenca:

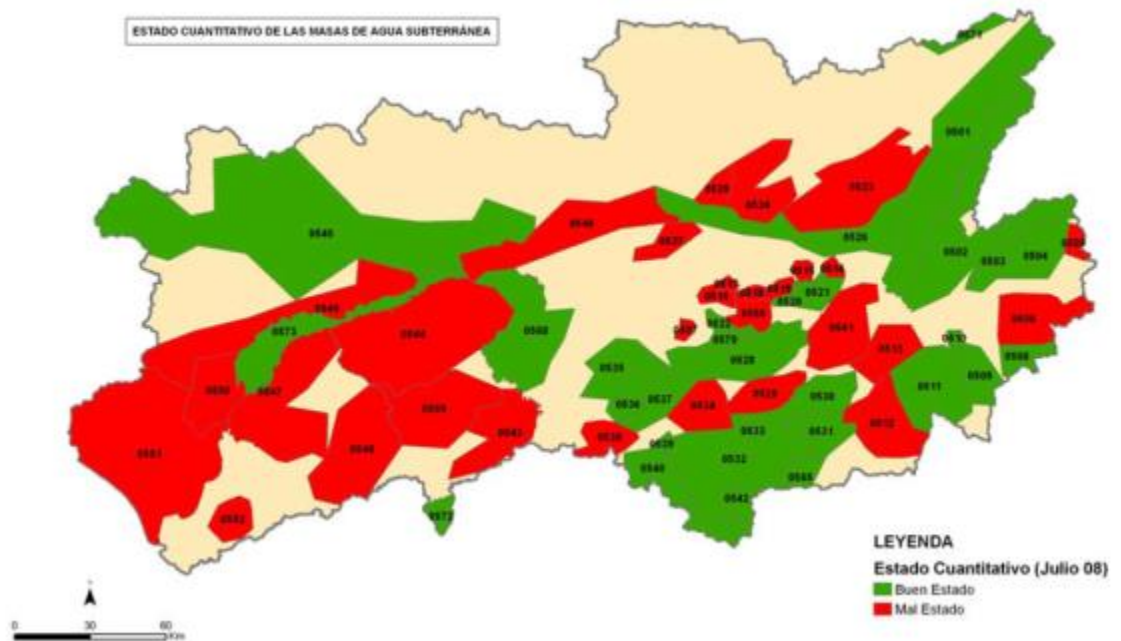


Fig. 4.1.2.1. Masas de agua subterránea en mal estado cuantitativo en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. (pág. 140 del pdf/pág.136 del papel)

Se han incluido igualmente otros artículos de referencia para argumentar que el mal estado del acuífero es una tendencia que se mantiene en el tiempo, de modo que con la declaración del mismo en “buen estado” se estaría incumpliendo la exigencia

de “evitar el deterioro” impuesta por la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea (DIRECTIVA 2000/60/CE, art. 25).

Con el fin de argumentar el mal estado del acuífero Almonte-Marismas en la demarcación del Guadalquivir, WWF analiza con detenimiento la valoración hecha por el *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* de los criterios que deben determinar que la masa de agua subterránea UH 05.51 está en mal estado cuantitativo en 4 apartados independientes:

1. Índice de explotación.
2. Descenso de niveles piezométricos.
3. Descenso de caudales.
4. Afecciones a los ecosistemas.

El análisis se basa en la revisión de las referencias utilizadas por el *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* y en la aportación de referencias adicionales procedentes de diversas fuentes que muestran una clara y continuada afectación del estado de la masa de agua UH 05.51.

1. Índice de Explotación

El *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* considera que una masa o grupo de masas se encuentra en mal estado cuando el índice de explotación es mayor de 0,80 o lo que es lo mismo, el 80%. El Índice de Explotación se obtiene calculando el balance entre las extracciones y el recurso disponible. El recurso disponible se corresponde con la recarga menos las necesidades ambientales. En el caso del acuífero que analizamos, el Plan ha estimado que esas necesidades o flujos ambientales representan el 50% de la recarga.

$$\begin{aligned}\text{Índice de Explotación} &= \text{Extracciones} / \text{Recurso Disponible} \\ \text{Recurso Disponible} &= \text{Recarga} - \text{Flujos Ambientales}\end{aligned}$$

A continuación se analizan la recarga, las necesidades ambientales, la descarga y las extracciones:

Recarga

El *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* cita como referencia a la hora de estimar la recarga del acuífero las *Normas de Explotación* aprobadas en 2004 (2), elaboradas en 2001. Estas, a su vez, utilizan como referencia los siguientes estudios:

- Castell, M. et al (1992). Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socio-económico sostenible del Entorno de Doñana. Comisión Internacional de Expertos sobre el Entorno de Doñana. Junta de Andalucía. Sevilla (1 -1 24) (4)
- DGOH (1995). Normas de explotación de las unidades hidrogeológicas afectadas por las zonas de explotación controladas (D.735171) en la cuenca del Guadalquivir (Sevilla y otras). Unidad hidrogeológica 05.51 Almonte-Marismas (5).
- Fundación Marcelino Botín. Estación De Ecología Acuática Emasesa (2002). La conservación de los humedales de Doñana en relación con la explotación de las aguas subterráneas. (Actas de Conferencias) (6).
- ITGE-Junta de Andalucía (1998). Atlas Hidrogeológico de Andalucía (7)
- MOPT-ITGE (1993). Delimitación y síntesis de características de las unidades hidrológicas intercuencas (8).
- Revista de Obras Públicas, no 3340. Año 142. Febrero 1995. DOÑANA. (órgano profesional de los ingenieros de caminos canales y puertos) (9).

En la **tabla 2** se recogen los datos de recarga más relevantes encontrados en las referencias anteriores, junto con los datos de recarga encontrados en documentos oficiales y trabajos publicados, que consideramos clave para la caracterización del estado cuantitativo de la masa de agua UH 05.51, todos ellos con fecha anterior a

la aprobación del plan, y la mayoría de ellos disponibles durante el periodo de elaboración del plan:

Referencias	Recarga Total Acuífero Almonte-Marismas (hm ³ /año)
Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir 2009-2015	285 (305 con retornos de riego) ¹
Normas de Explotación (2004)	285
<i>Informes considerados en Normas de Explotación 2004</i>	
Dictamen CIED (1992)	155-425
Atlas Hidrogeológico de Andalucía (IGME, 1998)	213
Revista obras públicas (1995)	150-420 (155-425 con retornos de riego)
<i>Otros informes NO considerados para el PHD</i>	
Modelo UPC (1999) ²	172
Custodio, Dolz y Manzano para PDS II (2006) ³	158-210
Custodio, Manzano y Montes (2009)	158-210
Modelo para zona Plan Especial Corona (2009)	200 ⁴

Tabla 2. Datos de Recarga total del Acuífero Almonte-Marismas (Demarcaciones Tinto Odiel Piedras y Guadalquivir). Datos de recarga procedentes de las referencias del Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir 2009-2013 y de las referencias aportadas en este documento.

Informes considerados en el PHG 2009-2015 (Normas de Explotación 2004)

Respecto a los valores considerados como referencia para calcular la recarga, llama la atención el amplio rango en el que oscilan los datos utilizados por el plan, entre 150 y 420 hm³/año. La principal fuente de información para este dato es el *Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socio-económico sostenible del Entorno de Doñana*, desarrollado por la Comisión Internacional de Expertos sobre el Entorno de Doñana en 1992 (4) y al que hacen referencia otros documentos posteriores considerados por las Normas de Explotación de 2004.

¹ Dato correspondiente a la recarga del acuífero completo. Según el Plan, la parte proporcional a la demarcación del Guadalquivir correspondería un 82% de dicha recarga (250 hm³).

² UPC (1999). Modelo regional de flujo subterráneo del sistema acuífero Almonte-Marismas y su entorno. Grupo de Hidrología Subterránea (UPC, Barcelona). Realizado para el Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid: 114 + anex. Informe inédito.

³ También aparece citado en varios informes como "Custodio, E., Dolz, J., Manzano, M.S. y Alcalá, F.J. 2007. *Recursos de agua de la Comarca de Doñana*. Informe Fundación Doñana 21. 190pp."

⁴ Fuente citada en el Informe: "IGME, Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno. Colección Informes Aguas Subterráneas y Geotecnia. Ed. IGME. 64 pp + 2 mapas. (1992)"

El mismo *Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socio-económico sostenible del Entorno de Doñana*, pone de manifiesto la poca consistencia de los datos de recarga aportados y cita textualmente (la negrita es nuestra):

*Para evaluar el conflicto entre impacto ecológico y extracciones de aguas subterráneas, **la información existente y su grado de elaboración es pobre, faltando elementos básicos**, tales como el caudal de base del arroyo de La Rocina, que representa una parte importante de la descarga del acuífero.*

*La **modelización numérica del funcionamiento de los acuíferos** existentes ha sido diseñada para el estudio de las interferencias entre las propias explotaciones agrícolas y para una primera caracterización general, y **está pobremente documentada. No es adecuada para evaluar el efecto detallado de las extracciones de agua subterránea sobre los sistemas naturales***

[...]

