LA PLANIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ALTO GUADIANA

Luis Francisco Turrión Peláez, 2021

ÍNDICE

TABLAS 3
FIGURAS 4
INTRODUCCIÓN 12
DATOS BÁSICOS 13
EL BALANCE DEL CICLO NATURAL DEL AGUA: LOS RECURSOS 18
LAS VARIABLES DEL BALANCE 19
LOS RECURSOS NATURALES EN LAS DISTINTAS SUBZONAS DE LA CUENCA DEL GUADIANA 45
EL PORCENTAJE DE P CON RESPECTO A LOS RECURSOS NATURALES (RN) 48
LO QUE SUPONDRÍA QUE EL PORCENTAJE DE LA ETR FRENTE A LA P EN EL ALTO GUADIANA FUERA EL MISMO QUE EN EL CONJUNTO DE LA CUENCA DEL GUADIANA 51
LA AUTORIDAD METEOROLÓGICA NACIONAL (LA AEMET) 53
LA ESCORRENTÍA 57
EL POSIBLE ERROR DE CÁLCULO DE LA ESCORRENTÍA TOTAL EN EL ALTO GUADIANA 58
LOS ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS 70
VALOR DE LA TASA DE RECARGA TOTAL EN LA SUBZONA ALTO GUADIANA SI EL PORCENTAJE DE ETR/p FUERA EL MISMO QUE EL DE LA CUENCA DEL GUADIANA 79
VALOR DE LA TASA DE RECARGA TOTAL EN EL ALTO GUADIANA SI LA ETR FUERA EL 75% DE LA P 81
EL CÁLCULO DE LAS 4 COMPONENTES DE LA RECARGA 83
EL AGUA ALMACACENADA EN LAS MASUB: LAS RESERVAS 85
MASAS SUPERIORES E INFERIORES 90
EL BUEN ESTADO CUANTITATIVO 100
PUNTOS REPRESENTATIVOS DEL ESTADO CUANTITATIVO 103
LOS CONOS DE DESCENSOS Y LOS DESCENSOS RESIDUALES SOSTENIDOS EN EL TIEMPO 105
el DESCENSO DEl nivel del agua en un pozo NO siempre ES VACIADO DEL ACUÍFERO 113
EJEMPLOS DE CÓMO UN POZO DE BOMBEO DEPRIME ANORMALMENTE EL NIVEL DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA MASUB 117
PUNTOS QUE FUERON “REPRESENTATIVOS” Y QUE HAN DEJADO DE SERLO 123

EL ESTADO CUANTITATIVO DEL CONJUNTO DE LAS MASUB DEL ALTO GUADIANA VINCULADO A UN ÚNICO PIEZÓMETRO 125
EVALUACIÓN DEL ESTADO CUANTITATIVO DE LAS MASUB DEL ALTO GUADIANA 127
CAMPO DE MONTIEL 131
MANCHA OCCIDENTAL I 132
MANCHA OCCIDENTAL II 135
RUS-VALDELOBOS 136
SIERRA DE ALTOMIRA 137
OBISPALÍA, LILLO-QUINTANAR Y CONSUEGRA VILLACAÑAS 139
EL BUEN ESTADO CUALITATIVO O QUÍMICO 142
PUNTOS REPRESENTATIVOS DEL ESTADO QUÍMICO O CUALITATIVO 143
EL CONCEPTO DE “TÉCNICO COMPETENTE” EN LA NORMATIVA Y LA AUSENCIA DE HIDROGEÓLOGOS 146
CONCLUSIONES 150
ANEXO 1. GRÁFICOS DE EVOLUCIÓN DE LAS MASUB 154

TABLAS

Tabla 1 Masas de agua subterránea (MASUB) de la subcuenca Alto Guadiana y la extensión en km^2 de cada una de ellas. Fuente: Anexo 3 del Plan Hidrológico el Guadiana 2021-2027 16

Tabla 2 Valores de los componentes del ciclo natural del agua en las distintas subzonas de la cuenca del Guadiana y en el conjunto de ella (Guadiana total) para la serie temporal corta. Podemos comprobar que dividiendo (P-ETR) entre (E+R) el valor es exactamente de 1 en casi todos los casos. Prueba de que el balance está ajustado 42

Tabla 3 Valores de los componentes del ciclo natural del agua en las distintas subzonas de la cuenca del Guadiana y en el conjunto de ella (Guadiana total) para la serie temporal larga. Como en el caso anterior, dividiendo (P-ETR) entre (E+R) el valor resultante es exactamente de 1 aquí en todos los casos. Prueba de que el balance está ajustado 43

Tabla 4 Porcentaje que supone la ETR frente a la P tanto en la serie corta como en la larga de las distintas subcuencas del Guadiana y en el conjunto de esta. Fuente: Elaboración propia con los datos del Plan del Guadiana 2021-2027 en www.chguadiana.es 46

Tabla 5 Porcentaje que suponen los recursos naturales frente a la precipitación en la cuenca y en las subcuencas del Guadiana en las series temporales consideradas 49

Tabla 6 Variables oficiales del Plan 2027 y porcentajes obtenidos de ellas para la cuenca del Guadiana en su conjunto y para la subcuenca Alto Guadiana 52

Tabla 7 Variables oficiales del Plan 2027 y porcentajes obtenidos de ellas para la cuenca del Guadiana en su conjunto. En este caso, en la subcuenca Alto Guadiana se ha supuesto un porcentaje de la ETR frente a la P del 86,1 %., el mismo valor que la media de la cuenca del Guadiana 52

Tabla 8 Simulación del valor de la Recarga para la serie corta en la subcuenca Alto Guadiana suponiendo un porcentaje de la ETR con respecto a la P del 86,1% como en el conjunto de la cuenca del Guadiana. Si entendemos como “tasa de recarga total” la Infiltración (Es +R) su valor sería de 811,6 hm^3/año 80

Tabla 9 Simulación del valor de la Recarga para la serie corta en la subcuenca Alto Guadiana suponiendo un porcentaje de la ETR con respecto a la P del 75%. Si entendemos como “tasa de recarga total” la Infiltración (Es +R) su valor sería de 1.681,0 hm^3/año82

FIGURAS

Figura 1 Subcuencas que componen la cuenca del Guadiana. En azul claro se colorea el subsistema (o subcuenca) Alto Guadiana. Fuente: chguadiana.es 13

Figura 2 Subzonas que componen la cuenca del Guadiana y superficie en km^2 de cada una de ellas. Fuente: Anexo 3 del Plan Hidrológico del Guadiana 21-27 14

Figura 3 En color naranja claro vemos la ubicación y delimitación geográfica de la subcuenca Alto Guadiana y su red fluvial 15

Figura 4 Ubicación de las 11 masas de agua subterránea (MASUB) dentro de la subzona Alto Guadiana. Fuente: Anexo 3 del Plan Hidrológico el Guadiana 2021-2027 17

Figura 5 Esquema del ciclo natural del agua del Servicio Geológico del Gobierno de los Estados Unidos (USGS). Obsérvese cómo el concepto "Infiltración" tiene dos flujos: el agua subterránea que va a los ríos (E) y la que fluye al mar (R), y es el origen del "agua subterránea almacenada" (Reservas) 23

Figura 6 Esquema del ciclo natural del agua del Servicio Geológico del Gobierno de los Estados Unidos (USGS) explicado para los niños. Vemos también aquí, algo más simplificado, que la "Infiltración" da origen a "la recarga de las aguas subterráneas" y esta es un flujo que va al mar sin pasar por los ríos (R). Vemos también que es el origen del "agua subterránea almacenada" (Reservas) 24

Figura 7 El ciclo del agua que podemos ver en la web de la NASA tomado del Servicio Meteorológico Nacional de EEUU (NOAA). Vemos que el flujo subterráneo (Groundwater Flow) es una corriente de agua profunda que fluye directamente al mar sin pasar por los ríos (Surface Flow) y que la "Infiltration" (Infiltración) está relacionada directamente con dicho flujo 25

Figura 8 En este esquema del BGR también vemos el "flujo subterráneo" (13.) ligado a la "infiltración" (14.) y a la "descarga subterránea submarina" (22.) 26

Figura 9 En la variante del ciclo del agua del BGR para los colegios (en francés) vemos también como la "Infiltración" genera dos flujos del agua subterránea: el que va a los ríos y el que va al mar. Y que el concepto "Eaux Souterraines" (aguas subterráneas) está íntimamente vinculado al flujo profundo al mar 27

Figura 10 El ciclo natural del agua en Nueva Zelanda, Universidad de Waikato. Vemos también aquí que la Infiltración no es solo el agua subterránea que se incorpora a los ríos, sino también y sobre todo la que fluye en profundidad hasta el mar (Groundwater discharge) y se almacena en los acuíferos (Groundwaterstorage) 28

Figura 11 Esquema del ciclo del agua del Libro Blanco del Agua (Ministerio de Medio Ambiente, 2000) donde se cuantifica en 2 km^3/año (2.000 hm^3/año) las transferencias subterráneas entre cuencas hidrográficas y al mar (R) como concepto totalmente independientes de las aportaciones fluviales a los ríos (E) 29

Figura 12 Estimación de las componentes del balance hídrico natural del agua en las diferentes cuencas hidrográficas de España de Llamas (1.966) donde se resalta el concepto "flujo subterráneo al mar" 30

Figura 13 En la Tabla 8 citada vemos cómo se asimila la Infiltración a la Escorrentía Subterránea y no aparecen los valores de la Recarga. Las variables son las siguientes: Precipitación (PRE), Evapotranspiración Potencial (ETP), Evapotranspiración Real (ETR), Humedad del Suelo (HUM), Infiltración (INF), Escorrentía Subterránea (ASB), Escorrentía Superficial (ASP) Escorrentía Total (AES) y Aportación Total (APN) 32

Figura 14 Esquema simplificado de la relación de las 4 variables del ciclo natural del agua en una cuenca 34

Figura 15 Balance del ciclo del agua en Alemania con la estimación de las cuatro componentes. Fuente: BGR 37

Figura 16 Tabla 20 del Anexo Recursos Hídricos del proyecto de Plan Hidrológico del Júcar 2021-2027 donde vemos en la columna de la izquierda cómo el "Recurso Total" de la demarcación hidrográfica del Júcar es la diferencia de la Precipitación (P) menos la ETR. Y es también la suma de las aportaciones fluviales (E) y las salidas subterráneas al mar (R) 38

Figura 17 Figura 8 del Anexo 2 Recursos Hídricos del proyecto de Plan Hidrológico del Júcar 2021-2027 con dos esquemas de las componentes del ciclo hidrológico en la cuenca del Júcar, uno para la denominada serie larga y otro para la corta. Vemos en los dos casos cómo la P menos la ETR es la suma de la Escorrentía (Aportación a la red fluvial) más la Recarga (o transferencias subterráneas al mar) 39

Figura 18 Resaltado en amarillo vemos las variables del ciclo natural del agua en el Alto Guadiana para la serie corta (1980/81-2017/18). Fuente: Tabla 10 del Anexo 3 del Plan Hidrológico del Guadiana 2021-2027 40

Figura 19 Como en el caso anterior, resaltado en amarillo vemos las variables del ciclo natural del agua en el Alto Guadiana para la serie temporal larga (1940/41-2017/18) Fuente: Tabla 9 del Anexo 3 del Plan Hidrológico del Guadiana 2021-2027 41

Figura 20 Valor (P-ETR)/(E+R) en el Alto Guadiana y en la cuenca de Guadiana en los 3 planes hidrológicos para las series temporales corta y larga de cada uno de ellos 44

Figura 21 Porcentaje que supone la ETR de la P en el conjunto de la cuenca del Guadiana, en el Alto Guadiana, en las demas subcuencas del Guadiana, y en las cuencas del Júcar y del Segura. Fuente: elaboración propia con datos de los Planes 2021-2027 47

Figura 22 Porcentaje que suponen los recursos naturales (RN) frente a la precipitación (P) en las subzonas del Guadiana, en el conjunto de la cuenca del Guadiana, en la cuenca del Júcar y del Segura. Vemos que en el Alto Guadiana se estima el porcentaje más bajo de todas ellas, tanto para la serie corta como para la larga. Fuente: elaboración propia con datos de los Planes 2021-2027 50

Figura 23 Extracto del Artículo 1.3 del Real Decreto 186/2008 por el que se aprueba el estatuto de la AEMET donde se establece que que su objeto es la presetación de los servicios meteorológicos competencia del Estado contribuyendo al bienestar y desarrollo sostenible de la sociedad española 54

Figura 24 Extracto del Plan Hidrológico vigente del Guadiana donde se nos informa que la lluvia (P) media caída en dicha cuenca la ha calculado el CEDEX y no la AEMET 55

Figura 25 Extracto de la Tabla 91 de la IPH donde se establece que la fuente de información meteorológica y sobre el cambio climático debe ser la AEMET 56

Figura 26 Valores en mm de la Escorrentía total (E) y de la Escorrentía Subterránea (Es) en las series corta y larga de los tres planes hidrológicos redactados en aplicación de la Directiva D/2000/60/CE. En verde los valores del 2009-2015, en rojo los del 2015-2021 y en azul los actuales del 2021-2027 60

Figura 27 En rojo, el valor medio de la Escorrentía Subterránea (Es) y de la Escorrentía Total (E) en las dos series temporales en la subzona Alto Guadiana del Plan Hidrológico 2021-2027. Vemos cómo la Escorrentía total (E) es menor que la Escorrentía Subterránea (Es) en las dos series temporales 61

Figura 28 Extracto del Apéndice 7 del Anexo 3 Recursos Hídricos donde vemos los valores medios de la E en las dos serie consideradas 62

Figura 29 Extracto del Apéndice 6 del Anexo 3 Recursos Hídricos donde vemos los valores medios de la Escorrentía Subterránea (Es) en las dos serie consideradas. Comparándolos con los valores de la tabla anterior (Escorrentía Total (E)) vemos que son mayores tanto en la serie larga como en la corta 63

Figura 30 Gráfica comparativa entre le valor Es/E en el Alto Guadiana y en el conjunto de la cuenca del Guadiana para la serie corta y larga en los tres planes hidrológicos. Vemos cómo en el conjunto del Guadiana dicha relción no ha variado y sí lo ha hecho muy significativamente en la subcuenca Alto Guadiana 64

Figura 31 Tablas 10 y 11 del Anexo 3: Recursos Hídricos del Plan Hidrológico del Guadiana 2009-2015 con las variables del ciclo hidrológico resaltadas en amarillo en la subcuenca Alto Guadiana para las series larga (1940/41-2005/06) y corta (1980/81-2005/06) 66

Figura 32 Tablas 8 y 9 del Anexo 3: Recursos Hídricos del Plan Hidrológico del Guadiana 2009-2015 con las variables del ciclo hidrológico resaltadas en amarillo para las series larga (1940/41-2005/06) y corta (1980/81-2005/06) en el conjunto de la cuenca del Guadiana 67

Figura 33 Tablas 8 y 9 del Anexo 3: Recursos Hídricos del Plan Hidrológico del Guadiana 2015-2021 con las variables del ciclo hidrológico resaltadas en amarillo para las series larga (1940/41-2011/12) y corta (1980/81-2011/12) en la subcuenca Alto Guadiana 68

Figura 34 Tablas 6 y 7 del Anexo 3: Recursos Hídricos del Plan Hidrológico del Guadiana 2015-2021 con las variables del ciclo hidrológico resaltadas en amarillo para las series larga (1940/41-2011/12) y corta (1980/81-2011/12) en el conjunto de la cuenca del Guadiana 69

Figura 35 El esquema del ciclo natural del agua anterior en el que se ha descompuesto la variable Escorrentía Total (E) en sus dos componentes: Escorrentía directa (Ed) y Escorrentía Subterránea (Es) . 71

Figura 36 El concepto “estado ecológico” en la Directiva hace referencia únicamente a las aguas superficiales 72

Figura 37 Definición del concepto de “recursos disponibles de aguas subterráneas” en la Directiva 2000/60/CE relacionado únicamente con la calidad ecológica de las aguas superficiales 73

Figura 38 Los componentes de la Recarga (R) en el Reglamento de Planificación Hidrológica 74

Figura 39 Extracto del ciclo del agua del BGR donde queremos destacar el flujo subterráneo profundo que se mueve dentro de un acuífero confinado desde las montañas hasta emerger en el fondo del mar . 78

Figura 40 Extracto de la Tabla 49 del Anexo 2 Recursos Hídricos del Plan del Júcar 2021-2027 donde vemos calculadas las 4 componentes de los recursos renovables de cada MASUB 84

Figura 41 Extracto del informe técnico del PNIAS del IGME donde se estimas las reservas de agua subterránea de la Llanura Manchega 86

Figura 42 Extracto de la tabla del balance de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas de la España peninsular (Llamas, 66) donde se estima un volumen de 40.000 hm^3 de Reservas embalsadas en los acuíferos de a la cuenca del Guadiana 87

Figura 43 Reproducción de la Tabla 23 del Libro Blanco del Agua donde se calcularon las Reservas embalsadas en los acuíferos de la cuenca del Guadiana en 2.800 hm^3 88

Figura 44 El RPH establece la obligación de cuantificar los almacenamientos naturales de agua subterránea (reservas) 89

Figura 45 Extracto del informe de caracterización adicional de las MASUB en riesgo del Guadiana elaborado por el IGME en el que se diferencian dos acuíferos superpuestos en la Mancha Occidental II . 90

Figura 46 Corte geofísico aproximadamente norte sur, al sur de Socuéllamos, donde se caracteriza una estructura en profundidad conformada por un acuífero superior separado de las calizas del Cretácico y del Jurásico por un paquete de unos 100 metros de arcillas impermeables 91

Figura 47 Extracto del Anejo 2, página 23. Definición de los horizontes (acuíferos superpuestos) que hay en las MASUB Mancha Occidental I y II y en Rus-Valdelobos separados “*por una zona no acuífera*

que los aísla". El Plan del Duero a los horizontes superiores e inferiores los eleva a la categoría de MASUB superpuestas, con todas las consecuencias que esto lleva en aplicación de la D/2000/60/CE 92

Figura 48 Extracto del Anejo 2, página 58. Aquí se vuelve a insistir en el esquema conceptual de la Llanura Manchega conformada por dos horizontes: uno superior y otro inferior (acuíferos superpuestos) separados "*por una zona no acuífera que los aísla*" 93

Figura 49 Extracto de la tabla del epígrafe 6: *Red de seguimiento del estado cuantitativo de las masas de agua* del Anejo 9, Apéndice 1, página 139. En ella se indica qué piezómetros de la Red Oficial de Piezometría de la cuenca del Guadiana están emplazados en el acuífero inferior (AC.INF.) y cuáles en el acuífero superior (AC.SUP). O dicho de otro modo y siguiendo la nueva terminología empleada en el Plan del Guadiana y en el del Duero: cuáles captan el horizonte superior o cuáles el inferior. Al Plan del Guadiana le falta, por tanto, elevar dichos horizontes a la categoría de MASUB, como ya ha hecho el Plan del Duero 94

Figura 50 En la siguiente imagen se recogen tres extractos del Plan Hidrológico del Duero 2022-2027. Arriba y centro vemos cómo la Normativa prevista cataloga 12 masas superiores y 52 masas inferiores, y sus nombres en su Apéndice 4. Abajo, vemos un extracto del Anejo 8.1. sobre el nombre de los piezómetros de la red oficial identificando a qué masa (superior o inferior) monitoriza cada uno de ellos 96

Figura 51 Vemos cómo el Plan del Guadiana 2022-2027 admite que no ha calculado la Recarga de los acuíferos inferiores (confinados) y que solo se han hecho los cálculos para el horizonte superior (superficial) 98

Figura 52 Evolución de la cota topográfica del nivel del agua subterránea en dos piezómetros ubicados en el municipio de El Provencio. Vemos que evolucionan a más de 30 m de diferencia en la vertical el uno del otro 99

Figura 53 Índice del apartado 2 Aguas Subterráneas del Anexo V de la Directiva 2000/60/CE donde se establece epígrafes específicos para hablar: del "parámetro" que determina el estado cuantitativo y de la "densidad de puntos de la red de seguimiento" del nivel de las aguas subterráneas de una MASUB 100

Figura 54 Extracto del Anexo V de la Directiva 2000/60/CE donde se define el estado cuantitativo de una MASUB por el único parámetro que es el control del "nivel piezométrico" para comprobar que las extracciones medias anuales no rebasan los recursos disponibles 102

Figura 55 Extracto del Anexo V Red de control del nivel de las aguas subterráneas donde se establece que las redes de control del nivel del agua d las MASUB deben proporcionar una "apreciación fiable" del estado cuantitativo para poder evaluar los recursos disponibles 103

Figura 56 Extracto del Anexo V Densidad de puntos de control donde se establece que la red de piezometría debe contar con "puntos de control representativos suficientes" para apreciar las variaciones de la Recarga a lo largo de los años, así como el efecto que producen los bombeos sobre el nivel del agua subterránea de la MASUB 104

Figura 57 En azul vemos el funcionamiento hidrodinámico de un acuífero confinado. En la vertical está desconectado de la superficie y en profundidad por estratos impermeables (marrón). El agua que se infiltra en él en las montañas fluye lateralmente por debajo de los valles con la presión que origina dicha diferencia de altura. Fuente: *Aguas subterráneas: nuestro activo oculto.* Foro de aguas subterráneas de Reino Unido. http://www.groundwateruk.org/Image-Gallery.aspx 106

Figura 58 Descensos acumulados por el bombeo cíclico en un pozo. Al descenso no recuperado que se va acumulando al del día anterior se denomina descenso residual. Fuente: *Pozos y acuíferos, técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo* (IGME) 108

Figura 59 Evolución temporal de la recuperación de un cono de bombeo o de descensos de un pozo en un acuífero. Vemos que el nivel inicial previo a la extracción de agua tarda meses en recuperarse. Fuente: Servicio Geológico de Kansas. https://www.kgs.ku.edu/HighPlains/atlas/apdrdwn.htm 109

Figura 60. Esquema intuitivo de la formación de conos de depresión o descenso originados por pozos próximos. Fuente: Servicio Geológico de los EE. UU. https://pbs.twimg.com/media/D0hsX6jU0AAr1S4?format=jpg&name=900x900 110

Figura 61 Solapamiento de dos conos de descensos en la zona entre dos pozos (línea roja). Fuente: modificado de geologiaymmapas.com https://geologiaymapas.com/2021/02/sobre-la-perforacion-operacion-y-mantenimiento-de-pozos-de-agua/ 111

Figura 62 Capturas de una simulación de la interferencia de los conos de depresión de 4 pozos muy próximos (líneas rojas). La posición general del nivel piezométrico está en color azul y la deprimida en tonos verdes y amarillos. Fuente: Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania (BGR). https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Bilder/Was_fachl_unterpunkt_management_abb2_k.gif?__blob=normal&v=2&fbclid=IwAR2SYOf63Cvj3qwFKo1ArHu2OwyrXpDkRhxvUO5oK1HgRRcTrhQJkfFg6eo 112

Figura 63. En los pozos perforados en acuíferos confinados el agua subterránea sube muy por encima del techo del acuífero ("artesian well" y "lowing artesian well"). Fuente: USGS. https://water.usgs.gov/gotita/earthgwaquifer.html 114

Figura 64 El Gráfico de la Figura 50 lo hemos modificado para poder hacer más comprensible lo que queremos explicar. En el pozo de la derecha ha descendido el nivel del agua por el propio bombeo a lo largo de tiempo. Pero el nivel del agua dentro de él no ha llegado al techo del acuífero (azul) y por tanto dicho acuífero sigue lleno sin que se puede interpretar la gráfica de arriba como vaciado de embalse subterráneo. Es simplemente un descenso de presión, nada más 114

Figura 65 Extracto de la Tabla 6 de La Guía Nº 15 de la Unión Europea de la Estrategia Común de Implementación para la Directiva Marco del Agua, titulada Orientación sobre el monitoreo de las aguas subterráneas. Vemos que los pozos de bombeo producen perturbaciones en las medidas 116

Figura 66 Evolución del piezómetro 07.41.099 hasta 2005 donde se aprecia un descenso del nivel de unos 75 m 118

Figura 67 Evolución completa del piezómetro 07.41.099 desde 1.986 hasta 2.018 donde se aprecia que ahora el nivel está a profundidad similar a la de los años 80, más de 30 años después 119

Figura 68 Evolución piezométrica en el piezómetro 04.04.011 de la MASUB Mancha Occidental I 121

Figura 69 Evolución piezométrica en el piezómetro 04.04.004 de la MASUB Mancha Occidental II 122

Figura 70 Texto donde se dice que se determina el estado cuantitativo de todas las MASUB de la subzona Alto Guadiana en base a un único piezómetro 126

Figura 71 Extracto del artículo 33 de la Ley del Plan Hidrológico Nacional que atribuye las competencias del registro de la información del estado de las masas de agua subterránea al Ministerio antes de Medio Ambiente ahora de Transición Ecológica 129

Figura 72 Evolución piezométrica del agua subterránea en las MASUB Campo de Montiel (COMO), Mancha Occidental I (MO1), Mancha Occidental II (MO2) y Sierra de Altomira (SA) 130

Figura 73 Evolución piezométrica en la MASUB Campo de Montiel 131

Figura 74 Evolución piezométrica en la MASUB Mancha Occidental I 133

Figura 75 Evolución de la profundidad al nivel del agua en el punto 04.04.006 de la MASUB Mancha Occidental I 134

Figura 76 Evolución piezométrica en la MASUB Mancha Occidental II 135

Figura 77 Evolución de la profundidad al nivel del agua en el punto 04.04.059P de la MASUB Mancha Occidental II 136

Figura 78 Evolución piezométrica en la MASUB Rus-Valdelobos 137

Figura 79 Evolución piezométrica en la MASUB Sierra de Altomira 138

Figura 80 Evolución de la profundidad al nivel del agua en el punto 04.01.018 de la MASUB Sierra de Altomira 138

Figura 81 Evolución piezométrica en la MASUB La Obispalía, Lillo-Quintanar y Consuegra-Villacañas 139

Figura 82 Evolución de la profundidad al nivel del agua en el punto 04.02.001 de la MASUB Lillo-Quintanar 140

Figura 83 En los entornos urbanos, ganadero e industriales se producen vertidos que modifican la composición natural de las aguas subterráneas. Por tanto, a la luz de la Directiva Marco del Agua, los pozos muestreados en esas zonas no son puntos representativos. Fuente: https://www.allaroundthehouse.ca/home-inspection-blog/ontarios-water-well-regulations 144

Figura 84 En el visor de la Red de Seguimiento del Estado Químico del MITECO vemos cómo el punto de muestreo de nitratos CA0404020 se encuentra dentro del casco urbano de Villarrobledo, Albacete 145

Figura 85 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.06.030 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Campo de Montiel en el municipio de Ruidera, Ciudad Real. Número de medidas: 101 155

Figura 86 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.06.115 desde 1993 hasta primeros de 2018. MASUB Campo de Montiel en el municipio de Villahermosa, Ciudad Real. Número de medidas: 229 156

Figura 87 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.02.202 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Lillo-Quintanar en el municipio de Pozorrubio de Santiago, Cuenca. Número de medidas: 104 157

Figura 88 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.011 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Manzanares, Ciudad Real. Número de medidas: 241 158

Figura 89 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.112 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Bolaños de Calatrava, Ciudad Real. Número de medidas: 204 159

Figura 90 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.206 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Villarta de San Juan, Ciudad Real. Número de medidas: 107 160

Figura 91 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.228 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Daimiel, Ciudad Real. Número de medidas: 106 161

Figura 92 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.013 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Daimiel, Ciudad Real. Número de medidas: 240 162

Figura 93 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.030 desde 2005 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Daimiel, Ciudad Real. Número de medidas: 159 163

Figura 94 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.331 desde 1998 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Villarrubia de los Ojos, Ciudad Real. Número de medidas: 236 164

Figura 95 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.004 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Las Mesas, Cuenca. Número de medidas: 240 165

Figura 96 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.020 desde 2004 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Tomelloso, Ciudad Real. Número de medidas: 164 166

Figura 97 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.026 desde 2004 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Mota del Cuervo, Cuenca. Número de medidas: 162 167

Figura 98 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.049 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Argamasilla de Alba, Ciudad Real. Número de medidas: 228 168

Figura 99 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.059P desde 2008 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Campo de Criptana, Ciudad Real. Número de medidas: 107 169

Figura 100 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.116 desde 1991 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Alcázar de San Juan, Ciudad Real. Número de medidas: 294 170

Figura 101 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.06.006 desde 2004 hasta primeros de 2018. MASUB Rus-Valdelobos en el municipio de Villarrobledo, Albacete. Número de medidas: 158 171

Figura 102 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.002 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Rus-Valdelobos en el municipio de Villarrobledo, Albacete. Número de medidas: 229 172

Figura 103 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.219 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Rus-Valdelobos en el municipio de Vara del Rey, Cuenca. Número de medidas: 103 173

Figura 104 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.014 desde 2004 hasta primeros de 2018. MASUB Rus-Valdelobos en el municipio de San Clemente, Cuenca. Número de medidas: 156 174

Figura 105 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.007 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Sierra de Altomira en el municipio de Roda de Haro, Cuenca. Número de medidas: 235 175

Figura 106 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.010 desde 2004 hasta primeros de 2018. MASUB Sierra de Altomira en el municipio de Las Pedroñeras, Cuenca. Número de medidas: 164 176

Figura 107 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.017 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Sierra de Altomira en el municipio de El Pedernoso, Cuenca. Número de medidas: 233 177

Figura 108 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.220 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Sierra de Altomira en el municipio de Santa María de los Llanos, Cuenca. Número de medidas: 107 178

Figura 109 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.05.204 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Campo de Calatrava en el municipio de Pozuelo de Calatrava. Número de medidas: 105 179

Figura 110 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.05.004 desde 2005 hasta primeros de 2018. MASUB Campo de Calatrava en el municipio de Miguelturra. Número de medidas: 159 180

INTRODUCCIÓN

En el presente informe se analiza la metodología empleada en la planificación hidrológica de las aguas subterráneas en la subzona Alto Guadiana en los tres ciclos de planificación surgidos a la luz de la Directiva Marco del Agua en comparación con los trabajos de investigación y prospección realizados por el IGME y el IRYDA principalmente en el Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS) a finales de los años 70, y que son la base del conocimiento hidrogeológico actual.

Se verá cómo se ha simplificado el esquema conceptual del funcionamiento hidrogeológico del conjunto de la subcuenca y de las distintas masas de agua subterránea (MASUB) que la componen, desde entonces hasta la actualidad, perdiéndose rigor técnico en este recorrido.

También, y a la luz de la citada Directiva, del Reglamento de Planificación Hidrológica, de la Instrucción de Planificación Hidrológica y de la práctica habitual en otros países, e incluso, en algún caso, de lo visto también en los documentos de los planes de otras cuencas hidrográficas de España, se analiza cuáles son, a nuestro juicio, las debilidades del proyecto de plan hidrológico actual 2021-2027 en dicha subcuenca en materia de aguas subterráneas y qué cuestiones consideramos que deberían mejorarse.

DATOS BÁSICOS

Hidrológicamente, la subzona Alto Guadiana comprende la parte de la cuenca del Guadiana que va desde su cabecera hasta la confluencia con el Río Jabalón, incluido este, es decir, toda la zona de La Mancha, como vemos en el mapa siguiente de la Figura 1.

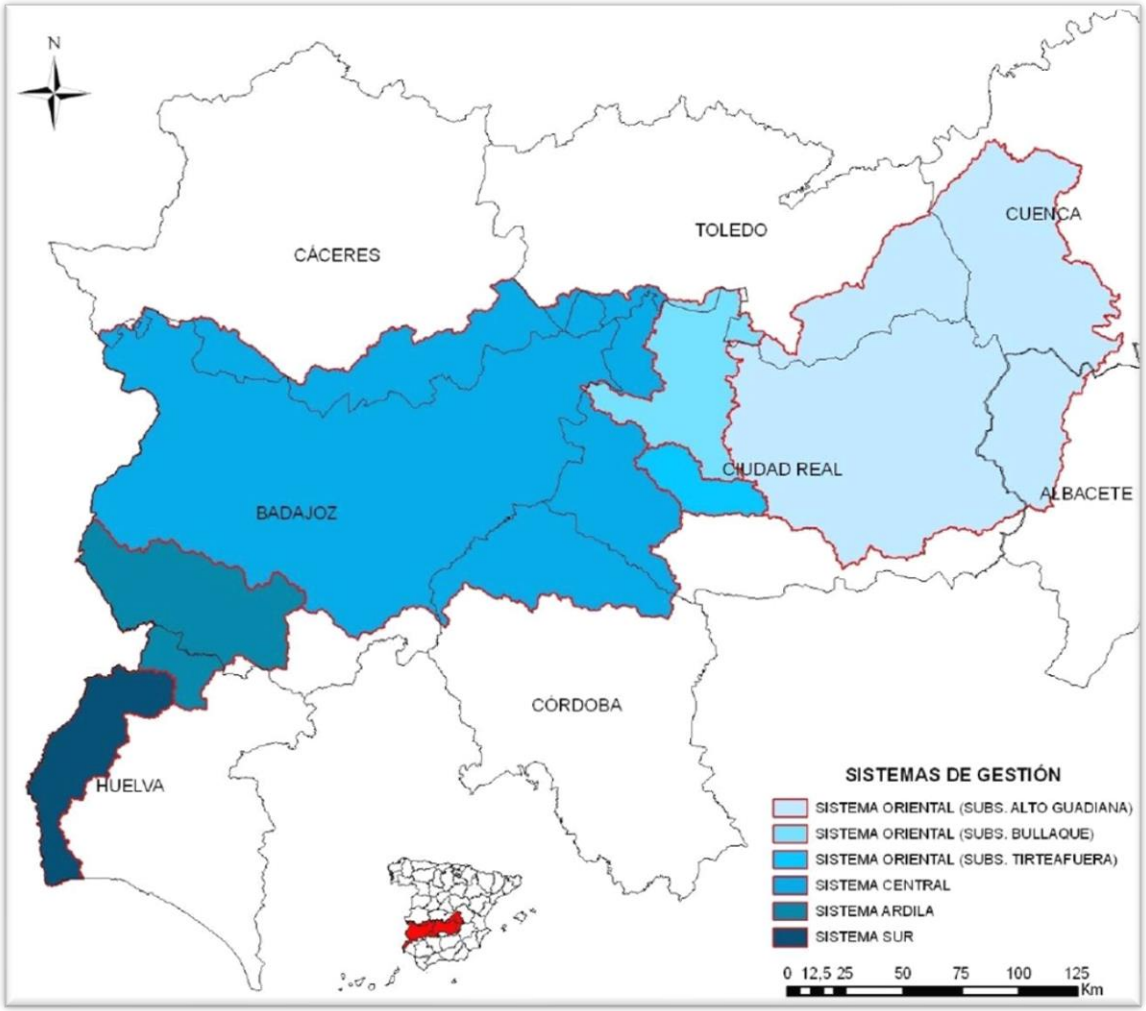


Figura 1 Subcuencas que componen la cuenca del Guadiana. En azul claro se colorea el subsistema (o subcuenca) Alto Guadiana. Fuente: chguadiana.es

Tiene una extensión de 18.900,0 km^2 y es una de las seis subzonas o subcuencas que componen la cuenca del Guadiana (Figura 2).

Subzona	Cuenca Vertiente	Área (km^2)
Alto Guadiana	Guadiana IV; Jabalón III	18.900,9
Tirteafuera	Tirteafuera	922,5
Bullaque	Bullaque; Guadiana IV	2.893,3
Central	Guadiana VIII; Alqueva (Parte española)	26.650,4
Ardila	Ardila; Múrtigas	3.886,0
Sur	Chanza; Desembocadura Guadiana	2.274,6

Figura 2 Subzonas que componen la cuenca del Guadiana y superficie en km^2 de cada una de ellas. Fuente: Anexo 3 del Plan Hidrológico del Guadiana 21-27

En su borde este, y de norte a sur, se encuentran las capitales de porvincia de Guadalajara, Cuenca y Albacete y por el oeste la de Ciudad Real. Figura 3.

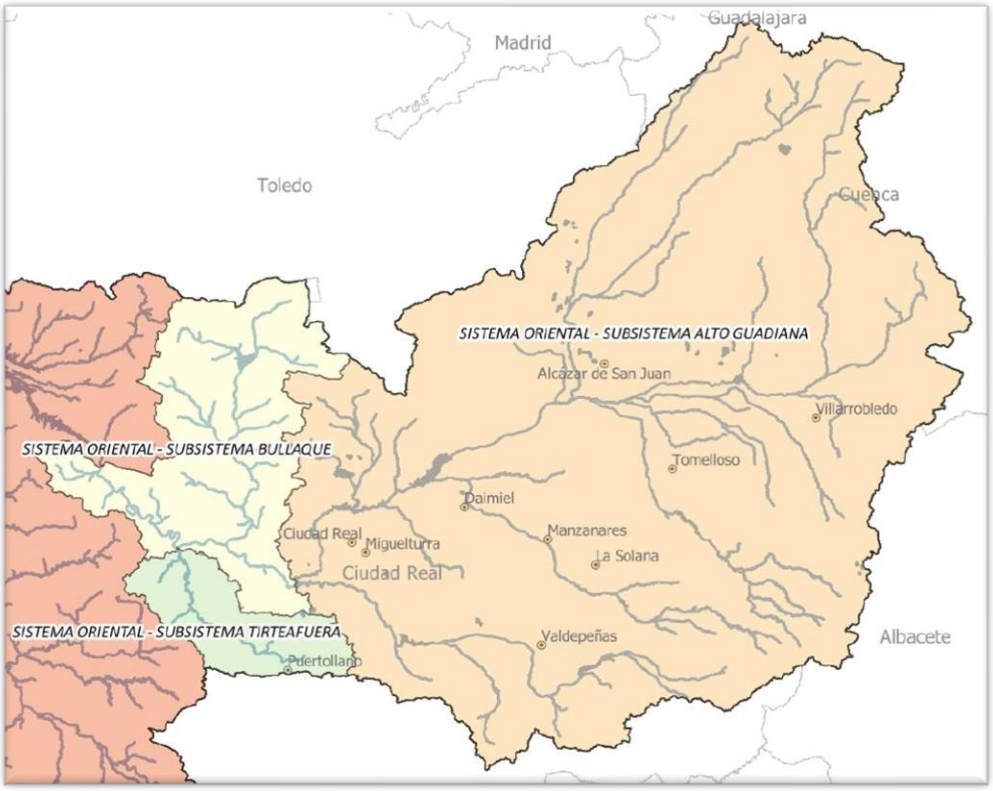


Figura 3 En color naranja claro vemos la ubicación y delimitación geográfica de la subcuenca Alto Guadiana y su red fluvial

En ella se han definido once masas de agua subterránea, denominadas: Aluvial del Azuer, Aluvial del Jabalón, Campo de Calatrava, Sierra de Altomira, La Obispalía, Lillo-Quintanar, Consuegra-Villacañas, Rus-Valdelobos, Mancha Occidental I, Mancha Occidental II y Campo de Montiel, que según el Plan Hidrológico del Guadiana 2021-2027. Ver Tabla 1 y Figura 4.