*Como en muchos otros acuíferos, **la recarga** es uno de los valores en cuya estimación hay más error. Se barajan cifras **entre 50 y más de 200 mm/ año**, con gran variabilidad espacial y temporal. El hecho de que en los modelos numéricos hasta ahora realizados **no se acote mejor la recarga** es debido a que en ellos se compensan las variaciones en las entradas (recarga) con una **función de salida supuesta, no medida.***

[...]

***Las extracciones reales de agua subterránea** son cambiantes a lo largo del año y también de un año a otro, en función de variables climáticas, de ocupación del territorio y de condicionantes socio-económicos. Poco se sabe directamente de esas extracciones, ya sea por no existir contadores, por estar averiados o por no ser los datos accesibles. Para su conocimiento se ha recurrido a **cálculos indirectos, con errores locales a veces superiores al 100%, y globalmente quizás de hasta el 30%**. (pág. 28)*

Los datos que utiliza el *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* son exactamente los expuestos en la tabla 1 del Dictamen, denominada “Balances Hídricos estimados del acuífero 27 cuando está en estado de equilibrio”, donde se puede encontrar el texto explicativo de la tabla que cita (la negrita es nuestra):

*De acuerdo con el esbozo de balance hídrico de la tabla 1, con la explotación directa antes mencionada más la evapotranspiración por la masa forestal enraizada hasta el nivel freático, parece razonable pensar que **las cantidades disponibles para descarga a las áreas de interés ecológico puedan estar ya mermadas**, en especial a lo largo del arroyo de La Rocina, en el entorno del Rocío y en el ecotono norte,... (pág. 30)*

Por lo tanto se deduce que los datos de recarga del Acuífero Almonte-Marismas en los que se basa el *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* para declarar que la masa de agua UH05-51 se encuentra en *buen estado cuantitativo* proceden de un esbozo de balance hídrico calculado a partir de datos supuestos,

basados en una modelización numérica del funcionamiento de los acuíferos pobremente documentada, con errores en la estimación de las extracciones de agua subterránea locales de hasta un 100% y de las globales de hasta un 30%.

Además, el *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* utiliza *Las normas de explotación del 2004* (2) como referencia principal, donde no explica cómo se obtiene el dato de recarga de 285 hm³ para todo el acuífero (305 hm³ si se consideran los retornos del riego). En cualquier caso, el cálculo de recarga de la masa de agua subterránea no se ha realizado para el periodo que marca la IPH (1980/81-2005/06), sino para el periodo entre 2001 y 2006. Hay que recordar que el periodo marcado en la IPH se caracteriza por presentar una disminución de la precipitación (parámetro a partir del cual se calcula la recarga) respecto a series climáticas más largas. Previsiblemente la recarga calculada para el periodo 1980-2005 será inferior a la estimada en las Normas de Explotación que no abarcan ese periodo, ya que fueron actualizadas en 2001 y por tanto no contemplan desde el 2001 al 2005.

Como ya se ha mencionado, las Normas de Explotación de 2004 estiman unos retornos de riego de 20 hm³ para todo el acuífero, pero tampoco aclaran cómo se ha llegado a esa cifra, cercana al 20% del agua consumida para riego. Sin embargo, en el apartado 3.1.2.3.6. de la IPH (Instrucción de Planificación Hidrológica) se considera, que a falta de estudios específicos, cuando se trate de cultivos con dotaciones brutas anuales de riego inferiores a 6.000 m³/ha, como ocurre en los de Doñana, los retornos serán entre el 0-5 por 100 de la demanda bruta. En el caso de abastecimientos y a falta de datos reales, se considerará un volumen de retorno del 80 por 100 del agua captada o detraída. Si se calculan los retornos en base a la IPHR, resultan unas cifras muy inferiores a los estimados en el Plan de Demarcación, y que oscilarían entre los 3 y 8 hm³.

El Plan de demarcación tampoco aclara cómo se ha considerado que el 82% de esos retornos corresponden a la porción del acuífero dentro de la demarcación del Guadalquivir: la cifra del 82% corresponde a una estimación de la superficie de recarga del acuífero que se sitúa en el Guadalquivir (igualmente cuestionable), pero no a la superficie de regadío del acuífero que se localiza en dicha demarcación. Por lo tanto no se puede afirmar que los retornos en la demarcación del Guadalquivir se correspondan con el 82% de los retornos en el total del acuífero.

Informes NO considerados en el PHG 2009-2015

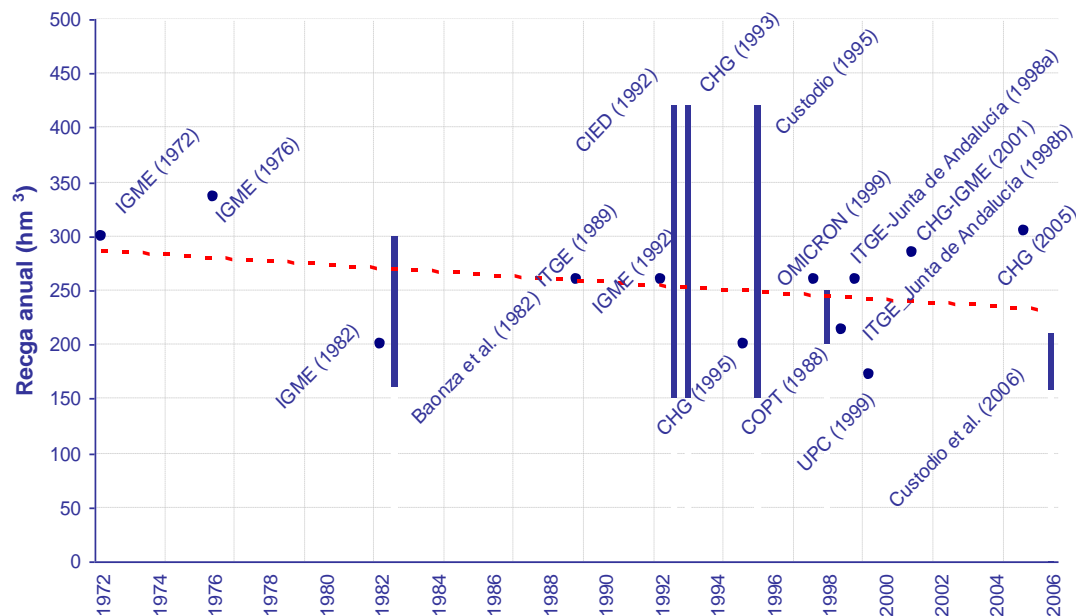
El plan no utiliza, sin embargo, otras fuentes disponibles más recientes que han servido de referencia para el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y para la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) en otras ocasiones. Ni siquiera otras fuentes disponibles en el momento de elaborar las Normas de Explotación de 2004. Es el caso del *Modelo del acuífero de la Universidad*

Politécnica de Cataluña 1999 (5), que es la base para el actual modelo del acuífero, utilizado por ejemplo en el *Plan Especial de Ordenación de las Zonas de Regadío Ubicadas al Norte de la Corona Forestal de Doñana* (11), pero que no fue considerado, sin embargo, en *Las Normas de Explotación de 2004* (2).

El *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* tampoco tiene en cuenta otros estudios posteriores y anteriores a su fase de Información Pública, como el Informe elaborado por E. Custodio, J. Dolz y M. Manzano en 2006 (11) para el Segundo Plan de Desarrollo Sostenible de Doñana (inédito), que sirvió de base para el libro “Las Aguas subterráneas en Doñana: Aspectos ecológicos y sociales”, de E. Custodio, M. Manzano y C. Montes (12).

Cabe destacar que en dicho libro, publicado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía en 2009, se siguió la misma técnica del balance hídrico por áreas que se empleó en el Dictamen de la Comisión Internacional de Expertos de Doñana (4) utilizado por el *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir*, pero con un detalle territorial mayor con datos hidráulicos actualizados que se pueden encontrar en diversos trabajos: Trick (1998) (13), Lozano (2004) (14), UPC (1999) (23) y Palancar y Cantos (1996) (15), todos ellos disponibles durante la elaboración del plan. El resultado de estos estudios es que en los 2.700 km² del área considerada, la recarga media multianual está probablemente entre 158 y 210 hm³/año, dato muy alejado de los 285 hm³/año que considera el *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* (305 hm³ si se le suman los retornos de riego), y con menor incertidumbre que el rango de 155 - 425 hm³/año que considera el *Dictamen de la Comisión Internacional de Expertos de Doñana* en 1992 (4).

Debido a la extensión y complejidad del sistema Almonte-Marismas, la determinación de los diferentes elementos de su balance hídrico resulta una difícil tarea no exenta de incertidumbres. A pesar de que este acuífero ha sido estudiado repetidamente durante las últimas tres décadas (IGME en 1976, 1982, 1989, 1992; CHG; 1995; Suso y Llamas, Custodio et al, 2006 b), los resultados obtenidos para el mismo han variado a lo largo del tiempo según las diferentes hipótesis de cálculo. No obstante, parece ser que existen unos valores convergentes, que en cualquier caso son inferiores a los utilizados por el *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* (**Graf. 1**).



Gráfica 1. Diferentes estimaciones de la recarga media anual de la masa de agua UH 05.51/acuífero Almonte-Marismas. Citas en las referencias bibliográficas. FUENTE: Elaboración propia.

Necesidades ambientales/Descargas del acuífero

Respecto a las necesidades ambientales, primero nos gustaría constatar que el Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir las fija en su Memoria de forma arbitraria como el 50% de la recarga, es decir, se requieren 125 hm³/año para cumplir con el régimen de caudales ecológicos y para prevenir los efectos negativos causados por la intrusión marina.

Para calcular la descarga real del acuífero es necesario tener en cuenta que en estado natural existe un balance entre la recarga y la descarga de agua, es decir, sin extracciones de agua. En un estudio sobre los recursos hídricos en la comarca de Doñana de Custodio, Dolz y Manzano 2006 se muestran los datos correspondientes a la descarga en estado natural y los compara con los mostrados en el Dictamen de 1992 (11).

Concepto	hm ³ /año	hm ³ /año CIED, 1992	Comentarios
Recarga	158–210	130–250	en el intervalo
Evapotranspiración freática	18–29	—	ver ecotono norte
Descarga a La Rocina	31–43	25–50	en el intervalo; parece real
Descarga a arroyos	31–39	30–50	en el intervalo, aunque no del todo coincidentes
Descarga a ecotono Norte y Marisma	10–15	30–55	similar si se acumula la evapotranspiración freática
Descarga a ecotono Oeste	24–32	25–45	similar
Descarga al mar	43–52	20–50	similar, pero en lado superior

Tabla 3.10. Resultados del Balance medio estacionario de los acuíferos de la Comarca de Doñana, en estado natural. **Fuente:** Custodio et al, 2006 (11).

La descarga en ambos casos se estima entre 158-210 hm³/año (Custodio et al, 2006) y 130-250hm³/año (CIED, 1992), en perfecto equilibrio con las recargas naturales del acuífero, sin tener en cuenta extracciones. En el dictamen de 1992, en la tabla que refleja estos mismos datos, además incluye una estimación de las descargas cuando se producen extracciones (Tabla 2: columna “Estado actual”) (4). Como podemos observar, al incluir las extracciones se produce un reajuste de los datos de descargas resultando en una considerable disminución de las descargas del acuífero (Tabla 2):

TABLA 2
DETALLE DE LAS DESCARGAS NATURALES (SALIDAS A RÍOS, ECOTONOS Y AL MAR)
(Ver la tabla 1) (Valores en hm³/año)

DESCARGA	ESTADO NATURAL		CON BOSQUE		ESTADO ACTUAL	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
A La Rocina	25	50	10	20	5	10
Al Ecotono norte	30	50	20	30	5	20
Al Ecotono oeste	25	45	15	20	10	15
A la Marisma (vertical)	0	5	0	5	0	0
Al Mar (a lo largo de la costa)	20	50	10	30	10	25
Al tramo inferior del río Tinto	30	50	20	30	2	8
TOTAL DESCARGAS	130	250	75	135	32	78

Tabla 2. Detalle de las descargas naturales. (1: Estado natural) Antes de las intervenciones humanas. (2: Con bosque) Después de las grandes plantaciones arbóreas y antes de los regadíos, sin extracciones de abastecimiento. (3: Estado actual) Con los regadíos y abastecimientos actuales, y la reducción del eucalipto. **Fuente:** Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socio-económico sostenible del Entorno de Doñana. CIED sobre el Entorno de Doñana. Castell, M. et al (1992).JA (4).

Y en el texto podemos además leer sobre la gravedad del estado que se deriva de los datos aportados:

Una clara consecuencia de la tabla 2, a pesar de sus imprecisiones y limitaciones, es constatar que se producen notables disminuciones en las descargas de agua de interés ecológico una vez que el sistema ha encontrado un nuevo equilibrio tras una

actuación que suponga un aumento de las extracciones. El tiempo para alcanzar el equilibrio tras un cambio, aunque no está valorado específicamente, es por lo menos de muchos años, lo que explica que ciertos efectos esperables serán aún poco visibles, pero aparecerán a pesar de que se contenga el crecimiento de extracciones aun si se producen reducciones poco significativas. (pág. 33 pdf; pág. 300 en papel)

Resumiendo, el plan estima que se requieren 125 hm³/año para cumplir con las necesidades ambientales, un 50% de la recarga total del acuífero. Sin embargo el Dictamen de 1992, documento de referencia del dato de recarga del plan, dice que las descargas en “Estado natural” se estiman entre 130-250 hm³/año (no teniendo en cuenta las extracciones) pero que las descargas en el “Estado Actual” (teniendo en cuenta las extracciones) se estiman entre 32-78 hm³/año, rango que no cumple con las necesidades ambientales estimadas en el mismo plan de 125 hm³/año.

El efecto principal de esta disminución sería la reducción de los caudales ecológicos y la aparición de afecciones medioambientales (apartados que serán discutidos en este mismo documento más adelante).

Extracciones

El *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* afirma que los datos de extracciones por bombeo han sido actualizados a partir de la nueva información disponible en el Registro de Aguas (Catálogo y programa ALBERCA) (Apéndice IV del Anejo 2, relativo a los recursos de la Masa de Agua Subterránea 05.51 Almonte-Marismas; pág. 773, 774 del pdf) (1).

Sin embargo, el *Plan Especial de Ordenación de las Zonas de Regadío Ubicadas al Norte de la Corona Forestal de Doñana* o *Plan Especial de la Corona Forestal* (10), documento considerado en la elaboración del *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir*, menciona entre sus conclusiones que:

Se desconoce el volumen real exacto de extracciones, por la existencia de bombeos irregulares y la consiguiente ausencia de contadores. (pág. 88)

Y advierte de que con las extracciones actuales del acuífero ya se sobrepasan los volúmenes máximos de extracción calculados por el IGME. Es más, en la Memoria del *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* se menciona dicho plan de la siguiente manera:

*El documento incluye como una de sus bases principales el control de las extracciones y la distribución racional del agua. **Manifiesta la tendencia de los últimos años del incremento de las actividades agrícolas de regadío que está afectado de forma severa al acuífero existente.***

*En los terrenos pertenecientes al ámbito del Plan Especial, de las zonas agrícolas, el 60% pertenecen a cultivos de secano y el resto a regadío. Del mapa de usos del suelo del año 2004 de la Consejería de Agricultura y Pesca, se extrae que el regadío en la zona ocupa unas 9.000 ha. **Cabe destacar, en relación al cambio de usos del suelo, que en los últimos años se ha dado un paso de terrenos forestales a agrícolas en esta zona.** (pág. 382 pdf, pág. 370 en papel)*

[...]

El informe en su balance final de los recursos, sintetiza todos los estudios que han sido realizados a efectos de la redacción del Plan Especial. De ello se desprende que se podrán utilizar del acuífero una vez descontadas las demandas de abastecimiento hasta unos 22,77 hm³/año para el regadío, sin consecuencias en el citado acuífero. (pág. 385 pdf, pág. 373 en papel)

[...]

Por otro lado las necesidades hídricas de los cultivos de riego de las 9.000 ha ascienden a 36 hm³. El plan establece una dotaciones que van desde los 3.500 m³/ha para los cultivos extensivos, los 4.000 para los intensivos y para otros usos de riego otorgados y 4.300 para los cítricos y otros frutales.

Con lo que el déficit sería de unos 23,83 hm³. Teniendo en cuenta que el volumen utilizable calculado por el IGME sería de 22,77 hm³, el déficit para riego estaría en 1,06 hm³.

*El diagnóstico efectuado en el Plan en relación al recurso hídrico, evidencian la **existencia de zonas especialmente sensibles en el acuífero**, cuyas extracciones requieren un replanteamiento espacial, dado su **repercusión en los ecotonos**, fundamentalmente en la zona noreste del ámbito del Plan, coincidente con la cabecera de la Rocina y en la zona norte del Rocío, Matalagrana.*

*El informe manifiesta que **actualmente es difícil mantener el nivel de extracciones en la zona del ámbito del Plan tal y como muestran los informes del IGME, dado que se sobrepasan los volúmenes máximos de extracción calculados por el IGME.***

Hay que señalar que el *Plan Especial de la Corona Forestal* recibió el apoyo de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) en la reunión conjunta de las Comisiones de Trabajo del Consejo de Participación de Doñana, el 20 de septiembre de 2013, en la que se analizaba dicho Plan, por lo que se puede afirmar que la propia CHG aprueba el contenido del *Plan Especial de la Corona Forestal* (las notas de la reunión se han solicitado a la Secretaría del Consejo, pero aún no están disponibles).