Tabla 1 Masas de agua subterránea (MASUB) de la subcuenca Alto Guadiana y la extensión en km² de cada una de ellas. Fuente: Anexo 3 del Plan Hidrológico el Guadiana 2021-2027

Código	Masa de agua subterránea	Área (km²)	Subzona
30602	ALUVIAL DEL AZUER	12	Alto Guadiana
30603	ALUVIAL DEL JABALÓN	58	Alto Guadiana
30614	CAMPO DE CALATRAVA	1613	Alto Guadiana
30609	CAMPO DE MONTIEL	2200	Alto Guadiana
30615	CONSUEGRA - VILLACAÑAS	1606	Alto Guadiana
30600	LA OBISPALÍA	490	Alto Guadiana
30610	LILLO - QUINTANAR	1102	Alto Guadiana
30606	MANCHA OCCIDENTAL I	2003	Alto Guadiana
30611	MANCHA OCCIDENTAL II	2396	Alto Guadiana
30608	RUS-VALDELOBOS	1692	Alto Guadiana
30607	SIERRA DE ALTOMIRA	2575	Alto Guadiana

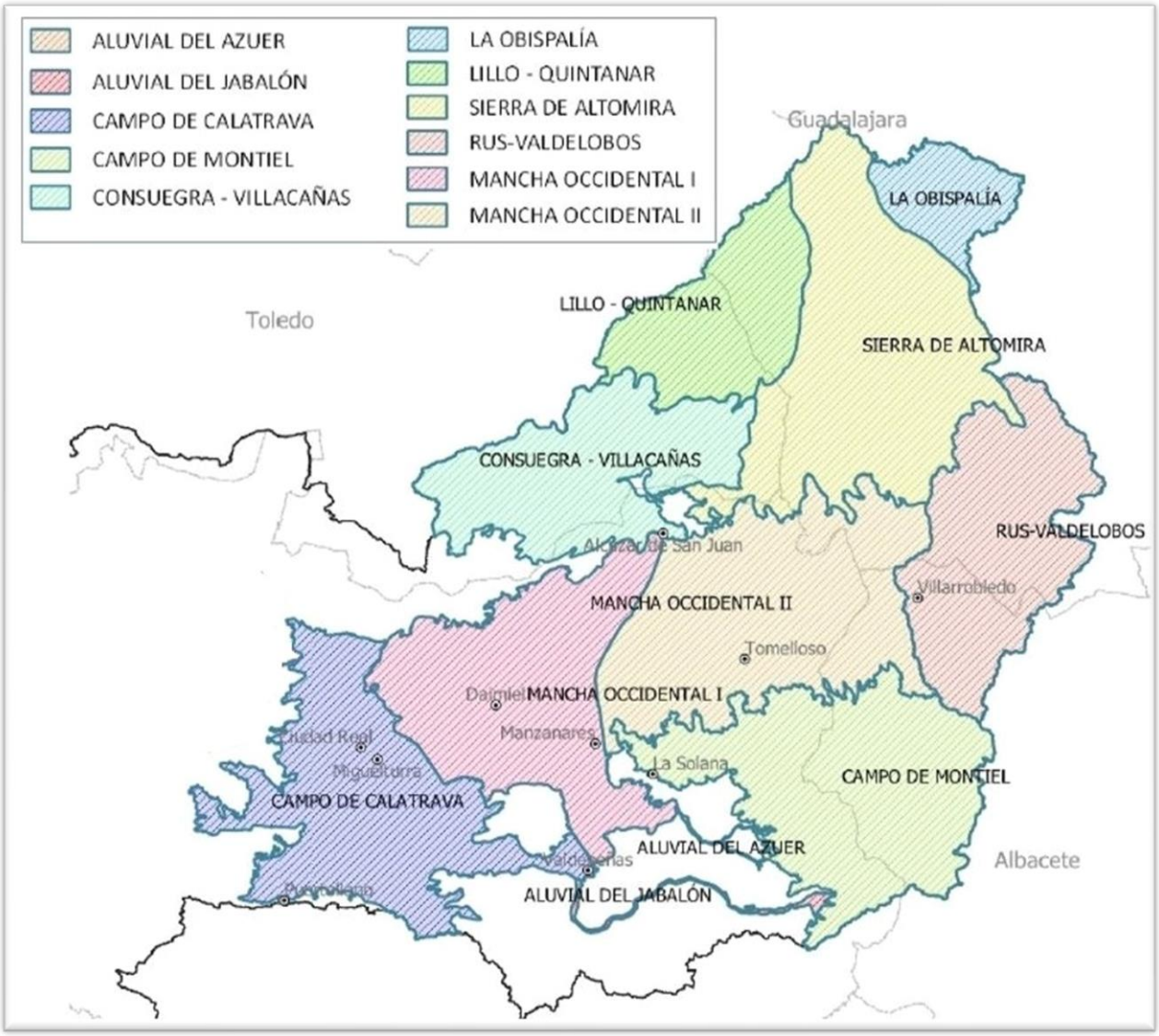


Figura 4 Ubicación de las 11 masas de agua subterránea (MASUB) dentro de la subzona Alto Guadiana. Fuente: Anexo 3 del Plan Hidrológico el Guadiana 2021-2027

EL BALANCE DEL CICLO NATURAL DEL AGUA: LOS RECURSOS

El balance de los componentes del ciclo natural del agua nos lleva a determinar qué volumen de lluvia y nieve caídas de media en un año se convierten en lo que se denomina “lluvia útil” o también “recursos naturales” de agua de una cuenca hidrográfica, o de una de las subcuencas que la componen. En el presente caso, nos referiremos a la subcuenca Alto Guadiana de la cuenca del Guadiana.

Es como un balance económico entre ingresos y gastos. De tal forma, que el valor contable de los ingresos anuales debe ser igual al de los gastos más el remanente.

En el ciclo natural del agua pasa lo mismo, pero simplificamos el cálculo considerando que no hay variación de las reservas almacenadas a lo largo de los años, pues unos años compensan a los otros.

Es decir, hacemos la simplificación, volviendo al ejemplo anterior, de que el dinero que ya tenemos ahorrado antes del ejercicio contable anual es el mismo que al final de este.

LAS VARIABLES DEL BALANCE

Así, en el balance hídrico “los ingresos” son el agua caída en la cuenca hidrográfica considerada, tanto en forma de lluvia como de nieve. A este concepto se le llama **Precipitación (P)** y se considera el valor medio anual de una serie temporal de años establecida previamente.

Debemos aclarar que en el presente informe y para simplificar, cuando se hable de lluvia nos estaremos refiriendo a la P que incluye también la nieve.

La P se suele expresar en litros por metro cuadrado (L/m^2) o lo que es lo mismo en altura de agua, en milímetros (mm).

Para que el balance hídrico ajuste, esos “ingresos” (P) deben tener un valor igual a la suma de tres conceptos, “gastos” podríamos decir, expresados en las mismas unidades:

- la evapotranspiración real (ETR),
- el agua que baja por los ríos: escorrentía total (E) y
- el agua que no discurre por los ríos y fluye por los acuíferos hacia otras cuencas hidrográficas o hacia el mar: la recarga (R).

La ETR es el agua que pasa otra vez a la atmosfera en forma de vapor evaporada desde el suelo o transpirada por las plantas, y depende de la temperatura, de la humedad del suelo, del viento y de la radiación solar.

El suelo no siempre está saturado en agua, a veces está seco. En ese momento, aunque se den las condiciones para que el agua se evapore de él, esto no es posible porque no hay.

Por eso la ETR se diferencia de otro concepto que es la ETP (evapotranspiración potencial) que es la evapotranspiración teórica que se daría si el suelo siempre estuviera saturado en agua. Este concepto, lo citamos aquí pero no es relevante para el balance natural del ciclo del agua.

Tanto la P como la ETR se consideran las variables atmosféricas del ciclo hidrológico y en España el organismo oficial encargado de calcularlas es la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), que es la agencia que por normativa ejerce la autoridad estatal sobre el clima. A ella nos referiremos más adelante.

La <u>Escorrentía (E)</u> es el agua fluvial de arroyos, ramblas, riachuelos que acaban confluyendo en el río principal de la cuenca hidrográfica hasta su desembocadura en el mar.

Tiene dos componentes que conviene recordar: la **escorrentía directa (Ed)**, que es el agua que discurre por esos cauces en el momento de las lluvias o fruto del deshielo.

Y la **escorrentía subterránea (Es)**, que es el agua infiltrada en el suelo y en los acuíferos y que vuelve a salir al exterior en forma de manantiales o drenajes a los lechos de los arroyos, afluentes y ríos.

Por tanto, (Es) es agua que se contabiliza en los distintos tramos de los ríos. Es agua que percola en el terreno y que días o meses después se incorporó al agua fluvial. En definitiva, también es agua que vemos y que podemos medir en las estaciones de aforo de los ríos.

La **Recarga (R)** es el agua que no vemos directamente en superficie. Es el agua infiltrada en los acuíferos que no está contabilizada en la que fluye por los ríos (E).

Es, en consecuencia, el agua neta que circula por los acuíferos siguiendo un flujo profundo hasta transferirse subterráneamente a otras cuencas o subcuencas hidrográficas o hasta llegar al fondo del mar, dando lugar a lo que se denomina descarga subterránea submarina (SGD) y que puede ser muy superior al flujo fluvial según recientes estudios realizados en base a isotopos de radio.

Por la importancia que estas cuatro variables tienen en la planificación hidrológica de los recursos naturales de una cuenca hidrográfica, veremos a continuación en las figuras 5, 6, 7, 8 y 9 el **esquema natural del ciclo del agua** de algunos de los organismos, a nuestro juicio, más prestigiosos en la materia. Son:

- el del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS: en su versión académica y la adaptada para los colegios)

- el de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), que en su web reproduce el esquema de la

- Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) también de los EE. UU. Y

- el del Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania (BGR: también en su versión profesional y la adaptada para niños).

Este esquema del ciclo natural del agua es el mundialmente aceptado y lo podemos ver en las web oficiales de distintos países desarrollados. A modo de ejemplo internacional de este mismo esquema y por su claridad, en la Figura 10 reproducimos el de la Universidad de Waikato de Nueva Zelanda.

Todos ellos **diferencian con absoluta claridad el flujo fluvial (E) del flujo subterráneo (R)**, agua subterránea que no pasa por los ríos y que conforma una corriente de agua profunda que se transfiere a otros territorios fuera de la cuenca hidrográfica hasta llegar al mar.

Son dos conceptos absolutamente independientes y la suma de ambos son los recursos naturales de agua de un territorio en el periodo temporal considerado, como veremos a continuación.

Figura 5 Esquema del ciclo natural del agua del Servicio Geológico del Gobierno de los Estados Unidos (USGS). Obsérvese cómo el concepto "Infiltración" tiene dos flujos: el agua subterránea que va a los ríos (E) y la que fluye al mar (R), y es el origen del "agua subterránea almacenada" (Reservas)

Figura 6 Esquema del ciclo natural del agua del Servicio Geológico del Gobierno de los Estados Unidos (USGS) explicado para los niños. Vemos también aquí, algo más simplificado, que la "Infiltración" da origen a "la recarga de las aguas subterráneas" y esta es un flujo que va al mar sin pasar por los ríos (R). Vemos también que es el origen del "agua subterránea almacenada" (Reservas)

Otra cosa importante para la planificación hidrológica de los recursos naturales de una cuenca hidrográfica que queremos resaltar es que, como vemos en ellos, el concepto de **"Infiltración" es el agua que percola en el terreno hasta llegar a los acuíferos y que luego se subdivide en** dos componentes: **Escorrentía Subterránea (Es) y Recarga**. Incluso, y como vemos, además es el agua que se almacena en los acuíferos (**Reservas**). Por tanto:

Infiltración = Escorrentía Subterránea (Es) + Recarga (R) + Reservas

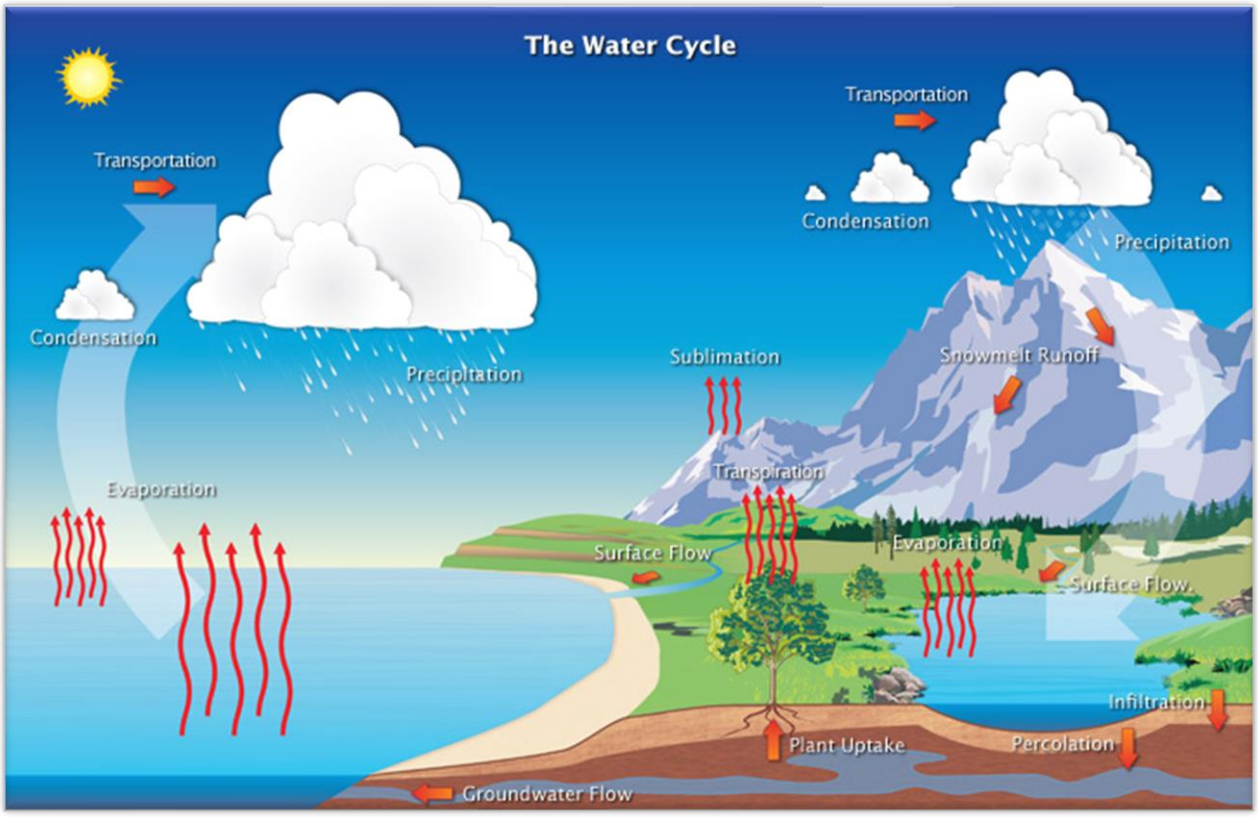


Figura 7 El ciclo del agua que podemos ver en la web de la NASA tomado del Servicio Meteorológico Nacional de EEUU (NOAA). Vemos que el flujo subterráneo (Groundwater Flow) es una corriente de agua profunda que fluye directamente al mar sin pasar por los ríos (Surface Flow) y que la "Infiltration" (Infiltración) está relacionada directamente con dicho flujo

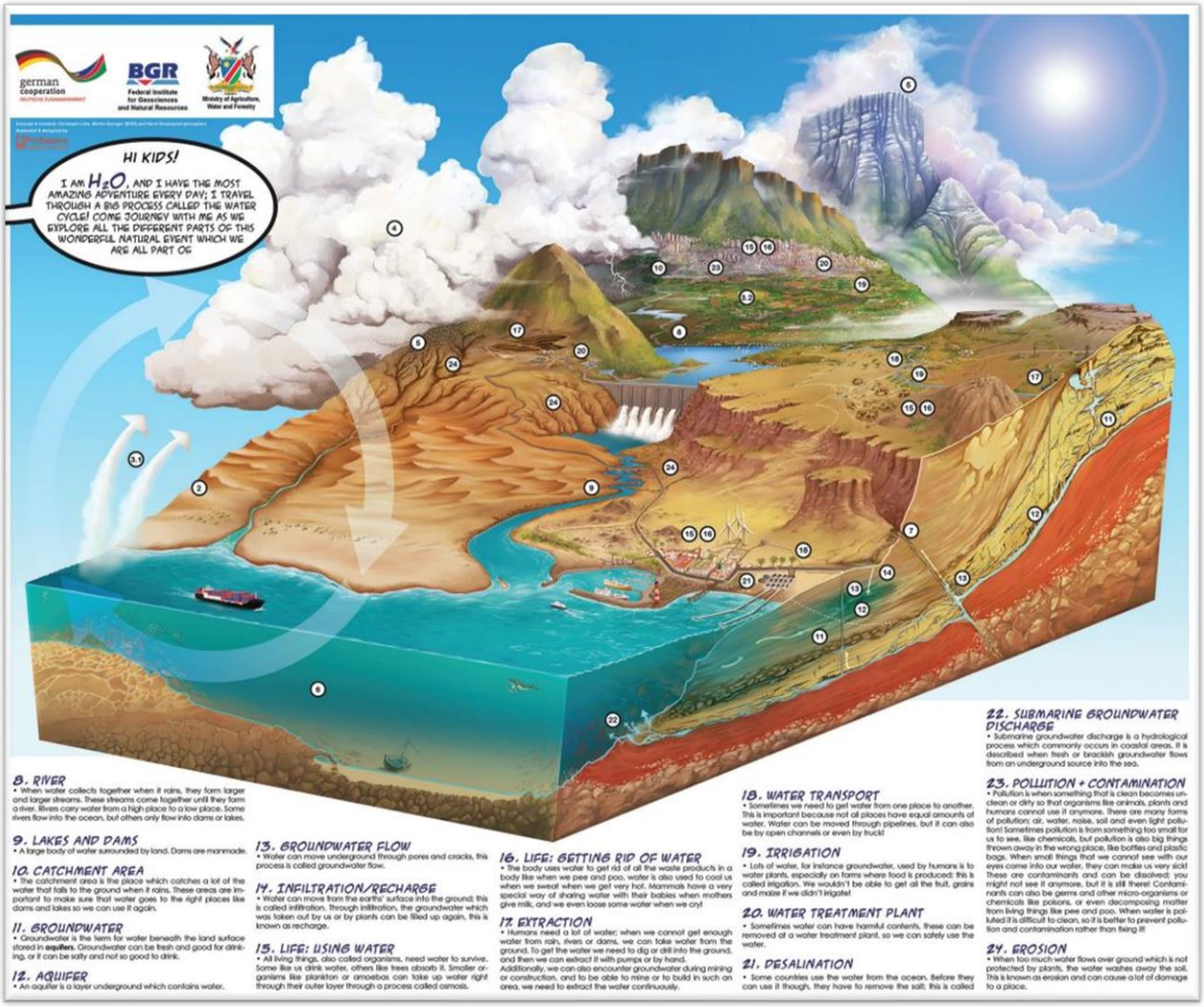


Figura 8 En este esquema del BGR también vemos el "flujo subterráneo" (13.) ligado a la "infiltración" (14.) y a la "descarga subterránea submarina" (22.)

Figura 9 En la variante del ciclo del agua del BGR para los colegios (en francés) vemos también como la "Infiltración" genera dos flujos del agua subterránea: el que va a los ríos y el que va al mar. Y que el concepto "Eaux Souterraines" (aguas subterráneas) está íntimamente vinculado al flujo profundo al mar

No solo en los países más desarrollados del mundo tienen claro estas dos componentes de los recursos naturales de una cuenca: la E y la R; incluso aquí en España las podemos ver en el tan citado "Libro Blanco del Agua" (Ministerio de Medio Ambiente, 2000) donde se nos presenta y cuantifica, para el conjunto del territorio español, un esquema similar a los anteriores en cuanto a los conceptos básicos citados (Figura 11).

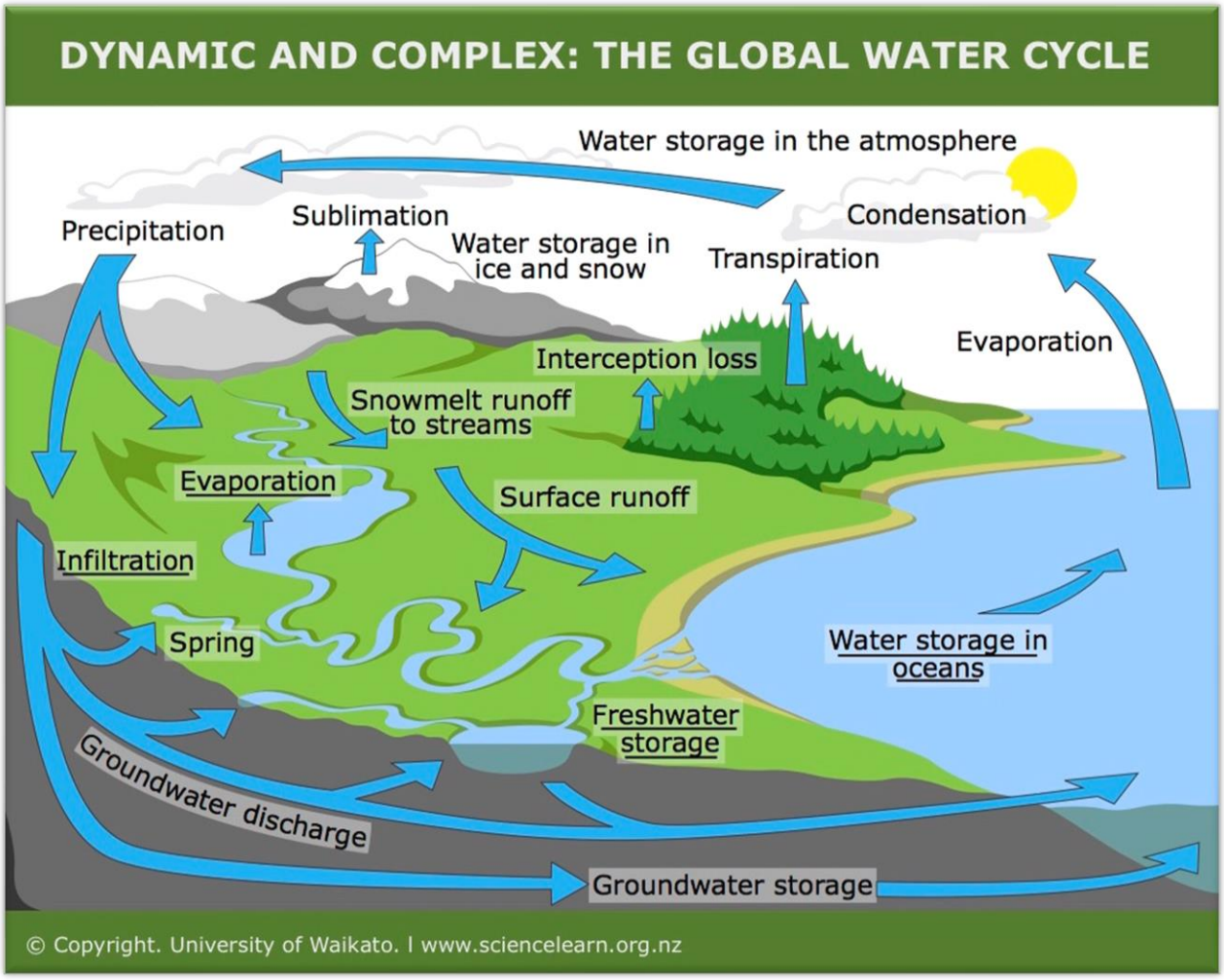


Figura 10 **El ciclo natural del agua en Nueva Zelanda, Universidad de Waikato. Vemos también aquí que la Infiltración no es solo el agua subterránea que se incorpora a los ríos, sino también y sobre todo la que fluye en profundidad hasta el mar (Groundwater discharge) y se almacena en los acuíferos (Groundwaterstorage)**

Así, podemos ver con claridad que la diferencia entre la Precipitación (P) menos la Evapotranspiración (ETR) es igual a la suma de la "Aportación a la red fluvial" (Escorrentía (E)) más las "Transferencias subterráneas al mar o a otros territorios" (R). Siendo estas últimas de 2.000 hm^3/año (2 km^3/año). Ver Figura 11.

Figura 11 Esquema del ciclo del agua del Libro Blanco del Agua (Ministerio de Medio Ambiente, 2000) donde se cuantifica en 2 km³/año (2.000 hm³/año) las transferencias subterráneas entre cuencas hidrográficas y al mar (R) como concepto totalmente independientes de las aportaciones fluviales a los ríos (E)

Muchos años antes, en 1966, el prestigioso hidrogeólogo Ramón Llamas Madurga, en una publicación para la Revista de Obras Públicas titulada "*Los embalses subterráneos en la planificación hidráulica*", cifraba esta transferencia lateral o "flujo anual subterráneo al mar" en el conjunto de las cuencas hidrográficas peninsulares en 4.300 hm³/año (más del doble que en el esquema anterior), de los que **200 hm³/año**

correspondían a la cuenca del Guadiana. Ya entonces se tenía clara la ecuación del balance del ciclo natural del agua que veremos a continuación. Ver Figura 12.

Depósito Legal: M-156-1958
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

ROP
Órgano profesional de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Contacto:
Colegio de Caminos, Canales y Puertos
Almagro, 42. 28010 (Madrid)
Tel.: 913 08 19 88 Fax. 913 19 15 31
rop@ciccp.es

LOS EMBALSES SUBTERRANEOS EN LA PLANIFICACION HIDRAULICA

Por M. R. LLAMAS
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Dr. en Ciencias Geológicas del Servicio Geológico de Obras Públicas.

Fuente: 1966, 114, tomo I (3016): 591-604
http://ropdigital.ciccp.es/detalle_articulo.php?registro=16893&anio=1966&numero_revista=3016

1. Cuenca	Norte	Duero	Tajo	Guadiana	Guadalquivir	Sur	Segura	Júcar	Ebro	Pirineo	Total
2. Extensión (Km.²)	53 430	79 330	56 750	60 270	61 060	20 860	16 160	43 090	86 000	16 560	493 510
3. Precipitación media anual (Hm.³)	74 059	51 814	35 279	37 837	46 276	11 428	9 707	22 129	53 895	11 950	354 374
4. Escorrentía total anual (Hm.³)	36 600	11 000	7 159	3 327	6 577	2 086	890	2 875	20 841	1 569	92 924
5. Déficit de escorrentía (Hm.³)	37 459	40 814	28 120	34 510	39 699	9 342	8 817	19 254	33 054	10 381	261 450
6. Precipitación media anual (m.)	1,38	0,65	0,62	0,63	0,75	0,55	0,60	0,51	0,63	0,72	0,72
7. Escorrentía total media anual (m.)	0,68	0,14	0,12	0,06	0,11	0,10	0,06	0,07	0,24	0,09	0,19
8. Déficit de escorrentía (m.)	0,70	0,51	0,50	0,57	0,64	0,45	0,54	0,44	0,39	0,63	0,53
9. Evapotranspiración real media anual (Hm.³)	36 000	41 000	28 100	34 300	39 000	9 000	8 600	18 400	33 000	10 000	257 600
10. Flujo anual subterráneo al mar (Hm.³)	1 500	—	—	200	700	400	200	800	100	400	4 300
11. Escorrentía media anual superficial (Hm.³)	32 600	8 000	6 000	2 800	4 800	1 900	600	2 200	18 000	1 000	77 900
12. Aportación media anual de los embalses subterráneos a los ríos (Hm.³)	4 000	3 000	1 100	500	1 800	200	300	700	3 000	600	15 200
13. Evapotranspiración real media anual (m.)	0,67	0,51	0,50	0,57	0,63	0,43	0,53	0,42	0,39	0,61	0,52
14. Flujo anual subterráneo al mar (m.)	0,03	—	—	0,003	0,01	0,02	0,01	0,02	0,001	0,02	0,01
15. Escorrentía media anual superficial (m.)	0,60	0,10	0,10	0,05	0,08	0,09	0,04	0,05	0,20	0,06	0,16
16. Aportación media anual de los embalses subterráneos a los ríos (m.)	0,08	0,04	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03
17. Capacidad de embalse en 1964 (Hm.³)	2 640	3 220	5 710	3 250	2 800	130	870	1 610	4 460	210	24 900
18. Capacidad de embalse. Límite futuro alcanzable (Hm.³)	6 760	11 560	12 110	4 270	8 010	1 470	1 090	4 070	10 060	880	60 280
19. Escorrentía media regulada en 1964 (Hm.³)	13 900	4 840	4 150	1 560	3 550	520	730	1 750	9 800	640	41 440
20. Escorrentía media regulada con la capacidad de embalse de (18) (Hm.³)	21 960	9 130	6 590	2 100	5 200	1 440	800	2 330	12 300	960	62 810
21. Consumo medio por riegos m.³/Ha.	8 600	8 500	8 500	9 500	11 700	11 500	9 100	10 100	10 800	11 800	10 000
22. Superficie regada en 1964 (Ha.)	96 900	213 200	108 200	108 000	327 000	71 100	140 800	282 700	563 200	45 900	1 955 000
23. Superficie regada con el programa previsto (Ha.)	135 400	753 700	273 700	193 800	443 000	122 300	147 300	371 800	958 400	148 700	3 553 100
24. Demanda de agua para riegos en 1964 (Hm.³)	830	1 800	910	1 020	3 800	820	1 280	2 850	6 100	540	19 950
25. Demanda de agua para riegos con el programa previsto (Hm.³)	1 300	6 400	2 300	1 820	5 100	1 400	1 340	3 750	10 400	1 760	35 580
26. Déficit o superávit de agua para riegos 1964 (Hm.³)	+ 13 070	+ 3 040	+ 3 240	+ 540	− 250	− 300	− 550	− 1 100	+ 3 700	+ 100	—
27. Déficit o superávit de agua para riegos con el programa previsto (Hm.³)	+ 20 660	+ 2 730	+ 4 290	+ 280	+ 100	+ 40	− 540	− 1 420	+ 1 900	− 800	—
28. Reserva de los embalses subterráneos entre 10 y 60 m. de profundidad (Hm.³)	25 000	60 000	30 000	40 000	50 000	10 000	15 000	40 000	80 000	8 000	358 000

NOTA. — Los datos 3, 4 y 17 a 23 han sido proporcionados por el Centro de Estudios Hidrográficos.

Figura 12 Estimación de las componentes del balance hídrico natural del agua en las diferentes cuencas hidrográficas de España de Llamas (1.966) donde se resalta el concepto "flujo subterráneo al mar"

Debemos hacer hincapié en el hecho de que en el actual proceso de planificación hidrológica en España (que emana de la Directiva Marco del Agua) sorprendentemente, y a pesar de que como hemos visto hasta aquí: que la Escorrentía Subterránea (Es) y la Recarga (R) son

dos conceptos independientes y numéricamente diferentes entre sí y distintos a su vez de la “infiltración” (I); frecuentemente se mezclan y confunden los tres en uno solo: la Infiltración (I).

Haciéndenos pensar que la Infiltración (I) es lo mismo que la Escorrentía Subterránea (Es) y que, o bien la Recarga es de valor cero o la Recarga también es la Escorrentía Subterránea (Es).

Es decir, **que no hay un flujo subterráneo distinto al fluvial**; que las cuencas hidrográfica son absolutamente impermeables, como si estuvieran recubiertas por un plástico, y que toda el agua llovida no evaporada acaba en el río principal. Lo que es lo mismo que decir que los recursos naturales de una cuenca son solo la Escorrentía (E) pues no existe la Recarga (R).

Y este, en nuestra opinión, error lo podemos ver con absoluta claridad en el Anexo 3: Apéndice 9 –*Evaluación de recursos hídricos en régimen natural en España (1940/41–2017/18), 2021*- del Plan Hidrológico de la cuenca del Guadiana 2021-2025, concretamente en su Tabla 8: *Valores medios anuales de las principales variables hidrológicas por Demarcaciones Hidrográficas*, elaborado por el Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) como documento base para todos los planes hidrológicos de España de este tercer ciclo.

En la Figura 13 siguiente se reproduce un extracto de esta tabla citada. En ella se ve que en todas las cuencas hidrográficas y en todas las series temporales corta y larga **el valor de Infiltración (aquí denominado INF) es el mismo que el de Escorrentía Subterránea (aquí denominado ASB) y no aparece el preceptivo concepto de la**

Recarga (R). Ya que ASP es la Escorrentía Directa (Ed) y AES es la Escorrentía total (E).

CEDEX

EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN RÉGIMEN NATURAL EN ESPAÑA (1940/41 – 2017/18)

Tabla 8. Valores medios anuales de las principales variables hidrológicas por DH

DH	Área (km²)	PRE (mm/año)		ETP (mm/año)		ETR (mm/año)		HUM (mm/año)		INF (mm/año)		ASB (mm/año)		ASP (mm/año)		AES (mm/año)		APN (hm³/año)	
		1940/41-2017/18	1980/81-2017/18	1940/41-2017/18	1980/81-2017/18	1940/41-2017/18	1980/81-2017/18	1940/41-2017/18	1980/81-2017/18	1940/41-2017/18	1980/81-2017/18	1940/41-2017/18	1980/81-2017/18	1940/41-2017/18	1980/81-2017/18	1940/41-2017/18	1980/81-2017/18	1940/41-2017/18	1980/81-2017/18
Miño-Sil	17.567	1.222	1.163	727	731	494	489	890	877	288	277	288	277	439	396	727	673	12.771	11.823
Cantábrico Occidental	17.425	1.299	1.264	706	702	510	503	722	709	323	315	323	315	466	445	789	760	13.748	13.243
Cantábrico Oriental	5.812	1.494	1.461	733	733	599	591	958	932	476	461	477	461	419	408	896	870	5.208	5.056
Duero	78.886	595	576	873	885	437	430	484	470	87	82	87	81	70	64	158	145	12.464	11.438
Tajo	55.784	629	590	1.061	1.068	457	440	490	453	41	35	41	35	130	115	172	150	9.595	8.368
Guadiana	55.498	522	498	1.135	1.142	443	428	456	425	12	11	12	11	67	58	79	69	4.384	3.829
Guadalquivir	57.196	581	561	1.176	1.188	449	439	458	436	58	53	58	53	74	68	132	121	7.550	6.921
Segura	19.025	376	364	1.103	1.111	329	321	159	151	33	31	33	31	13	12	46	43	875	818
Júcar	42.756	509	497	967	974	434	425	347	335	58	55	57	55	18	17	75	72	3207	3.078
Ebro	85.634	621	607	872	879	433	425	340	328	96	93	95	93	92	88	187	181	16.014	15.500
Galicia Costa	12.990	1.523	1.516	687	693	597	601	1.577	1.576	349	348	349	348	579	569	929	917	12.068	11.912
Tinto, Odiel y Piedras	4.769	679	669	1.169	1.159	507	504	724	710	25	24	25	24	146	141	171	165	815	787
Guadalete y Barbate	5.961	761	724	1.207	1.217	554	540	871	809	51	45	50	45	156	139	206	184	1.228	1.097
Cuencas Mediterráneas Andaluzas	1.7918	547	528	1.067	1.082	381	370	405	383	51	48	51	48	115	109	166	157	2.974	2.813
Distrito Cuenca Fluvial de Cataluña	1.6441	717	693	843	860	541	534	585	544	74	68	73	67	102	91	176	158	2.894	2.598
Islas Baleares	4.990	584	565	921	942	459	452	633	589	90	82	90	82	36	31	130	117	649	584
Península y Baleares	49.8652	665	643	970	979	451	441	496	476	91	87	91	87	123	114	214	201	106.712	100.229

Figura 13 En la Tabla 8 citada vemos cómo se asimila la Infiltración a la Escorrentía Subterránea y no aparecen los valores de la Recarga. Las variables son las siguientes: Precipitación (PRE), Evapotranspiración Potencial (ETP), Evapotranspiración Real (ETR), Humedad del Suelo (HUM), Infiltración (INF), Escorrentía Subterránea (ASB), Escorrentía Superficial (ASP) Escorrentía Total (AES) y Aportación Total (APN)

Más adelante veremos cómo el Plan del Júcar, y ahora en este ciclo de planificación también el Plan del Guadiana, los diferencia y contabiliza de forma independiente.

Baste ahora con recordar de los abundantes esquemas del ciclo hídrico de distintos países del mundo de las figuras anteriores (de la 5 a la 11) que la **Infiltración (I o INF)** es la suma del agua subterránea que se incorpora a los ríos (Es o ASB) más el agua subterránea que no lo hace y fluye al mar (R). E incluso, es el origen del agua embalsada en los acuíferos (Reservas) y de la se hablará en próximos epígrafes.

En consecuencia, para el caso que nos ocupa, lo relevante del balance natural del agua es poder diferenciar un flujo fluvial que aforamos en los ríos (E), de otro flujo subterráneo que no podemos medir (R), que no podemos ver, que está oculto a nuestros ojos, pero que podemos deducir su valor despejando esta variable de la ecuación del balance hídrico como veremos a continuación.

Como se desprende de los esquemas expuestos, dicha ecuación del ciclo natural del agua nos dice que la lluvia caída en dicha cuenca en el periodo de tiempo considerado (P) debe ser igual a la suma de la ETR más la E más la R.

De tal forma que se cumple la siguiente igualdad (1):

(1) $$P - ETR = E + R$$

En consecuencia, la lluvia caída anualmente de promedio en la serie de años considerada (P) menos la evapotranspirada (ETR) es igual a la suma de la escorrentía (E) más la (R).

Y llamaremos **recursos naturales** (RN) o "lluvia útil" a cualquiera de los dos términos de la igualdad: bien a la resta de P menos ETR o bien a la suma de E más R, como vemos en el esquema simplificado siguiente de la Figura 14.

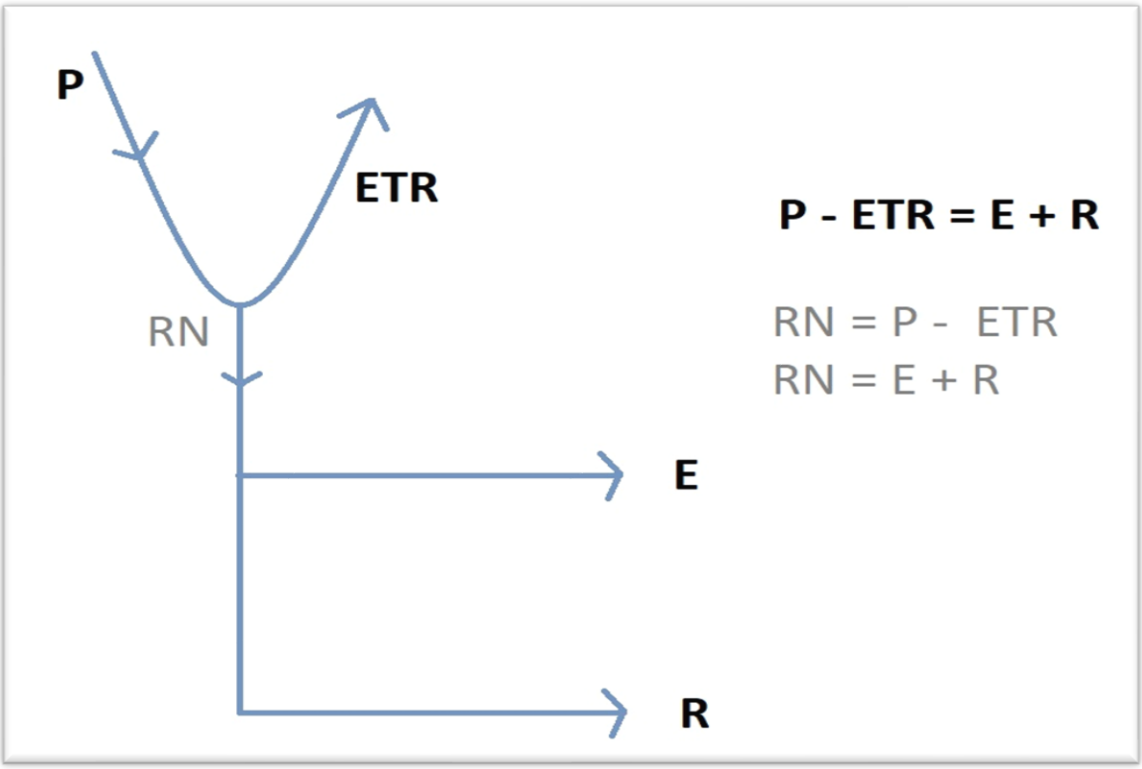


Figura 14 Esquema simplificado de la relación de las 4 variables del ciclo natural del agua en una cuenca

Esta fórmula es fundamental para entender el proceso de planificación de las aguas subterráneas en la subcuenca que estamos considerando

y **una de las claves del volumen de agua del que van a disponer las masas de agua subterránea** (MASUB).

Pues de lo bien o mal calculados que estén los valores medios de las variables atmosféricas del ciclo hidrológico (P y ETR) en la serie temporal de años considerada (corta o larga), va a depender el valor resultante de los recursos naturales totales de agua de dicha cuenca (E+R), de los recursos renovables concretos de las MASUB que la conforman (R).

Y los denominados recursos disponibles a los que se refiere la Normativa de planificación hidrológica son una parte de esos recursos naturales (RN).

De ahí la gran trascendencia e importancia que tiene el determinar bien y con precisión milimétrica, podríamos decir, dichas 4 variables. **Porque la declaración del estado cuantitativo bueno o malo de una MASUB va a depender en buena parte de ello**.

Pues la R (la recarga: recursos naturales o renovables de una MASUB) es la "X" que queda por despejar de dicha ecuación del balance del ciclo natural del agua.

Pues la P la podemos calcular integrando los datos de pluviómetros y nivómetros distribuidos por la cuenca de que se trate. Lo mismo pasa con la ETR, mediante dispositivos que miden la temperatura, radiación solar y humedad del aire, igualmente distribuidos por el territorio considerado. La E la aforamos en distintos tramos de los ríos y a lo largo de los días, meses y años.

Por tanto, solo resta despejar la R de la ecuación ante dicha. Es el único valor que no conocemos de los 4 que componen la ecuación. Y es precisamente el que nos habla de los recursos naturales de las MASUB. Algo fundamental y de lo que depende buena parte del desarrollo económico y social y de cómo se frena el despoblamiento rural en la subcuenca del Alto Guadiana.