Por último, cabe mencionar un estudio cuantitativo realizado por la Universidad de Huelva y la Universidad de Pablo de Olavide (16), que utiliza los datos disponibles en la Confederación Hidrográfica de del Guadalquivir sobre la evolución de los

niveles en la red de control piezométrica del Acuífero Almonte-Marismas (periodo 1994-2012) el cual concluye que:

El periodo con datos piezométricos (1994-2012) es más húmedo que la media de la zona, lo cual produce que los descensos de niveles debido a los bombeos están parcialmente 'enmascarados' por la evolución pluviométrica. Además, los dos primeros años de control corresponden al final de un periodo muy seco, lo que los hace inadecuados para tomarlos como referencia. (pág. 1129)

Este estudio enfatiza la variabilidad de los resultados en función de los datos seleccionados. También afirman que la variabilidad de las pluviometrías “enmascaran” las consecuencias de los bombeos de agua existentes.

Conclusiones

Podemos concluir, por tanto, que existe un alto grado de Incertidumbre en los datos que componen el Índice de Explotación, tanto en la recarga como en las necesidades ambientales y en las extracciones (1, 16). La recarga se ha calculado sin considerar las investigaciones más recientes y conocidas por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, y utilizando metodologías poco claras, y en ocasiones sin respetar los dictados de la Instrucción de Planificación Hidrológica. En cuanto a las necesidades ambientales, se han fijado de forma arbitraria en el 50% de la recarga. Y por otra parte, varias fuentes apuntan a que las extracciones reales son mayores a las estimaciones con un grado de incertidumbre muy alto (1, 16). Con este grado de incertidumbre resulta inaceptable que el Plan de Demarcación presente un Índice de Explotación con cuatro decimales: 0,7969, que con un simple redondeo supondría que el acuífero está en mal estado (hay que recordar que la Instrucción de Planificación Hidrológica maneja únicamente dos decimales).

En respuesta a las alegaciones de WWF al borrador de Plan de Demarcación, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir respondió que al fijar un 50% de la recarga como necesidades ambientales los posibles errores quedaban cubiertos y se evitaba la afección ambiental. Sin embargo, como se verá más adelante, el mal estado del acuífero queda igualmente argumentado con otros datos con menor grado de incertidumbre, como los niveles piezométricos, que indican claramente que la masa UH 05.51 ha mostrado tendencias descendentes continuas en su nivel freático en los últimos 40 años.

2. Descenso de niveles piezométricos

A pesar de la afirmación del *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* de que no hay descensos en los niveles piezométricos, WWF ha encontrado numerosos documentos que afirman lo contrario:

Informes	Zona con descensos	Cita en el informe
Plan Especial de Ordenación de las Zonas de Regadío Ubicadas al Norte de la Corona Forestal de Doñana ⁵ (5 sept 2013)	Zona norte de El Rocío Zona de Matalagrana (dentro del ámbito del Plan)	Pág. 82 y 88 de la Memoria
Informe IGME sobre el Plan Especial (2009)	No especifica zonas concretas, pero habla de su existencia	Pág. 3 y 4
POTAD (2004)	Al sur de Villamanrique de la Condesa y Norte y Sur de El Rocío.	Pág. 22, 35, 45
Informe de Estado de la Masa de Agua Subterránea 05.51 "Almonte-Marismas". Año Hidrológico 2012-2013. CHG. (2014)	Diversas zonas	Pág. 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13
Informe Acuífero 2011/2012 CHG (2013)	Diversas zonas	Pág. 6
Informe Acuífero 2010/2011 CHG (2012)	Diversas zonas	Pág. 3, 4 y 5
Informe Acuífero 2009/2010 AAA (2011)	Villamarique, Norte del Rocío, La Matilla	Pág. 4, 5, 6
Propuesta Esquema de Temas Importantes ETI (Octubre 2010)	La Rocina, Los Hatos y otras zonas de elevada sensibilidad ambiental	Pág. 3 de la ficha 12
Custodio, Manzano y Montes (2009)	El Rocío y el Ecotono Norte. La Rocina, el puente de La Canariega, la marisma de El Rocío y el curso de la Madre de La Marisma, El arroyo del Partido.	Pág. 168, 169, 176
Custodio, Dolz y Manzano (PDSII, 2006)	Diversas zonas	Pág. 95 y 96

⁵ Si bien es cierto que el Plan Especial se refiere únicamente a una porción de la UH 05.51, también es cierto que se trata de una parte muy significativa que recoge al arroyo de La Rocina, uno de los principales arroyos vertientes a las marismas del Parque Nacional.

Plan Especial de Ordenación de las Zonas de Regadío Ubicadas al Norte de la Corona Forestal de Doñana 2013

En el documento del *Plan Especial de Ordenación de las Zonas de Regadío Ubicadas al Norte de la Corona Forestal de Doñana* o *Plan Especial de la Corona Forestal* (11) para aprobación provisional remitido a los miembros del Consejo de Participación de Doñana, fechado el 5 de septiembre de 2013, se reconoce la existencia de descensos de los niveles piezométricos, en base a un Informe aportado por la Agencia Andaluza del Agua, elaborado por el IGME (junio de 2009)⁶ sobre la evaluación de impactos por extracciones para el ámbito del Plan Especial de la Corona Forestal. Concretamente, el *Plan Especial de la Corona Forestal* afirma:

Zona Norte de El Rocío. Existe riesgo de no alcanzar el buen estado cuantitativo al haberse detectado en determinadas zonas unos descensos del nivel del agua subterránea, claramente apreciables en los mapas piezométricos, y por otra parte, en un progresivo deterioro de la calidad del agua provocado por las prácticas agrícolas.

*Zona Matalagrana. Este sector del acuífero se caracteriza por una baja permeabilidad (el acuífero es muy poco transmisible) lo que se traduce en un **abatimiento generalizado de los niveles piezométricos.***" (pág. 82)

Y concluye:

*Existen problemas en determinadas zonas del acuífero ya señalados con anterioridad por el POTAD, y que se confirman a la vista de los datos que se desprenden de los informes del IGME y de la comparación de todos estos parámetros, los cuales presentan un **balance hídrico negativo**, al ser mayor la necesidad de riego respecto a la disponibilidad del recurso subterráneo y superficial en la zona del Plan Especial.* (pág. 88)

Informe IGME sobre el Plan Especial 2009

En el Informe aportado por la Agencia Andaluza del Agua, elaborado por el IGME (junio de 2009) (17) sobre la evaluación de impactos por extracciones para el ámbito del Plan Especial de la Corona Forestal se puede leer:

En su sector más nororiental el acuífero entra en contacto con el aluvial del río Guadamar, entre el Vado de la Quema y el entorno del Arroyo de la Cigüeña. En condiciones naturales de flujo, (pág.365)

[...]

⁶ El documento que se aporta es un artículo publicado en relación con dicho estudio, pero no es el original del informe elaborado por el IGME, que está inédito.

En cambio, la situación habitual en los últimos años es que los niveles freáticos y piezométricos en ambas márgenes del río en el entorno de la finca La Tiesa estén por debajo del cauce del Guadamar, debido a los bombeos agrícolas en la zona. (pág. 365)

Resaltando un descenso de los niveles de acuífero en esa zona por debajo del nivel del cauce del río, de lo que se pueden deducir reducciones de aportación de caudal desde el acuífero al río.

Plan de Ordenación del Territorio del Territorio en el Ámbito de Doñana 2004

El *Plan de Ordenación del Territorio del Territorio en el Ámbito de Doñana* (POTAD) (18) propuso en 2004 la masa UH. 05-51 Almonte-Marismas como susceptible ser declarada sobreexplotada, cita textualmente:

Se proponen las UH50 Aljarafe y UH. 5.51 Almonte-Marismas como susceptibles de declaración de acuífero sobreexplotado o en riesgo de estarlo (en el caso de la UH 50 la Confederación ya acordó su declaración). (pág. 22)

En el apartado sobre el riego del arrozal con aguas subterráneas y su afección al acuífero informa que (la negrita es nuestra):

*En determinadas áreas el arroz se riega con aguas del acuífero, lo que, a pesar de su reducida dimensión, **tiene efectos ambientales debido al descenso de los niveles piezométricos en zonas próximas a ecosistemas sensibles.** (pág. 35)*

Y por último, en el apartado de contaminación de acuíferos, se puede leer que (la negrita es nuestra):

***Los descensos significativos de los niveles se localizan en todas las zonas de riego y sus alrededores, los más destacados se reconocen al sur de Villamanrique de la Condesa y Norte y Sur de El Rocío.** (pág. 45).*

Informe del Estado de la Masa de Agua Subterránea 05.51 “Almonte-Marismas”. Año Hidrológico 2012/2013. CHG

El informe presentado en 2014 por la CHG (32) ofrece un amplio análisis sobre la situación cuantitativa general del acuífero, la evolución de sus niveles y el estado de las diferentes zonas en las que está dividido.

Como cuestión previa, y de crucial importancia para entender los datos del informe de este año hidrológico, hay que advertir que la CHG compara el estado 2012/2013 con el existente en 1993/1994. Hay que recordar que, a mitad de la

década de los 90, se dan una serie de años excepcionalmente secos que significaron el ciclo de sequía más grave desde que se tienen datos en la cuenca del Guadalquivir. El propio informe afirma:

“...también un año que puede considerarse como el peor escenario climático posible como es 1994/1995, muy seco al final de un periodo seco de cuatro años...”

Desde 1994 hasta la actualidad, sólo un año se considera muy seco el 2004/2005. El resto de los 19 años las precipitaciones han estado por encima del año de referencia (incluso cuadruplicando o quintuplicando los datos del 1994/1995). Sin embargo, como ahora pasaremos a analizar, esto no ha supuesto la recuperación del acuífero y muchos puntos están peor hoy en día que durante el año en que se dio el “peor escenario climático posible”.

Por otra parte, WWF considera que, como han hecho otros informes y estudios, debería tomarse como referencia para el análisis toda la serie de años con datos existentes, que abarca desde los 70 hasta la actualidad. En ese caso, los valores y la evolución de los niveles arrojarían cifras mucho más catastróficas que las actuales, que ya de por sí deberían obligar a declarar el acuífero como sobreexplotado

El informe muestra, sin lugar a dudas, el mal estado de la masa de agua subterránea 05.51 “Almonte-Marismas” y la inexistencia de medidas efectivas para, primero, frenar la sobreexplotación y el continuo deterioro del acuífero y, a continuación, asegurar su recuperación.

Pese al aumento de las precipitaciones respecto al año anterior (553 mm en 2012/2013 frente a los 340 mm del 2011/2012), el estado del acuífero no mejora:

El estado general de la MASb, entendiendo como tal el valor medio de los 174 piezómetros con dato es de 0.40, ligeramente inferior al obtenido de aplicar el indicador a la precipitación del año 2012/13 con relación a la misma serie de 20 años (0.49). Ambos valores se encuadran en el rango de prealerta.

De los 16 sectores en los que se divide el Acuífero Almonte-Marismas, sólo 3 se consideran estables, 7 están en situación de prealerta, 5 en alerta y 1 en su mínimo histórico (Cabecera Sur de la Rocina).

Además de las 16 zonas, 14 tienen una tendencia negativa en relación con el año de referencia, 1994.

En relación con las zonas más afectadas el informe dice:

Un zona con un marcado y sostenido deterioro en su estado: está formada por una banda de orientación Suroeste-Noreste con una anchura de entre 5 y 10 km que bordea los límites del Parque nacional entre el Cortijo del Alamillo y El Rocío y continúa desde allí hasta Villamanrique de la Condesa. Se ha incluido en este grupo el tramo bajo del Arroyo de la Rocina, en peor situación que su cabecera. Aparecen dos grandes conos de depresión piezométrica con relación a las cotas medidas en 1995, uno situado al Norte de El Rocío y otro al Sur de Villamanrique. Comprende los sectores Norte y Sur del Arroyo de la Rocina, Norte del Rocío-Villamanrique, Sector intermedio, Ecotono Norte y Sur de Villamanrique-acuífero libre.

Informes de la Piezometría del Acuífero Almonte-Marismas. Año hidrológico 2011/12. CHG

El Informe Técnico de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) (19) sobre la situación cuantitativa y evolución de niveles en el acuífero Almonte-Marismas en el año 2011/12 analiza los niveles de la Red Piezométrica de Doñana durante el periodo 1995-2012⁷:

El análisis de datos piezométricos entre los años 1995 y 2012 revela un descenso medio global del nivel del acuífero de 0,08 metros con respecto a la situación en el año 1995, lo cual representa un porcentaje de descenso inferior al 0,08% respecto al espesor saturado medio del acuífero, estimado en unos 100 mts. (pág. 3).

Los datos también muestran en 2012, tras las excepcionales lluvias de 2010 y 2011, un descenso del 0,13% respecto al año 1995, tras un periodo de fuerte sequía. El informe concluye que el nuevo Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir deberá revertir dicha situación.

Informe de la Piezometría de la Masa de Agua Subterránea 05.51 Almonte-Marismas. Año hidrológico 2010/2011. CHG

El informe de 2010/2011 (20) de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, mucho más detallado y prolijo que el de 2011/2012, especifica (la negrita es nuestra):

⁷ (Fuente: Datos Espaciales del Guadalquivir: Medidas 1996/2012 www.chguadalquivir.es/open)

Los datos expuestos anteriormente en el informe muestran una **situación que genera motivos de preocupación dado que, a pesar de las lluvias, algunos niveles piezométricos no se recuperan en relación con niveles de comparación correspondientes a épocas de sequía, e, incluso, como hemos visto en el apartado 3.4, el 31% de los puntos, es decir, un tercio del total, presentan niveles de agua en octubre del año 2010 por debajo de los que tenían en el mismo mes del año 1995, momento en que se produjo una sequía excepcional.**(pág. 5)

Adicionalmente, la CHG observa que los descensos de niveles piezométricos se concentran en algunas zonas sometidas a una intensa presión (la negrita es nuestra):

*En algunos sectores del IARA se riegan superficies por encima de los derechos de aguas privadas reconocidos en su día, con la consecuencia de un **descenso continuado de los niveles piezométricos**, como se puede comprobar en los gráficos de los puntos 01-03-01, 01-04-19,01-08-10 del sector I, o en los puntos 03-10-10 y CGS 30 del sector II.”*

*En la zona de Matalascañas se produce una **explotación de los recursos para el abastecimiento sin tener en cuenta las posibles afecciones***

*En la zona de marismas, en la zona de los Hatos, se riegan zonas que fueron excluidas en la resolución de los expedientes de aguas privadas, dando lugar asimismo a **continuados descensos de los niveles piezométricos** como en el caso del sondeo MM0101 o los sondeos 54 y 55 ubicados en el Partido de Resina.*

*En la zona de Matalagrana, cercana al Arroyo de la Rocina se vienen regando desde hace años zonas sin ningún tipo de licencia, lo que se traduce en **gráficos con niveles netamente descendentes** como los de los sondeos 05-02-02, el 05-03-07 o el 05-08-03*

*En la zona del ecotono norte se vienen detectando **descensos continuados del nivel freático** como se aprecia en los sondeos ubicados en Portachuelo, Laguna de la Anguila, el Raposo o Matasgordas. (pág. 6)*

Esquema de Temas Importantes ETI

Los descensos de los niveles piezométricos eran bien conocidos por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir antes de 2010. Dentro del propio proceso de planificación hidrológica, el Esquema de Temas Importantes (Propuesta ETI) (2), previo al Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir, aprobado en 2010, afirma que sí hay descensos de los niveles piezométricos. En concreto, en la Ficha 12 “La transformación de las marismas de Doñana”, se hacen las siguientes afirmaciones:

*En tiempos más recientes, este proceso transformador ha alcanzado también a las cuencas afluentes a la marisma, se han deforestado muchas riberas, se ha intensificado la agricultura (bajo plástico, olivar en regadío) y se han abandonado algunos cultivos tradicionales como el viñedo. Además, cabe destacar que **se han explotado excesivamente algunas zonas del acuífero Almonte-Marismas y se han contaminado las aguas. Todo ello ha supuesto un problema para la persistencia de las marismas en su estado natural.** (Pág. 1 de la ficha 12. La negrita es nuestra)*

[...]

Aguas subterráneas: Niveles piezométricos del acuífero Almonte-Marismas: [...]se observan problemas de sobreexplotación local en determinadas áreas de elevada sensibilidad ambiental como La Rocina y los Hatos, asociados a la pérdida de microhábitats acuáticos dependientes de las aguas subterráneas.

*Calidad acuífero Almonte-Marismas: En el acuífero no existe en la actualidad riesgo de intrusión marina. No obstante, **como consecuencia de la excesiva e inadecuada explotación del acuífero en su sector nororiental, se está produciendo un avance de la interfase salina definida por una franja de orientación noreste-suroeste que marca la separación entre las aguas dulces y salinas fósiles del fondo de las marismas.***

Muy localmente, como consecuencia de la puesta en cultivo de superficies de terreno (Plan Almonte-Marismas), existen zonas con concentraciones de nitratos por encima de los niveles admisibles. (Pág. 3 de la ficha 12. La negrita es nuestra)

Las Aguas subterráneas en Doñana: Aspectos ecológicos y sociales. Custodio et al 2009

El estudio de “Las Aguas subterráneas en Doñana: Aspectos ecológicos y sociales”, publicado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía en 2009 (12) señala una tendencia descendente del nivel freático del acuífero en las últimas décadas, y lo relaciona directamente con las extracciones debido a su carácter localizado, y dice textualmente (la negrita es nuestra):

*La extracción intensiva de agua subterránea durante más de dos décadas, localizada en zonas próximas a las de descarga natural del acuífero, **ha ocasionado descensos acumulados locales de los niveles piezométricos profundos, lo que a su vez ha supuesto un descenso del nivel freático** (Figura 8.1). (pág. 170)*

[...]

Los descensos piezométricos a lo largo de los ecotonos a causa de las extracciones, en especial en El Rocío y en el ecotono Norte, no sólo han mermado o anulado las descargas de agua dulce subterránea que allí existían,

sino que han cambiado las condiciones de equilibrio con el agua salina de los acuíferos bajo la Marisma. En consecuencia parece haberse producido una progresión del agua salina, que ahora impregna terrenos que antes contenían agua dulce y que ha ocasionado un aumento de la salinidad de algunos pozos.
(pág. 176)

Estas afirmaciones vienen a constatar las ya realizadas en el informe elaborado por Custodio, Dolz y Manzano en 2006 (11), para el II Plan de Desarrollo Sostenible de Doñana.