Ahora veremos ejemplos de países y cuencas hidrográficas de España **donde se plasma** ya no solo teóricamente como hemos visto en las figuras de la 5 a la 11, sino también **numéricamente esa ecuación del ciclo natural del agua** y esa relación intrínseca entre sus cuatro componentes.

En primer lugar, veremos el caso de Alemania en su conjunto. Vamos a verlo con claridad en la siguiente Figura 15 del ciclo del agua en Alemania y las variables que lo componen tomado del ya citado Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales alemán (BGR). Enlace:

https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Bilder/Was_startseite_wasserkreis_g.gif?__blob=normal&v=2

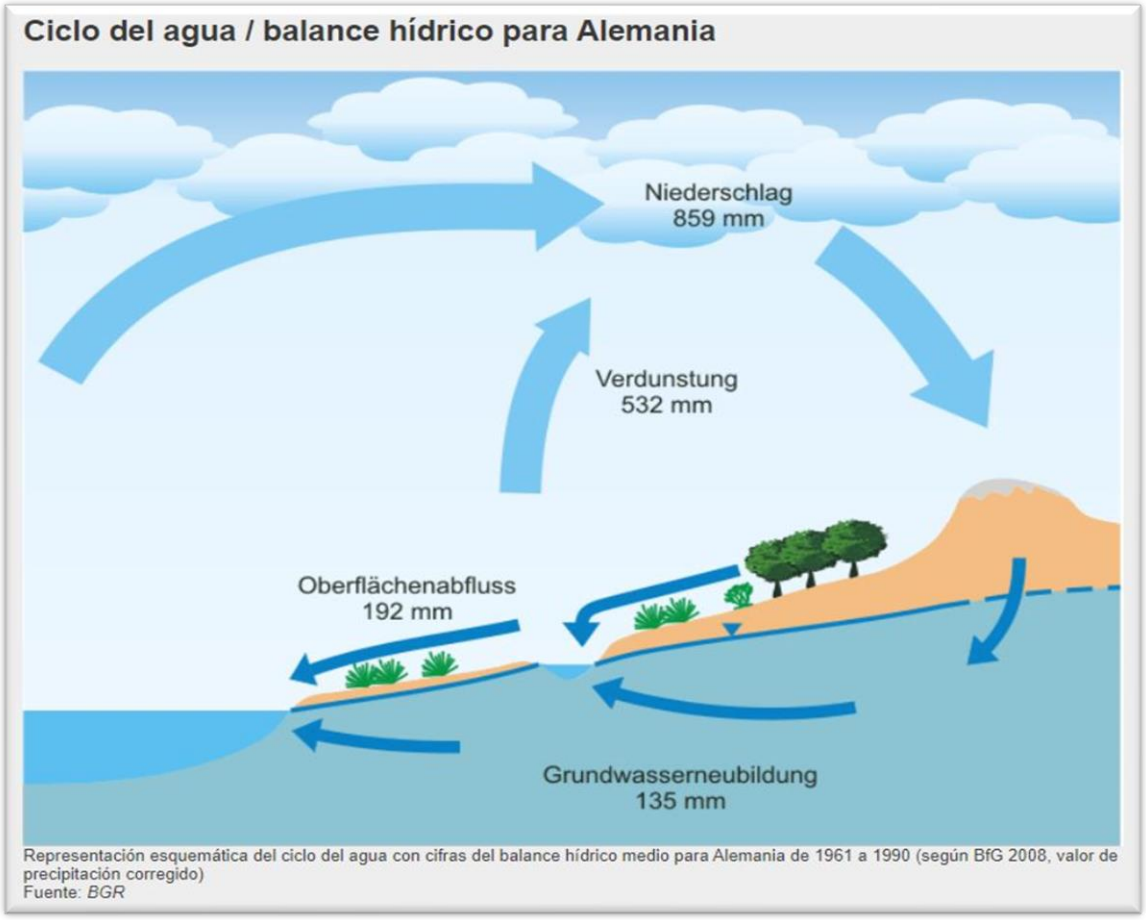


Figura 15 Balance del ciclo del agua en Alemania con la estimación de las cuatro componentes. Fuente: BGR

Vemos que los valores son absolutamente coherentes y se ajustan a la ecuación (1) anterior: P - ETR = E + R: 859 – 532 = 192 + 135 = 327.

Que los recursos naturales totales (RN) son la diferencia de la P menos la ETR lo comprobamos también en España en el **Plan Hidrológico del Júcar 2021-2027**, como vemos en la Figura 16 siguiente.

Sistema de Explotación	Recurso Total (Precipitación-ETR)	Aportación en la red fluvial PRINCIPAL	Aportación en la red fluvial SECUNDARIA	Salidas Mar
Júcar	1.409,6	1.244,8	126,0	23,9
Serpis	202,2	110,1	24,8	36,7
Marina Alta	230,2	165,2	24,7	28,5
Marina Baja	69,6	63,8	5,5	15,1
Vinalopó-Alacantí	93,8	69,0	21,2	15,8
Total DHJ	3.165,4	2.573,7	264,3	323,6

Tabla 20. Recurso Total y aportación en la red principal y secundaria de la DHJ. Serie reciente 1980/81–2017/18 (hm^3/año).

Figura 16 Tabla 20 del Anexo Recursos Hídricos del proyecto de Plan Hidrológico del Júcar 2021-2027 donde vemos en la columna de la izquierda cómo el "Recurso Total" de la demarcación hidrográfica del Júcar es la diferencia de la Precipitación (P) menos la ETR. Y es también la suma de las aportaciones fluviales (E) y las salidas subterráneas al mar (R)

También vemos en los documentos del Plan del Júcar la misma fórmula anterior del ciclo hidrológico natural de una cuenca: P-ETR = E +R (Figura 17).

Y también, **y por primera vez** en el reciente proceso de planificación a la luz de la D/2000/60/CE, **dicha ecuación ajustada la podemos ver ya en el Proyecto del Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadiana 2021-2027** que se encuentra en información pública en estos momentos.

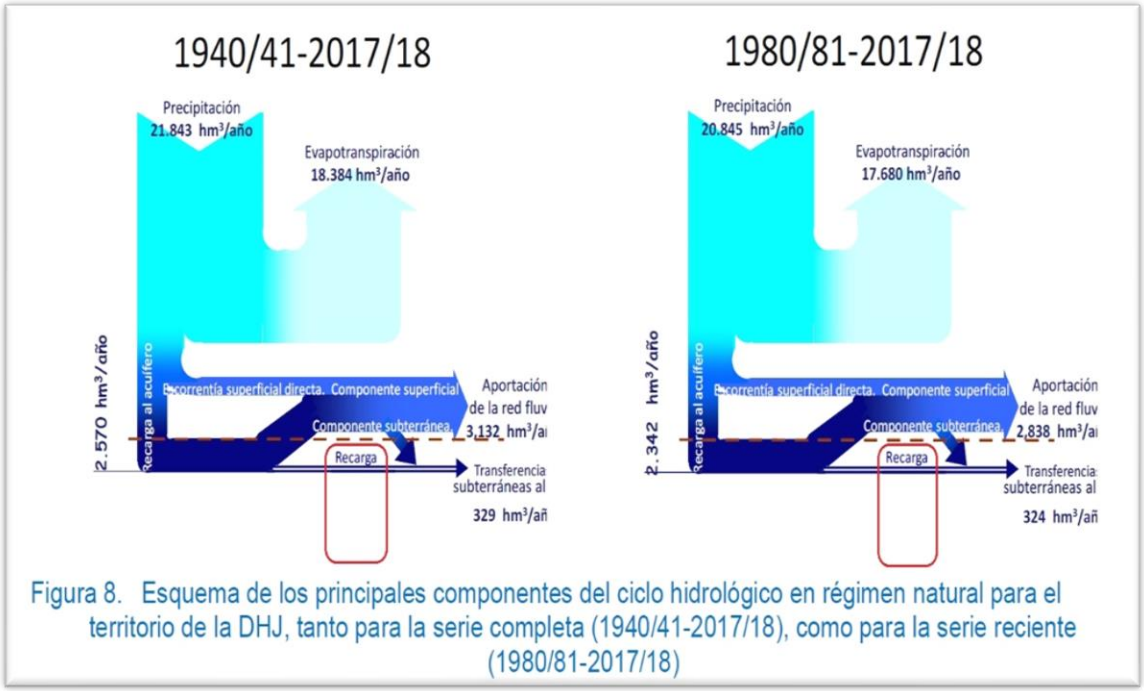


Figura 8. Esquema de los principales componentes del ciclo hidrológico en régimen natural para el territorio de la DHJ, tanto para la serie completa (1940/41-2017/18), como para la serie reciente (1980/81-2017/18)

Figura 17 Figura 8 del Anexo 2 Recursos Hídricos del proyecto de Plan Hidrológico del Júcar 2021-2027 con dos esquemas de las componentes del ciclo hidrológico en la cuenca del Júcar, uno para la denominada serie larga y otro para la corta. Vemos en los dos casos cómo la P menos la ETR es la suma de la Escorrentía (Aportación a la red fluvial) más la Recarga (o transferencias subterráneas al mar)

Es este un hecho novedoso, ya que en los Planes anteriores 2015 y 2021 dicha ecuación no estaba ajustada, como expusimos en las aportaciones a los Documentos Iniciales del presente ciclo de planificación y como veremos más adelante. Ver las tablas de las figuras 18 y 19.

Tabla 10. Promedios mensuales (mm) en la subzona Alto Guadiana. Serie 1980/81-2017/18

1980/81-2017/18 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	48,35	60,97	37,55	0,78	0,94	0,45
Noviembre	50,95	31,71	26,36	1,38	1,07	0,81
Diciembre	49,71	20,90	19,44	3,48	1,60	2,51
Enero	36,25	22,85	21,11	2,48	1,71	1,58
Febrero	36,11	37,05	33,26	2,06	1,65	1,17
Marzo	36,82	64,04	50,45	2,47	1,72	1,35
Abril	50,62	90,97	67,07	2,00	1,73	0,85
Mayo	43,83	127,14	60,93	1,28	1,62	0,49
Junio	24,78	175,78	35,16	0,26	1,35	0,12
Julio	6,31	193,40	6,92	0,01	1,13	0,00
Agosto	10,23	173,35	10,22	0,01	1,00	0,00
Septiembre	26,00	111,09	25,82	0,08	0,91	0,05
Año	419,96	1.109,24	394,30	16,28	16,44	9,39

Figura 18 Resaltado en amarillo vemos las variables del ciclo natural del agua en el Alto Guadiana para la serie corta (1980/81-2017/18). Fuente: Tabla 10 del Anexo 3 del Plan Hidrológico del Guadiana 2021-2027

Vemos, en el caso de la serie corta (1980/81-2017/18) de la subcuenca Alto Guadiana, cómo la P (420 mm) menos la ETR (394,3 mm) es 25,7 mm. Y la suma de la R (16,28 mm) más la E (9,39 mm) es también de 25,7 mm.

Tabla 9. Promedios mensuales (mm) en la subzona Alto Guadiana. Serie 1940/41-2017/18

1940/41-2017/18 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	46,94	61,29	36,82	0,76	1,06	0,47
Noviembre	46,18	32,19	26,15	1,07	1,11	0,68
Diciembre	49,68	20,86	19,45	2,65	1,46	1,95
Enero	40,63	22,75	21,27	2,63	1,64	1,79
Febrero	42,52	36,97	33,58	3,34	1,89	2,14
Marzo	42,38	62,71	51,07	3,05	2,03	1,74
Abril	51,07	91,24	68,72	2,53	2,02	1,15
Mayo	45,56	127,38	66,41	1,58	1,87	0,63
Junio	27,87	173,38	40,29	0,20	1,55	0,09
Julio	7,91	193,89	8,69	0,02	1,30	0,01
Agosto	11,38	174,41	11,37	0,02	1,15	0,01
Septiembre	27,48	112,55	27,06	0,14	1,05	0,08
Año	439,59	1.109,59	410,87	18,00	18,14	10,72

Figura 19 Como en el caso anterior, resaltado en amarillo vemos las variables del ciclo natural del agua en el Alto Guadiana para la serie temporal larga (1940/41-2017/18) Fuente: Tabla 9 del Anexo 3 del Plan Hidrológico del Guadiana 2021-2027

Lo mismo comprobamos en la serie temporal larga (1940/41-1917/18), donde la P (439,59 mm) menos la ETR (411 mm) es 28,7 mm. Y la suma de la R (18 mm) más la E (10,72 mm) es también de 28,7 mm.

En las demás subzonas de la cuenca del Guadiana y en el valor medio del conjunto de ella, los balances también ajustan como vemos en las tablas siguientes 2 y 3. Hemos creado en ellas un campo que es la división de los dos términos de la ecuación: (P-ETR) / (E +R) para comprobar que el valor es 1.

Solo se aprecia la excepción a esta norma en las series cortas de las subzonas Bullaque y Central donde el valor es 1,2 y 1,3 respectivamente. En el resto de las subzonas, incluso en el conjunto de la demarcación, el valor se ajusta exactamente a 1 en ambas series temporales.

Tabla 2 Valores de los componentes del ciclo natural del agua en las distintas subzonas de la cuenca del Guadiana y en el conjunto de ella (Guadiana total) para la serie temporal corta. Podemos comprobar que dividiendo (P-ETR) entre (E+R) el valor es exactamente de 1 en casi todos los casos. Prueba de que el balance está ajustado

Plan 27	S(ha)		SERIE CORTA				
			P(mm)	ETR(mm)	E(total)	R	(P-ETR)/(E +R)
GUADIANA TOTAL	5.552.770	mm	498,3	428,8	60,0	11,0	1,0
		hm3	27.668,3	23.810,3	3.330,0	608,0	1,0
Subzona Alto G	1.890.090	mm	420,0	394,3	9,4	16,3	1,0
		hm3	7.937,6	7.452,6	177,5	307,7	1,0
Tirteafuera	92.250	mm	453,7	414,9	31,6	7,2	1,0
		hm3	418,6	382,7	29,2	6,7	1,0
Bullaque	289.330	mm	569,6	446,2	88,3	12,4	1,2
		hm3	1.648,1	1.291,1	255,5	35,8	1,2
Central	2.665.040	mm	550,4	439,6	76,7	7,2	1,3
		hm3	14.668,4	11.716,6	2.044,4	192,1	1,3
Ardila	388.600	mm	613,9	485,6	118,5	9,9	1,0
		hm3	2.385,7	1.886,8	460,5	38,4	1,0
Sur, desembocadura	227.460	mm	610,2	474,3	123,9	12,0	1,0
		hm3	1.388,0	1.078,9	281,8	27,3	1,0

Tabla 3 Valores de los componentes del ciclo natural del agua en las distintas subzonas de la cuenca del Guadiana y en el conjunto de ella (Guadiana total) para la serie temporal larga. Como en el caso anterior, dividiendo (P-ETR) entre (E+R) el valor resultante es exactamente de 1 aquí en todos los casos. Prueba de que el balance está ajustado

Plan 27	S(ha)		SERIE LARGA				
			P(mm)	ETR(mm)	E(total)	R	(P-ETR)/(E +R)
GUADIANA TOTAL	5.552.770	mm	522,8	443,3	68,6	12,3	1,0
		hm3	290.271,1	246.126,5	38.103,1	6.802,1	1,0
Subzona Alto G	1.890.090	mm	439,6	410,9	10,7	18,0	1,0
		hm3	8.308,6	7.765,8	202,6	340,2	1,0
Tirteafuera	92.250	mm	482,5	437,4	36,8	8,3	1,0
		hm3	445,1	403,5	34,0	7,6	1,0
Bullaque	289.330	mm	569,6	456,5	98,8	14,4	1,0
		hm3	1.648,1	1.320,7	285,7	41,7	1,0
Central	2.665.040	mm	550,4	453,8	88,3	8,2	1,0
		hm3	14.668,4	12.094,8	2.354,3	219,3	1,0
Ardila	388.600	mm	651,3	497,3	142,9	11,1	1,0
		hm3	2.531,0	1.932,5	555,3	43,2	1,0
Sur, desembocadura	227.460	mm	625,2	480,7	132,0	12,4	1,0
		hm3	1.422,0	1.093,5	300,3	28,3	1,0

Como decíamos antes, este ajuste de la ecuación que vemos ahora en el Plan Hidrológico 2021-2027, actualmente en información pública, no estaba en los anteriores 2009-2015 y 2015-2021 como podemos ver en el gráfico de la Figura 20 siguiente.

En ella vemos los valores (P-ETR) /(E+R) de las series corta y larga, de los tres planes hidrológicos citados, tanto de la subcuenca Alto Guadiana como del conjunto de la cuenca del Guadiana.

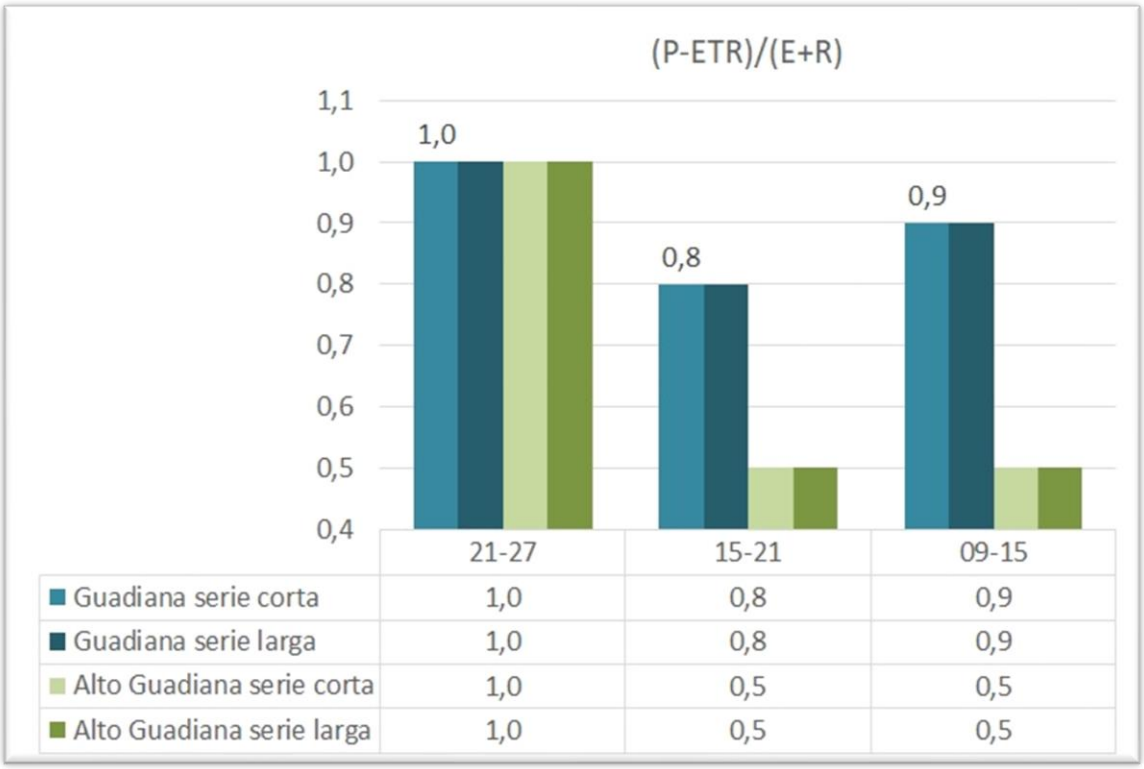


Figura 20 Valor (P-ETR)/(E+R) en el Alto Guadiana y en la cuenca de Guadiana en los 3 planes hidrológicos para las series temporales corta y larga de cada uno de ellos

Comprobamos con claridad cómo en el Plan Hidrológico 2009-2015 y en el 2015-2021 el valor para la subcuenca Alto Guadiana era de 0,5 tanto para la serie corta como para la larga.

Es decir, justo la mitad del valor que vemos ahora en el plan 2021-2027 (1,0). En consecuencia, en los planes anteriores el desajunte de la ecuación era de la mitad del valor que debería ser.

En efecto, si damos por bueno el término (E+R), la diferencia (P-ETR) debería ser un valor doble del que se estimó. Por el contrario, si se da por buena la diferencia de las variables atmosféricas (P-ETR), la suma de los recursos naturales de agua (E+R) debería haber sido la mitad de lo estimado, algo que vemos poco probable.

En cambio, en el caso de los valores medios del conjunto de la cuenca del Guadiana, **sí vemos que se aproximan a 1 en los planes anteriores (0,9 y 0,8)**. Lo que dista mucho del 0,5 que se estimó para la subcuenca Alto Guadiana.

LOS RECURSOS NATURALES EN LAS DISTINTAS SUBZONAS DE LA CUENCA DEL GUADIANA

Demostrado numéricamente que los recursos naturales de agua de una cuenca hidrográfica (subzona o subcuenca hidrográfica) son la diferencia entre la lluvia media caída (P) menos la evapotranspiración real media (ETR), y que dichos recursos naturales de agua se descomponen en dos variables independientes que son la Escorrentía (E) y la Recarga (R); se compara ahora **qué porcentaje de la P es la ETR** en las distintas subzonas y en el conjunto de la cuenca del Guadiana, tanto en la serie temporal corta como en la larga. Ver Tabla 4 siguiente.

Tabla 4 Porcentaje que supone la ETR frente a la P tanto en la serie corta como en la larga de las distintas subcuencas del Guadiana y en el conjunto de esta. Fuente: Elaboración propia con los datos del Plan del Guadiana 2021-2027 en www.chguadiana.es

Plan 27	SERIE CORTA	SERIE LARGA
	%ETR(P)	%ETR(P)
GUADIANA TOTAL	86,1	84,8
Subzona Alto G	93,9	93,5
Tirteafuera	91,4	90,6
Bullaque	78,3	80,1
Central	79,9	82,5
Ardila	79,1	76,4
Sur, desembocadura	77,7	76,9

Como vemos en la Tabla 4, y según el Anexo 3 del Plan Hidrológico 2021-2027 de la Demarcación del Guadiana, **en la subzona Alto Guadiana el 94% del agua que llueve se evapotranspira**. Es decir, **de cada 10 gotas de agua de lluvia o nieve caídas 9,4 se evaporan**. Es el valor más alto de toda la demarcación del Guadiana. Ver gráfico de la Figura 12.

A modo de ejemplo comparativo: en la cuenca del Segura (que incluye la Región de Murcia, parte de la provincia de Alicante, Almería y sur de la de Albacete principalmente), el porcentaje de la ETR frente a la P es del 88,2% para la serie corta y de 87,5% para la serie larga.

Es decir, **en el Segura se evapotranspira un 6% menos de la P que en la subcuenca Alto Guadiana**.

En el Grafico siguiente de la Figura 21 se comparan dichos porcentajes en las distintas subcuencas que conforman la cuenca del Guadiana con la del conjunto de esta, y con los valores de las cuencas del Júcar y del Segura.

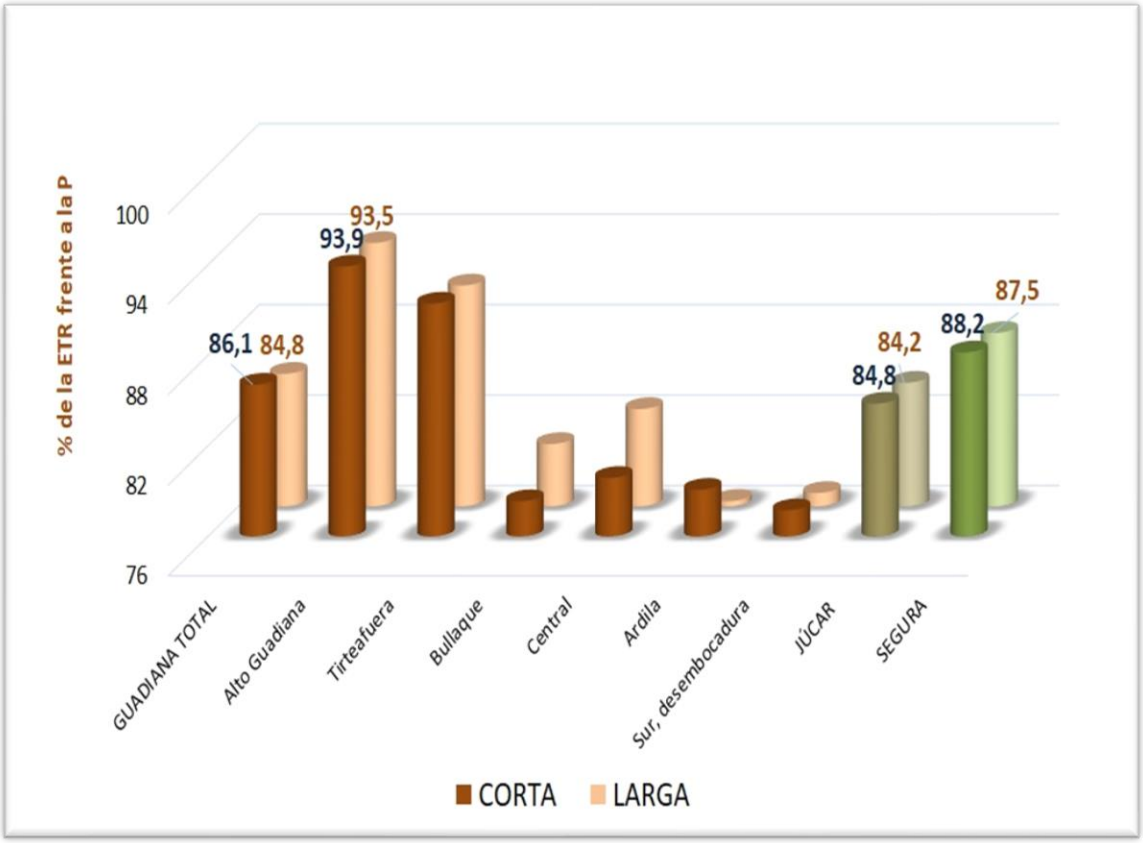


Figura 21 Porcentaje que supone la ETR de la P en el conjunto de la cuenca del Guadiana, en el Alto Guadiana, en las demas subcuencas del Guadiana, y en las cuencas del Júcar y del Segura. Fuente: elaboración propia con datos de los Planes 2021-2027

Debemos decir, que, en nuestra opinión, no creemos que en el Alto Guadiana el porcentaje del agua evapotranspirada con respecto a la

llovida sea mayor que la media de la cuenca del propio Guadiana, que en la cuenca del Segura o del Júcar como se desprende de la información contenida en el Anexo 3 del Plan Hidrológico del Guadiana 2021-2027.

Dichos valores calculados, que como veremos, proceden del Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), dependiente del Ministerio de Fomento, deberían revisarse y contrastarse con estudios de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), que es la autoridad meteorológica nacional. También, con estudios específicos de centros de investigación y universidades.

EL PORCENTAJE DE P CON RESPECTO A LOS RECURSOS NATURALES (RN)

Vamos a ver ahora en la Tabla 5 el porcentaje que suponen los recursos naturales (RN) frente a la lluvia media caída (P) en las dos series temporales que considera el Plan Hidrológico del Guadiana 2027 para todas las subcuencas de la demarcación y para el conjunto de ella (Guadiana Total).

Comprobamos que en el Alto Guadiana los RN son el 6,1% de la P para la serie corta y el 6,5% para la serie larga; y son los porcentajes más bajos de la cuenca del Guadiana, cuya media es 13,9% para la serie corta y de 15,2% para la serie larga.

Ahora, en el gráfico de la Figura 22 siguiente, se comparan estos porcentajes de las subcuencas del Guadiana, con el conjunto de la cuenca del Guadiana, con la del Júcar y con la del Segura.

Tabla 5 Porcentaje que suponen los recursos naturales frente a la precipitación en la cuenca y en las subcuencas del Guadiana en las series temporales consideradas

Plan 27	SERIE CORTA	SERIE LARGA
	%RN(P)	%RN(P)
GUADIANA TOTAL	13,9	15,2
Subzona Alto G	6,1	6,5
Tirteafuera	8,6	9,4
Bullaque	21,7	19,9
Central	20,1	17,5
Ardila	20,9	23,6
Sur, desembocadura	22,3	23,1

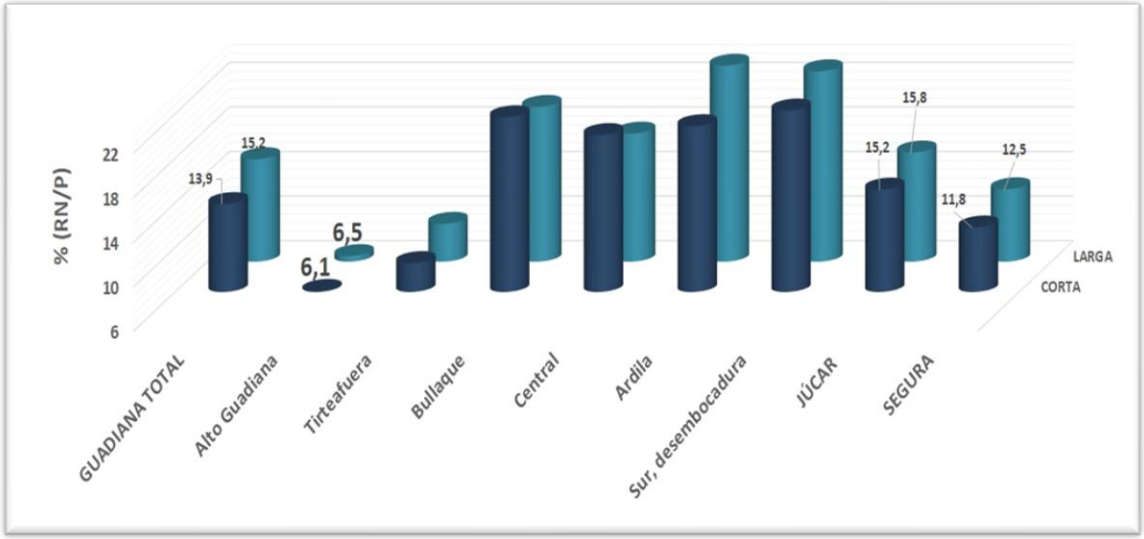


Figura 22 Porcentaje que suponen los recursos naturales (RN) frente a la precipitación (P) en las subzonas del Guadiana, en el conjunto de la cuenca del Guadiana, en la cuenca del Júcar y del Segura. Vemos que en el Alto Guadiana se estima el porcentaje más bajo de todas ellas, tanto para la serie corta como para la larga. Fuente: elaboración propia con datos de los Planes 2021-2027

De la lectura de dicho gráfico se desprende que **el valor del porcentaje de los RN con respecto a la P en la <u>subzona Alto Guadiana</u> es menos de la mitad que el del conjunto de la cuenca del Guadiana, del Júcar y del Segura**.

En efecto, en la cuenca del Segura el porcentaje de los recursos naturales (P-ETR) para la serie corta es de 11,8% y para la larga del 12,5%. Es decir, casi el doble que en la <u>subcuenca Alto Guadiana</u>.

Todo ello porque en la cuenca del Segura los recursos naturales (RN) son de 43 mm para la serie corta y de 47 mm para la serie larga. En cambio, en la <u>subcuenca Alto Guadiana</u>, como se ha dicho, de 25,7 mm para la serie corta y de 28,7 para la serie larga.

No podemos compartir el hecho de que, y según la documentación del Plan Hidrológico del Guadiana 2021-2027, en información pública en estos momentos, **la subcuenca del Alto Guadiana sea más árida y seca que la cuenca del Segura**, como hemos visto de ejemplo comparativo.

También, y por este motivo que acabamos de visualizar y por la trascendencia que esto tiene, pensamos que las variables de la fase atmosférica del ciclo hidrológico (P y ETR) en dicha subcuenca del Guadiana deben revisarse por la AEMET e incluso por centros de investigación acreditados e independientes.

LO QUE SUPONDRÍA QUE EL PORCENTAJE DE LA ETR FRENTE A LA P EN EL ALTO GUADIANA FUERA EL MISMO QUE EN EL CONJUNTO DE LA CUENCA DEL GUADIANA

En el siguiente apartado vamos a estimar los recursos naturales (RN) en la subcuenca Alto Guadiana para la serie temporal corta **suponiendo que el porcentaje de la ETR frente a la P fuera igual al de la media de la cuenca del Guadiana**. Es decir, en vez de 93,9%, del 86,1%.

Para ello, si mantenemos el valor de P, la ETR sería de 361,5 mm en lugar de 428,8 mm. En ese caso, los recursos naturales (RN) ya sería el mismo porcentaje de la P en ambos casos (Guadiana y Alto Guadiana) y del 13,9%. Ver Tablas 6 y 7 siguientes:

Tabla 6 Variables oficiales del Plan 2027 y porcentajes obtenidos de ellas para la cuenca del Guadiana en su conjunto y para la subcuenca Alto Guadiana

Plan 27	S(ha)		SERIE CORTA							
			P	ETR	RN	%(ETR/P)	%(P/RN)	E	R	(P-ETR)/(E +R)
GUADIANA TOTAL	5.552.770	mm	498,3	428,8	69,5	86,1	13,9	60,0	11,0	1,0
		hm3	27.668,3	23.810,3	3.858,1			3.330,0	608,0	1,0
Subzona Alto G	1.890.090	mm	420,0	394,3	25,7	93,9	6,1	9,4	16,3	1,0
		hm3	7.937,6	7.452,6	485,0			177,5	307,7	1,0

Tabla 7 Variables oficiales del Plan 2027 y porcentajes obtenidos de ellas para la cuenca del Guadiana en su conjunto. En este caso, en la subcuenca Alto Guadiana se ha supuesto un porcentaje de la ETR frente a la P del 86,1 %., el mismo valor que la media de la cuenca del Guadiana

Plan 27	S(ha)		SERIE CORTA							
			P	ETR	RN	%(ETR/P)	%(P/RN)	E	R	(P-ETR)/(E +R)
GUADIANA TOTAL	5.552.770	mm	498,3	428,8	69,5	86,1	13,9	60,0	11,0	1,0
		hm3	27.668,3	23.810,3	3.858,1			3.330,0	608,0	1,0
Subzona Alto G	1.890.090	mm	420,0	361,5	58,5	**86,1**	13,9	9,4	16,3	1,0
		hm3	7.937,6	6.832,7	**1.104,9**			177,5	307,7	1,0

Para que la ecuación del balance del ciclo natural del agua ajuste, ahora los RN en la subzona Alto Guadiana son de 58,5 mm (en lugar de 25,7

mm), **y el volumen anual de 1.105 hm^3/año** (en lugar de 485 hm^3/año). Ver Tabla 7.

Esa diferencia son 620 hm^3/año. En consecuencia, el estimar que el porcentaje de la ETR frente a la P en el Alto Guadiana sea similar al de la media de la cuenca del Guadiana en su conjunto, supone admitir que los recursos naturales del Alto Guadiana **serían más del doble de los calculados oficialmente**. **De exactamente 1.105 hm^3/año** en lugar de 485 hm^3/año.

Dada la trascendencia que tienen, como vemos, el cálculo de las variables atmosférica del ciclo hidrológico en los recursos naturales de las cuencas hidrográficas o de la subcuencas, como es el caso, donde pequeñas variaciones de porcentaje de la lluvia media frente a la evapotranspiración pueden tener como consecuencia no contabilizar como agua disponible centenares de hm^3/año, como en el caso que hemos visto, debemos insistir en el hecho de que debe ser la AEMET la que calcule dichas variables para todas las cuencas y subcuencas del España, y no el CEDEX.

LA AUTORIDAD METEOROLÓGICA NACIONAL (LA AEMET)

Por la importancia que tiene para el futuro socioeconómico vinculado al agua de la subcuenca Alto Guadiana de Castilla-La Mancha, debemos insistir en que, en España, quien decide lo que llueve y se evapotranspira de media en cada cuenca hidrográfica, no es la autoridad meteorológica nacional, la AEMET (Ministerio para la

Transición Ecológica y el Reto Demográfico), como en nuestra opinión debería ser, sino el CEDEX (Ministerio de Fomento).

En efecto, en el Real Decreto 186/2008, de 8 de febrero, por el que se aprueba el Estatuto de la AEMET, se establece con claridad que es este organismo, y no otro, el que ostenta la **condición de autoridad meteorológica del Estado**; y es el responsable del desarrollo, implantación, y prestación de los servicios meteorológicos de competencia del Estado Español. Ver Figura 23.

2597 *REAL DECRETO 186/2008, de 8 de febrero, por el que se aprueba el Estatuto de la Agencia Estatal de Meteorología.*

ESTATUTO DE LA AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA

CAPÍTULO I

Disposiciones generales

Artículo 1. *Naturaleza, adscripción y objeto.*

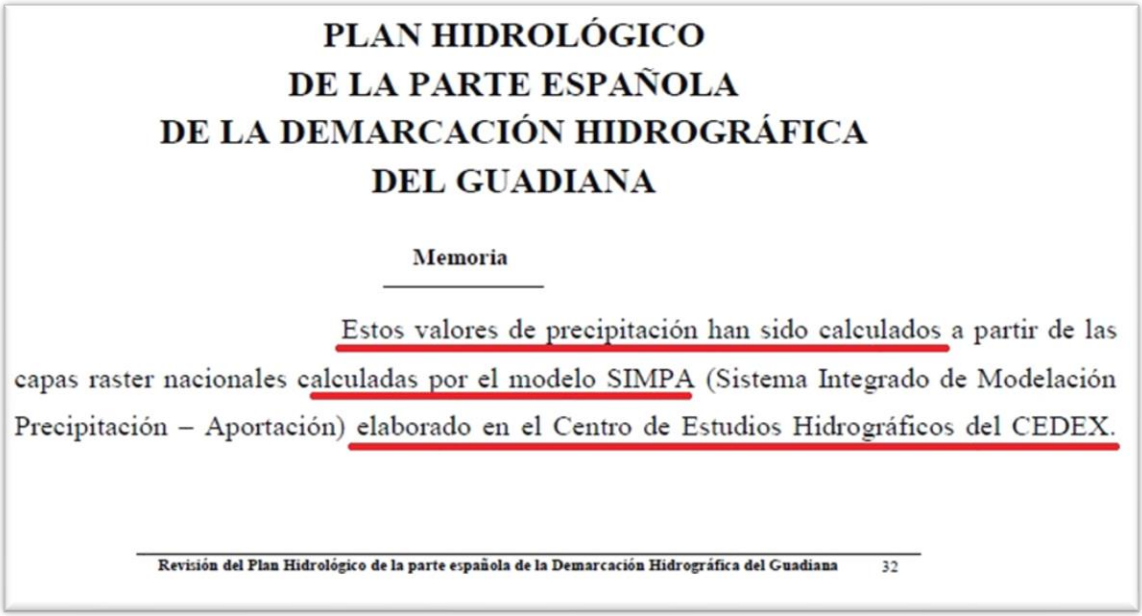
3. El objeto de la Agencia Estatal de Meteorología es el desarrollo, implantación, y prestación de los servicios meteorológicos de competencia del Estado y el apoyo al ejercicio de otras políticas públicas y actividades privadas, contribuyendo a la seguridad de personas y bienes, y al bienestar y desarrollo sostenible de la sociedad española.

Figura 23 Extracto del Artículo 1.3 del Real Decreto 186/2008 por el que se aprueba el estatuto de la AEMET donde se establece que que su objeto es la presetación de los servicios meteorológicos competencia del Estado contribuyendo al bienestar y desarrollo sostenible de la sociedad española

También, es el único competente en la prestación de servicios a las administraciones públicas en apoyo a las políticas medioambientales

de asesoramiento científico en asuntos relacionados con el cambio climático.

A modo de ejemplo ilustrativo que permite visualizar esta situación, podemos decir que todos los días vemos en la prensa que es la AEMET la que nos informa de la climatología, de la magnitud de los episodios extremos, de las sequías y de las variables atmosféricas del ciclo hidrológico a escala de país, de provincia o de comunidad autónoma. En cambio, a nivel de cuenca hidrográfica es el CEDEX. Ver Figura 24.



PLAN HIDROLÓGICO
DE LA PARTE ESPAÑOLA
DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA
DEL GUADIANA

Memoria

Estos valores de precipitación han sido calculados a partir de las capas raster nacionales calculadas por el modelo SIMPA (Sistema Integrado de Modelación Precipitación – Aportación) elaborado en el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

Revisión del Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana 32

Figura 24 Extracto del Plan Hidrológico vigente del Guadiana donde se nos informa que la lluvia (P) media caída en dicha cuenca la ha calculado el CEDEX y no la AEMET

Esto pudiera contradecir además la Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden ARM/2656/2008 de 10 de septiembre, en adelante IPH) donde se establece que la fuente de información de los datos

meteorológicos y de los escenarios regionalizados de predicción del cambio climático deben proceder de la AEMET, como vemos en la Figura 25.

Por tanto, si relacionamos el Real Decreto 186/2008 citado con lo dispuesto en el Anexo VII de la IPH, podemos afirmar, a nuestro juicio, que son competencia exclusiva de la AEMET la determinación de las variables atmosféricas del ciclo hidrológico (P y ETR) en todas las cuencas y subcuencas hidrográficas intercomunitarias de España, como lo es en los demás ámbitos territoriales como municipios, provincias y comunidades autónomas.

ANEXO VII

FUENTES DE INFORMACIÓN

Tabla 91. Tipos y fuentes de la información

Tipo información	Fuente	Ámbito
Censos de Población y Viviendas	Instituto Nacional de Estadística	Municipal
Proyecciones de Población	Instituto Nacional de Estadística	Provincial y Nacional
Viviendas visadas por tipología	Ministerio de Vivienda	Municipal
Censos Agrarios	Instituto Nacional de Estadística	Municipal
Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España	Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento	
Encuestas de Superficies y Rendimientos de Cultivos	Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino	Comarcal
Hojas 1T	Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino	Municipal
Encuesta piloto sobre consumo de fertilizantes y fitosanitarios	Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino	
Contabilidad Regional de España	Instituto Nacional de Estadística	Municipal
Encuesta de Población Activa	Instituto Nacional de Estadística	Municipal
Datos meteorológicos	Agencia Estatal de Meteorología	
Escenarios regionalizados de predicción de cambio climático	Agencia Estatal de Meteorología	Regional
Series históricas de recursos hídricos	Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino	
Censo de vertidos	Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino	

Figura 25 Extracto de la Tabla 91 de la IPH donde se establece que la fuente de información meteorológica y sobre el cambio climático debe ser la AEMET

Pensamos que, a la luz de la legislación citada y lo que ello implica, su labor no consiste solo en ceder sus datos para que otros organismos hallen los valores medios de dichas variables atmosféricas, sino que **es ella, la AEMET**, con sus propios datos obtenidos de su red de estaciones de meteorología distribuida por el país, **la que tiene que certificar el valor medio de dichas variables** para las series temporales consideradas en cada ciclo de planificación y en cada cuenca hidrográfica. Y esto no se está haciendo.

Quien tiene que ponderar esas variables en las zonas de montaña donde hay menos densidad de pluviómetros, pero donde llueve más, es la AEMET y no el CEDEX.

LA ESCORRENTÍA

Una vez conocida la diferencia de las variables atmosféricas del ciclo hidrológico (P -ETR), y como decíamos antes, ya sabemos el volumen medio de los recursos naturales (RN), y que no son otra cosa que la Escorrentía (E) más la Recarga (R).

Y la E es el agua que baja por los ríos, decíamos, y la R el agua que no baja por los ríos y que sigue un flujo subterráneo profundo, y que no vemos, hasta transferirse a otras subcuencas o cuencas hidrográficas o al fondo del mar.

Nos centraremos ahora en el análisis de la E en la subcuenca Alto Guadiana en el vigente proceso de planificación 2021-2027.

EL POSIBLE ERROR DE CÁLCULO DE LA ESCORRENTÍA TOTAL EN EL ALTO GUADIANA

En los documentos del presente ciclo de planificación nos ha llamado la atención la significativa reducción del valor de la Escorrentía total (E) que se ha calculado para la subcuenca Alto Guadiana en comparación con los valores que tenía en los documentos de los planes hidrológicos anteriores 2009-2015 y 2015-2021.

En la **serie corta la E ha pasado de los 30-32 mm** de los planes 2009-2015 y 2015-2021 respectivamente, **a los 9,4 mm** en el 2021-2027. Es decir, **de 550-600 hm^3/año a 177,5 hm^3/año**.

En la **serie larga la E ha pasado de los 40 mm** de los planes 2009-2015 y 2015-2021**, a los 10,7 mm** en el 2021-2027. Lo que es lo mismo que decir que ha descendido **de unos 750 hm^3/año a 203 hm^3/año**.

Esto supone una reducción de la E de un 70% en la serie corta y de un 73% en la serie larga.

Pero lo más sorprendente es que, a diferencia de lo que pasaba en los planes anteriores, **en los documentos actuales (Plan 21-27) el valor de una parte de la E, concretamente de la Escorrentía Subterránea (Es) es mayor que el valor del toda la escorrentía (E).**

En la gráfica de la Figura 26 siguiente podemos visualizar esta drástica variación de la E en los documentos en información pública en comparación con los de los planes anteriores.

En distintos colores vemos los datos que figuran en los diferentes planes: azul Plan 21-27, rojo 15-21 y verde claro 2009-2015.

En el eje horizontal aparece el valor de la Escorrentía (E) y de la Escorrentía Subterránea (Es) para la serie temporal corta: “E(Corta)” y “Es(Corta)”; y para la serie larga: “E(Larga)” y “Es(Larga)”.

Vemos dos cosas, como decíamos: que la E ha descendido muy significativamente en el plan 2021-2027 (línea azul) con respecto a los anteriores. **Y que la Es es mayor que la E en las dos series temporales consideradas** (corta y larga).

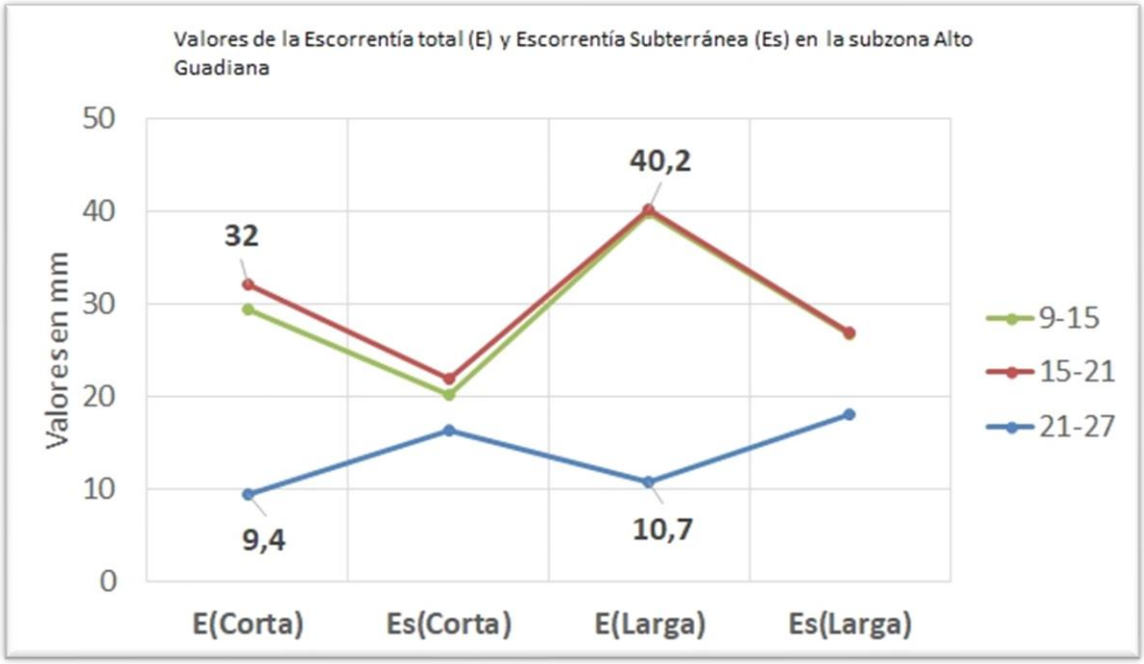


Figura 26 Valores en mm de la Escorrentía total (E) y de la Escorrentía Subterránea (Es) en las series corta y larga de los tres planes hidrológicos redactados en aplicación de la Directiva D/2000/60/CE. En verde los valores del 2009-2015, en rojo los del 2015-2021 y en azul los actuales del 2021-2027

Por la trascendencia que esto tiene y para poderlo visualizar cómodamente, se adjunta a continuación las dos tablas de variables que figuran en el Anexo 3 del Plan 21-27 como Figura 27, donde vemos los valores medios de ambas variables en la subzona Alto Guadiana señaladas en rojo en las dos series temporales: “Escorrentía Subterránea” (Es) y “Escorrentía Total” (E).

4.3.2.2 Subzona Alto Guadiana

Tabla 9. Promedios mensuales (mm) en la subzona Alto Guadiana. Serie 1940/41-2017/18

1940/41-2017/18 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	46,94	61,29	36,82	0,76	1,06	0,47
Noviembre	46,18	32,19	26,15	1,07	1,11	0,68
Diciembre	49,68	20,86	19,45	2,65	1,46	1,95
Enero	40,63	22,75	21,27	2,63	1,64	1,79
Febrero	42,52	36,97	33,58	3,34	1,89	2,14
Marzo	42,38	62,71	51,07	3,05	2,03	1,74
Abril	51,07	91,24	68,72	2,53	2,02	1,15
Mayo	45,56	127,38	66,41	1,58	1,87	0,63
Junio	27,87	173,38	40,29	0,20	1,55	0,09
Julio	7,91	193,89	8,69	0,02	1,30	0,01
Agosto	11,38	174,41	11,37	0,02	1,15	0,01
Septiembre	27,48	112,55	27,06	0,14	1,05	0,08
Año	439,59	1.109,59	410,87	18,00	18,14	10,72

Tabla 10. Promedios mensuales (mm) en la subzona Alto Guadiana. Serie 1980/81-2017/18

1980/81-2017/18 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	48,35	60,97	37,55	0,78	0,94	0,45
Noviembre	50,95	31,71	26,36	1,38	1,07	0,81
Diciembre	49,71	20,90	19,44	3,48	1,60	2,51
Enero	36,25	22,85	21,11	2,48	1,71	1,58
Febrero	36,11	37,05	33,26	2,06	1,65	1,17
Marzo	36,82	64,04	50,45	2,47	1,72	1,35
Abril	50,62	90,97	67,07	2,00	1,73	0,85
Mayo	43,83	127,14	60,93	1,28	1,62	0,49
Junio	24,78	175,78	35,16	0,26	1,35	0,12
Julio	6,31	193,40	6,92	0,01	1,13	0,00
Agosto	10,23	173,35	10,22	0,01	1,00	0,00
Septiembre	26,00	111,09	25,82	0,08	0,91	0,05
Año	419,96	1.109,24	394,30	16,28	16,44	9,39

Figura 27 En rojo, el valor medio de la Escorrentía Subterránea (Es) y de la Escorrentía Total (E) en las dos series temporales en la subzona Alto Guadiana del Plan Hidrológico 2021-2027. Vemos cómo la Escorrentía total (E) es menor que la Escorrentía Subterránea (Es) en las dos series temporales

No debemos pensar que dichos valores plasmados en las tablas 9 y 10 del Anexo 3: Inventario de Recursos Hídricos, del Plan 2021-2027 son un error de trascripción o mecanográfico, un error material subsanable que se ha producido al escribir dichos valores. Pues en la serie de valores que aparece en el Apéndice 7 de dicho Anexo 3, titulado "Series de escorrentía total" se ve que la Escorrentía Total media (E) en la subzona Alto Guadiana es de 9,4 mm para la serie corta y de 10,7 mm para la larga. Ver Figura 28.

APÉNDICE 7.- SERIES DE ESCORRENTÍA TOTAL

ANEJO 3: INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS.
Plan Hidrológico del tercer ciclo de planificación: 2022–2027.

2 ESCORRENTÍA TOTAL MEDIA EN LA SUBZONA ALTO GUADIANA

ESCORRENTÍA TOTAL MEDIA EN LA SUBZONA ALTO GUADIANA (mm)

Año hidrológico	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	Total
2014	0,1	1,7	0,0	0,0	0,1	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7
2015	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	1,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
2016	0,1	1,0	0,1	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
2017	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6	10,0	1,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8
Media 40/41 - 17/18	**0,5**	**0,7**	**1,9**	**1,8**	**2,1**	**1,7**	**1,1**	**0,6**	**0,1**	**0,0**	**0,0**	**0,1**	**10,7**
Media 80/81 - 17/18	**0,5**	**0,8**	**2,5**	**1,6**	**1,2**	**1,3**	**0,8**	**0,5**	**0,1**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**9,4**

Figura 28 Extracto del Apéndice 7 del Anexo 3 Recursos Hídricos donde vemos los valores medios de la E en las dos serie consideradas

Y en el Apéndice 6 de dicho Anexo 3, titulado "Series de escorrentía subterránea" se ve que la Escorrentía Subterránea media (Es) en la subzona Alto Guadiana es de 16,4 mm para la serie corta y de 18,1 mm para la larga (Figura 29).

APÉNDICE 6.- SERIES DE ESCORRENTÍA SUBTE-RRÁNEA

ANEJO 3: INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS.

Plan Hidrológico del tercer ciclo de planificación: 2022–2027.

2 ESCORRENTÍA SUBTERRÁNEA MEDIA EN LA SUBZONA ALTO GUADIANA

ESCORRENTÍA SUBTERRÁNEA MEDIA EN LA SUBZONA ALTO GUADIANA (mm)

Año hidrológico	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	Total
2014	1,0	1,5	1,4	1,1	1,1	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	**12,5**
2015	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	1,0	1,0	0,8	0,7	0,7	0,6	**8,2**
2016	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	**6,5**
2017	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	2,6	2,6	2,0	1,7	1,4	1,2	1,1	**14,4**
Media 40/41 - 17/18	**1,1**	**1,1**	**1,5**	**1,6**	**1,9**	**2,0**	**2,0**	**1,9**	**1,6**	**1,3**	**1,2**	**1,1**	**18,1**
Media 80/81 - 17/18	**0,9**	**1,1**	**1,6**	**1,7**	**1,7**	**1,7**	**1,7**	**1,6**	**1,4**	**1,1**	**1,0**	**0,9**	**16,4**

Figura 29 Extracto del Apéndice 6 del Anexo 3 Recursos Hídricos donde vemos los valores medios de la Escorrentía Subterránea (Es) en las dos serie consideradas. Comparándolos con los valores de la tabla anterior (Escorrentía Total (E)) vemos que son mayores tanto en la serie larga como en la corta

Y la Escorrentía Subterránea (Es), como hemos dicho, es una parte de la Escorrentía Total (E), y, por tanto, **una parte no puede ser mayor que "el todo"**.

Y, además, dicha "parte del todo" es algo que no se puede medir directamente, es agua que no se puede aforar en un río, porque es una parte del caudal circulante de ese río.

La Escorrentía Subterránea (Es) es, por tanto, **un valor medio anual simulado en un modelo matemático** que estima dicho valor medio

anual de todos los años de las series temporales corta (1980/81-2017/18) y larga (1940/41-1917/18). Por consiguiente, no se trata de un error material de trascripción, sino es la salida de un programa informático que calcula dicha fracción de la Escorrentía Total (E) año a año y luego el valor medio de todos los años de dicha serie temporal.

Ahora en el gráfico de la Figura 30 siguiente se va a comparar el valor de la Es dividida entre la E (Es/E) en la subzona Alto Guadiana con la media de la cuenca del Guadiana en los tres planes hidrológicos referidos. En morado vemos la relación Es/E en la subzona Alto Guadiana para la serie corta y en verde para la larga. Y en rojo la misma relación Es/E en el conjunto de la cuenca del Guadiana para serie corta y en azul para la larga.

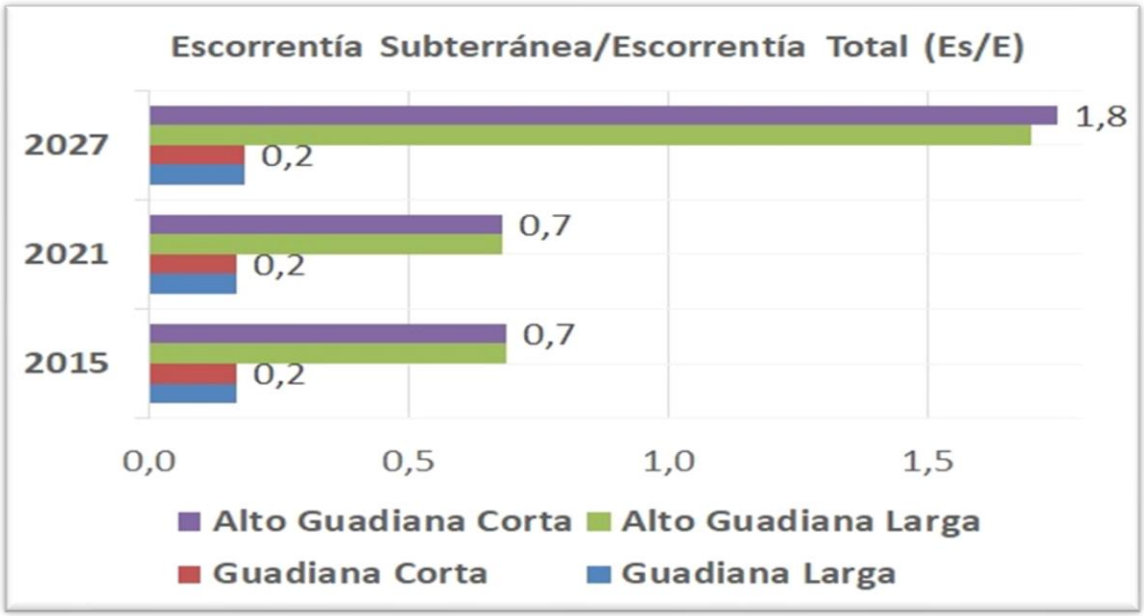


Figura 30 Gráfica comparativa entre le valor Es/E en el Alto Guadiana y en el conjunto de la cuenca del Guadiana para la serie corta y larga en los tres planes hidrológicos. Vemos cómo en el conjunto del Guadiana dicha relción no ha variado y sí lo ha hecho muy significativamente en la subcuenca Alto Guadiana

Comprobamos que **para el conjunto de la cuenca del Guadiana el valor medio de la relación Es/E es de 0,2 en los tres planes hidrológicos, y tanto para la serie corta como para la larga**.

Donde ha variado de forma, en nuestra opinión injustificada, ha sido en la subcuenca Alto Guadiana. Pues si bien **dicha relación era de 0,7** en los planes 2009-2015 y 2015-2021; **ahora en el 2021-2027 es de 1,8**; más del doble.

Todo ello porque **en el ciclo actual de planificación se ha considerado**, entendemos que, por error, **el valor de la Es mayor que el de la E**. (Ver figuras 31, 32, 33 y 34).

Este hecho nos hace pensar que el ajuste de las cuatro variables de la ecuación del balance natural del agua en dicha subzona, que ahora en el Plan 2027 sí está ajustado (y el valor de la división (P-ETR) / (E +R) es igual a 1), se ha hecho a costa de la Escorrentía (E).

Cuando **lo que se debería haber reducido es el alto valor de ETR que se ha estimado** en comparación con el resto de las subcuencas del Guadiana, e incluso con la media de la propia cuenca del Guadiana, y de las del Júcar y Segura, como se ha visto gráficamente antes.

Por esta razón debemos incidir en que las variables atmosféricas del ciclo natural de agua en la subcuenca Alto Guadiana (P y ETR) deben revisarse por la AEMET y por organismos y entidades independientes

especialistas en la materia, pues y como ya hemos dicho antes, están muchos recursos naturales de agua en juego.

Sistema Oriental. Subsistema Alto Guadiana

Tabla.10. Promedios mensuales (mm) en Alto Guadiana. Serie 1940/41-2005/06

1940/41-2005/06 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	48,1	52,1	34,2	0,6	1,4	1,8
Noviembre	44,9	25,7	22,6	0,7	1,4	2,1
Diciembre	49,9	16,2	15,7	2,0	1,8	3,5
Enero	41,8	18,9	18,3	3,1	2,3	4,6
Febrero	43,3	32,8	31,3	3,8	2,9	5,6
Marzo	41,9	55,3	48,8	3,3	3,1	5,3
Abril	50,7	77,8	64,5	3,1	3,2	4,9
Mayo	48,3	106,3	71,2	2,3	3,0	4,1
Junio	30,2	138,1	55,1	0,2	2,5	2,6
Julio	9,0	157,9	14,7	0,0	2,0	2,0
Agosto	12,5	140,9	12,7	0,0	1,7	1,7
Septiembre	27,8	95,4	27,0	0,1	1,5	1,6
Año	448,4	917,5	416,2	19,3	26,7	39,8

Tabla.11. Promedios mensuales (mm) en Alto Guadiana. Serie 1980/81-2005/06

1980/81-2005/06 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	49,7	51,7	34,2	0,6	1,1	1,6
Noviembre	47,1	25,5	22,6	0,6	1,2	1,8
Diciembre	48,7	16,3	15,9	2,2	1,7	3,6
Enero	35,0	19,1	18,3	2,4	2,1	4,0
Febrero	33,3	33,2	31,1	1,4	2,0	2,9
Marzo	32,4	57,0	48,6	1,5	1,9	2,8
Abril	48,7	77,7	61,7	1,9	2,0	3,1
Mayo	47,7	106,0	64,3	2,0	2,2	3,3
Junio	27,7	140,3	47,7	0,2	1,9	2,1
Julio	7,8	157,7	11,8	0,0	1,5	1,5
Agosto	11,4	139,9	11,5	0,0	1,3	1,4
Septiembre	24,8	94,8	24,5	0,1	1,1	1,2
Año	414,3	919,0	392,2	12,9	20,1	29,3

Figura 31 Tablas 10 y 11 del Anexo 3: Recursos Hídricos del Plan Hidrológico del Guadiana 2009-2015 con las variables del ciclo hidrológico resaltadas en amarillo en la subcuenca Alto Guadiana para las series larga (1940/41-2005/06) y corta (1980/81-2005/06)

Tabla.8. Promedios mensuales (mm) en el Guadiana. Serie 1940/41-2005/06

1940/41-2005/06 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	57,3	57,8	37,8	0,5	0,7	4,7
Noviembre	60,5	29,1	25,7	0,7	0,9	7,2
Diciembre	67,4	18,4	18,0	1,6	1,2	14,9
Enero	59,5	20,8	20,2	2,2	1,6	18,3
Febrero	56,3	35,1	33,7	2,5	2,0	17,8
Marzo	51,5	59,2	54,0	2,1	2,1	13,3
Abril	53,4	83,5	71,4	1,7	2,0	8,4
Mayo	45,7	111,5	74,4	1,0	1,7	4,3
Junio	26,8	146,6	49,0	0,1	1,3	1,7
Julio	6,7	167,1	11,4	0,0	0,9	1,0
Agosto	8,8	149,9	9,0	0,0	0,8	0,8
Septiembre	28,4	103,6	27,4	0,1	0,7	1,1
Año	522,4	982,6	432,2	12,6	15,9	93,5

Tabla.9. Promedios mensuales (mm) en el Guadiana. Serie 1980/81-2005/06

1980/81-2005/06 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	59,6	57,6	38,8	0,6	0,6	4,7
Noviembre	62,4	29,0	25,7	0,7	0,8	7,5
Diciembre	67,6	18,5	18,1	1,8	1,2	16,5
Enero	51,2	21,2	20,3	1,9	1,6	16,1
Febrero	42,8	35,7	33,7	1,3	1,6	10,5
Marzo	38,1	61,3	53,7	1,0	1,4	7,1
Abril	52,7	83,6	68,4	1,1	1,3	5,8
Mayo	45,3	112,2	68,5	0,9	1,2	3,5
Junio	23,5	149,5	41,1	0,1	1,0	1,4
Julio	6,3	167,7	9,5	0,0	0,8	0,8
Agosto	8,4	150,0	8,5	0,0	0,6	0,7
Septiembre	27,0	103,7	26,5	0,0	0,6	0,9
Año	484,9	990,0	412,7	9,4	12,7	75,5

Figura 32 Tablas 8 y 9 del Anexo 3: Recursos Hídricos del Plan Hidrológico del Guadiana 2009-2015 con las variables del ciclo hidrológico resaltadas en amarillo para las series larga (1940/41-2005/06) y corta (1980/81-2005/06) en el conjunto de la cuenca del Guadiana

4.3.2.2. Sistema Oriental. Subsistema Alto Guadiana

Tabla.8. Promedios mensuales (mm) en Alto Guadiana. Serie 1940/41-2011/12

1940/41-2011/12 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	48.3	52.4	34.6	0.6	1.4	1.9
Noviembre	45.0	25.8	22.6	0.7	1.4	2.0
Diciembre	50.8	16.2	15.7	2.1	1.8	3.7
Enero	41.7	18.9	18.4	3.1	2.3	4.6
Febrero	43.4	32.8	31.3	4.0	2.9	5.8
Marzo	41.3	55.4	48.8	3.2	3.1	5.2
Abril	52.3	77.8	65.4	3.2	3.2	5.0
Mayo	48.9	106.6	72.7	2.3	3.1	4.1
Junio	29.6	138.2	55.0	0.2	2.5	2.6
Julio	8.6	158.5	14.2	0.0	2.0	2.0
Agosto	12.2	141.7	12.4	0.0	1.7	1.7
Septiembre	28.6	95.6	27.8	0.1	1.5	1.6
Año	450.9	920.0	418.9	19.5	26.9	40.2

Tabla.9. Promedios mensuales (mm) en Alto Guadiana. Serie 1980/81-2011/12

1980/81-2011/12 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	50.0	52.3	35.0	0.6	1.2	1.7
Noviembre	47.1	25.6	22.5	0.7	1.3	1.8
Diciembre	51.0	16.2	15.9	2.4	1.8	4.0
Enero	36.0	19.0	18.3	2.5	2.1	4.0
Febrero	35.4	33.1	31.2	2.3	2.3	3.8
Marzo	32.8	56.8	48.6	1.7	2.2	3.1
Abril	52.9	77.7	64.2	2.3	2.3	3.6
Mayo	49.2	106.7	69.0	2.0	2.4	3.5
Junio	26.7	140.2	48.8	0.2	2.0	2.2
Julio	7.1	159.2	11.4	0.0	1.6	1.6
Agosto	10.9	142.0	11.0	0.0	1.4	1.4
Septiembre	27.2	95.4	26.8	0.1	1.2	1.3
Año	426.3	924.2	402.8	14.7	21.8	32.0

Figura 33 Tablas 8 y 9 del Anexo 3: Recursos Hídricos del Plan Hidrológico del Guadiana 2015-2021 con las variables del ciclo hidrológico resaltadas en amarillo para las series larga (1940/41-2011/12) y corta (1980/81-2011/12) en la subcuenca Alto Guadiana

Tabla.6. Promedios mensuales (mm) en el Guadiana. Serie 1940/41-2011/12

1940/41-2011/12 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	58.4	58.1	38.8	0.5	0.7	4.8
Noviembre	60.0	29.1	25.8	0.7	0.9	7.1
Diciembre	68.4	18.4	18.0	1.7	1.2	15.4
Enero	58.9	20.8	20.3	2.2	1.6	17.8
Febrero	56.8	35.1	33.8	2.6	2.0	18.3
Marzo	50.2	59.3	53.7	2.1	2.1	13.1
Abril	54.9	83.6	71.9	1.7	2.0	8.5
Mayo	46.3	111.9	75.3	1.0	1.7	4.3
Junio	26.3	146.8	48.8	0.1	1.3	1.7
Julio	6.4	167.9	11.0	0.0	0.9	1.0
Agosto	8.7	151.0	8.9	0.0	0.8	0.8
Septiembre	29.1	104.0	28.0	0.1	0.7	1.1
Año	524.4	985.9	434.2	12.7	16.0	93.9

Tabla.7. Promedios mensuales (mm) en el Guadiana. Serie 1980/81-2011/12

1980/81-2011/12 (mm)	Precipitación	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real	Recarga	Escorrentía subterránea	Escorrentía total
Octubre	61.8	58.3	40.7	0.5	0.7	5.0
Noviembre	61.1	29.1	25.7	0.7	0.8	7.1
Diciembre	69.7	18.4	18.0	1.9	1.3	17.2
Enero	51.2	21.0	20.3	1.9	1.6	15.5
Febrero	46.4	35.7	33.7	1.7	1.7	12.9
Marzo	37.8	61.2	53.2	1.1	1.5	7.7
Abril	56.2	83.7	70.1	1.3	1.5	6.6
Mayo	46.6	112.9	71.7	0.9	1.3	3.7
Junio	22.9	149.3	42.0	0.1	1.0	1.4
Julio	5.6	169.4	9.0	0.0	0.8	0.8
Agosto	8.3	152.5	8.4	0.0	0.7	0.7
Septiembre	28.8	104.5	28.0	0.1	0.6	0.9
Año	496.4	996.2	420.9	10.2	13.4	79.6

Figura 34 Tablas 6 y 7 del Anexo 3: Recursos Hídricos del Plan Hidrológico del Guadiana 2015-2021 con las variables del ciclo hidrológico resaltadas en amarillo para las series larga (1940/41-2011/12) y corta (1980/81-2011/12) en el conjunto de la cuenca del Guadiana

LOS ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

La relación de los ecosistemas fluviales con las aguas subterráneas y la necesidad de preservarlos, y mejorar su calidad ambiental y ecológica, es uno de los objetivos de la Directiva Marco del Agua (D2000/60/CE) y de obligado cumplimiento para los estados miembros.

Si analizamos dicha Directiva y su trasposición al Texto Refundido de la Ley de Aguas vemos la íntima relación que tienen dichos humedales y ecosistemas fluviales con los cauces de los arroyos, con los afluentes y con los ríos.

Es evidente, como hemos explicado, que una fracción importante de ese caudal que alimenta a las corrientes fluviales y, por tanto, a los ecosistemas y humedales asociados a ellos, es la componente subterránea de la Escorrentía (E), a la que hemos denominado Es.

Y como hemos demostrado en la ecuación del balance del ciclo natural de agua del Plan Hidrológico 2021-2027 en la subcuenca del Alto Guadiana y en todas las subcuencas del Guadiana, la Escorrentía (E) es un valor distinto y sin relación con la otra componente de los recursos naturales, que es la Recarga de los acuíferos (R).

En definitiva, son dos conceptos contables diferentes y la suma de ambos son los recursos naturales (RN).

Esto quiere decir, y como se ha demostrado en la páginas anteriores con los propios datos del Plan del Guadiana, que son dos los flujos de aguas subterráneas que se contabilizan de forma independiente. El flujo fluvial, la Escorrentía Subterránea (Es) y el flujo profundo que nunca llegaremos a ver porque acabará en otras cuencas o en el mar: la Recarga (R). Ver Figura 35.

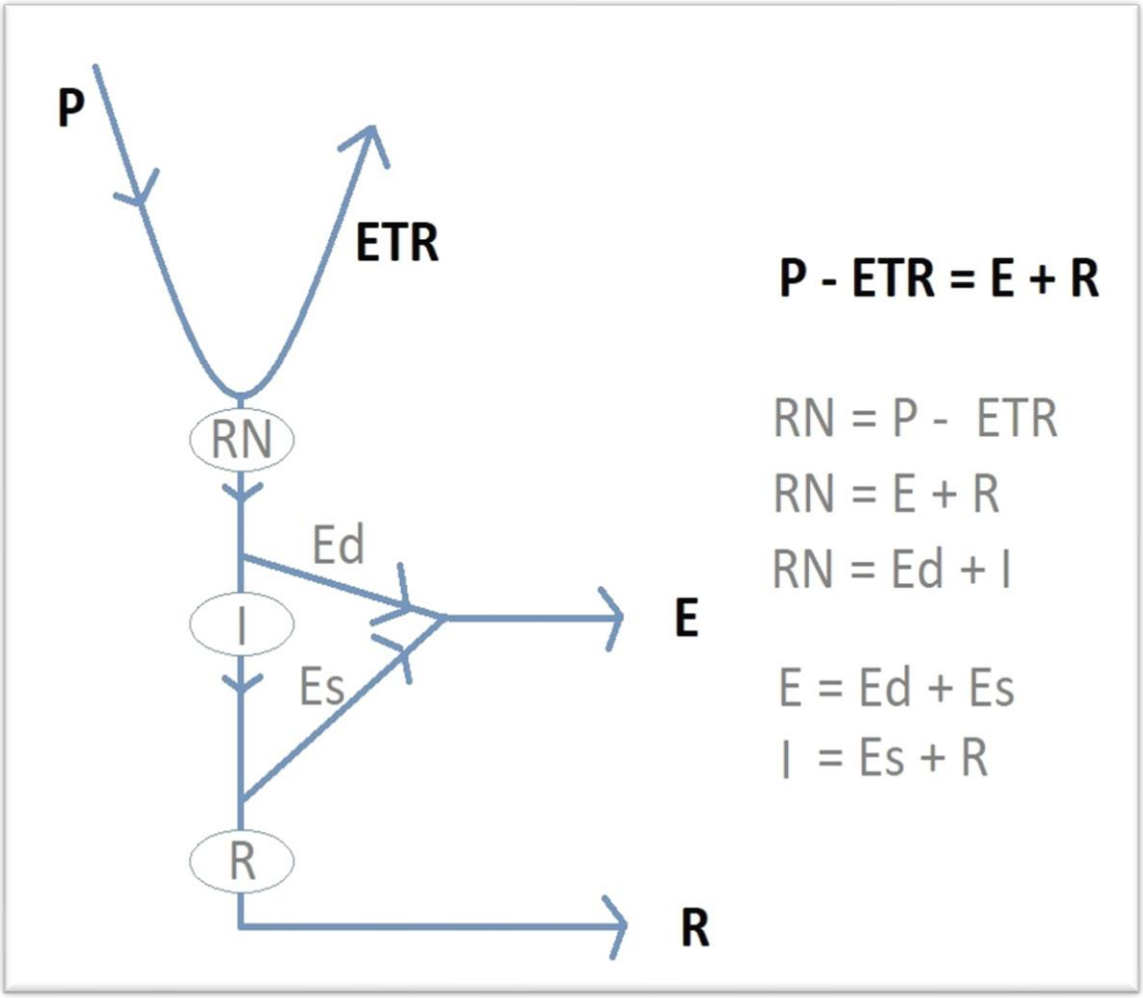


Figura 35 El esquema del ciclo natural del agua anterior en el que se ha descompuesto la variable Escorrentía Total (E) en sus dos componentes: Escorrentía directa (Ed) y Escorrentía Subterránea (Es)

Por tanto, natural y numéricamente hablando, **los ecosistemas fluviales están asociados al primer flujo subterráneo: a la Escorrentía Subterránea (Es),** y no a la Recarga.

Como vemos en las figuras siguientes 36 y 37 de las definiciones de conceptos de la citada Directiva, la referencia que hace al "estado ecológico" se circunscribe al buen funcionamiento de los "***ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales"***.

DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

de 23 de octubre de 2000

por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

21) «estado ecológico»: una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales, que se clasifica con arreglo al anexo V;

Figura 36 El concepto "estado ecológico" en la Directiva hace referencia únicamente a las aguas superficiales

Por otro lado, la Directiva define los "recursos disponibles de aguas subterráneas" como el valor medio interanual de la ***"tasa de recarga total de la masa de agua subterránea menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada*** *según las especificaciones del artículo, para evitar cualquier disminución significativa en el* ***estado ecológico*** *de tales aguas,* ***y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados".*** Ver Figura 28.

DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

de 23 de octubre de 2000

por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

27) «recursos disponibles de aguas subterráneas»: el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada según las especificaciones del artículo 4, para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados;

Figura 37 Definición del concepto de "recursos disponibles de aguas subterráneas" en la Directiva 2000/60/CE relacionado únicamente con la calidad ecológica de las aguas superficiales

Vemos cómo los conceptos: "aguas superficial asociada", "estado ecológico" y "ecosistemas terrestres asociados" que se incluyen en la citada definición de recursos disponibles de aguas subterráneas, hacen referencia al flujo fluvial del agua subterránea, a la Escorrentía Subterránea (Es) no al flujo profundo (Recarga (R)).

Pero antes ha considerado que los recursos disponibles de aguas subterráneas es el valor medio de la **tasa de recarga total** de la masa de agua subterránea menos un flujo interanual ambiental.

Ahora vamos a ver cómo define el concepto de **Recarga** el Reglamento de Planificación Hidrológica (Real Decreto 907/2007 de 6 de julio). Dice en su artículo 10 g) que es la suma de cuatro componentes (Figura 38):

- la infiltración del agua de lluvia,
- los retornos de riego,

- las aportaciones laterales de otras masas y
- la recarga de los ríos

Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.

Artículo 10. *Caracterización de las masas de agua subterránea.*

g) Recarga: infiltración de lluvia, retornos de riego, aportaciones laterales de otras masas y recarga de ríos.

Figura 38 Los componentes de la Recarga (R) en el Reglamento de Planificación Hidrológica

El Plan Hidrológico del Júcar viene considerando, y entendemos que, con buen criterio, y para no contabilizar dos veces el mismo concepto en el balance del ciclo natural del agua, que las componentes: "infiltración de lluvia" y "retornos de riego" hacen referencia al agua neta que llega al acuífero.

Es decir, es agua no fluvial que no se ha contabilizado en la Escorrentía Subterránea (Es). Y la "recarga de ríos" es el agua neta que se infiltra de los cauces a los acuíferos. Ver Figura anterior número 8.

Esta interpretación, que consideramos correcta para que las cuatro componentes del balance del ciclo natural del agua ajusten y no haya términos que se dupliquen en parte, y además ajustada a la definición del RPH**, considera a la Recarga como el recurso natural neto de las**

masas de agua subterránea y no contabilizado en el agua subterránea que se incorpora a los cursos fluviales (la Escorrentía Subterránea (Es)). Por tanto, al ser agua exclusiva de los acuíferos no tiene relación con los ecosistemas fluviales.

En consecuencia, de su valor calculado, como la suma de sus cuatro componentes, **no habría que restar nada para preservar ecosistemas fluviales** a la hora de estimar los RECURSOS DISPONIBLES de la MASUB ya que dichos ecosistemas no están asociados a la Recarga.

Por consiguiente, los recursos naturales de la MASUB (Recarga) coincidirían con los recursos disponibles y a quien hay que restarle caudal para preservar ecosistemas asociados a las aguas superficiales sería a la Escorrentía Subterránea (Es).

Por tanto, habría que definir, por un lado:

- **MASUB superiores**: someras, superficiales, freáticas, conectadas a humedales, cauces y ecosistemas fluviales, con pozos poco profundos que solo interceptan el flujo subterráneo fluvial (Es) y

- **MASUB inferiores**: con flujo subterráneo profundo, desconectadas de los cursos fluviales y de sus ecosistemas y humedales asociados y cuyos recursos naturales se transfieren lateralmente a otras MASUB o al mar.

Justo lo que venimos viendo en los sucesivos **planes hidrológicos de la cuenca del Duero**, donde se definen MASUB superiores e inferiores, cono normativa específica diferenciada, como veremos más adelante.

Otra interpretación que podemos hacer es entender el concepto de "tasa de recarga total" de la Directiva Marco, y los de "infiltración de lluvia" y "retornos de riego" de la definición de Recarga del RPH, como agua subterránea bruta.

Y, por tanto, la tasa de recarga total sería la Infiltración (I). Es decir, la suma de la Es y la R.

A esa suma, ahora ya relacionada con ecosistemas fluviales, es a la que habría que restar el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada para evitar daños significativos a los ecosistemas terrestres asociados.

En definitiva:

TASA DE RECARGA TOTAL = Infiltración (I) = ESCORRENTÍA SUBTERRÁNEA (Es) + RECARGA (R).

Que hay un flujo subterráneo profundo distinto del fluvial ya lo hemos acreditado exhaustivamente anteriormente. Pero es preciso aclarar que **la cuantificación de la parte de los recursos naturales que circulan por los acuíferos inferiores (R) para poder planificar su uso sostenible**, **no es hacer "minería del agua"**, es decir sobreexplotar las reservas existentes como si de una mina de carbón se tratara. No hablamos de vaciar un embalse subterráneo, sino de interceptar el flujo profundo que se transfiere a otras cuencas hidrográficas o al mar.

Visualmente lo podemos recordar en el extracto del ciclo del agua del BGR de la Figura 39 siguiente, que ya pusimos anteriormente pero que aquí ahora hacemos “zum” en los conceptos 11, 12, 13 y sobre todo 22.

Vemos con absoluta claridad cómo el agua que llueve en las montañas (11) se infiltra en un acuífero calizo (12) que se hunde por debajo del mar (amarillo claro). Dentro de él, el agua fluye en profundidad hasta emerger en la plataforma marina (22): Submarine Groundwater Discharge.