Conclusiones

Podemos concluir, por tanto, que el descenso de los niveles piezométricos es un hecho en la UH 05.51. Aunque tras años de lluvias abundantes se ve cierta recuperación en zonas que reciben menos presión, no se recuperan los niveles en las zonas con mayor presión, especialmente vinculada a la explotación para uso agrario. El resultado es una clara tendencia descendente de los niveles piezométricos del acuífero en general, desde los años 70. Esta tendencia del acuífero supera cualquier grado de incertidumbre que pudiera haber en las mediciones de los piezómetros.

El descenso de los niveles piezométricos implica un descenso del nivel freático, y por lo tanto una mayor distancia entre el acuífero y las superficies en las que antes manaba agua. Esto ha hecho, como veremos a continuación, que se reduzcan los caudales que el acuífero aporta a los arroyos.

3. Descenso de caudales

El *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* afirma que no hay datos sobre la reducción de caudales provenientes del acuífero en las zonas donde mana. Sin embargo, son numerosos los informes, estudios e incluso documentos de planificación que recogen la reducción de esas descargas. Es más, en el Apéndice IV del Anejo 2, relativo a los recursos de la Masa de Agua Subterránea 05.51 Almonte-Marismas, el propio Plan afirma:

Hay que destacar el importante número de trabajos hidrogeológicos realizados en esta masa, donde se han realizado distintos modelos matemáticos para comprender su funcionamiento, y donde actualmente se está llevando a cabo un estricto seguimiento y control del acuífero. Tampoco hay que olvidar que la importancia del Parque Nacional de Doñana, incluido en esta MAS ha originado gran número de trabajos de investigación que siguen desarrollándose actualmente. (pág. 763 del pdf, pág. 1 en papel, capítulo referente a la UH 05.51)

En la tabla presentada a continuación se recogen algunos de los informes existentes y las estimaciones que hacen de reducción de las descargas a los arroyos desde el acuífero 27 (actualmente UH 05.51 en el Guadalquivir y UH 04.14

en la Demarcación del Tinto-Odiel-Piedras), en su totalidad o en la parte correspondiente al Plan Especial de la Corona Forestal de Doñana, en el caso del Informe IGME 2009 y del propio Plan.

Informe	Reducción de las descargas
Comisión Internacional de Expertos (1992)	50-75%
Custodio, Dolz y Manzano (2006) ⁸	90%
WWF caudales ecológicos marisma 2009 (pág. 7) (21)	49%
Informe IGME (2009)	18%
Plan Especial Corona Forestal (2013) (pág 80 y 81 de la versión de 5 septiembre 2013)	3-24%

El Informe sobre Situación Cuantitativa y Evolución Acuífero Almonte-Marismas Año 2009-2010 y Avance 2011 (Agencia Andaluza del Agua. Junta de Andalucía) (5) decía:

“...El establecimiento de una importante superficie de regadío, y de captaciones para el abastecimiento, alteran el funcionamiento de las mencionadas descargas naturales de aguas subterráneas que soportan vegetación y abastecen a la marisma de aguas...”. (pág. 2)

El *Plan Especial de Ordenación de las Zonas de Regadío Ubicadas al Norte de la Corona Forestal de Doñana (10)*, en el documento para aprobación provisional remitido a los miembros del Consejo de Participación de Doñana, fechado el 5 de septiembre de 2013, reconoce, en base a un Informe aportado por la Agencia Andaluza del Agua, elaborado por el IGME (junio de 2009) sobre la evaluación de impactos por extracciones para el ámbito del Plan Especial, que hay un descenso de los flujos de base del acuífero al arroyo de La Rocina (*pág. 80 y 81 de la Memoria*), es decir, de los caudales que aporta el acuífero en las zonas que mana en el arroyo de La Rocina, como puede verse en el siguiente texto (la negrita es nuestra) extraído de la Memoria del Plan Especial:

*En primer lugar, el estudio compara porcentualmente cuánto ha disminuido el flujo del acuífero a los arroyos (denominado Flujo Base) a causa de los bombeos existentes en la zona. Los resultados indican que **el bombeo del agua subterránea en la zona ha reducido el Flujo Base a los arroyos aproximadamente entre un 3 y un 24%**.*

⁸ El informe cita igualmente al respecto a Suso y Llamas, 1990 y 1993; Llamas, 1990; Custodio y Palancar, 1995; Trick, 1998; Manzano et al., 2002; Trick y Custodio, 2004

Un estudio reciente desarrollado por Juárez *et al* (24) y presentado en el SIAGA (Simposio organizado por el IGME) ha observado que una serie de arroyos que descargan a La Rocina y a la marisma, y una notable descarga semidifusa a la marisma, que en estado natural eran permanentes, se han visto afectados por las extracciones por bombeo (la negrita es nuestra).

*Los bombeos, principalmente agrícolas, seriamente impactan la zona a gran escala y afectan a **todos los arroyos, que en gran manera se secan parcial o totalmente**, aunque afectan moderadamente a la descarga semidifusa a La Vera.*

Conclusiones

Las descargas del acuífero a los arroyos y humedales presentan, de nuevo, un elevado grado de incertidumbre asociado a la deficiente red de estaciones de aforo de la zona. Sin embargo hay dos conclusiones claras: que hay estudios sobre las reducciones de las descargas, en contra de lo que afirma el Plan Hidrológico del Guadalquivir, y que todos los estudios consultados coinciden en que hay una reducción de estas descargas. Esta llega a casos tan extremos que arroyos y lagunas que antes eran permanentes han pasado a ser temporales.

La reducción de estas descargas se hace evidente, como veremos en el siguiente apartado, en las afecciones negativas que tienen sobre los ecosistemas vinculados al agua en Doñana, que dependen de los aportes de agua que reciben de acuífero para superar los periodos más secos.

4. Afecciones a los ecosistemas

El descenso de caudales deriva en afecciones medioambientales alterando los ecosistemas locales, en algunos casos, comprometiendo su perdurabilidad. El *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* afirma que no existen afecciones ambientales actuales en la superficie del acuífero. Sin embargo, existen informes y planes oficiales que contradicen dicha afirmación.

De nuevo, lo que se decía en el Esquema de Temas Importantes (ETI) en 2010 contradice lo que afirma el Plan definitivo. En la Ficha 12 “La transformación de las marismas de Doñana” se afirma lo siguiente:

*En tiempos más recientes, este proceso transformador ha alcanzado también a las cuencas afluentes a la marisma, se han deforestado muchas riberas, se ha intensificado la agricultura (bajo plástico, olivar en regadío) y se han abandonado algunos cultivos tradicionales como el viñedo. Además, **se han explotado excesivamente algunas zonas del acuífero Almonte-Marismas y se han contaminado las aguas. Todo ello ha supuesto un problema para la persistencia de las marismas en su estado natural.** (Pág. 1 de la ficha 12, la negrita es nuestra)*

Desde WWF, en un informe publicado en 2009 y titulado “Caudales ecológicos en la marisma del Parque Nacional de Doñana y su área de influencia”, alertábamos de esas afecciones, basándonos en un análisis de datos históricos de la hidrología de la zona y en bibliografía científica. En dicho informe, que se presentó como documento adjunto a las alegaciones de WWF al borrador del *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir*, se afirmaba:

En las últimas décadas se han observado claras tendencias de cambio en las comunidades biológicas que indican inequívocamente el efecto de la reducción de los aportes de agua. Así por ejemplo, para el periodo 1990-2004 algunas de las agrupaciones vegetales que necesitan más agua han reducido su superficie más del 60%, llegando en algún caso al 80% de reducción. Estos cambios en la vegetación han tenido consecuencias nefastas para algunas especies singulares como el avetoro común, la cerceta pardilla o la focha moruna.

Por su parte el Profesor Emilio Custodio, en 2008, en su artículo “Perspectiva general del papel y gestión de las aguas subterráneas en el Área de Doñana, Sudeste de España” (26) afirmaba:

Allí donde el descenso es mayor -riego con agua subterránea de los arrozales del área de los Hatos y en los campos agrícolas de los alrededores de El Rocío- los arroyos permanecen secos y parte de la población de alcornoques se han quedado sin alimentación freática y han ido muriendo progresivamente. (pág. 87)

En las áreas lagunares el descenso del nivel freático y piezométrico profundo se traduce en cambios progresivos, dentro de las notables fluctuaciones estacionales e interanuales cuando esas lagunas están en áreas de recarga, tales como:

a) disminución del área encharcada y de vegetación freatófita, y mayores salinidades al final de la época estival, como sucede en el sistema lagunar de Santa Olalla,

b) paso de laguna permanente o semipermanente a temporal e inicio de la mineralización de los sedimentos de fondo de laguna, como sucede en la laguna del Charco del Toro,

c) transformación de lagunas freáticas a lagunas temporales alimentadas por la lluvia y flujos hipodérmicos, al quedar el nivel freático por debajo de los sedimentos semipermeables de fondo (Laguna de Río Oro, Laguna de Moguer) y proceso de degradación progresiva de dichos sedimentos... (pág. 87-88)

Ese mismo año, el estudio “Evidencias de desecación de lagunas peridunares de la Reserva Biológica de Doñana” (2008) (27), cuya principal autora es C. Díaz Paniagua (de la Estación Biológica de Doñana-CSIC), en una de sus principales conclusiones alertaba de la disminución de los aportes de las lagunas de El Brezo,

Charco del Toro, Zahillo, Taraje, Laguna Dulce, Laguna de Santa Olalla, Las Pajas y el Sapo, todas ellas en el Espacio Natural de Doñana.