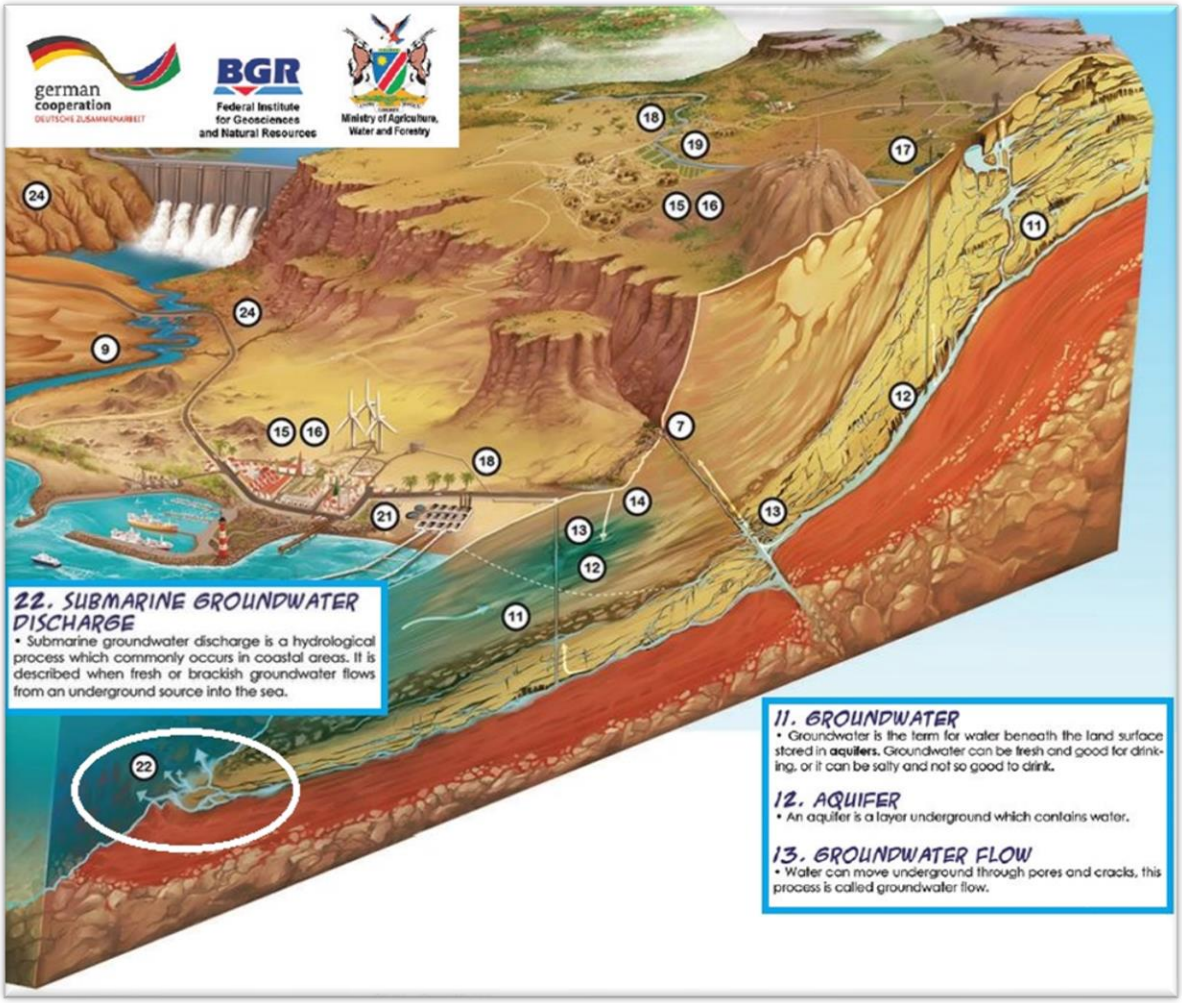


Figura 39 Extracto del ciclo del agua del BGR donde queremos destacar el flujo subterráneo profundo que se mueve dentro de un acuífero confinado desde las montañas hasta emerger en el fondo del mar

VALOR DE LA TASA DE RECARGA TOTAL EN LA SUBZONA ALTO GUADIANA SI EL PORCENTAJE DE ETR/P FUERA EL MISMO QUE EL DE LA CUENCA DEL GUADIANA

Considerando la hipótesis muy probable, como decíamos antes, de que, en el caso de la serie temporal corta del Plan 2021-2027 en la subcuenca del Alto Guadiana **el porcentaje de la ETR respecto a la P no sea superior a la media del conjunto de la cuenca del Guadiana** (86,1%); y de que el valor de la E sea el mismo que tenía en el Plan 2015-2021 (32 mm), **la Recarga (R) sería de 26,5 mm** para que la ecuación del balance hídrico ajuste.

En ese caso, la Recarga (R) sería de 501 hm^3/año. Como la Escorrentía Subterránea (Es) es de 16,4 mm para la serie corta, según dicho Plan, el volumen de la Es sería de 311 hm^3/año (16,4 mm x 18.900,9 km^2).

Por tanto, la TASA DE RECARGA TOTAL en la subcuenca Alto Guadiana sería de **812 hm^3/año**. Ver Tabla 8.

Tabla 8 Simulación del valor de la Recarga para la serie corta en la subcuenca Alto Guadiana suponiendo un porcentaje de la ETR con respecto a la P del 86,1% como en el conjunto de la cuenca del Guadiana. Si entendemos como "tasa de recarga total" la Infiltración (Es +R) su valor sería de 811,6 hm³/año

Plan 27	S(ha)		SERIE CORTA								
			P	ETR	RN	%(ETR/P)	E	Es	R	R + Es	(P-ETR)/(E +R)
Subzona Alto G	1.890.090	mm	420,0	361,5	58,5	**86,1**	32,0	16,4	26,5	42,9	1,00
		hm3	7.937,6	6.832,7	**1.104,9**		604,8	310,7	500,9	811,6	1,00

Y **el valor de los RECURSOS DISPONIBLES DE AGUA SUBTERRÁNEA del conjunto de la <u>subzona Alto Guadiana</u>** sería esa TASA DE RECARGA TOTAL de 812 hm³/año **menos el valor del flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica** para el agua superficial asociada para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados.

Dicho valor de la TASA DE RECARGA TOTAL en la <u>subcuenca Alto Guadiana</u> sería la suma de la de todas las MASUB de la misma.

VALOR DE LA TASA DE RECARGA TOTAL EN EL ALTO GUADIANA SI LA ETR FUERA EL 75% DE LA P

Consideramos ahora la hipótesis de que **el porcentaje de la ETR respecto a la P** la serie temporal corta del Plan 2021-2027 en la subcuenca del Alto Guadiana fuera del **75% de la P** y, como en el supuesto anterior, que el valor de la E sea el mismo que tenía en el Plan 2015-2021 (32 mm).

En ese caso la ETR sería de 315 mm (manteniendo la P en 420 mm) y **la Recarga (R) de 72,5 mm** para que la ecuación del balance hídrico ajuste.

Ahora la Recarga (R) sería de **1.370 hm^3/año**. La Escorrentía Subterránea (Es) se mantendría en los 16,4 mm para la serie corta, es decir de 311 hm^3/año (16,4 mm x 18.900,9 km^2).

Por tanto, la TASA DE RECARGA TOTAL en la subcuenca Alto Guadiana sería de **1.681 hm^3/año**. Ver Tabla 9.

Tabla 9 Simulación del valor de la Recarga para la serie corta en la subcuenca Alto Guadiana suponiendo un porcentaje de la ETR con respecto a la P del 75%. Si entendemos como "tasa de recarga total" la Infiltración (Es +R) su valor sería de 1.681,0 hm³/año

Plan 27	S(ha)		SERIE CORTA								
			P	ETR	RN	%(ETR/P)	E	Es	R	R + Es	(P-ETR)/(E +R)
Subzona Alto G	1.890.090	mm	420,0	315,0	105,0	**75,0**	32,0	16,4	72,5	88,9	1,00
		hm3	7.937,6	5.953,8	**1.983,8**		604,8	310,7	1.370,3	1.681,0	1,00

Y como en la simulación anterior, el valor de los RECURSOS DISPONIBLES del conjunto de las MASUB de la subzona Alto Guadiana sería esa TASA DE RECARGA TOTAL de **1.681 hm³/año** menos el valor del flujo interanual medio requerido en cada caso para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada.

Por tanto, es muy importante acotar lo qué se debe entender por tasa de recarga total de la mencionada Directiva y cuál es su valor real.

EL CÁLCULO DE LAS 4 COMPONENTES DE LA RECARGA

Como decíamos antes, tanto el Artículo 10 del RPH como el Apartado 2.3.2 de la Instrucción de Planificación Hidrológica, en adelante IPH, (Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica) establecen que los componentes de la Recarga (R) de una MASUB son cuatro: infiltración de lluvia, retornos de riego, aportaciones laterales de otras masas e infiltración desde los cauces de los ríos.

La IPH concreta en el Apartado 5.2.4.1 Estado Cuantitativo, que los RECURSOS RENOVABLES de una MASUB son la Recarga (R): infiltración de la lluvia, retorno de regadío, transferencias desde otras masas de agua subterránea y pérdidas en el cauce.

RECARGA = RECURSOS RENOVABLES

Pues bien, es de sumo interés saber cómo se calculan esas 4 componentes. En el Plan del Júcar, por ejemplo, vemos con detalle, en la Tabla 47 de su Anexo 2: Recursos Hídricos, el valor de dichas compontes por cada MASUB obtenidas mediante un programa informático distinto del que se utiliza para estimar la Escorrentía (E) (el modelo SIMPA del CEDEX) y que se denomina PATRICAL. Ver Figura 40.

En el Plan del Guadiana, en cambio, no vemos esa misma tabla y no sabemos cómo se han calculado dichos recursos renovables para cada MASUB.

Código Masa	Nombre Masa	Recarga Lluvia	Pérdidas de río	Entradas laterales	Salidas laterales	Retorno Total	RECURSO RENOVABLE
080-185	Agost - Monnegre	2,05	1,39	2,89	4,97	0,32	1,67
080-186	Sierra del Cid	2,96	0,15	0,10	2,37	1,22	2,05
080-189	Sierra de Crevillente	1,17	0,00	1,58	0,00	0,25	3,00
080-191	Maestrazgo Occidental	65,33	10,47	40,64	87,41	0,29	29,33
080-192	Maestrazgo Oriental	87,91	11,80	82,85	47,14	3,93	139,36
080-193	Alpuente superior	18,44	0,73	0,00	6,07	0,13	13,23
080-194	Alpuente inferior	21,75	2,37	6,99	0,00	0,16	31,28
080-195	Plana de València Norte	27,35	4,13	41,19	0,00	51,96	124,62
080-196	Sierra Grossa	55,02	9,02	19,45	28,14	8,29	63,64
080-197	Sierra de la Oliva	3,92	0,11	0,85	1,93	0,37	3,32
080-198	Cuchillo - Moratilla	0,47	0,04	0,21	0,00	0,23	0,95
080-200	Mancha Oriental	174,50	57,82	89,63	4,23	71,19	388,91
080-202	Pinar de Camús	8,34	0,03	2,68	0,00	0,14	11,20
080-203	Cabranta	6,52	0,18	0,06	2,60	0,00	4,16
080-210	Sierra de Argallet	0,72	0,01	1,38	1,02	0,02	1,10
080-211	Bajo Vinalopó	18,73	9,65	4,97	0,00	15,20	48,55

Tabla 49. Recurso renovable por masa de agua subterránea (hm^3/año).

Figura 40 Extracto de la Tabla 49 del Anexo 2 Recursos Hídricos del Plan del Júcar 2021-2027 donde vemos calculadas las 4 componentes de los recursos renovables de cada MASUB

EL AGUA ALMACACENADA EN LAS MASUB: LAS RESERVAS

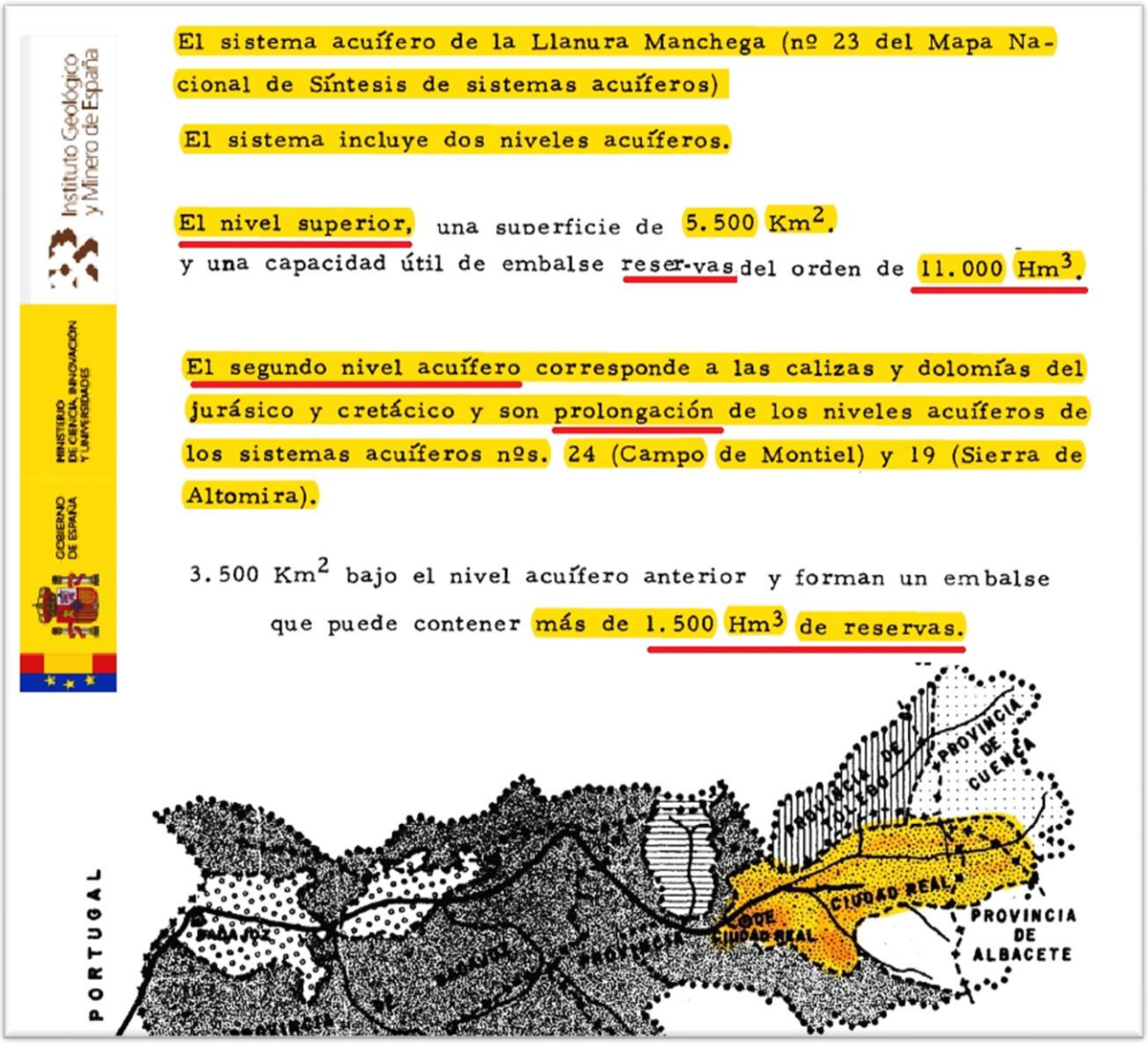
La Directiva 2000/60/CE y la Ley de Aguas definen una MASUB como un volumen claramente diferenciado de agua subterránea en un acuífero o acuíferos.

Por tanto, **la MASUB** no es caudal (volumen que pasa por una sección en un tiempo dado), eso serían los recursos renovables. **Es el volumen de agua que reside permanentemente en el acuífero**, que ya está almacenado en él.

Si hacemos la comparación con un embalse superficial, la MASUB es el agua almacenada en el pantano, no el caudal que entra y sale de él.

En definitiva, **la MASUB es lo que el IGME**, en los estudios del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PNIAS) de los años 70 del siglo pasado y estudios posteriores, **definió como Reservas**.

En ese estudio estimó, en la Llanura Manchega, **para el acuífero superior** (calizas lacustres del Mioceno) **unas reservas de 11.000 hm^3**, **y para el acuífero inferior** (calizas y dolomías del Cretácico y del Jurásico), **de 1.500 hm^3**. Ver Figura 41.



El sistema acuífero de la Llanura Manchega (nº 23 del Mapa Nacional de Síntesis de sistemas acuíferos)

El sistema incluye dos niveles acuíferos.

El nivel superior, una superficie de 5.500 Km^2.
y una capacidad útil de embalse reser-vas del orden de 11.000 Hm^3.

El segundo nivel acuífero corresponde a las calizas y dolomías del jurásico y cretácico y son prolongación de los niveles acuíferos de los sistemas acuíferos nºs. 24 (Campo de Montiel) y 19 (Sierra de Altomira).

3.500 Km^2 bajo el nivel acuífero anterior y forman un embalse que puede contener más de 1.500 Hm^3 de reservas.

Figura 41 Extracto del informe técnico del PNIAS del IGME donde se estimas las reservas de agua subterránea de la Llanura Manchega

Ya en 1966, el prestigioso Hidrogeólogo e Ingeniero de Caminos Ramón Llamas Madurga, en la publicación antes citada de la Revista de Obras Públicas titulada "*Los embalses subterráneos en la planificación hidráulica*", estimaba en 40.000 hm^3 el agua embalsada en los acuíferos de la cuenca del Guadiana y en 358.000 hm^3 la del conjunto de la España peninsular, como vemos en la Figura 42.

Depósito Legal: M-156-1958
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Contacto:
Colegio de Caminos, Canales y Puertos
Almagro, 42. 28010 (Madrid)
Tel.: 913 08 19 88 Fax. 913 19 15 31
rop@ciccp.es

LOS EMBALSES SUBTERRANEOS EN LA PLANIFICACION HIDRAULICA

Por M. R. LLAMAS
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Dr. en Ciencias Geológicas del Servicio Geológico de Obras Públicas.

Fuente: 1966, 114, tomo I (3016): 591-604
http://ropdigital.ciccp.es/detalle_articulo.php?registro=16893&anio=1966&numero_revista=3016

1. Cuenca	Norte	Duero	Tajo	Guadiana	Guadalquivir	Sur	Segura	Júcar	Ebro	Pirineo	Total
2. Extensión (Km.²)	53 430	79 330	56 750	60 270	61 060	20 860	16 160	43 090	86 000	16 560	493 510
9. Evapotranspiración real media anual (Hm.³)	36 000	41 000	28 100	34 300	39 000	9 000	8 600	18 400	33 000	10 000	257 600
10. Flujo anual subterráneo al mar (Hm.³)	1 500	—	—	200	700	400	200	800	100	400	4 300
11. Escorrentía media anual superficial (Hm.³)	32 600	8 000	6 000	2 800	4 800	1 900	600	2 200	18 000	1 000	77 900
12. Aportación media anual de los embalses subterráneos a los ríos (Hm.³).	4 000	3 000	1 100	500	1 800	200	300	700	3 000	600	15 200
13. Evapotranspiración real media anual (m.)	0,67	0,51	0,50	0,57	0,63	0,43	0,53	0,42	0,39	0,61	0,52
14. Flujo anual subterráneo al mar (m.)	0,03	—	—	0,003	0,01	0,02	0,01	0,02	0,001	0,02	0,01
15. Escorrentía media anual superficial (m.)	0,60	0,10	0,10	0,05	0,08	0,09	0,04	0,05	0,20	0,08	0,16
25. Reserva de los embalses subterráneos entre 10 y 60 m. de profundidad (Hm.³)	25 000	60 000	30 000	40 000	50 000	10 000	15 000	40 000	80 000	8 000	358 000

Figura 42 Extracto de la tabla del balance de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas de la España peninsular (Llamas, 66) donde se estima un volumen de 40.000 hm³ de Reservas embalsadas en los acuíferos de a la cuenca del Guadiana

Más adelante, en el *Libro Blanco del Agua en España* del año 2.000, del entonces Ministerio de Medio Ambiente, que ha servido de base metodológica hasta ahora para la elaboración de los planes hidrológicos, vemos en su Tabla 23 de la página 139 dichos valores por cuencas hidrográficas, asignándosele a la cuenca del Guadiana una Reservas de 2.800 hm³, valor este muy inferior a los antes referidos.

Además, dicho estudio debe tomarse con cautela, ya que en dicha tabla no se cuantifican, curiosamente, las Reservas de la cuenca del Segura. En efecto, en la casilla correspondiente aparece un guion, como se ve en la Figura 43 siguiente, cuando el IGME las había estimado en unos 100.000 hm³.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE ESTADO DE AGUAS Y COSTAS

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS Y CALIDAD DE LAS AGUAS

2000

Libro blanco del agua en España

Libro Blanco del Agua en España

Tabla 23. Estimación de las reservas de aguas subterráneas (hm³) en distintas cuencas

Cuenca	Reservas (hm³)
Norte	7.700
Duero	43.600
Tajo	4.700
Guadiana	2.800
Guadalquivir	11.000
Sur	5.600
Segura	-
Júcar	79.100
Ebro	12.800
C.I. Cataluña	12.600

139

Figura 43 Reproducción de la Tabla 23 del Libro Blanco del Agua donde se calcularon las Reservas embalsadas en los acuíferos de la cuenca del Guadiana en 2.800 hm³

En cambio, en el actual proceso de planificación al amparo de la Directiva Marco del Agua, seguimos sin ver en el Plan Hidrológico 2021-2027 el volumen estimado de las reservas de agua de subterránea de las distintas MASUB del Guadiana.

Y esto es muy importante, pues el agua subterránea embalsada en los acuíferos ejerce una inercia muy importante en los periodos de sequía que se compensa en los de mayor precipitación, haciendo que los impactos de los periodos secos sean menores.

El Reglamento de Planificación Hidrológica (Real Decreto 907/2007 de 10 de julio, en adelante RPH), en su Artículo 11: Inventario de recursos hídricos naturales, **obliga a cuantificar el volumen de agua que hay en los almacenamientos naturales subterráneos**; es decir: en los acuíferos. Ver Figura 44.

Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.

Artículo 11. *Inventario de recursos hídricos naturales.*

1. Por inventario de recursos hídricos naturales se entenderá la estimación cuantitativa, la descripción cualitativa y la distribución temporal de dichos recursos en la demarcación hidrográfica. En el inventario se incluirán las aguas que contribuyan a las aportaciones de los ríos y las que alimenten almacenamientos naturales de agua, superficiales o subterráneos.

Figura 44 El RPH establece la obligación de cuantificar los almacenamientos naturales de agua subterránea (reservas)

MASAS SUPERIORES E INFERIORES

La cuenca del Guadiana cuenta con **estudios hidrogeológicos del IGME** (PNIAS y otros posteriores) en los que se definieron acuíferos superiores e inferiores en la vertical del terreno e independientes entre sí. Es decir, MASUB superiores e inferiores (Figuras 45 y 46).

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN | MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

Instituto Geológico y Minero de España | DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

Caracterización adicional

Mancha occidental II, 041.006

Descripción hidrogeológica: **MASA INFERIOR**

Los depósitos mesozoicos conforman un acuífero carbonatado, de régimen confinado o semiconfinado con porosidad secundaria por fisuración y karstificación y permeabilidad media-alta. La extensión de afloramiento alcanza los 30 km^2. Están constituidos por calizas, dolomías, gravas y areniscas, depositados sobre los materiales arcillosos y yesíferos triásicos que forman la base de baja permeabilidad. Presentan una potencia máxima de 685 m y se identifican como la continuación de los sistemas acuíferos de Campo de Montiel y Calizas de Altomira. En los tramos superiores se intercalan niveles detríticos semipermeables que actúan como acuitardo, conectando los dos acuíferos. Presenta una transmisividad entre 200 y 6000 m2/día y un coeficiente de almacenamiento de 0,004.

MASA SUPERIOR

El acuífero superior, con régimen hidráulico libre, porosidad intergranular y permeabilidad media, está formado por depósitos detríticos, calizas, calizas margosas y localmente rañas. El principal material acuífero son las calizas miocenas, con una extensión de afloramiento de 553.9 km^2, y con espesores medios de 97 m pudiendo alcanzarse localmente hasta 120 metros en el centro de la cuenca. Se ha calculado una transmisividad entre 50 y 20000 m^2/día y un coeficiente de almacenamiento entre 0,02 y 0,2.

Figura 45 Extracto del informe de caracterización adicional de las MASUB en riesgo del Guadiana elaborado por el IGME en el que se diferencian dos acuíferos superpuestos en la Mancha Occidental II

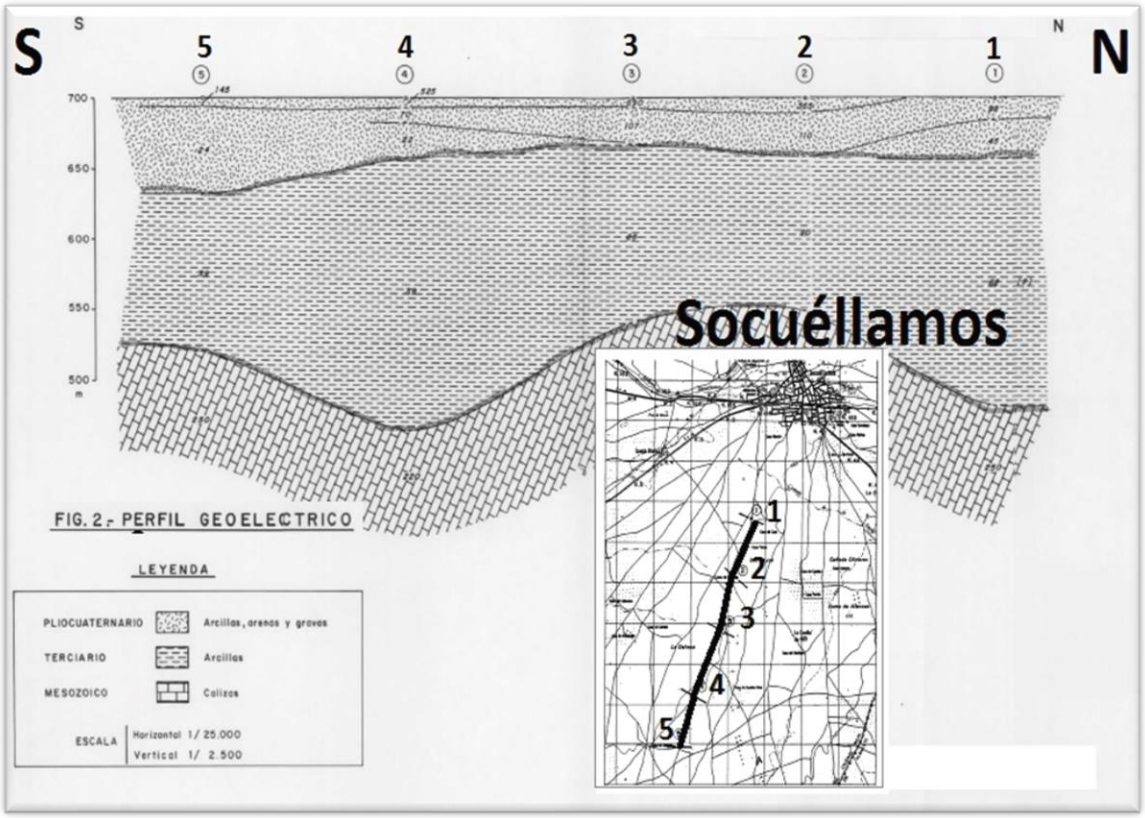


Figura 46 Corte geofísico aproximadamente norte sur, al sur de Socuéllamos, donde se caracteriza una estructura en profundidad conformada por un acuífero superior separado de las calizas del Cretácico y del Jurásico por un paquete de unos 100 metros de arcillas impermeables

Son exhaustivos los estudios oficiales de dicho organismo, realizados también en colaboración con el antiguo IRYDA y la desaparecida empresa nacional ENADIMSA, que demuestran científicamente, mediante sondeos mecánicos profundos, geofísica, análisis químicos de las distintas aguas, ensayos de bombeo e incluso mapas piezométricos, la existencia de MASUB superiores y MASUB inferiores superpuestas en la misma vertical y sin conexión entre ambas.

Esos acuíferos diferenciados verticalmente se denominan ahora también “horizontes”: horizonte superior y horizonte inferior, como

vemos con absoluta claridad en los propios documentos del Plan Hidrológico del Guadiana 2022-2027, concretamente en el Anejo 2, Apéndice 15 del que extractamos las dos imágenes siguientes de las Figuras 47 y 48.

En ellas vemos el caso concreto, a modo de ejemplo, de la MASUB Mancha Occidental II (MO II). Donde se habla de "***dos horizontes (superior e inferior) separados por una zona no acuífera que los aísla*** *[…]".* Y añade en esa misma página 23 algo que consideramos crucial y definitivo, que:

"*El acuífero superior Mio-Plioceno, de naturaleza detrítica y carbonatada se sitúa en MO I* [Mancha Occidental 1]*, mientras que* ***en MO II y Rus-Valdelobos el superior se superpone a otro acuífero mesozoico carbonatado***". El resaltado en negrita es nuestro (Figura 47).

ANEJO 2: CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN RIESGO DE NO ALCANZAR LOS OBJETIVOS AMBIENTALES.
Plan Hidrológico del tercer ciclo de planificación: 2022–2027.

APÉNDICE 15.- MSBT: ES040MSBT000030611 - MANCHA OCCIDENTAL II

Se debe tener en cuenta las características de la MSBT MO II en el contexto de antigua UH Mancha Occidental, debido a las relaciones hidrogeológicas tan importantes entre las MSBT Mancha Occidental I y II, y su diferenciación debido a razones físicas que ponen de manifiesto la existencia en MO I de un solo horizonte acuífero superior, mientras que en MO II existen dos horizontes (superior e inferior) separados por una zona no acuífera que los aísla, a continuación se realiza una descripción hidrogeológica en sentido amplio. El acuífero superior Mio-plioceno, de naturaleza detrítica y carbonatada se sitúa en MO I, mientras que en MO II y Rus-Valdelobos el superior se superpone a otro acuífero mesozoico carbonatado.

Página 23 de 77

Figura 47 Extracto del Anejo 2, página 23. Definición de los horizontes (acuíferos superpuestos) que hay en las MASUB Mancha Occidental I y II y en Rus-Valdelobos separados "*por una zona no acuífera que los aísla*". El Plan del Duero a los

horizontes superiores e inferiores los eleva a la categoría de MASUB superpuestas, con todas las consecuencias que esto lleva en aplicación de la D/2000/60/CE

Más adelante en la página 58 se vuelve a enfatizar en estas afirmaciones tan reveladoras porque por fin, están en consonancia con aquellos estudios del IGME citados. Ver Figura 48.

ANEJO 2: CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN RIESGO DE NO ALCANZAR LOS OBJETIVOS AMBIENTALES.
Plan Hidrológico del tercer ciclo de planificación: 2022–2027.

APÉNDICE 15.- MSBT: ES040MSBT000030611 - MANCHA OCCIDENTAL II

El equilibrio entre las transferencias del flujo subterráneo entre las MSBT Mancha Occidental I y II son fundamentales para el funcionamiento y buen estado de las zonas húmedas y las Tablas de Daimiel, si bien la diferenciación entre estas dos masas se debe a criterios hidrogeológicos y de gestión. Los estudios más recientes señalan que su diferenciación se debe a razones físicas que ponen de manifiesto la existencia en MO I de un solo horizonte acuífero superior, mientras que en MO II existen dos horizontes (superior e inferior) separados por una zona no acuífera que los aísla. Concretamente, el acuífero superior mio-plioceno, de naturaleza detrítica y carbonatada se sitúa en MO I, mientras que en MO II y Rus-Valdelobos el superior se superpone a otro acuífero mesozoico carbonatado.

Página 58 de 77

Figura 48 Extracto del Anejo 2, página 58. Aquí se vuelve a insistir en el esquema conceptual de la Llanura Manchega conformada por dos horizontes: uno superior y otro inferior (acuíferos superpuestos) separados "*por una zona no acuífera que los aísla*"

En coherencia con el modelo conceptual expuesto en dicho Apéndice 15, en el documento Anejo 9: Apéndice 1, denominado *Valoración del estado de las masas de agua subterránea*, concretamente en la tabla de su epígrafe 6: Red de seguimiento del estado cuantitativo de las masas de agua se indican **qué piezómetros de la red oficial están emplazados en el acuífero inferior (AC.INF.) y cuáles en el superior (AC.SUP)**. O dicho de otro modo y siguiendo la nueva terminología empleada en el Plan del Guadiana y en el del Duero: cuáles captan el horizonte superior o cuáles el inferior.

Para comprobar que esto es así, basta con mirar el extracto de dicha tabla que se muestra a continuación en la Figura 49.

ANEJO 9: VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA.
Plan Hidrológico del tercer ciclo de planificación: 2022–2027.

CÓDIGO OFICIAL	X (ED50)	Y (ED50)	X_ETRS 89	Y_ETRS8 9	Z (MDT OPH)	Profun-didad (m)	MASA DE AGUA SUBTE-RRÁNEA	UNIDAD HIDRO-GEOLÓGICA	TÉRMINO MUNICIPAL	PROVINCIA
04.04.330	439968	4332575	439857	4332368	613,00	61	MANCHA OCCIDENTAL I	MANCHA OCCI-DENTAL	Daimiel	Ciudad Real
04.04.331	455949	4333000	455838	4332792	624,00		MANCHA OCCIDENTAL I	MANCHA OCCI-DENTAL	Daimiel	Ciudad Real
04.04.001P	504854	4355340	504746	4355132	653,44	337	MANCHA OCCIDENTAL II (AC. INF)	MANCHA OCCI-DENTAL	Tomelloso	Ciudad Real
04.04.328	495651	4323831	495540	4323623	696,00	113	MANCHA OCCIDENTAL II (AC. INF)	MANCHA OCCI-DENTAL	Argamasilla de Alba	Ciudad Real
04.06.005	532339	4328432	532229	4328224	822,45	67	MANCHA OCCIDENTAL II (AC. INF)	CAMPOS DE MONTIEL	Villarrobledo	Albacete
04.06.205	531200	4330233	531090	4330023	805,40	138	MANCHA OCCIDENTAL II (AC. INF)	CAMPOS DE MONTIEL	Villarrobledo	Albacete
04.06.219	533230	4327775	533120	4327567	820,95	46	MANCHA OCCIDENTAL II (AC. INF)	CAMPOS DE MONTIEL	Villarrobledo	Albacete
04.04.001C	504844	4355343	504734	4355135	653,44	50	MANCHA OCCIDENTAL II (AC. SUP)	MANCHA OCCI-DENTAL	Tomelloso	Ciudad Real
04.04.004	519050	4362331	518940	4362123	679,46	122	MANCHA OCCIDENTAL II (AC. SUP)	MANCHA OCCI-DENTAL	Mesas (Las)	Cuenca
04.04.008	497142	4351236	497032	4351028	644,33	217	MANCHA OCCIDENTAL II (AC. SUP)	MANCHA OCCI-DENTAL	Arenales de San Gregorio	Ciudad Real

ANEJO 9. APÉNDICE 1 Pág. 139 de 147

Figura 49 Extracto de la tabla del epígrafe 6: *Red de seguimiento del estado cuantitativo de las masas de agua* del Anejo 9, Apéndice 1, página 139. En ella se indica qué piezómetros de la Red Oficial de Piezometría de la cuenca del Guadiana están emplazados en el acuífero inferior (AC.INF.) y cuáles en el acuífero superior (AC.SUP). O dicho de otro modo y siguiendo la nueva terminología empleada en el Plan del Guadiana y en el del Duero: cuáles captan el horizonte superior o cuáles el inferior. Al Plan del Guadiana le falta, por tanto, elevar dichos horizontes a la categoría de MASUB, como ya ha hecho el Plan del Duero

Como vemos, el **Plan del Guadiana** en fase de consultas no solo mantiene y acepta el esquema conceptual de dos acuíferos superpuestos que ya fueran definidos por el IGME a finales de los años 70, sino que **los piezómetros de su Red Oficial de Piezometría los**

tienen perfectamente identificados con piezómetros diferentes para cada uno de ellos.

Entonces, la pregunta que nos surge es: ¿por qué no ha definido esos horizontes o acuíferos superpuestos como MASUB independientes, como hace el Plan Hidrológico del Duero y recientemente también el del Segura?

El Plan del Duero incluso establece en su Normativa pautas distintas para el otorgamiento de concesiones de forma diferenciada si se trata del superior o del inferior, y prescripciones técnicas para no comunicar los caudales de ambas en la ejecución de sondeos.

En efecto, El Plan Hidrológico del Duero 2022-2027 en su Normativa define **12 MASUB superiores y 52 MASUB inferiores** y contabiliza sus recursos renovables de forma independiente y diferenciada. Algo que está previsto en la IPH.

Como vemos en la Figura 50, las MASUB también se definen como “horizonte superior” y “horizonte inferior”. Esta catalogación, es decir, el ser acuíferos superiores e inferiores superpuestos en un mismo punto del terreno, es lo que les hace adquirir la condición de MASUB con todo lo que ello implica en aplicación de la Directiva 2000/60/CE y la Ley de Aguas.

También vemos, al final de dicha figura, que **cada horizonte (o acuífero o MASUB) tiene sus propios piezómetros** y son diferentes de los de las demás MASUB.

Normativa. Plan Hidrológico de la parte española de la DH del DUERO (2022-2027)

Sección II. Masas de agua subterránea

Artículo 7. *Identificación de las masas de agua subterránea*

Para dar cumplimiento al artículo 9 del RPH, el presente Plan Hidrológico identifica 64 masas de agua subterránea en su cuenca, que figuran relacionadas en el apéndice 4.1. Dichas masas se clasifican en 2 grupos de horizontes o niveles acuíferos superpuestos; un Horizonte superior, con 12 masas, y otro Horizonte general o inferior, con 52 masas.

Anexo IV. Plan Hidrológico de la parte española de la DH del DUERO (2022-2027)

APÉNDICE 4. MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Apéndice 4.1. Listado de masas de agua subterránea.

CÓDIGO MASA	CÓDIGO UE	NOMBRE DE LA MASA	HORIZONTE	SUPERFICIE (km^2)
400001	ES020MSBT000400001	La Tercia-Mampodre-Riaño	Inferior o general	2.231,83
400008	ES020MSBT000400008	Aluviales del Esla-Cea	Superior	1.045,81
400009	ES020MSBT000400009	Tierra de Campos	Inferior o general	3.270,38
400010	ES020MSBT000400010	Carrión	Inferior o general	1.382,61
400011	ES020MSBT000400011	Aluvial del Órbigo	Superior	370,15

Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero Revisión de tercer ciclo (2022-2027)

ANEJO 8.1
PROGRAMAS DE CONTROL DE LAS MASAS DE AGUA

APÉNDICE II.
ESTACIONES Y PROGRAMAS DE CONTROL DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Anejo 8.1. Apéndice II. Estaciones y programas de control de las masas de agua subterránea

Cód. estación control (id MIRAME)	Nombre estación control	Tipo estación	Cód. piezometría	Cód. calidad	Profundidad	Código MASb	Horizonte MASb	Latitud	Longitud
2900092	VA.VILLALAR DE LOS COMUNEROS	Piezómetro	PZ0238012		340	400038	Inferior o general	41,52680	-5,17475
2900115	VA.BERCERO	Piezómetro	PZ0238013		110	400038	Inferior o general	41,51574	-5,11257
2900117	PA.VILLALCON	Piezómetro	PZ0210006		250	400010	Inferior o general	42,27390	-4,82571
2900118	VA.RENEDO DE ESGUEVA	Piezómetro	PZ0267014		230	400067	Inferior o general	41,66007	-4,62946
2900119	ZA.ALGODRE	Ambos	PC0238001	PC0238003	235	400038	Inferior o general	41,58395	-5,59669
2900120	PA.AMPUDIA	Piezómetro	PZ0232001		25	400032	Superior	41,88021	-4,73555
2900121	VA.PEÑAFLOR DE HORNIJA	Piezómetro	PZ0232003		25	400032	Superior	41,72255	-5,01430
2900122	VA.VILLALBA DE LOS ALCORES	Piezómetro	PZ0232002		27	400032	Superior	41,84337	-4,85712
2900123	BU.ISAR	Piezómetro	PZ0216007		224,3	400016	Inferior o general	42,35790	-3,93605

Figura 50 En la siguiente imagen se recogen tres extractos del Plan Hidrológico del Duero 2022-2027. Arriba y centro vemos cómo la Normativa prevista cataloga 12 masas superiores y 52 masas inferiores, y sus nombres en su Apéndice 4. Abajo, vemos un extracto del Anejo 8.1. sobre el nombre de los piezómetros de la red oficial identificando a qué masa (superior o inferior) monitoriza cada uno de ellos

Entonces, y volviendo al Plan del Guadiana: si tenemos claro que el esquema conceptual es el mismo del Plan de Duero (con acuíferos superiores e inferiores en la misma vertical del terreno, separados por estratos impermeables que los aíslan) y además contamos con piezómetros específicos para cada uno de ellos: ¿por qué no se ha dado el paso siguiente y se han definido las MASUB correspondientes: superiores e inferiores como en el Plan del Duero?

Tenemos que pensar, por tanto, que el trabajo no está terminado y falta ese paso tan importante: el establecer una Normativa y unas directrices concretas para cada MASUB. Tenemos que saber si la MASUB superior está en buen estado cualitativo o químico al igual que lo mismo debemos conocer de la MASUB inferior.

Asimismo, debemos establecer el **balance de <u>recursos disponibles</u> de cada una de ellas**, calcular **la Recarga**, los índices de explotación **y el volumen de las extracciones de forma diferenciada para la superior de la inferior**. También y como es lógico, **la calidad químicas** de sus aguas: concretamente **los contenidos en nitratos** muestreando en los pozos emplazados en las MASUB superiores de las MASUB inferiores de forma independiente.

Por tanto, resulta descorazonador, por lo que ello implica en la economía, en el desarrollo sostenible y en las estrategias para frenar el despoblamiento en el Alto Guadiana, que su Plan diga y reconozca que **no se ha calculado la Recarga de las MASUB inferiores** (acuíferos confinados) y que solo se han hecho los cálculos para el horizonte superficial, como podemos leer en la página 61 del Anexo3: *Inventario de recursos hídricos*. Ver el texto en Figura 51 siguiente.

ANEJO 3: INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS.
Plan Hidrológico del tercer ciclo de planificación: 2022–2027.

En relación a las masas de agua subterráneas, el CEDEX ha aportado los cambios porcentuales en la recarga subterránea en cada una de las masas de agua subterránea para el horizonte 2039 y en cada una de las 4 estaciones meteorológicas. El método de cálculo ha consistido en asignar los valores absolutos de recarga calculados para cada celda de 1 km² de las MASb del informe "Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España (2015-2017)" a las nuevas MASb en aquella superficie común. Ello se ha llevado a cabo para cada proyección climática, estación climática y periodo de 30 años. Siempre se ha considerado la MASb del horizonte más superficial, no pudiéndose calcular la recarga en acuíferos confinados.

ANEJO 3 Pág. 61 de 65

Figura 51 Vemos cómo el Plan del Guadiana 2022-2027 admite que no ha calculado la Recarga de los acuíferos inferiores (confinados) y que solo se han hecho los cálculos para el horizonte superior (superficial)

Por último, no podemos compartir el razonamiento que hace la Demarcación del Guadiana en la contestación a las aportaciones a los Documentos Iniciales del Plan 21-27 de que, a efectos prácticos los acuíferos están conectados por sondeos profundos y que, por tanto, se trata de la misma masa. Tal razonamiento nos llevaría a decir también que por qué se separan masas fluviales de subterráneas superficiales si están conectadas.

Pero además hay muchas evidencias de que esa simplificación no es cierta. Traemos aquí una. La evolución piezométrica de dos piezómetros de la MASUB Rus-Valdelobos (04.04.223 y 04.04.289) ubicados en el mismo municipio (El Provencio). Ver Figura 52.

En el periodo temporal que va desde 2010 a 2016, el primero evoluciona más o menos estable a la cota topográfica de unos 709

msnm, y el segundo a la 676, **33 metro más profundo**. Esta es una de las muchas evidencias de que en la subzona Alto Guadiana, como en la cuenca del Duero hay MASUB superiores e inferiores independientes superpuestas y desconectadas hidráulicamente unas de otras.

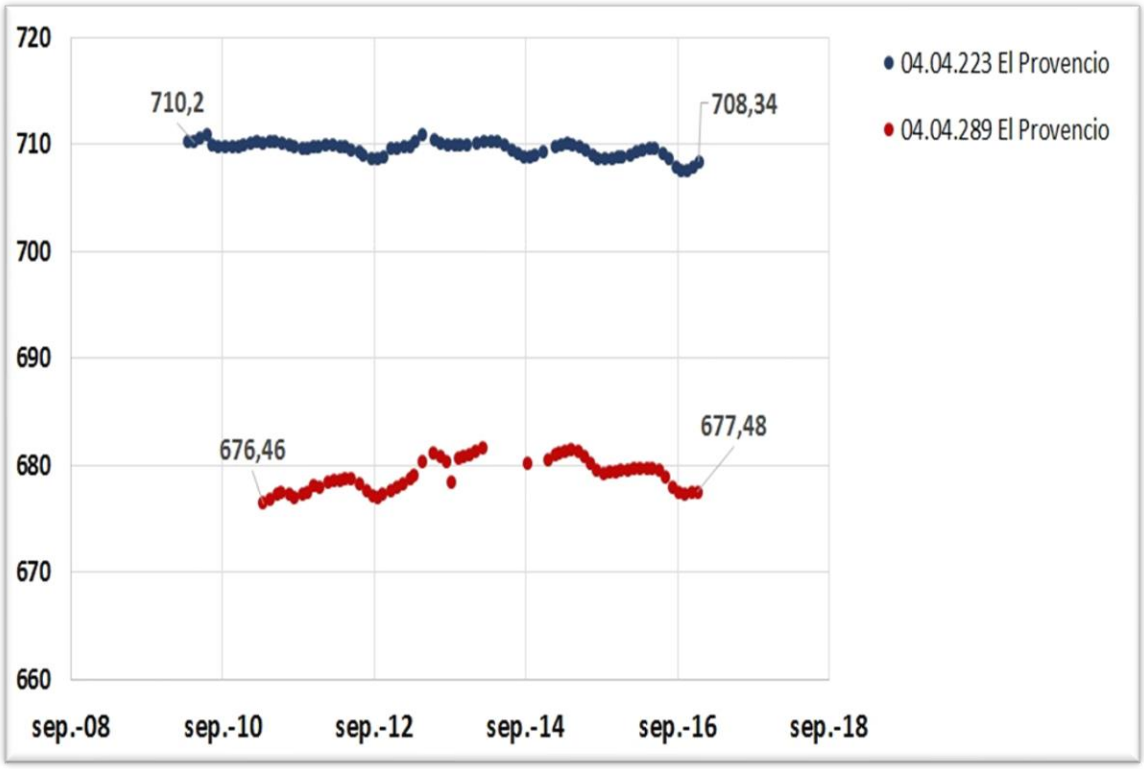


Figura 52 Evolución de la cota topográfica del nivel del agua subterránea en dos piezómetros ubicados en el municipio de El Provencio. Vemos que evolucionan a más de 30 m de diferencia en la vertical el uno del otro

EL BUEN ESTADO CUANTITATIVO

La Directiva Marco del Agua define el "buen estado cuantitativo" de una MASUB al estado definido en el cuadro 2.1.2 de su AnexoV (Figura 53) **y confía la comprobación** de la evaluación de ese buen estado cuantitativo, **a la monitorización de un único parámetro: el control del nivel piezométrico de la MASUB** para establecer empíricamente que la tasa media anual de extracción a largo plazo no rebasa los recursos disponibles de aguas subterráneas. Ver figura 54.

DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

de 23 de octubre de 2000

por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

ANEXO V

2. AGUAS SUBTERRÁNEAS

2.1. **Estado cuantitativo de las aguas subterráneas**

2.1.1. Parámetro para la clasificación del estado cuantitativo

2.1.2. Definición del estado cuantitativo

2.2. **Seguimiento del estado cuantitativo de las aguas subterráneas**

2.2.1. Red de seguimiento del nivel de las aguas subterráneas

2.2.2. Densidad de puntos de seguimiento

2.2.3. Frecuencia del seguimiento

2.2.4. Interpretación y presentación del estado cuantitativo de las aguas subterráneas

Figura 53 Índice del apartado 2 Aguas Subterráneas del Anexo V de la Directiva 2000/60/CE donde se establece epígrafes específicos para hablar: del "parámetro" que determina el estado cuantitativo y de la "densidad de puntos de la red de seguimiento" del nivel de las aguas subterráneas de una MASUB

Por tanto, **si la monitorización del nivel del agua subterránea en el acuífero pone de manifiesto la evolución estable del agua almacenada a lo largo de los años**, **se debe admitir que las extracción a largo plazo no rebasa los recursos disponibles**.

Y en consecuencia, no hay alteraciones antropogénicas que pueden terner como resultado: no alcanzar los objetivos de calidad ambiental de las aguas superficiales asociadas, el empeoramiento de dichos ecosistemas dependientes directamente de dicha MASUB o alteraciones de las direcciones del flujo subterráneo que puedan producir salinizaciones o otras intrusiones.

Esta comprobación empírica, constatable y medible científicamente es la que prima sobre las demás. Así, si la evolución piezométrica de la MASUB a lo largo de los años medida en "puntos representativos" pone de manifiesto una estabilidad y una tendencia al equilibrio hidrodinámico, **es la prueba necesaria y suficiente para concluir que las extracciones de agua subterránea realizada anualmente de media por los pozos ubicados en dicha MASUB es inferior a los recursos renovables**.

Y como consecuencia de lo anterior: **si el valor que hemos establecido para los Recursos Renovables (R)** (o de la "tasa de recarga total" que dice la Directiva) para la MASUB considerada **es inferior al de las extracciones por bombeo, será la prueba evidente de que no los hemos calculado bien** porque los hemos infravalorado y deberemos estimar mejor sus componentes.

DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

de 23 de octubre de 2000

por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

2.1. **Estado cuantitativo de las aguas subterráneas**

2.1.1. Parámetro para la clasificación del estado cuantitativo

Régimen del nivel de las aguas subterráneas

2.1.2. Definición del estado cuantitativo

Elementos	Buen estado
Nivel de agua subterránea	El nivel piezométrico de la masa de agua subterránea es tal que la tasa media anual de extracción a largo plazo no rebasa los recursos disponibles de aguas subterráneas. Por tanto, el nivel piezométrico no está sujeto a alteraciones antropogénicas que puedan tener como consecuencia: — no alcanzar los objetivos de calidad medioambiental especificados en el artículo 4 para las aguas superficiales asociadas, — cualquier empeoramiento del estado de tales aguas, — cualquier perjuicio significativo a ecosistemas terrestres asociados que dependan directamente de la masa de agua subterránea, ni a alteraciones de la dirección del flujo temporales, o continuas en un área limitada, causadas por cambios en el nivel, pero no provoquen salinización u otras intrusiones, y no indiquen una tendencia continua y clara de la dirección del flujo inducida antropogénicamente que pueda dar lugar a tales intrusiones.

Figura 54 Extracto del Anexo V de la Directiva 2000/60/CE donde se define el estado cuantitativo de una MASUB por el único parámetro que es el control del "nivel piezométrico" para comprobar que las extracciones medias anuales no rebasan los recursos disponibles

PUNTOS REPRESENTATIVOS DEL ESTADO CUANTITATIVO

La citada Directiva (Anexo V) obliga a los Estados miembros a crear una red de seguimiento de las aguas subterráneas concebida para que proporcione **"una apreciación fiable" del estado cuantitativo de las MASUB** y, por tanto, **de la evaluación de los recursos disponibles**. Figura 55.

DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

de 23 de octubre de 2000

por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

ANEXO V

2.2. **Seguimiento del estado cuantitativo de las aguas subterráneas**

2.2.1. Red de control del nivel de las aguas subterráneas

Se creará la red de seguimiento de las aguas subterráneas de conformidad con lo dispuesto en los artículos 7 y 8. La red de seguimiento estará concebida de modo que proporcione una apreciación fiable del estado cuantitativo de todas las masas o grupos de masas de agua subterránea, incluida la evaluación de los recursos disponibles de aguas subterráneas. En el plan hidrológico de cuenca, los Estados miembros facilitarán un mapa o mapas en los que se muestre la red de seguimiento de las aguas subterráneas.

Figura 55 Extracto del Anexo V Red de control del nivel de las aguas subterráneas donde se establece que las redes de control del nivel del agua d las MASUB deben proporcionar una "apreciación fiable" del estado cuantitativo para poder evaluar los recursos disponibles

Para ello, dicho estado cuantitativo debe medirse **en "puntos representativos"** distribuidos por toda la MASUB para apreciar la situación global del conjunto. Figura 56.

DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

de 23 de octubre de 2000

por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

ANEXO V

2.2.2. Densidad de puntos de control

La red incluirá puntos de control representativos suficientes para apreciar el nivel de las aguas subterráneas en cada masa o grupo de masas, habida cuenta de las variaciones de la alimentación a corto y largo plazo y, en particular:

— en lo referente a las masas de agua subterránea respecto de las cuales se haya establecido el riesgo de que no alcancen los objetivos especificados en el artículo 4, garantizará la densidad de puntos de control suficientes para evaluar el efecto que las extracciones y alimentaciones tienen sobre el nivel de las aguas subterráneas,

Figura 56 Extracto del Anexo V Densidad de puntos de control donde se establece que la red de piezometría debe contar con "puntos de control representativos suficientes" para apreciar las variaciones de la Recarga a lo largo de los años, así como el efecto que producen los bombeos sobre el nivel del agua subterránea de la MASUB

En la citada Directiva aparece frecuentemente el concepto de **parámetro o punto representativo**. Y es lógico, porque cualquier punto de control no sirve para conocer el estado global de un parámetro, por ejemplo, la calidad del agua del conjunto de un tramo de río. Pues no es lo mismo analizar dicha agua aguas abajo de un vertido contaminante que aguas arriba de él.

Por tanto, la determinación de qué puntos de monitoreo son representativos del conjunto de la masa de agua y cuáles no, debe estar sujeto a criterios técnicos y científicos establecidos previamente y a la apreciación, por parte del "técnico competente" de la Administración,

en base a su profesionalidad y experiencia, de qué puntos de muestreo y qué toma de datos son fiables y cuáles no.

En el caso de las aguas subterráneas, la práctica profesional en hidrogeología establece que **los pozos de intenso bombeo continuo y repartido a lo largo del año no son "puntos representativos" de la evolución del nivel del agua en una MASUB**, como se explica a continuación.

Mucho menos **si el pozo de bombeo** de abastecimiento a una ciudad, pueblo, o al regadío o a un industria, por ejemplo, **está emplazado en un acuífero confinado** y además no es totalmente penetrante en él.

LOS CONOS DE DESCENSOS Y LOS DESCENSOS RESIDUALES SOSTENIDOS EN EL TIEMPO

Antes de seguir adelante, debemos aclarar que acuífero confinado (o acuífero cautivo) no significa "acuífero aislado". Se trata de un estrato geológico, que conforma un acuífero de calizas o de gravas generalmente, desconectado de la superficie del terreno por otros que tiene encima que son impermeables, como arcillas, margas o margocalizas.

Está confinado en la vertical, pero no en la horizontal pues está conectado al área de recarga de agua, ubicada en las zonas de montaña, y lateralmente en profundidad con otros acuíferos o con el mar. En el esquema de la Figura 57 siguiente del *Foro de aguas subterráneas de Reino Unido* del Servicio Geológico Británico.

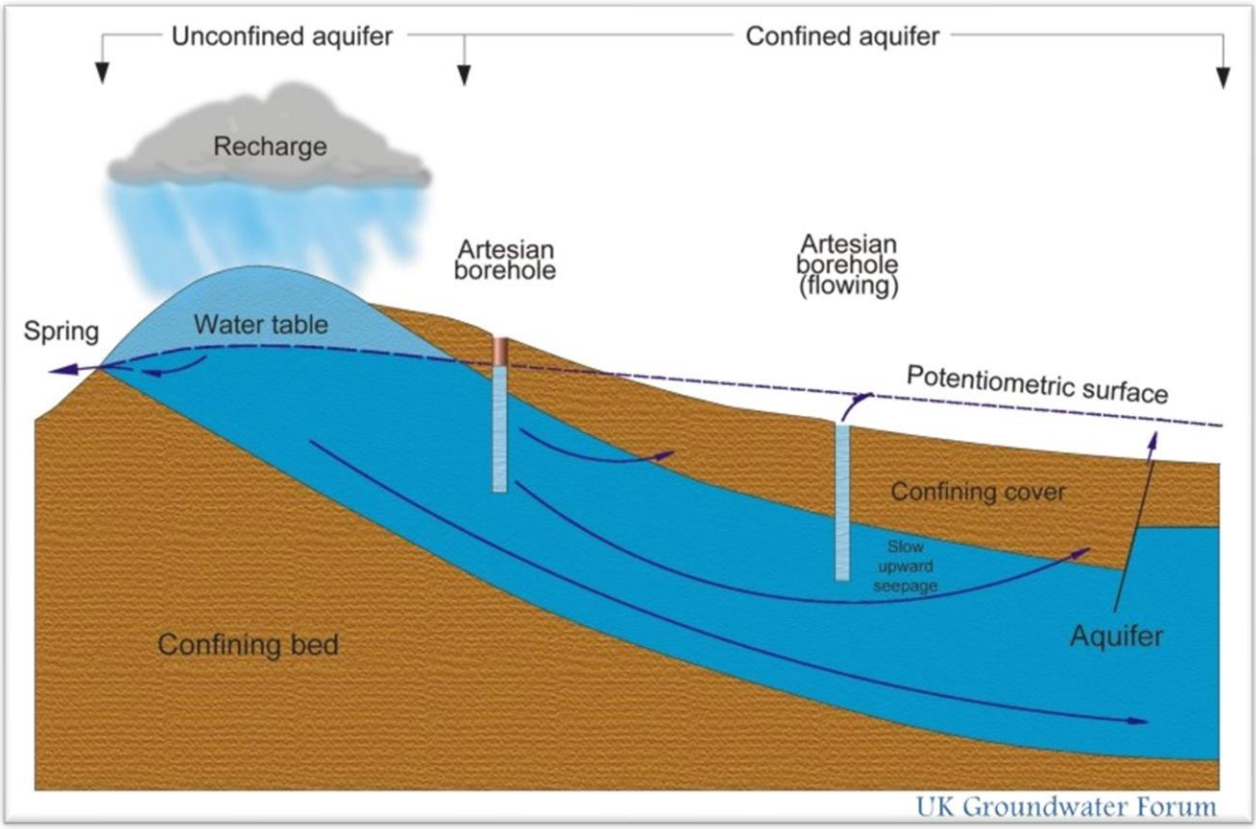


Figura 57 En azul vemos el funcionamiento hidrodinámico de un acuífero confinado. En la vertical está desconectado de la superficie y en profundidad por estratos impermeables (marrón). El agua que se infiltra en él en las montañas fluye lateralmente por debajo de los valles con la presión que origina dicha diferencia de altura. Fuente: *Aguas subterráneas: nuestro activo oculto.* Foro de aguas subterráneas de Reino Unido. http://www.groundwateruk.org/Image-Gallery.aspx

Pues como es sabido, la presión de confinamiento del agua subterránea en un pozo de bombeo emplazado en un acuífero confinado está anormalmente abatida por la extracción del agua en bombeos cíclicos diarios. Son los conocidos como “conos de bombeo”, “conos de depresión” o “conos de descensos”.

Dichos conos invertidos de descensos piezométricos, focalizados en el pozo de bombeo, no se mantienen estables en los ciclos de bombeo. Conforme avanza la temporada de riego, o el número de días de bombeo continuo o cíclico, dicho cono se desarrolla más haciéndose más profundo en el pozo de extracción, pero también progresando lateralmente a mayor distancia y afectado al nivel del agua en los pozos cercanos.

En el caso de bombeos cíclicos diarios (intermitente: bombeo/parada), se denomina "descenso residual" a la resta del descenso piezométrico producido en el pozo durante el ciclo de bombeo (por ejemplo, de 12 horas de duración) menos el ascenso del mismo nivel piezométrico durante el tiempo de parada posterior dentro de ese periodo temporal de 24 horas (12 horas).

Descenso residual diario que se va sumando al del ciclo de bombeo del día siguiente y así sucesivamente. Porque los acuíferos confinados no se comportan como los embalses superficiales de agua: tienen un retardo en volver a adquirir el nivel del agua previo al bombeo.

En la Figura 58 siguiente, tomada del libro *Pozos y acuíferos, técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo* (Villanueva e Iglesias, 1984; IGME), vemos está evolución durante los ciclos de parada y bombeo.

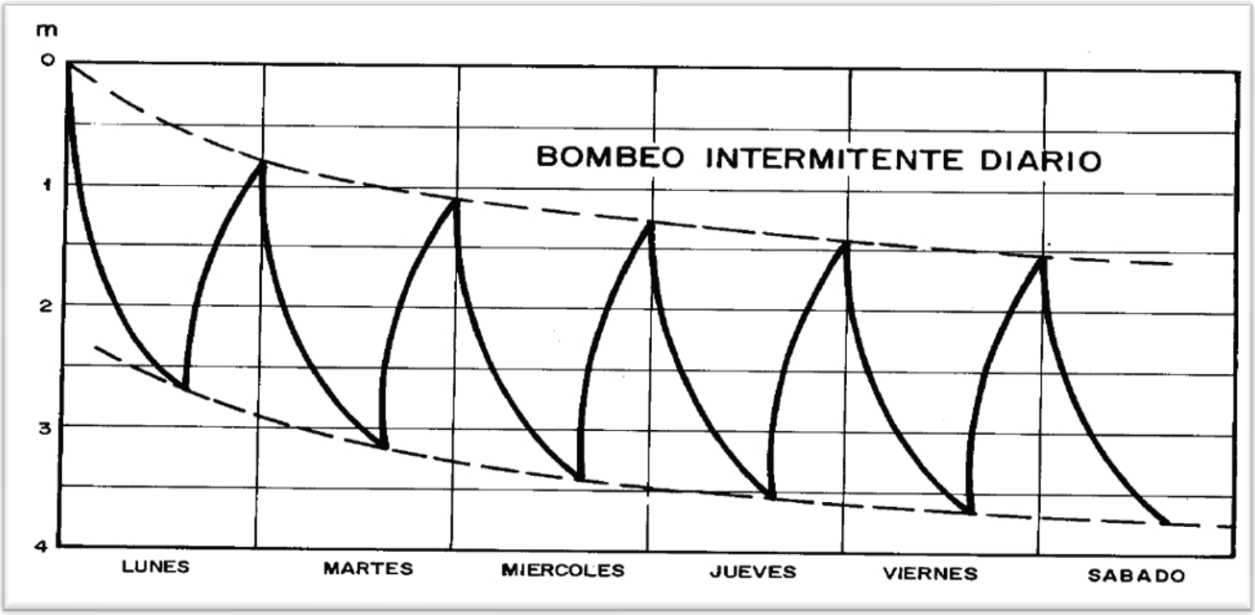


Figura 58 Descensos acumulados por el bombeo cíclico en un pozo. Al descenso no recuperado que se va acumulando al del día anterior se denomina descenso residual. Fuente: *Pozos y acuíferos, técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo* (IGME)

Ahora, en la Figura 59, tomada del Servicio Geológico de Kansas, vemos un ejemplo teórico del tiempo que se necesita desde que el pozo deja de bombear definitivamente hasta que el nivel piezométrico vuelve a recuperar la posición inicial que tenía antes de la campaña de bombeo.

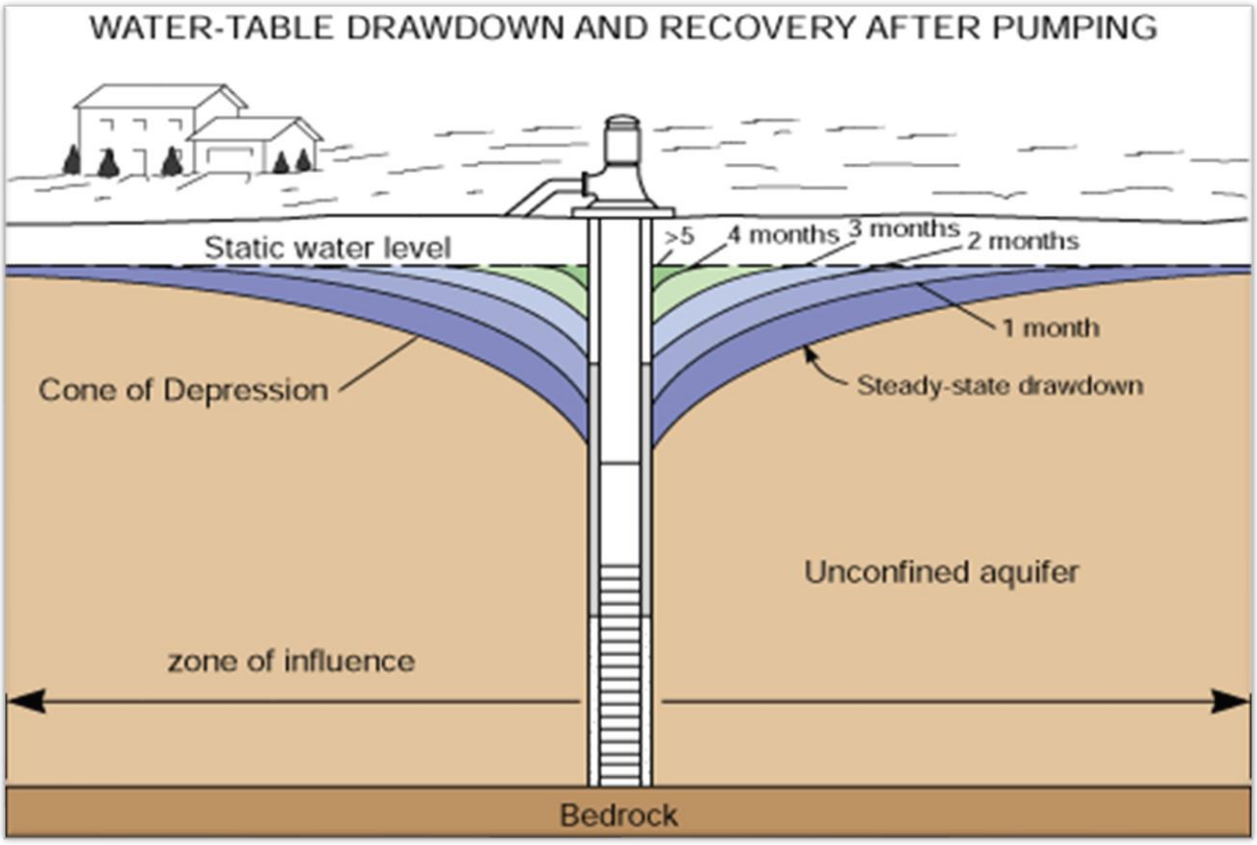


Figura 59 Evolución temporal de la recuperación de un cono de bombeo o de descensos de un pozo en un acuífero. Vemos que el nivel inicial previo a la extracción de agua tarda meses en recuperarse. Fuente: Servicio Geológico de Kansas. https://www.kgs.ku.edu/HighPlains/atlas/apdrdwn.htm

Por otro lado, si son varios los pozos que bombeos juntos, dichos conos de descensos originados se suman en la parte central. Ver figura siguiente 60 del USGS.

Por tanto, si en un entorno próximo hay varios pozos de bombeo funcionando a la vez, los efectos de **los conos de bombeo de cada uno de ellos se suman en el punto de observación**, y el nivel del agua allí desciende progresivamente por el único hecho de que en sus alrededores hay varios pozos que bombean cíclicamente (Figura 61).

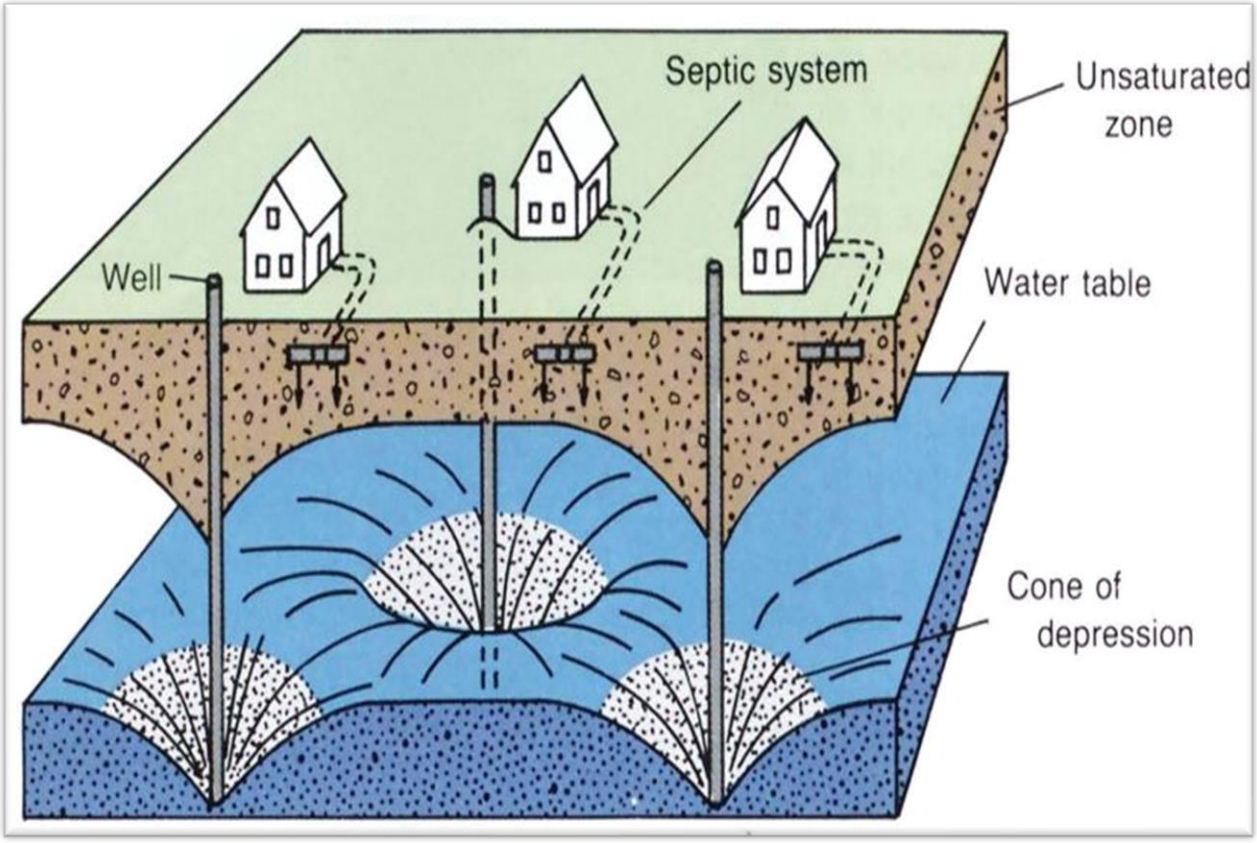


Figura 60. Esquema intuitivo de la formación de conos de depresión o descenso originados por pozos próximos. Fuente: Servicio Geológico de los EE. UU. https://pbs.twimg.com/media/D0hsX6jU0AAr1S4?format=jpg&name=900x900

En consecuencia, esta anomalía piezométrica que se da en un campo de pozos bombeando no debe ser el lugar para monitorizar el estado cuantitativo de una MASUB y luego extrapolar ese valor al conjunto de esta (zonas verdes y amarillas de la Figura 62 siguiente tomada del BGR).

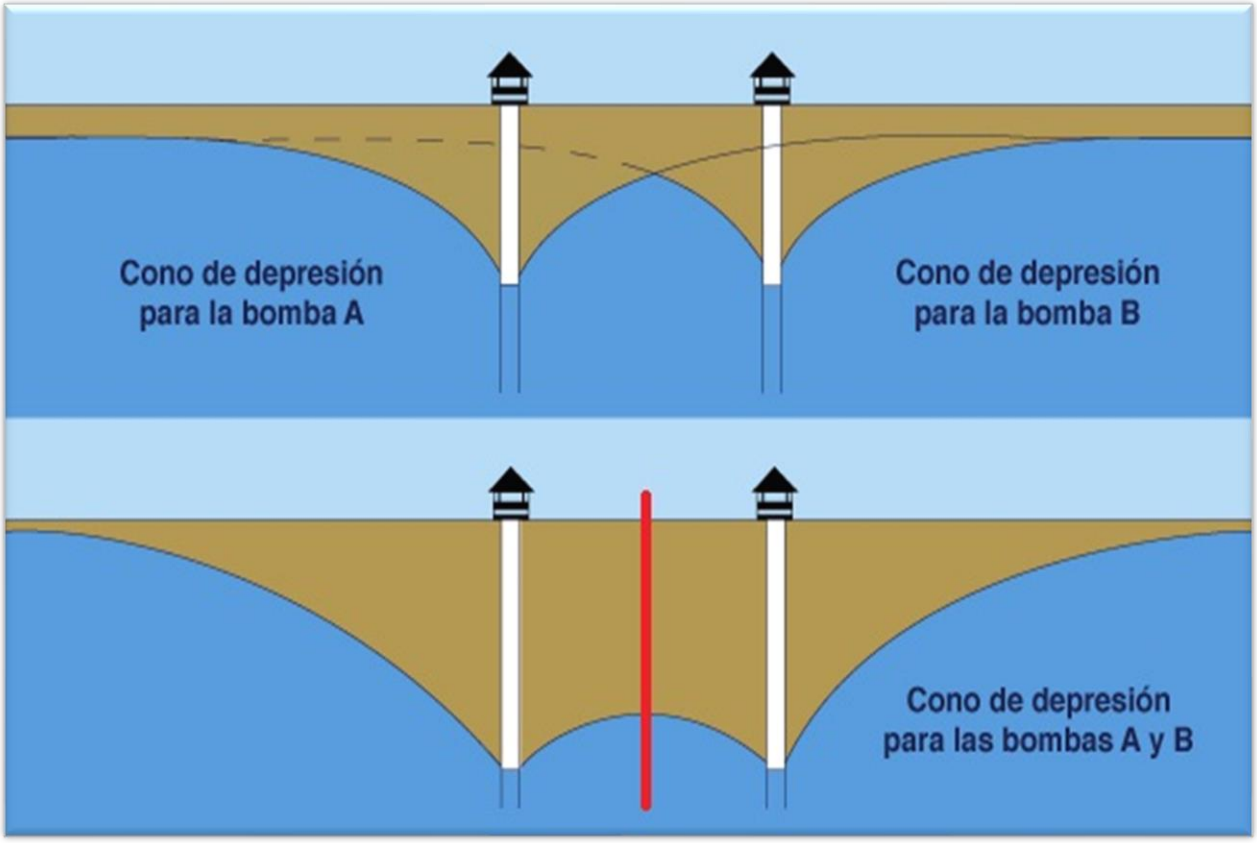


Figura 61 Solapamiento de dos conos de descensos en la zona entre dos pozos (línea roja). Fuente: modificado de geologiaymmapas.com https://geologiaymapas.com/2021/02/sobre-la-perforacion-operacion-y-mantenimiento-de-pozos-de-agua/

Es, por el contrario, una distorsión puntual de la situación general que no representa la real de llenado y vaciado de dicha masa. La situación real de la evolución del estado cuantitativo debe estudiarse fuera de esos focos de bombeo, en la zona azul de dicha Figura 62.

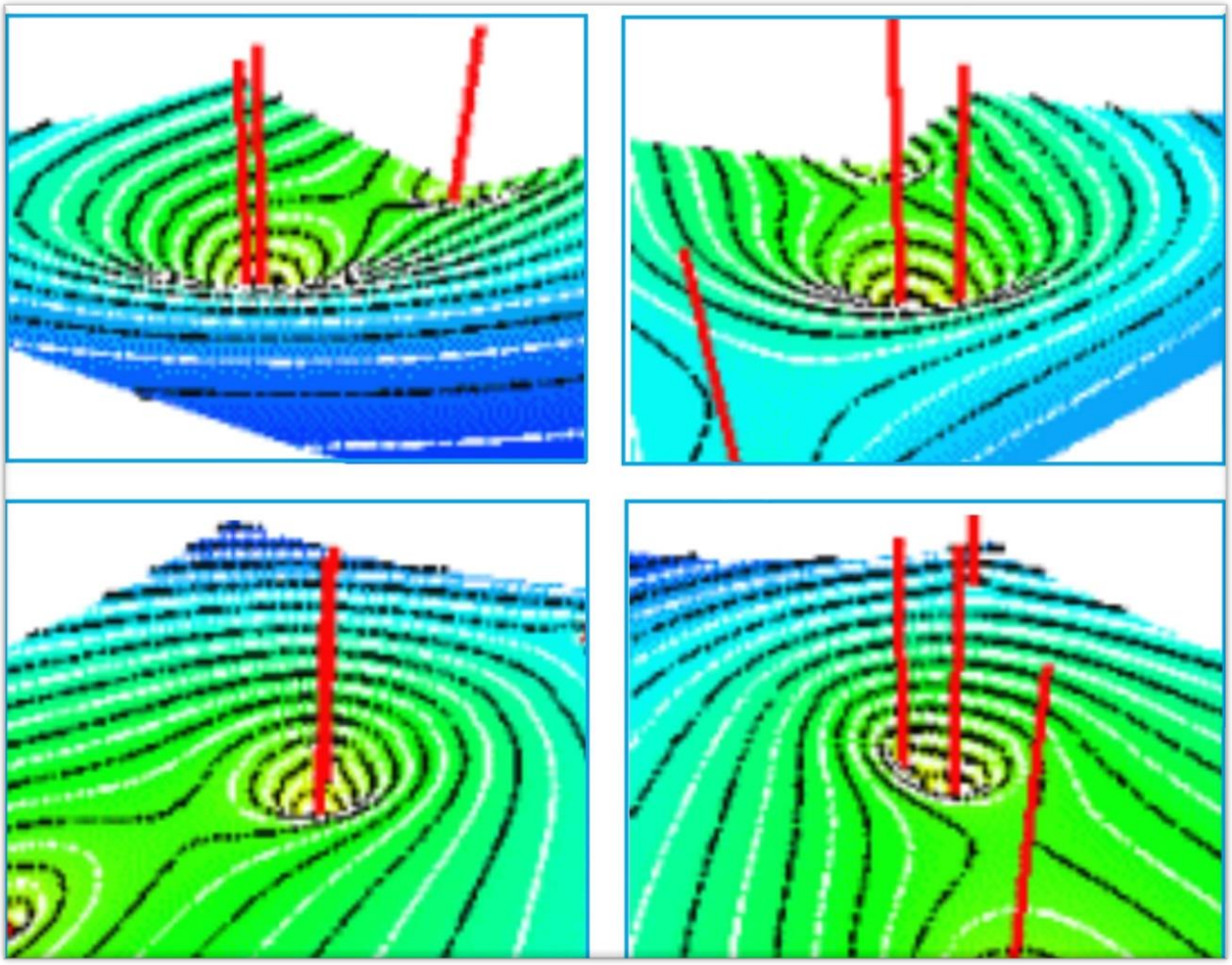


Figura 62 Capturas de una simulación de la interferencia de los conos de depresión de 4 pozos muy próximos (líneas rojas). La posición general del nivel piezométrico está en color azul y la deprimida en tonos verdes y amarillos. Fuente: Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania (BGR). https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Bilder/Was_fachl_unterpunkt_management_abb2_k.gif?__blob=normal&v=2&fbclid=IwAR2SYOf63Cvj3qwFKo1ArHu2OwyrXpDkRhxvUO5oK1HgRRcTrhQJkfFg6eo

EL DESCENSO DEL NIVEL DEL AGUA EN UN POZO NO SIEMPRE ES VACIADO DEL ACUÍFERO

Debemos detenernos ahora en entender que el **descenso del nivel del agua en un pozo perforado en un acuífero confinado no es vaciado del mismo** sino variación de la presión de confinamiento.

Es decir, en un pozo perforado en un acuífero confinado, el techo del acuífero está profundo, a veces a más de 100-200 metros de la superficie. Por encima del acuífero hay un estrato de ese espesor de sedimentos impermeables (margas, arcillas) que lo impermeabilizan y confinan verticalmente, como se vio en la Figura 57.

Como el agua subterránea en su interior está a presión superior a la atmosférica, como lo está el agua de una tubería sometida a la presión de un depósito en lo alto de un cerro, cuando la perforación del pozo atraviesa esa roca impermeable y llega al acuífero, el agua contenida en él se sifona y asciende por la perforación hasta equilibrar su presión, llegándose a hacer surgente en no pocos casos o quedándose su nivel muy cerca de la superficie (Figura 63).

Cuando la extracción de agua en un pozo emplazado en uno de estos acuíferos confinados, que son los más frecuentes en la naturaleza, desciende con el tiempo apenas unos metros, lo que está pasando solamente es que está descendiendo la presión de confinamiento, pues el acuífero sigue totalmente lleno y saturado en agua. Solo cuando el nivel piezométrico descienda por debajo del techo del acuífero, podremos hablar del inicio del vaciado y el cambio del régimen hidrodinámico: de confinado a no confinado (o libre). Ver Figura 64.