Los datos más recientes referentes a estas lagunas están fechados en septiembre de 2013, en el informe (28) presentado ante la Comisión de trabajo de Aguas del Consejo de Participación de Doñana, del que WWF es miembro. Este informe, refrendado por el propio director de la Estación Biológica de Doñana, constata la tendencia a la desecación de las mencionadas lagunas, y recuerda su importancia para la biodiversidad del Parque Nacional, como puede verse a continuación:

*Durante el anterior ciclo hidrológico, 2011-2012, la Estación Biológica de Doñana estuvo advirtiendo del **mal estado en que se encuentran las lagunas peridunares de Doñana**. Por su extensión y grado de inundación, **estas son las lagunas más importantes del Parque Nacional**.*

*Dentro de los ecosistemas acuáticos de Doñana, las lagunas peridunares tienen una gran importancia pues constituyen los únicos medios (junto con los artificiales zacayones) que permanecen con agua durante el periodo estival en el manto eólico, albergando a especies estrictamente acuáticas y actuando de refugio de un gran número de especies que no resisten la desecación completa del área. Por ello, **son importantes para la conservación de la biodiversidad de especies acuáticas del Parque**. (pág. 1)*

[...]

*Los datos revelan que lagunas como Santa Olalla y Sopotón eran muy estables en la primera década, mientras que en los dos últimos periodos, han pasado a tener una gran dependencia de las lluvias. Es decir, **antiguamente, según se observa con los datos de los años 80, estas lagunas podían considerarse permanentes, gracias a que mantenían el continuo aporte del acuífero. En años más recientes, se puede decir que estas lagunas se han “temporalizado”, lo que se nota especialmente porque se secan o “casi secan” en años secos**. (pág. 2)*

[...]

*A las tendencias de temporalización de las lagunas permanentes, hay que añadir la **desecación constatada para las lagunas del Brezo y del Charco del Toro y el mal estado en que se encuentra la laguna del Zahillo, con un alto grado de acidez del agua debido a la falta de suficiente descarga para tamponar el pH**. Asimismo, en general se observa el **desarrollo creciente de vegetación sobre las cubetas de las lagunas (tarajes e incluso pinos) que también evidencian tendencias de desecación**. (pág. 3)*

Incluso los organismos internacionales se han alarmado por el estado actual del acuífero y las repercusiones sobre los valores que hicieron a Doñana merecedora

de ser declarada Humedal de Importancia Internacional del Convenio Ramsar y Patrimonio de la Humanidad por UNESCO.

En la sesión del World Heritage Committee de la UNESCO, WHC-11/35.COM/20 (30), de 7 de julio de 2011, entre las decisiones adoptadas sobre Doñana (Decisión 35 COM 7B.27), destaca en relación al acuífero:

El Comité del Patrimonio Mundial... Toma nota de la conclusión de la misión conjunta de inspección del Centro del Patrimonio Mundial/UICN en 2011 que el Valor Universal Excepcional por el que ha sido inscrito el sitio sigue estando presente, pero podría verse amenazado por... la sobreexplotación excesiva del acuífero de Doñana... (Página 2 del documento nº 1. Resolución de 2011).

Por su parte, el informe de la misión de inspección del Centro del Patrimonio Mundial/UICN recogía en relación con el acuífero y su uso:

Recomendación nº 5.

Con respecto al Plan Especial de Ordenación de las Zonas de Regadío, ubicadas al Norte de la Corona Forestal de Doñana, la Misión recomienda:

- c) *Que en la versión final del Plan y en su aplicación se dé la mayor prioridad a los siguientes aspectos:*
- *La determinación definitiva de una superficie máxima de riego en la comarca de Doñana en base a las extracciones máximas recomendables de acuerdo con el estado actual del acuífero, teniendo en cuenta el principio de precaución y respetando los caudales ambientales de toda la cuenca.*
 - *La definición de un plan anual de extracción de agua subterránea que incluya un control efectivo de la extracción legal y la eliminación de la extracción ilegal...*

En 2013, el World Heritage Committee en su reunión de 3 de mayo (WHC-13/37.COM/7B) (31) reiteró su preocupación por el estado del acuífero de Doñana, al incluirlo entre los principales problemas que afectan al bien protegido Patrimonio de la Humanidad:

B) Exceso de extracciones del acuífero de Doñana.

El Comité (Decisión 35 COM 7B.27) pidió a la Junta de Andalucía que aprobase el "Plan Especial de Gestión de las Zonas de Riego Ubicadas al Norte de la Corona Forestal de Doñana" (Plan de la Corona Forestal), antes del 31 de diciembre de 2011, y que comenzara su ejecución antes del 1 de enero de 2012 a lo más tardar, con el fin de abordar una serie de cuestiones de gestión del agua de forma integral...

... El Comité... reitera su preocupación por el impacto acumulativo de una serie de amenazas al valor universal excepcional (VUE)... en particular... el tema de la sobreexplotación del acuífero de Doñana...

Esta preocupación se hace de nuevo patente en la decisión de 2014 sobre Doñana (Decisión 38 COM 7B.79) (33)

...El Comité... expresa su profunda preocupación por el continuo descenso de la situación del acuífero de Doñana... así como por la ausencia de un plan de acción para hacer frente a niveles insostenibles de extracción de agua...

... El Comité... considera que el agotamiento continuo del acuífero de Doñana si no es revertido con urgencia, podría representar un peligro potencial para el VUE de la propiedad de acuerdo con el párrafo 180 de las Directrices Operativas

La preocupación por el estado del acuífero no es nueva para la Secretaría del Convenio Ramsar, que ya el 4 de julio de 1990 incluyó a Doñana en el Registro de Montreux de Humedales en peligro (29), debido a que:

...todavía existían riesgos de modificación del carácter ecológico del Sitio Ramsar como consecuencia de las extracciones de agua para la agricultura... Las razones para incluir el sitio en el Registro de Montreux era el miedo de que estas actividades explotasen de manera excesiva el acuífero regional, disminuyendo así los niveles de las aguas subterráneas y una reducción de la duración y del nivel de las inundaciones estacionales de las marismas...". (pág. 2)

Conclusiones

Puede concluirse, por tanto, que el estado actual del acuífero está teniendo efectos negativos sobre los ecosistemas que dependen del acuífero, y de los que dependen a su vez numerosas especies. También los organismos internacionales se han hecho eco de la mala situación del acuífero, exigiendo medidas para mejorar su estado, amenazando incluso con retirar a Doñana su título de Patrimonio de la Humanidad.

La bibliografía que relaciona afecciones sobre los ecosistemas con la bajada de los niveles del acuífero es abundante. WWF ha recopilado una lista de artículos científicos e informes oficiales que así lo constatan, y que se adjunta al final de este informe.

C.- CONCLUSIONES FINALES

Este documento pretende aportar evidencias suficientes que apoyen la propuesta de WWF de que la masa UH 05.51 (Acuífero Almonte-Marismas) se encuentra actualmente en mal estado y como tal debe declararse. Dichas evidencias se han extraído tanto de estudios científicos realizados por expertos en el área, como de documentos oficiales publicados por la administración pública.

Los datos disponibles del acuífero de recarga, necesidades ambientales y extracciones muestran un elevado grado de incertidumbre, así como una diferenciación por zonas, de los que no se hace eco el análisis elaborado en el Plan Hidrológico a la hora de calcular el índice de Explotación. La recarga se ha calculado sin considerar las investigaciones más recientes, y conocidas por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, y utilizando metodologías poco claras sin respetar, en ocasiones, los dictados de la Instrucción de Planificación Hidrológica. En cuanto a las necesidades ambientales, se han fijado arbitrariamente sin criterios ni metodología claros, y en los datos de extracciones, la gran cantidad de pozos ilegales presentes en la zona indican que éstas podrían ser mayores que las estimadas, como demuestran otros informes disponibles.

El mal estado del acuífero queda igualmente argumentado con otros datos con menor grado de incertidumbre, como los niveles piezométricos, que indican claramente que la masa UH 05.51 ha mostrado tendencias descendentes continuas en su nivel freático en los últimos 40 años. A su vez, el descenso de los niveles piezométricos implica un descenso del nivel freático, y por lo tanto una mayor distancia entre el acuífero y las superficies en las que antes manaba agua. Esto ha hecho que se reduzcan los caudales que el acuífero aporta a los arroyos, lagunas y marismas. Son muchos los estudios publicados donde se observa que el estado actual del acuífero está teniendo efectos negativos sobre los ecosistemas que dependen del mismo, y de los que dependen a su vez numerosas especies. También los organismos internacionales, como UNESCO, la secretaría del convenio Ramsar y UICN se han hecho eco de la mala situación del acuífero y sus efectos sobre Doñana, exigiendo medidas para mejorar su estado.

Ante la incertidumbre en torno al índice de explotación, y sin entrar a discutir sus valores, la decisión del estado del acuífero debería tomarse en función de las evidencias más claras de descenso de niveles y afecciones ambientales, que el Plan Hidrológico del Guadalquivir obvia o incluso contradice.

La declaración de la masa de agua subterránea UH 05.51 como “en mal estado” permitiría la aplicación de las medidas contempladas en el artículo 56 del Texto Refundido de la Ley de Aguas (Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio) para recuperar el buen estado de la masa. WWF está convencida de que la aplicación de estas medidas, entre las que figura la constitución de comunidades de

usuarios, la imposibilidad de otorgar nuevas concesiones y la elaboración de un plan de extracciones, es imprescindible para asegurar la recuperación de los niveles del acuífero y asegurar el futuro de Doñana.

BIBLIOGRAFIA

1. Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir (PHDG). Memoria
2. Esquema de Temas Importantes Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. Octubre 2010. 2 bis: Anexo B del ETI: fichas de los temas importantes
3. Normas de explotación de la UH. 05.51, IGME y CHG 2004
4. Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socio-económico sostenible del Entorno de Doñana. Comisión Internacional de Expertos sobre el Entorno de Doñana. Junta de Andalucía. Sevilla (1 -1 24) Castell, M. et al 1992.
5. DGOH (1995). Normas de explotación de las unidades hidrogeológicas afectadas por las zonas de explotación controladas (D.735171) en la cuenca del Guadalquivir (Sevilla y otras). Unidad hidrogeológica 05.51 Almonte-Marismas.
6. Fundación Marcelino Botín. Estación De Ecología Acuática Emasesa (2002). La conservación de los humedales de Doñana en relación con la explotación de las aguas subterráneas. (Actas de Conferencias).
7. ITGE-Junta de Andalucía (1998). Atlas Hidrogeológico de Andalucía
8. MOPT-ITGE (1993). Delimitación y síntesis de características de las unidades hidrogeológicas intercuenas.
9. Revista de Obras Públicas, no 3340. Año 142. Febrero 1995. DOÑANA. (órgano profesional de los ingenieros de caminos canales y puertos).
10. Plan Especial de Ordenación de las Zonas de Regadío Ubicadas al Norte de la Corona Forestal de Doñana o Plan Especial de la Corona Forestal. (Documento para aprobación provisional, 5 septiembre 2013)
11. Custodio, E., M. Manzano y J. Dolz. 2006a. "El agua en Doñana: una perspectiva general". Informe Técnico.
12. "Las Aguas subterráneas en Doñana: Aspectos ecológicos y sociales", Custodio, E., M. Manzano y c. Montes. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. 2009.
13. Trick, Th. (1998). Impacto de las extracciones de agua subterránea en Doñana: aplicación de un modelo numérico con consideración de la variabilidad de la recarga. Tesis Doctoral. ETSECCPB, Universitat Politècnica de Catalunya. 1: 277 + anejos.
14. Lozano, E. (2004). Las aguas subterráneas en los Cotos de Doñana y su influencia en las lagunas. Tesis Doctoral. Dpto. de Ingeniería del Terreno y Cartográfica. Universidad Politécnica de Cataluña.
15. Palancar, M., Cantos, R. (1996). Resultados de la reinterpretación de ensayos de bombeo en sondeos situados en la Unidad Hidrogeológica Almonte– Marismas (05.51). IV Simposio Agua en Andalucía (SIAGA). Almería. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, III: 97–114.
16. X Simposio Hidrogeólogos Evolución Almonte-Marismas (2013). "Evolución de los niveles en la red de control piezométrica del acuífero Almonte-marismas (periodo 1994-2012)". Olías Álvarez y Rodríguez Rodríguez, Universidad de Huelva y Universidad Pablo de Olavide.
17. Guardiola-Albert, C. et al., 2009. Gestión de los recursos hídricos subterráneos en el entorno de Doñana con el apoyo del modelo matemático del acuífero Almonte-Marismas. Boletín Geológico y Minero, 120 (3): 361-376 ISSN: 0366-0176. 17bis.

- Guardiola Albert, C y García Bravo, N. Informe “Mejora del modelo matemático del acuífero Almonte-Marismas como apoyo a la gestión de los recursos hídricos: estimación de la recarga, modelo estocástico y actualización. IGME, oct 2009
18. Plan de Ordenación del Territorio del Territorio en el Ámbito de Doñana (POTAD)
 19. Informe de la piezometría de la masa de agua subterránea 05.51 Almonte – Marismas año hidrológico 2011 – 2012. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
 20. Informe de la piezometría de la masa de agua subterránea 05.51 Almonte – Marismas año hidrológico 2010 – 2011. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
 21. Caudales ecológicos en la marisma del Parque Nacional de Doñana y su área de influencia. WWF. 2009.
 22. Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. CHDG y AAA, 2009
 23. UPC (1999). Modelo regional de flujo subterráneo del sistema acuífero Almonte–Marismas y su entorno. Grupo de Hidrología Subterránea (UPC, Barcelona). Realizado para el Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid: 114 + anex. Informe inédito.
 24. I. Juárez, E. Custodio, M. Manzano y H. Higuera. SIAGA 2012 Cádiz, 1-3 de octubre de 2012 ©Instituto Geológico y Minero de España
 25. Informe sobre situación cuantitativa y evolución del acuífero Almonte-Marismas 2009 2010 Agencia Andaluza del Agua.
 26. E. Custodio. Perspectiva general del papel y gestión de las aguas subterráneas en el Área de Doñana, Sudeste de España. 2008
 27. Díaz-Paniagua, C. 2008. Evidencias de la desecación de lagunas peridunares de la Reserva Biológica de Doñana: Necesidad de controlar la extracción de aguas subterráneas para el abastecimiento de la urbanización colindante (Matalascañas). Estación biológica de Doñana (CSIC). Informe inédito presentado en Diciembre 2008 al Consejo del Parque Nacional de Doñana.
 28. Díaz-Paniagua, C. 2013. “Estado de las lagunas peridunares de Doñana”. Informe inédito presentado a la Comisión de Trabajo de Aguas del Consejo de Participación del Espacio Natural Doñana en septiembre de 2013.
 29. Misión Ramsar de Asesoramiento Informe nr 51, Sitio Ramsar Doñana, España (2002)
 30. Decisión del Comité de Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO, WHC-11/35.COM/20
 31. Decisión del Comité de Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO 3/37.COM/7B.
 32. Informe del Estado de la Masa de Agua Subterránea 05.51 “Almonte-Marismas”. Año Hidrológico 2012/2013,. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
 33. Decisión del Comité de Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO (38 COM 7B.79) de 2014.

BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ACUÍFERO DE DOÑANA Y SU RELACIÓN CON LOS ECOSISTEMAS

- CIED. 1992. "Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socioeconómico sostenible del entorno de Doñana". Comisión Internacional de Expertos sobre el Desarrollo del Entorno de Doñana. Junta de Andalucía.
- Custodio, E. 1995. "Comportamiento y papel de las aguas subterráneas en Doñana: consecuencia de las extracciones". *Hidrogeología y recursos hidráulicos*, XX.
- Custodio, E., M. Manzano y J. Dolz. 2006a. "El agua en Doñana: una perspectiva general". Informe Técnico.
- Díaz-Paniagua, C., C. Gómez Rodríguez, A. Portheault y W. de Vries. 2005. "Los anfibios de Doñana". Serie Técnica Naturaleza y Parques Nacionales. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- Díaz-Paniagua, C. 2008. "Evidencias de la desecación de lagunas peridunares de la Reserva Biológica de Doñana: Necesidad de controlar la extracción de aguas subterráneas para el abastecimiento de la urbanización colindante (Matascañas)". Estación Biológica de Doñana (CSIC). Informe inédito presentado en Diciembre 2008 al Patronato del Parque Nacional de Doñana.
- García Novo, F. y C. Marín. 2005. "Doñana: Agua y Biosfera". Ed. Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
- García Viñas, J. I., Mintegui, J.A. y J. C. Robredo. 2005. "La vegetación en la marisma del Parque Nacional de Doñana en relación a su régimen hidráulico". Serie Técnica Naturaleza y Parques Nacionales. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 1999. "1ª Reunión Internacional de Expertos sobre la Regeneración Hídrica de Doñana". Ponencias y conclusiones.
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 2001. "Documento Marco para el Desarrollo del Proyecto Doñana 2005". Regeneración hídrica de las cuencas y cauces vertientes a las marismas del Parque Nacional de Doñana. Informe técnico.
- OMICRON, S.A. 1999. "Caracterización del área de Doñana en materia de agua". Enc. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Suso, J. M. y R. Llamas. 1990. "El impacto de la extracción de aguas subterráneas en el Parque Nacional de Doñana". *Estudios Geológicos*.
- WWF. 2009. "Caudales ecológicos de la marisma del Parque Nacional de Doñana y su área de influencia".