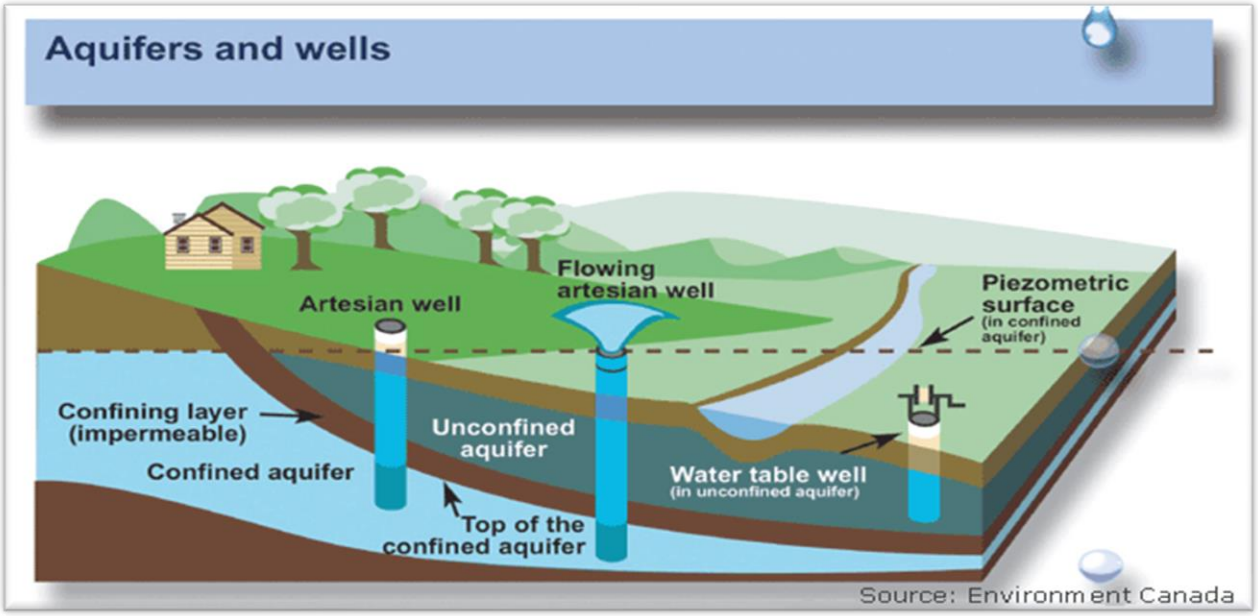


Figura 63. En los pozos perforados en acuíferos confinados el agua subterránea sube muy por encima del techo del acuífero ("artesian well" y "lowing artesian well"). Fuente: USGS. https://water.usgs.gov/gotita/earthgwaquifer.html

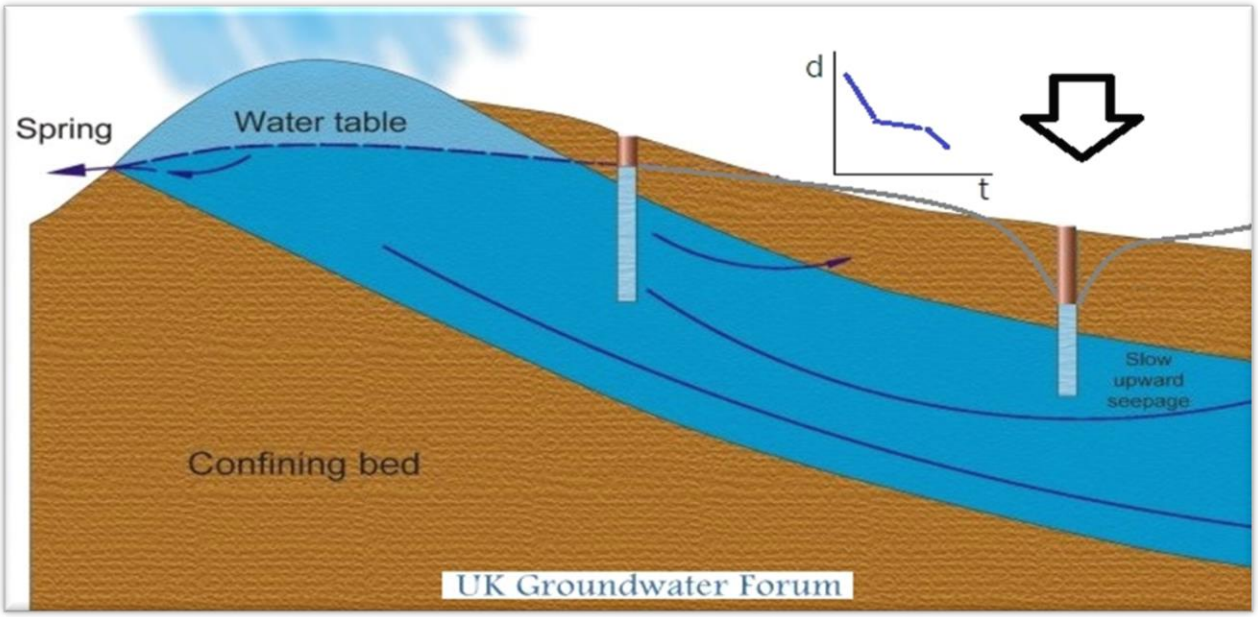


Figura 64 El Gráfico de la Figura 50 lo hemos modificado para poder hacer más comprensible lo que queremos explicar. En el pozo de la derecha ha descendido el nivel del agua por el propio bombeo a lo largo de tiempo. Pero el nivel del agua dentro de él no ha llegado al techo del acuífero (azul) y por tanto dicho acuífero sigue lleno sin que se puede interpretar la gráfica de arriba como vaciado de embalse subterráneo. Es simplemente un descenso de presión, nada más

Por tanto, cuando los pozos de bombeo del entorno próximo de un piezómetro de observación le afectan y le hacen bajar el nivel del agua unos metros, **no se está produciendo vaciado del acuífero** (cuyo techo se puede encontrar a 100-200 metros más profundo, como hemos dicho en el ejemplo) **sino un simple descenso de la presión de confinamiento, pues el acuífero sigue lleno.**

A modo de ejemplo: un manómetro instalado en una tubería en el que vemos cómo la aguja desciende de presión, no implica que la tubería no siga llega de agua. Está llena, pero a menor presión.

En consecuencia, para poder conocer la situación real de la evolución del nivel de las agua subterránea en el tiempo, **debemos alejarnos de esas anomalías puntuales que los bombeos de los pozos producen en el nivel piezométrico** y buscar puntos de monitoreo (piezómetros) distanciados varios kilómetros de los focos de bombeo.

Es decir, puntos que nos informan de la situación general del conjunto de la masa, y no de la anomalía local existente en un campo de pozos que se afectan mutuamente.

Simplemente añadir en este punto que La Guía Nº 15 de la Unión Europea sobre la Estrategia Común de Implementación para la Directiva Marco del Agua, titulada *Orientación sobre el monitoreo de las aguas subterráneas*, en su Tabla 6, que adjuntamos a continuación como Figura 65, nos dice que la medida del agua subterránea en los pozos de suministro público y privado suelen estar perturbadas por el bombeo.

Por esta razón y las antes expuestas, **los pozos de bombeo no son puntos representativos del control del estado cuantitativo de una MASUB ni, por tanto, sirven para la evaluación de sus recursos disponibles**.

ESTRATEGIA COMÚN DE IMPLEMENTACIÓN PARA LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA (2000/60 / CE)

Documento de orientación No. 15

Orientación sobre el monitoreo de aguas subterráneas

Tabla 6: Resumen de las características de las instalaciones de muestreo de aguas subterráneas

Tipo de punto de muestreo	Personaje d e descarga	Puntos de muestreo verticales discretos	Medidas cuantitativas	Pruebas hidraulic as	Materiale s inertes	Costos			Notas
						Perforaci ón	Materiales	Muestreo	
Puntos de muestreo de agua subterránea existentes									
Pozo de suministro público	Generalmente alto y continuo	Se integra en el intervalo de la pantalla	Suele perturbarse por el bombeo	Los datos pueden existir	No	Ninguna	Ninguna	Muy bajo	
Pozo de suministro privado	A menudo bajo e intermitente	Se integra en el intervalo de la pantalla, pero puede ser poco profundo	A veces perturbado por el bombeo	Los datos pueden existir	No	Ninguna	Ninguna	Bajo	La purga puede ser problemática / llevar mucho tiempo para pozos de sondeo usados de manera irregular
Pozo de riego	Alto pero puede ser intermitente o estacional	Se integra en el intervalo de la pantalla	Posible en temporadas sin bombeo	Los datos pueden existir	No	Ninguna	Ninguna	Bajo	La purga puede llevar mucho tiempo cuando no se utilizan pozos

Figura 65 Extracto de la Tabla 6 de La Guía Nº 15 de la Unión Europea de la Estrategia Común de Implementación para la Directiva Marco del Agua, titulada Orientación sobre el monitoreo de las aguas subterráneas. Vemos que los pozos de bombeo producen perturbaciones en las medidas

Sobre este tema recomendamos el artículo del autor titulado "*Acuíferos: gráficas que no son lo que parecen*" en https://www.franciscoturrion.es/2021/01/acuiferos-graficas-que-no-son-lo-que.html. Por otro lado, **cada masa superpuesta en la vertical debe tener su propia red de piezómetros representativos**, como así tiene la Red Piezométrica de la cuenca del Duero. En cambio, solo algunas masas del Guadiana tienen esta diferenciación: con piezómetro en el horizonte superior distintos de los emplazados en el horizonte inferior, como se ha visto anteriormente.

EJEMPLOS DE CÓMO UN POZO DE BOMBEO DEPRIME ANORMALMENTE EL NIVEL DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA MASUB

Veamos ahora ejemplos de cómo un pozo de bombeo deprime anormalmente el nivel del agua subterránea de la MASUB.

Empezamos por uno muy ilustrativo de la cuenca del Segura, el piezómetro 07.41.009, en Baños de Fortuna, Jumilla, Región de Murcia.

Se trata de un pozos de abastecimiento de la pedanía Cañada del Trigo que en 2005 fue sustituido por agua de una red de distribución municipal y desde ese momento dejo de funcionar.

En el momento de su ejecución por el IGME, en 1986, el nivel del agua estaba a 47,88 m de profundidad. En 2005 había bajado hasta los 125 m de profundidad.

Si consideramos ese acuífero como libre (no confinado) interpretaríamos por error que se ha producido un vaciado de este de unos 75 m. Y si multiplicáramos ese descenso por la superficie total de la MASUB, aplicando una porosidad eficaz (m_e) del 5 o del 10%, nos saldría un volumen de vaciado de cientos de hm^3 que nos haría pensar que dicho acuífero está muy sobreexplotado y dífilamente puede tener remedio su recuperación. Ver Figura 66.

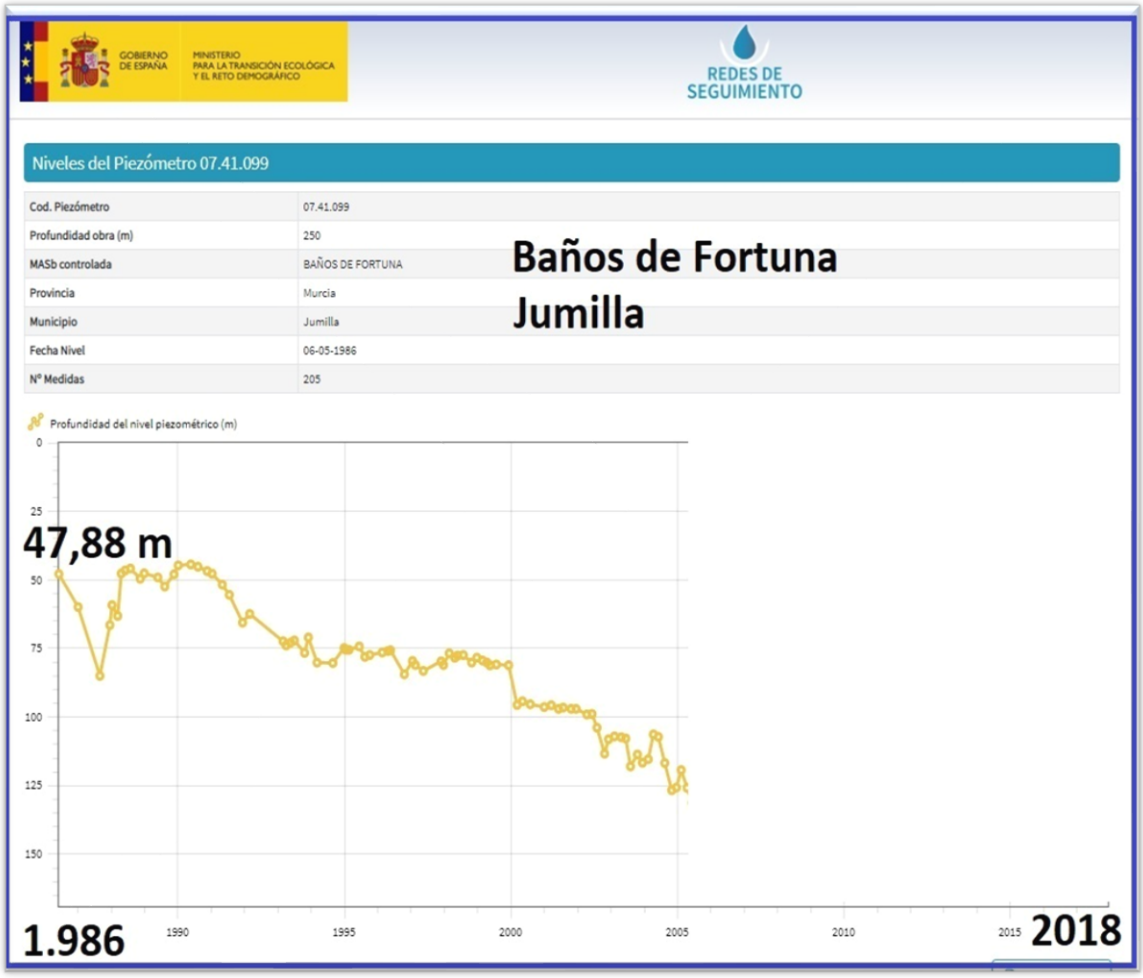


Figura 66 Evolución del piezómetro 07.41.099 hasta 2005 donde se aprecia un descenso del nivel de unos 75 m

Ahora en el gráfico siguiente de la Figura 67 vemos la gráfica completa hasta donde el MITECO tiene datos introducidos en su web. Vemos que a partir de 2005 el nivel del agua en el pozo ha ascendido hasta los 45,32 m, más cercano a la superficie que en el momento de su primer aforo.

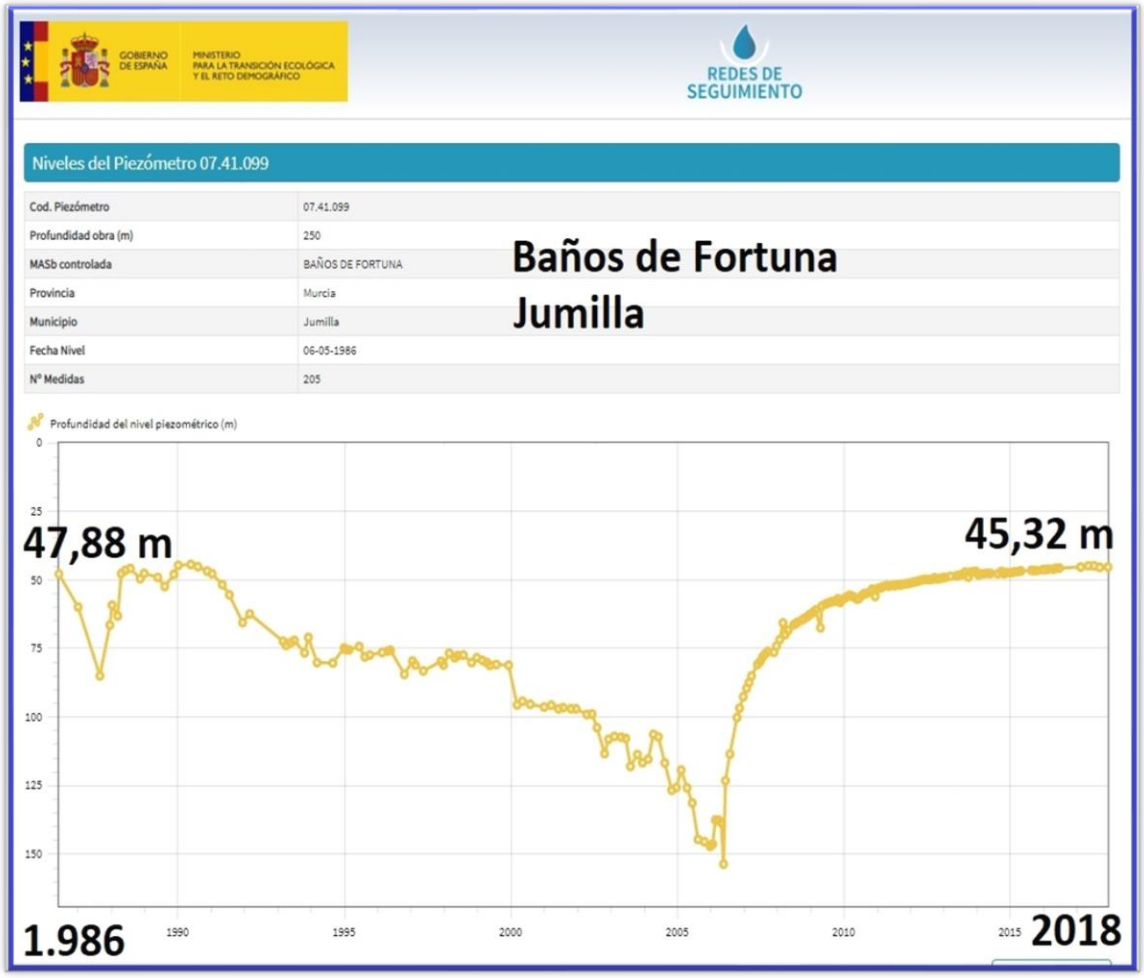


Figura 67 Evolución completa del piezómetro 07.41.099 desde 1.986 hasta 2.018 donde se aprecia que ahora el nivel está a profundidad similar a la de los años 80, más de 30 años después

La interpretación hidrogeológica de esta evidencia es muy sencilla. No es un acuífero libre. Es un pozo con bombeo diario en un acuífero confinado con pobres características hidrodinámicas.

Todos los ciclos de bombeo diario producen descensos residuales que se van acumulando a los descensos anteriores. Es una simple variación de presión que aumenta con el tiempo en un acuífero que siempre estuvo lleno de agua.

De tal forma, que cuando cesa el bombeo, la presión de confinamiento del acuífero se recupera a su nivel natural.

Por otra parte, no podemos achacar este ascenso piezométrico a un cambio climático lluvioso en la Región de Murcia y en Jumilla desde hace más de 10 años.

Pues bien, tenemos que lamentar que, en la cuenca del Guadiana, y hasta ahora, se han interpretado, graficas de este tipo, como vaciado de acuíferos libres y calculado unos descensos de reservas astronómicos; y que la madre naturaleza, con sus lluvias de 2010, demostró que era una interpretación errónea. Porque si los acuífero de la Mancha Occidental hubieran estado tan sobreexplotados y vaciados como se dijo, los Ojos del Guadiana no hubieran vuelto a nacer.

En la Figura 68 siguiente vemos, también a modo de ejemplo, la evolución del piezómetro 04.04.011 de la MASUB Mancha Occidental I, en el municipio de Manzanares. Representa la evolución piezométrica desde mediados de los 90 hasta finales de 2018.

Vemos que en los 90 el agua estaba a unos 50 m de profundidad y ahora a finales de 2018 a poco más de 20. El nivel ha ascendido unos 30 m en unos 25 años.

Las significativas variaciones que apreciamos en la mitad de la gráfica en diente de sierra no son fruto de periodos de lluvia y sequía, sino de periodos de bombeo y parada de un conjunto de pozos próximos al pozo de observación. Los años en lo que los pozos de ese foco de

extracción bombean menos agua que en los años anteriores, porque el año es más lluvioso, **la presión del acuífero sube en ese punto** al haber menos horas y menos días de bombeo.

Si se encadenan varios años consecutivos de pocos bombeos, porque hay un periodo anormalmente lluvioso, esa minoración de las extracciones son utilizadas por el acuífero para equilibrar su presión en ese punto, haciendo ascender el nivel piezométrico por el interior del pozo.

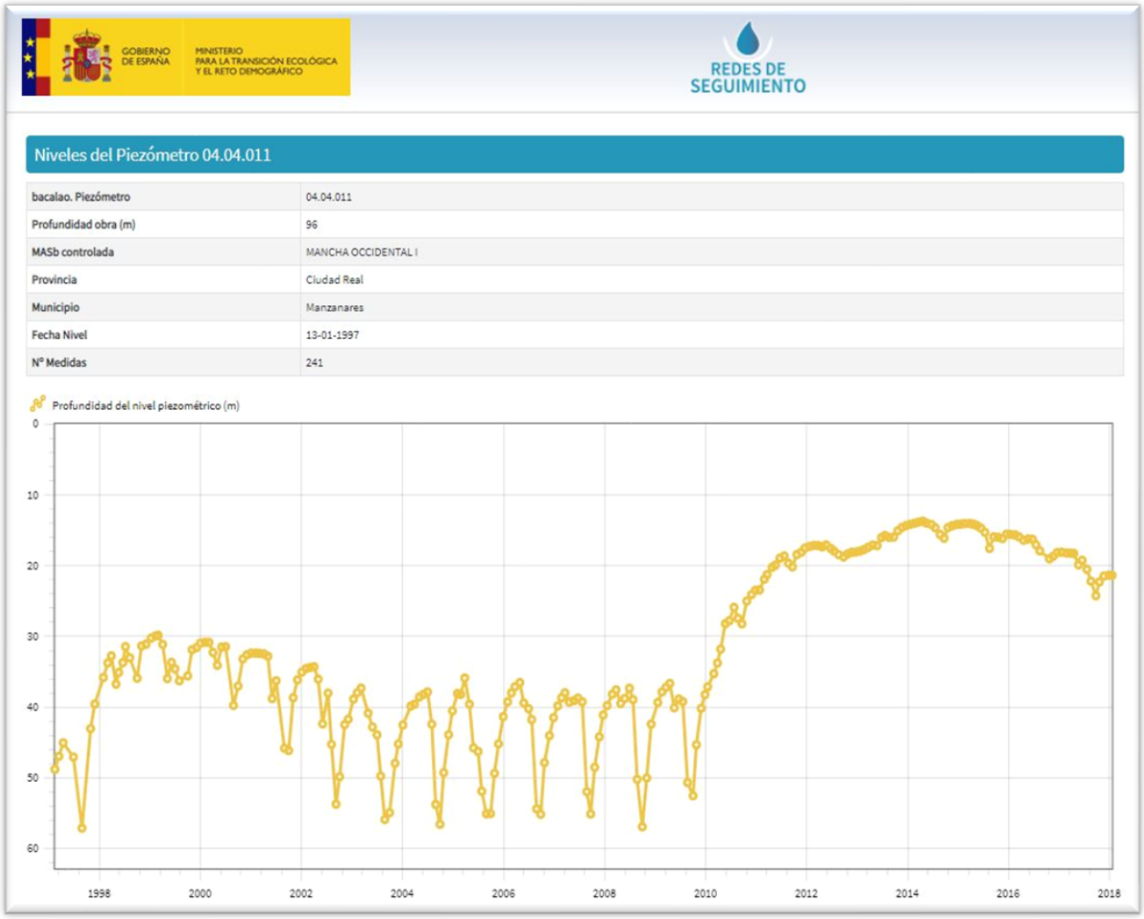


Figura 68 Evolución piezométrica en el piezómetro 04.04.011 de la MASUB Mancha Occidental I

En el siguiente ejemplo de la MASUB Mancha Occidental II (piezómetro 04.04.004., en Las Mesas) vemos el efecto anterior de los bombeos cíclicos encadenados donde el punto de observación se ve más afectado que en el caso anterior, produciéndose un descenso sinusoidal descendente desde finales de los 90 hasta 2010. A partir de ese momento, el nivel asciende también en dientes de sierra hasta 2018 donde se inicia otro ciclo descendente. No obstante, el nivel del agua al final del periodo (2018) está más alto que en 1995. Ver Figura 69.

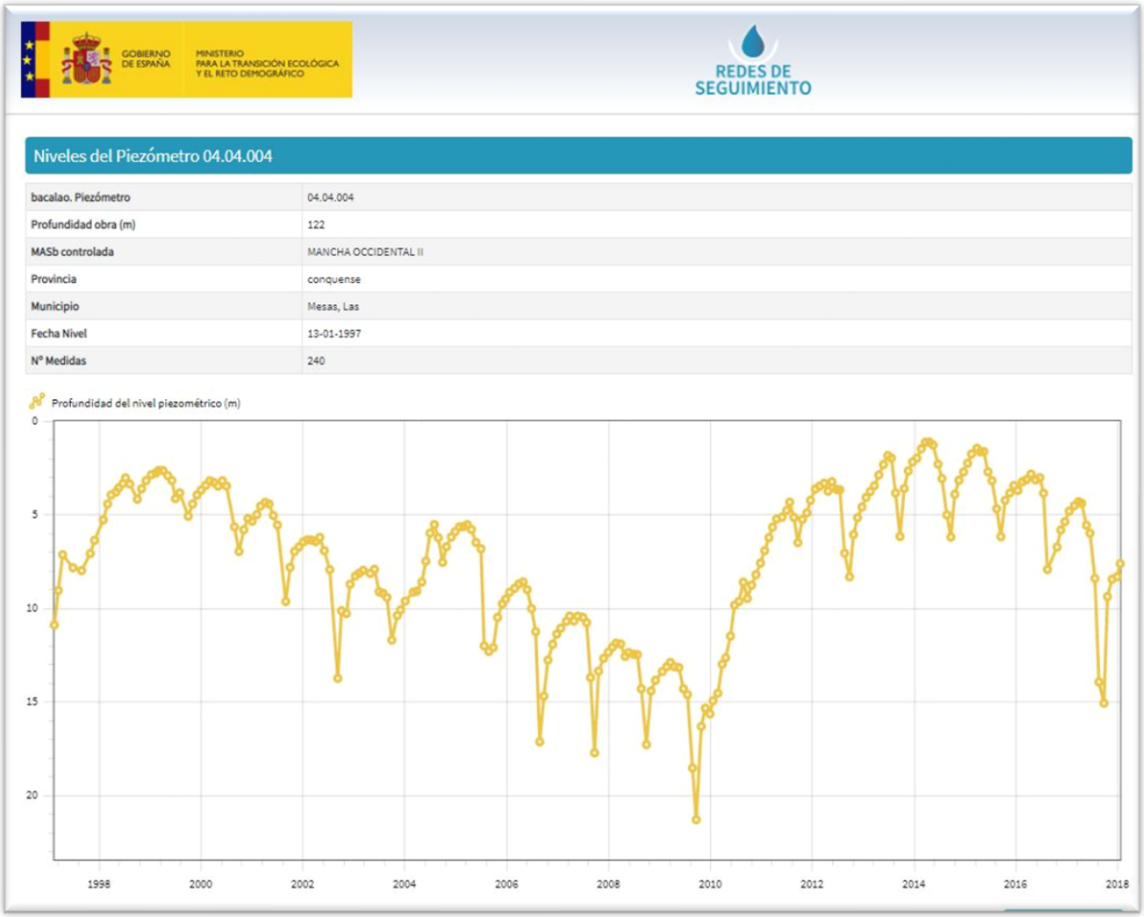


Figura 69 Evolución piezométrica en el piezómetro 04.04.004 de la MASUB Mancha Occidental II

Esto nos pone de manifiesto que es muy arriesgado confiar el estado cuantitativo de una MASUB a pozos de bombeos o a piezómetros muy próximos a focos de bombeo.

Porque nos dan una visión muy alterada de la superficie piezométrica en cada momento y que solo podremos saber si responde a la situación general cuando dicho foco de bombeo deje de extraer agua en la medida en que lo venía haciendo hasta entonces durante varios años consecutivos.

Es mucho mejor medir el nivel del agua subterránea en nuevos piezómetros que no bombeen alejados de zonas de extracción.

En este sentido el Gobierno de España ha anunciado en prensa recientemente una importante dotación presupuestaria para perforar nuevos piezómetros. Lo que es de lamentar es que quizá se hayan declarado masas en mal estado cuantitativo antes de tener las herramientas adecuadas para evaluar su estado.

PUNTOS QUE FUERON “REPRESENTATIVOS” Y QUE HAN DEJADO DE SERLO

Además, hay que saber **que punto de control** que en su día (finales de los 70) se construyeron por el IGME o el IRYDA, y con buen criterio, alejados de focos de bombeo, y **que fueron durante muchos años puntos representativos de control** al no estar afectados por

bomberos próximos, **hoy ya no lo son** porque en sus inmediaciones se han perforado multitud de pozos de riego en las últimas décadas.

A las gráficas iniciales que mostraban estabilidad, se solapan ahora los efectos de esos conos de bombeo, deprimiendo dicho nivel y dando una falsa apariencia de sobreexplotación. Falsa apariencia que se comprueba cuando se ve la evolución del nivel en piezómetros no afectados por bombeo ubicados en dicho sector de la MASUB, como veremos más adelante.

Por tanto, **deben declararse no representativos y por tanto nulos**, **todos los datos piezométricos obtenidos de pozos de bombeo y los anteriores a la Directiva 2000/60**, que obliga a implementar una red piezométrica de puntos de control "representativos y suficientes" distribuidos por el conjunto de la superficie de la masa.

Además, consideramos que deben ser funcionarios públicos competentes en Hidrogeología los que diseñen y mantengan las redes piezométricas de cada cuenca hidrográfica y certifiquen el estado cuantitativo de cada masa de agua subterránea en base a esos "puntos representativos y suficientes" de control (Ingenieros de Minas y Geólogos Especialistas en Hidrogeología).

Por otra parte, debe darse la posibilidad a los usuarios y a las comunidades de regantes a estar presentes en el momento de efectuar las medidas piezométricas.

También deben ejecutarse nuevos piezómetros, en los diferentes sectores de las MASUB y alejados de focos de bombeo, enrejillados en las masas superiores distintos de los enrejillados (filtros) en las MASUB inferiores.

Y se debería realizar un reconocimiento videográfico de cada uno de ellos colgado en la web oficial para poder comprobar qué MASUB se está midiendo.

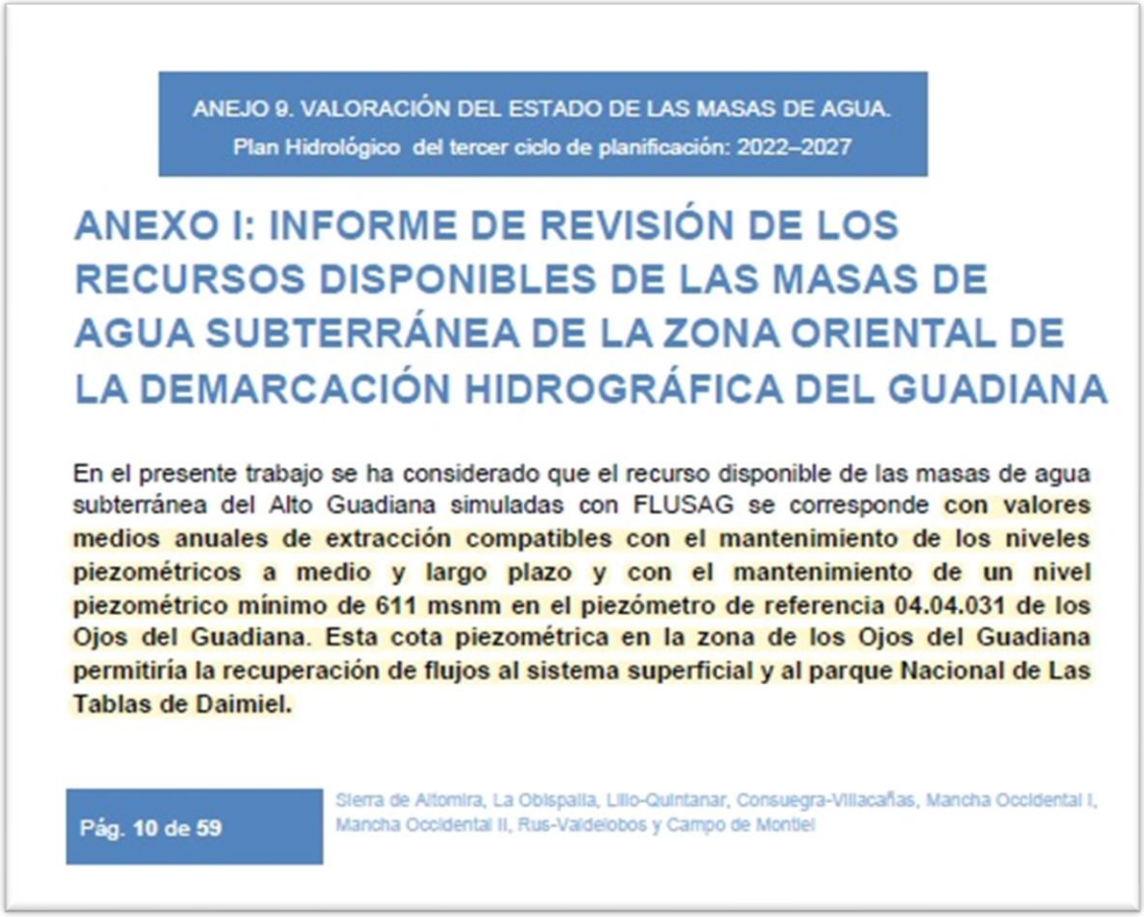
EL ESTADO CUANTITATIVO DEL CONJUNTO DE LAS MASUB DEL ALTO GUADIANA VINCULADO A UN ÚNICO PIEZÓMETRO

En el presente ciclo de planificación 2021-2027 hemos visto con sorpresa cómo **se vincula el estado cuantitativo no de una MASUB sino de todas las MASUB de la subzona Alta Guadiana al control de un único piezómetro**.

En efecto, oigamos cómo se dice en la página 10 del Anexo I *(Informe de revisión de los recursos disponibles de las masas de agua subterránea de la Zona Oriental de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana)* del Anejo 9 *(Valoración del estado de las masas de agua).* Dice así:

"Se ha considerado que ***el recurso disponible de las masas de agua subterránea del Alto Guadiana*** *simuladas con FLUSAG* ***se corresponde*** *con valores medios anuales de extracción compatibles con el mantenimiento de los niveles piezométricos a medio y largo plazo*

y con el mantenimiento de un nivel piezométrico mínimo de 611 msnm en el piezómetro de referencia 04.04.031 de los Ojos del Guadiana*. Esta cota piezométrica en la zona de los Ojos del Guadiana permitiría la recuperación de flujos al sistema superficial y al parque Nacional de Las Tablas de Daimiel."* Ver Figura 70 siguiente.



ANEJO 9. VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA.
Plan Hidrológico del tercer ciclo de planificación: 2022–2027

ANEXO I: INFORME DE REVISIÓN DE LOS RECURSOS DISPONIBLES DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LA ZONA ORIENTAL DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA

En el presente trabajo se ha considerado que el recurso disponible de las masas de agua subterránea del Alto Guadiana simuladas con FLUSAG se corresponde **con valores medios anuales de extracción compatibles con el mantenimiento de los niveles piezométricos a medio y largo plazo y con el mantenimiento de un nivel piezométrico mínimo de 611 msnm en el piezómetro de referencia 04.04.031 de los Ojos del Guadiana. Esta cota piezométrica en la zona de los Ojos del Guadiana permitiría la recuperación de flujos al sistema superficial y al parque Nacional de Las Tablas de Daimiel.**

Pág. 10 de 59

Sierra de Altomira, La Obispalía, Lillo-Quintanar, Consuegra-Villacañas, Mancha Occidental I, Mancha Occidental II, Rus-Valdelobos y Campo de Montiel

Figura 70 Texto donde se dice que se determina el estado cuantitativo de todas las MASUB de la <u>subzona Alto Guadiana</u> en base a un único piezómetro

Tal declaración, a nuestro juicio, vulnera la Directiva Marco del Agua, la Ley de Aguas, el RPH y la IPH en cuanto al control del estado cuantitativo de las MASUB. Por varias razones y ya antes apuntadas.

Porque **cada MASUB debe tener sus puntos de control representativos** y la evaluación de los recursos renovables debe hacerse en base a ellos y en cada una de ellas de forma independiente.

Y porque la Directiva deja claro en su Anexo V, aparatado 2.2.2. Densidad de los puntos de control, que deben ser bastantes los puntos de monitoreo por cada MASUB para obtener una apreciación fiable de las variaciones del nivel del agua en todos los sectores de esta.

EVALUACIÓN DEL ESTADO CUANTITATIVO DE LAS MASUB DEL ALTO GUADIANA

A continuación, y en base a piezómetros que por su evolución no muy afectada por bombeos consideramos "representativos" vamos a evaluar el estado cuantitativo real de las 8 MASUB orientales de la subzona Alto Guadiana: Campo de Montiel, Mancha Occidental I y II, Rus-Valdelobos, Sierra de Altomira, La Obispalía, Lillo-Quintanar y Consuegra-Villacañas.

Tenemos que aclarar las siguientes cuestiones técnicas:

1. En primer lugar, aquellos puntos que sean pozos de bombeo no deben considerarse en la evaluación del estado cuantitativo de una masa por los motivos antes expuestos, y porque en el momento actual podemos estar viendo la evolución de un cono de descensos que se profundiza por el aumento de los bombeos en la zona.

2. Cuando en una masa considerada tenemos una serie larga de medidas en un punto de monitoreo que, con fluctuaciones en periodos concretos, **muestra una tendencia estable a lo largo de la serie de años** de medidas, **debemos considerar ese punto como representativo a los efectos de la evaluación del estado cuantitativo de la MASUB** y no a los que muestren descensos significativos al final del periodo, porque esa será la indicación de que es un pozo afectado por bombeos. Pues no puede estar un sector de una MASUB en equilibrio y en descensos al mismo tiempo.

3. Por el contrario, si en una MASUB no encontramos series largas de medidas en un punto de control que muestren situación estable, quizá porque no haya suficientes piezómetros representativos, no podremos afirmar que dicha masa se encuentra en buen estado cuantitativo.

Analizando las series históricas de medidas más largas y menos afectadas por bombeo de los piezómetros de las MASUB Campo de Montiel, Mancha Occidental I y II, Rus Valdelobos y Sierra de Altomira, comprobamos, a simple vista, que desde finales de los 80, principios de los 90, hasta 2.018 se aprecia una evolución estable y en equilibrio que da idea de que **los recursos renovables de dichas masas son muy superiores a las extracciones por bombeo**. Justo lo contrario de lo que se viene diciendo en los sucesivos planes hidrológicos.

La gráfica que se muestra a continuación en la Figura 72 da buena muestra de ello y los datos se han obtenido de la web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (https://sig.mapama.gob.es/redes-seguimiento/) que es el Organismo

oficial en España del mantenimiento del registro y divulgación de la información de las masas de agua superficiales y subterránea y del agua almacenada en los embalses, según lo dispuesto en el Artículo 33 de la Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional (parte no derogada). Ver Figura 71.

Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

Artículo 33. *Información hidrológica.*

1. El Ministerio de Medio Ambiente mantendrá un registro oficial de datos hidrológicos que incluirá, al menos, los caudales en ríos y conducciones principales, la piezometría en los acuíferos, el estado de las existencias embalsadas, y la calidad de las aguas continentales. A estos efectos, las Comunidades Autónomas facilitarán los registros disponibles sobre las cuencas intracomunitarias.

2. En las cuencas intercomunitarias, el Ministerio de Medio Ambiente definirá una red básica oficial de medida de datos hidrológicos, y asumirá la responsabilidad de su completo mantenimiento, archivo y actualización de los datos generados.

3. Los ciudadanos tendrán libre acceso a dicha información, la cual será publicada por el Ministerio de Medio Ambiente periódicamente.

Figura 71 Extracto del artículo 33 de la Ley del Plan Hidrológico Nacional que atribuye las competencias del registro de la información del estado de las masas de agua subterránea al Ministerio antes de Medio Ambiente ahora de Transición Ecológica

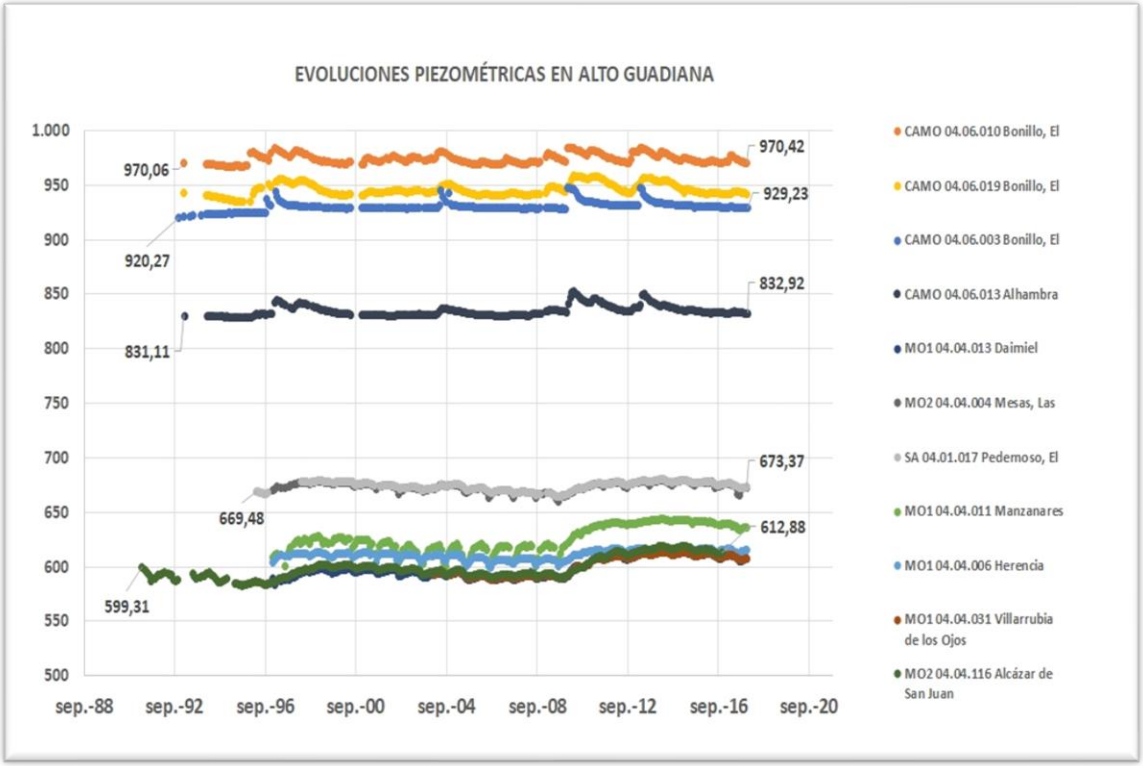


Figura 72 Evolución piezométrica del agua subterránea en las MASUB Campo de Montiel (COMO), Mancha Occidental I (MO1), Mancha Occidental II (MO2) y Sierra de Altomira (SA)

Por tanto y a simple vista, con la evolución del nivel del agua en dichos piezómetros no podemos afirmar que dichas MASUB se encuentren en mal estado cuantitativo.

Veremos ahora gráficas de detalle de dichas MASUB y en el ANEXO 1 se adjuntan capturas de pantalla de las gráficas de evolución piezométrica que se encuentran en la web del Ministerio citado.

CAMPO DE MONTIEL

Como vemos en el gráfico de la Figura 73 siguiente, donde se representa la evolución del agua subterránea en 4 piezómetros de la MASUB Campo de Montiel, el nivel del agua se mantiene estable o ha ascendido ligeramente desde que se tienen datos oficiales.

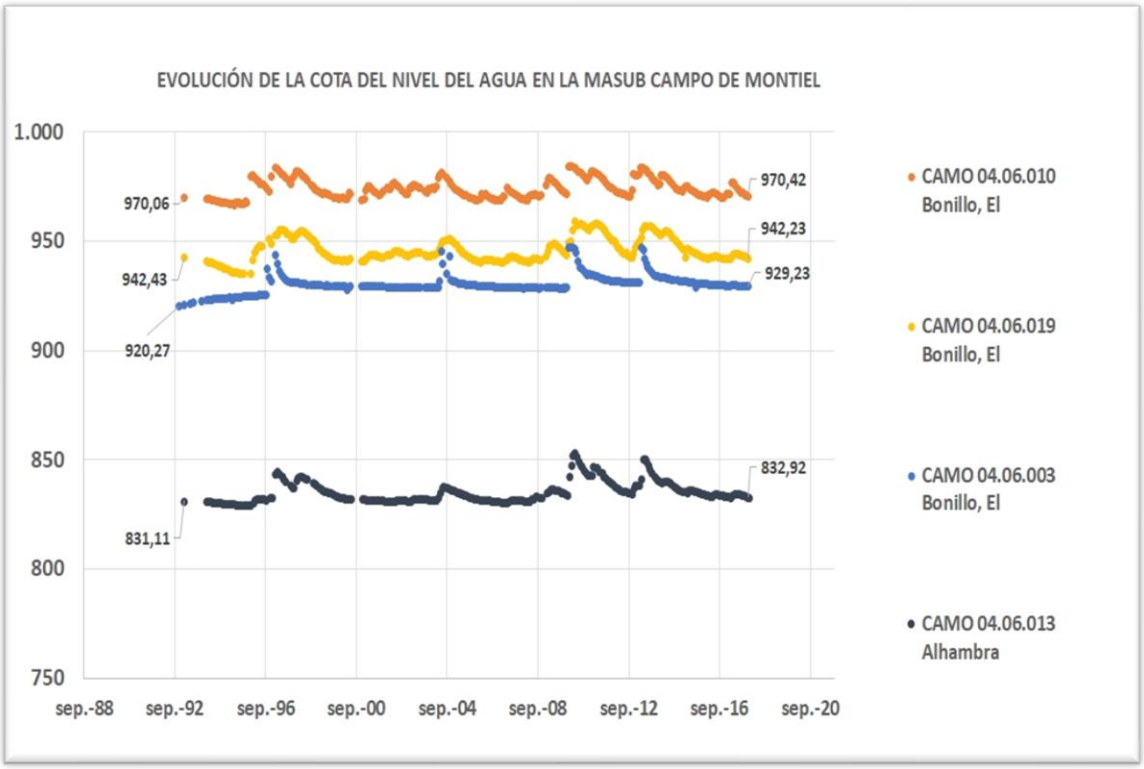


Figura 73 Evolución piezométrica en la MASUB Campo de Montiel

MANCHA OCCIDENTAL I

En este caso vemos también en la evolución temporal del nivel del agua subterránea en 4 piezómetros (gráfica de la Figura 74) cómo se mantiene constante y asciende ligeramente desde mediados de los 90 hasta la actualidad.

Los dientes de sierra que dibujan las gráficas se deben a la afección mutua entre pozos durante las sucesivas temporadas de bombeo que se relajan en invierno. No podemos por tanto afirmar que dicha MASUB se encuentre en mal estado cuantitativo y, por tanto, sus recursos renovables y disponibles son superiores a las extracciones medias anuales. Vemos en la Figura 75 el ejemplo concreto del punto 04.04.006.

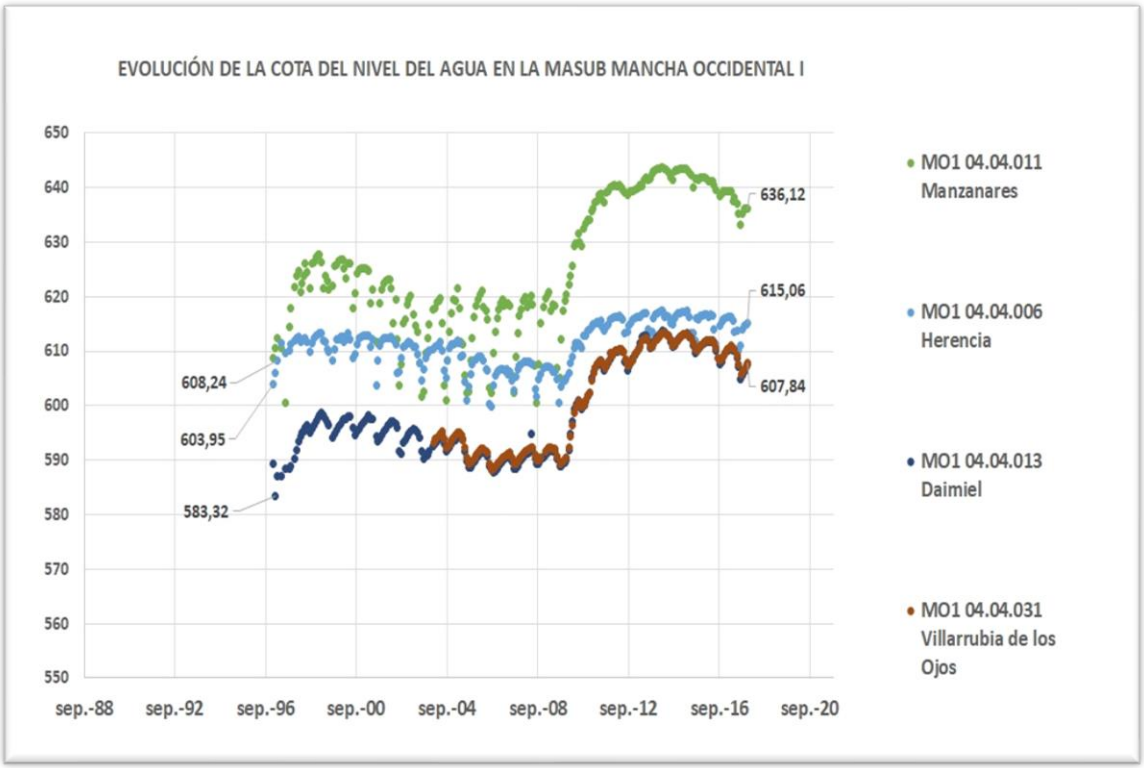


Figura 74 Evolución piezométrica en la MASUB Mancha Occidental I

Figura 75 Evolución de la profundidad al nivel del agua en el punto 04.04.006 de la MASUB Mancha Occidental I

MANCHA OCCIDENTAL II

Como en el caso anterior, en la MASUB Mancha Occidental II también hay al menos 4 piezómetros no muy afectados por bombeos próximos que ponen de manifiesto **una evolución del nivel del agua subterránea estable o ligeramente ascendente en el periodo de 30 años** que va desde finales de los años hasta 2018, fecha de la última actualización del Ministerio de su base de datos oficial (Figura 76).

No podemos en consecuencia, a la luz de la información existente y de la definición de buen estado cuantitativo de la Directiva Marco del Agua, concluir que los recursos disponibles de la MASUB son inferiores a las extracciones por bombeo. Ver el ejemplo concreto de la Figura 77.

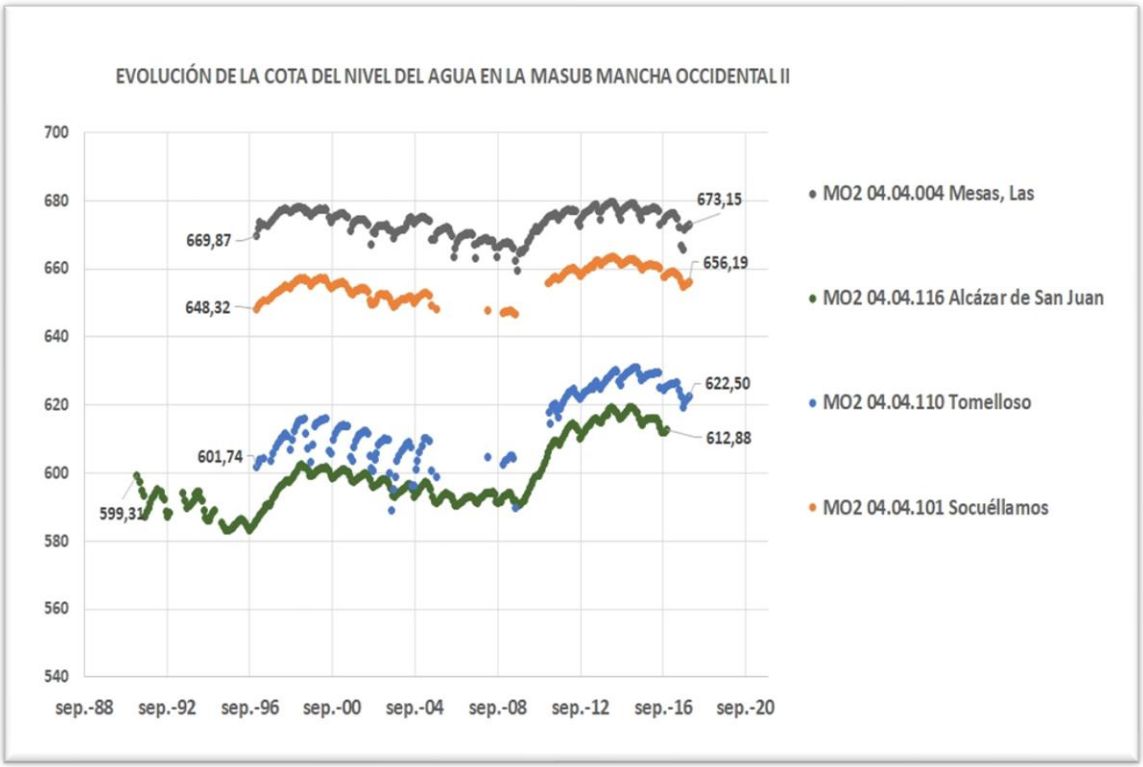


Figura 76 Evolución piezométrica en la MASUB Mancha Occidental II

Figura 77 Evolución de la profundidad al nivel del agua en el punto 04.04.059P de la MASUB Mancha Occidental II

RUS-VALDELOBOS

En al MASUB Rus Valdelobos, los piezómetros están más afectados por bombeo y es más difícil encontrar piezómetros representativos, no obstante, en el gráfico de la Figura 78 siguiente podemos ver la misma situación de equilibrio que hemos visto en las MASUB anteriores y con las mismas consecuencias, por tanto.

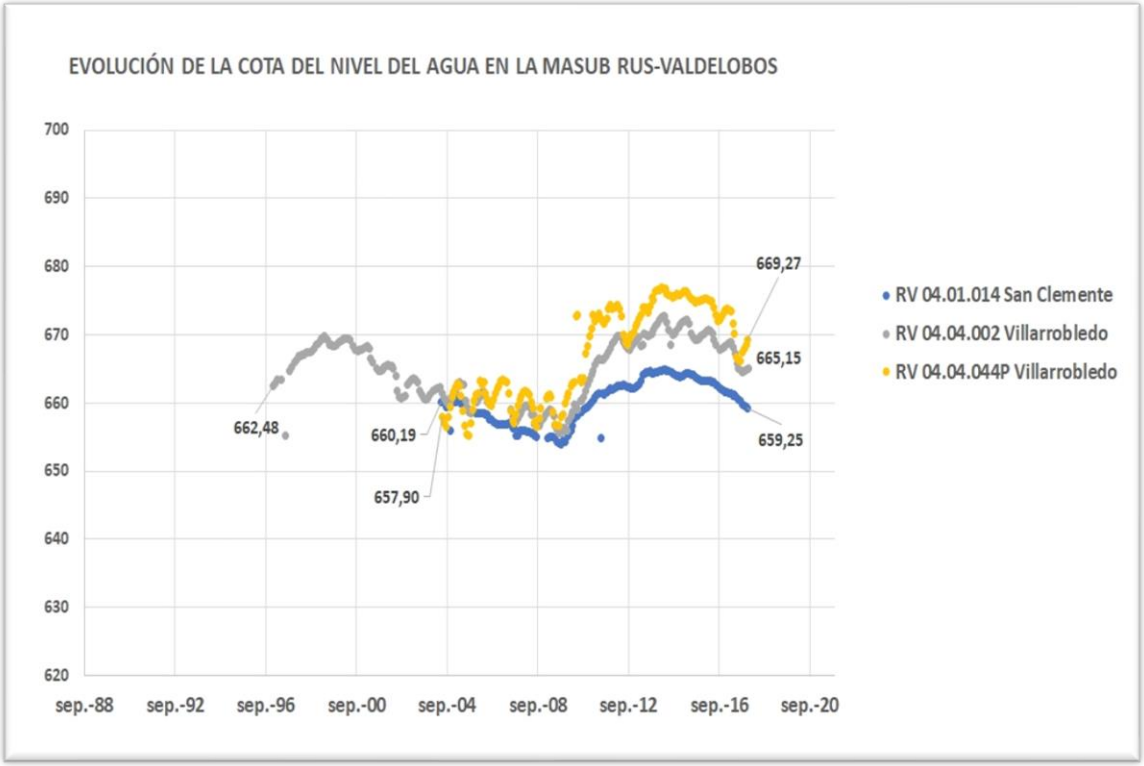


Figura 78 Evolución piezométrica en la MASUB Rus-Valdelobos

SIERRA DE ALTOMIRA

En la MASUB Sierra de Altomira también encontramos piezómetros escasamente afectados por bombeos próximos y que evidencian la situación de equilibrio hidrodinámico desenmascarando una errónea apreciación, en nuestra opinión, de sobreexplotación. Todo lo contrario, aquí también debemos concluir que los recursos disponibles son superiores a las extracciones por bombeo y que, por tanto, la MASUB no se encuentra en mal estado cuantitativo. Ver figuras 79 y 80 siguientes.

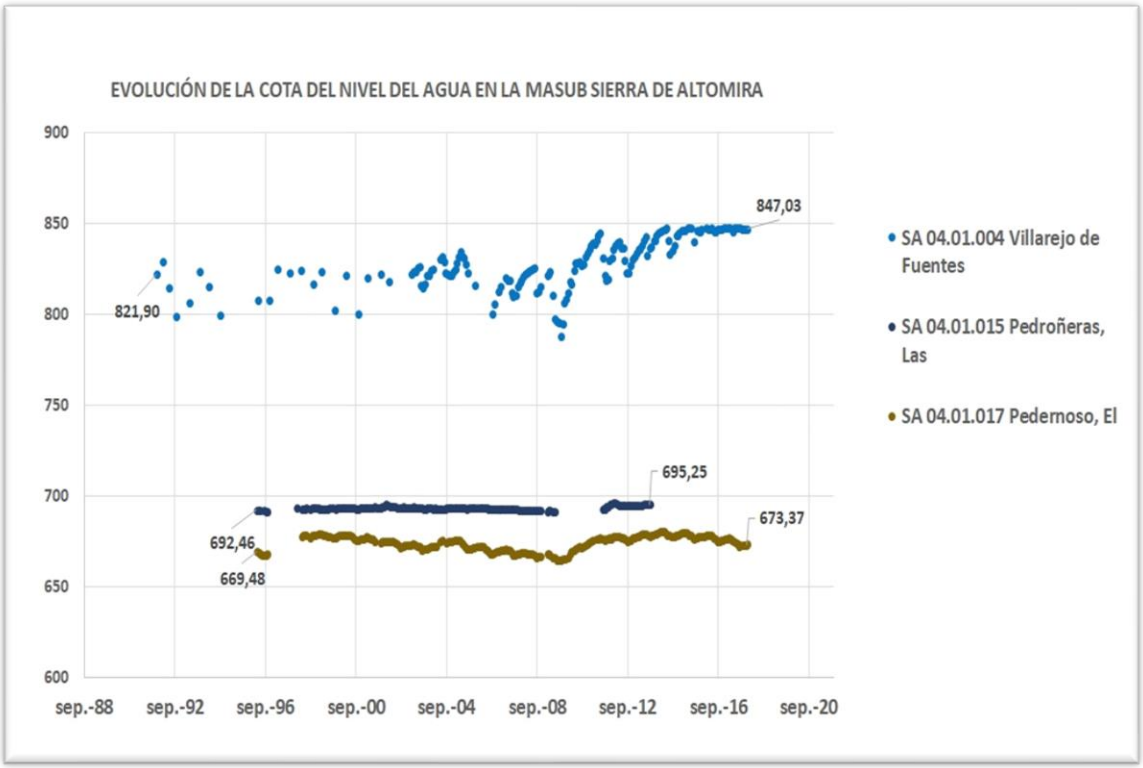


Figura 79 Evolución piezométrica en la MASUB Sierra de Altomira

Figura 80 Evolución de la profundidad al nivel del agua en el punto 04.01.018 de la MASUB Sierra de Altomira

OBISPALÍA, LILLO-QUINTANAR Y CONSUEGRA VILLACAÑAS

Analizamos conjuntamente la situación de estas 3 masas (La Obispalía, Lillo-Quintanar y Consuegra Villacañas) donde los puntos de observación de la red piezométrica son más escasos pero los no afectados por bombeos también ponen de manifiesto el buen estado cuantitativo de dichas masas en base a su evolución estable a lo largo de la serie temporal de medidas realizada. Ver figuras siguientes 81 y 82.

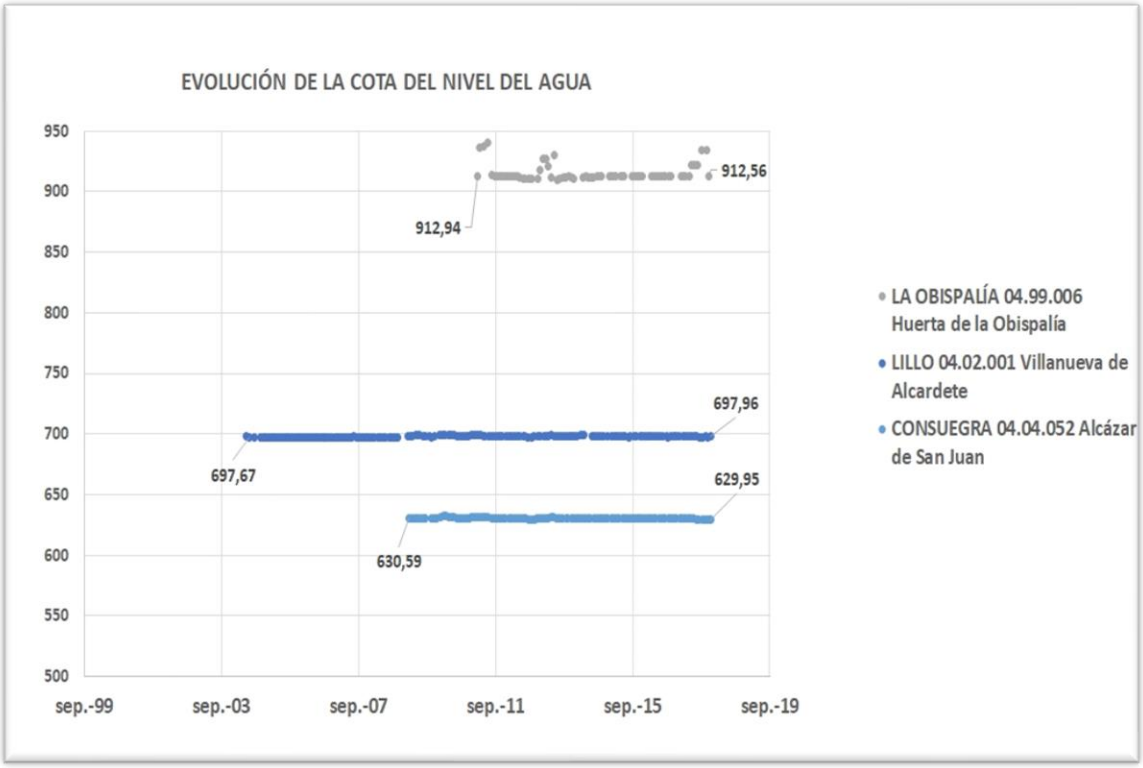


Figura 81 Evolución piezométrica en la MASUB La Obispalía, Lillo-Quintanar y Consuegra-Villacañas

Figura 82 Evolución de la profundidad al nivel del agua en el punto 04.02.001 de la MASUB Lillo-Quintanar

Como conclusión de este apartado, y a la vista además de las gráficas del ANEXO 1 del presente informe, podemos decir que hay suficientes puntos de medida del estado cuantitativo de las MASUB de la subzona Alto Guadiana que pueden considerarse “representativos” a la luz de la Directiva 2000/60/CE y que muestran una evolución piezométrica estable o ligeramente ascendente en la serie histórica de medidas y que abarca un periodo no inferior a unos 30 años.

Tal evidencia científica pone de manifiesto que los recursos disponibles de dichas masas son muy superiores a las extracciones por bombeo de cada una de ellas y que por tanto y en aplicación de dicha Directiva **se encuentran en buen estado cuantitativo**.

Por tanto, **cualquier estimación de índices de explotación que contradiga dicha evidencia supone que los Recursos Disponibles se han estimado por debajo de las reales**, **o que los bombeos se han sobredimensionado**. Ya que el índice de explotación de una MASUB es el cociente entre las extracciones de agua y los recursos disponibles.

En efecto, hay que considerar también que los cultivos y consumos cambian con los años por distintos factores: circunstancias climatológicas, por la implantación de nuevas técnicas de riego más eficientes y por la evolución del precio de los productos.

Por tanto, el volumen de extracciones de agua de cada masa debe calcularse en base a información de campo obtenida a lo largo de las sucesivas campañas de riego y durante varios años consecutivos.

Datos básicos éstos que permiten elaborar fichas de inventario tanto de las superficies de riego como del pozo origen del agua. Con ellas se facilita la estimación del consumo medio de cada pozo, tanto en los años secos como en los años húmedos, el cual se puede contrastar con la lectura anual del contador volumétrico totalizador de caudal.

La suma de todas las extracciones así cotejadas de los pozos emplazados en la masa nos dará el valor medio anual de las extracciones en el periodo temporal considerado. Esta es la forma correcta, en nuestra opinión, de obtener dicho volumen.

En cambio, los planes hidrológicos, al menos hasta ahora, utilizan la información procedente del Registro de Aguas o del Catálogo de Aguas

Privadas del Organismo de cuenca; con dotaciones y superficies de riego sobreestimadas por el propio interesado a finales de los años 80, cuando se declararon los aprovechamientos, y con dotaciones poco eficientes. En consecuencia, los volúmenes de extracción deducidos de aquellas declaraciones podrían igualmente estar sobreestimados y desajustados por exceso a la realidad actual.

EL BUEN ESTADO CUALITATIVO O QUÍMICO

Nos dice la Directiva Marco del Agua que “buen estado químico” es el estado químico alcanzado por una MASUB que cumple todas las condiciones establecidas en el cuadro 2.3.2 del Anexo V. Resumiendo, que no presentan efectos de salinidad y de intrusiones marinas, que no rebasen normas de calidad establecidas legalmente ni que su agua pueda dañar a los ecosistemas fluviales asociados.

Obliga a crear una red de seguimiento de las aguas subterráneas diseñada de modo que proporcione una **apreciación coherente y amplia** del estado químico de las aguas subterráneas en cada cuenca y detecte la presencia de tendencias al aumento prolongado de contaminantes inducidas antropogénicamente.

PUNTOS REPRESENTATIVOS DEL ESTADO QUÍMICO O CUALITATIVO

Como en el estado cuantitativo, el estado químico debe medirse en "puntos representativos" para que nos proporcionen esa apreciación coherente y amplia de su estado químico.

Las aguas subterráneas de la subcuenca Alto Guadiana cumplen todos los parámetros de calidad exigidos, pero se viene cuestionando el contenido en nitratos hasta el punto de que, por ese motivo, alguna de ellas se ha catalogado en mal estado cualitativo.

Pero debemos saber y conocer dónde se toman las muestras, es decir cuáles son los puntos de muestreo. Pues es muy frecuente que las muestras de agua que se analizan sean obtenidas en pozos comunes cerca de establos y apriscos de ganado y cerca de ciudades y redes de alcantarillado.

Además, no hay constancia de que las muestras se hayan tomado después del bombeo del agua estancada. Tampoco sabemos en qué MASUB y horizonte se han tomado las muestras: si en la superior (lo frecuente) o en la inferior.

Efectivamente, no es lo mismo muestrear el acuífero inferior en una zona de sierra deshabitada, alejada de focos puntuales de contaminación, donde el sondeo se ha perforado aislando los tramos permeables superficiales del acuífero profundo y donde el agua se bombea previamente antes de tomar la muestra, que en el pozo somero

de una industria ubicada en un polígono industrial o en una granja (Figura 83).

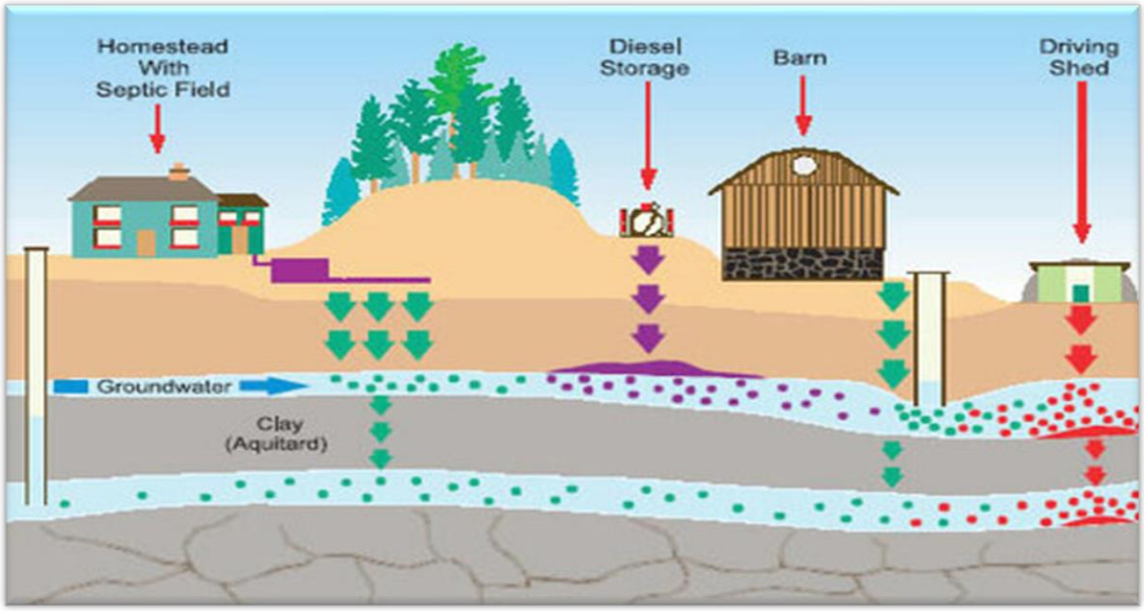


Figura 83 En los entornos urbanos, ganadero e industriales se producen vertidos que modifican la composición natural de las aguas subterráneas. Por tanto, a la luz de la Directiva Marco del Agua, los pozos muestreados en esas zonas no son puntos representativos. Fuente: https://www.allaroundthehouse.ca/home-inspection-blog/ontarios-water-well-regulations

No obstante, en la **Red de Seguimiento del Estado Químico** del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, que el Organismo competente en la toma de datos del estado cuantitativo y cualitativo de las masas de agua de las cuencas intercomunitarias del Estado español, que podemos ver en su web: (https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterraneas/red-de-calidad/default.aspx) vemos cómo se han seleccionado pozos emplazados dentro de los núcleos urbanos de los pueblos o ciudades para monitorizar el contenido en nitratos o el resto de los parámetros fisicoquímicos de las aguas subterráneas.

En el ejemplo de la Figura 84 siguiente vemos el caso del punto CA0404020, ubicado al sur del casco urbano de Villarrobledo, Albacete.

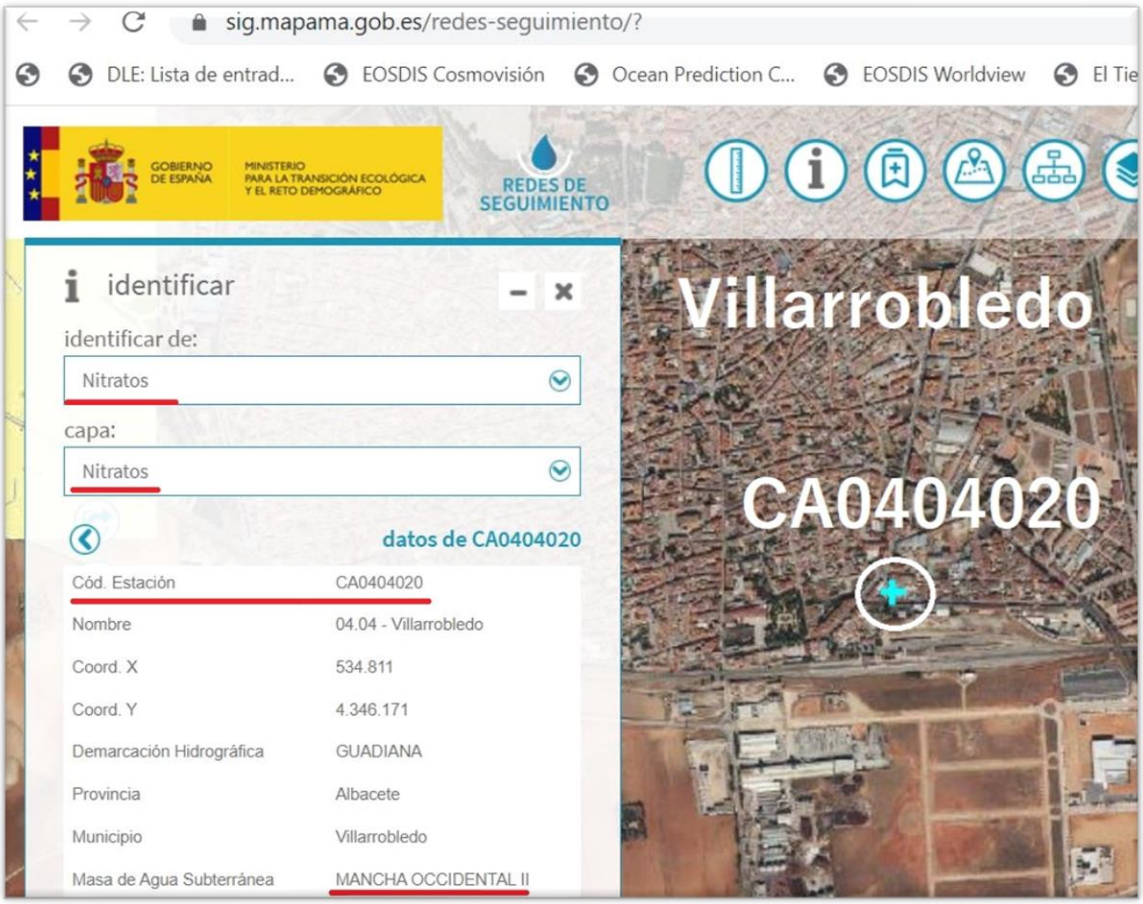


Figura 84 En el visor de la Red de Seguimiento del Estado Químico del MITECO vemos cómo el punto de muestreo de nitratos CA0404020 se encuentra dentro del casco urbano de Villarrobledo, Albacete

Es preciso, por tanto, dotar a las confederaciones hidrográficas de expertos en hidrogeología **que validen los puntos de control para que las muestras allí tomadas sean representativas del conjunto de la MASUB considerada (superior o inferior) y no solo de la situación local y puntual concreta muy antropizada.**

EL CONCEPTO DE “TÉCNICO COMPETENTE” EN LA NORMATIVA Y LA AUSENCIA DE HIDROGEÓLOGOS

En el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (DPH), que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, se dice expresamente, en multitud de artículos, que los estudios y proyectos que se presenten para obtener determinadas autorizaciones o concesiones de uso privativo o no consuntivo del DPH, deben ser suscritos por técnico competente en la materia.

Es decir, para la Administración, no vale con afirmar determinadas cosas, tiene que acreditarse que el que las firma es experto en la materia.

Nos referimos a los artículos siguientes de dicho texto legal: 36, 69, 76, 77, 106, 123, 126, 130, 154, 179 y 246.

Pero más concretamente para el caso de las aguas subterráneas, al artículo 258.2 sobre informes hidrogeológicos.

Pues bien, resulta sorprendente que esa misma exigencia de la Administración para los demás, no se la aplique así misma para los estudios que realiza. Y así, comprobamos cómo en las confederaciones hidrográficas no hay expertos en hidrogeología que certifique que los puntos de control del estado cuantitativo y cualitativo de las MASUB se hace en puntos representativos y fiables.

Es decir, no vemos funcionarios geólogos, ingenieros geólogos o ingenieros de minas, especialistas en agua subterráneas, que son los profesionales competentes en la materia de las aguas subterráneas, certificando la representatividad de las medidas tomadas o de las muestras que serán analizadas.

Ni si los puntos de control están emplazados en el acuífero superior o en el inferior (en la MASUB superior o en la inferior) ni si la MASUB tiene suficientes puntos de control, distribuidos por todas sus zonas, para poder determinar su estado con rigor o son insuficientes.

Esta carencia no es nueva y es bien conocida. Es una reivindicación histórica de profesores de universidades e hidrogeólogos desde finales de los años 70 hasta la actualidad donde reiteradamente se ha denunciado públicamente la falta de hidrogeólogos en las confederaciones hidrográficas.

Y esa falta de profesionales expertos en aguas subterráneas, reconocida recientemente por escrito por el propio Ministerio en su plan de choque para cubrir vacantes de plantilla, no se puede suplir con informes del IGME, al que la Ley de Aguas le faculta para colaborar con los organismos de cuenca; ni tampoco personal de TRAGSATEC, como recientemente ha sentenciado el tribunal Supremo en dos sentencias.

La Normativa establece que son las Comisarías de aguas de las Confederaciones hidrográficas las competentes para realizar los aforos y los estudios e informes sobre el estado de las masas de agua superficiales y subterráneas.

Por tanto, es preceptivo, en nuestra opinión, que sean hidrogeólogos empleados públicos de los organismos de cuenca los que validen e informen del estado cuantitativo y cualitativo de las MASUB por la gran trascendencia que esto tiene para la economía y el medio ambiente.

Al igual que, y a modo de ejemplo, son los médicos epidemiólogos los expertos confiables y los encargados de contrastar la información sobre la evolución de una pandemia y establecer las pautas a seguir por la población para mitigar sus efectos.

Pues si no se sabe cómo funciona un acuífero confinado, se corre el riego de entender su funcionamiento hidrodinámico como el de un embalse superficial, donde la cota de la lámina del agua en la presa es la misma que en el resto del embalse. Y si esta desciende 1 m equivale a que ese metro a descendido en toda la masa y por tanto podemos calcular el volumen vaciado.

En los acuíferos confinados, el descenso del nivel del agua en un punto de observación es una simple variación de la presión de un acuífero lleno de agua que puede no tener continuidad lateral porque se trata de la influencia del bombeo del propio pozo que genera un cono invertido de descenso piezométrico.

Todas estas cosas las sabe y las entiende un hidrogeólogo, y sabe qué medidas son representativas y validas y cuáles no. Al igual que un médico especialista sabe que análisis de sangre hay que repetir o que radiografía hay que volver a hacer.

Además, que un humedal descienda de caudal no implica necesariamente que el acuífero se haya vaciado. Basta con que un pozo en sus proximidades se ponga a funcionar para que deprima el nivel piezométrico y el agua pierda la fuerza para salir en la surgencia. Cuando el pozo deja de funcionar, el agua vuelve a brotar en la poza o laguna.

Esto no es teoría, es evidencia que se puede comprobar en muchos sitios. Concretamente, por ejemplo, en la Región de Murcia, porque el pozo que la afectaba ha dejado de funcionar, ha vuelto a manar: la poza termal de Somogil en Moratalla, las Fuentes de Mula en Bullas, La Fuente de Burete en Cehegín y la Fuente del Pulpillo en Yecla.

Por tanto, **debemos estudiar la hipótesis de que los Ojos del Guadiana y las Tablas de Daimiel sean surgencias de acuíferos profundos confinados afectados únicamente por los pozos del entorno**.

Y en ese caso, bastaría con aplicar las medidas establecidas en el Artículo 56 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, en cuanto a la sustitución de captaciones individuales por comunes, alejadas de los ecosistemas acuáticos, para mejorar su caudal de surgencia y, por tanto, levantar las restricciones en las zonas alejadas de las mismas, que no tienen ningún efecto sobre ellos.

Para todo esto, hace falta expertos en hidrogeología en la Confederación Hidrográfica del Guadiana, precisamente para poder compatibilizar la preservación de los ecosistemas fluviales con el desarrollo sostenible en la subzona Alto Guadiana y desde el conocimiento científico del funcionamiento de sus acuíferos.

CONCLUSIONES

A la vista del estudio realizado de la planificación hidrológica de las MASUB (masas de agua subterránea) de la subzona Alto Guadiana en el Plan Hidrológico de la demarcación del Guadiana 2021-2027, en relación con los anteriores 2009-2015 y 2015-2021 y con estudios hidrogeológicos anteriores del IGME (Instituto Geológico y Minero de España), podemos concluir lo siguiente:

Apreciamos **cierta incoherencia de los valores de las variables atmosféricas** del ciclo natural del agua en dicha subzona, donde se determina que en ella el porcentaje del agua evapotranspirada (ETR) en relación con las precipitaciones (P) es mayor que en la media de la cuenca del Guadiana y que en las cuencas del Júcar y del Segura.

En efecto, en la cuenca del Guadiana dicho porcentaje de la ETR con respecto a la P es del 86%, en cambio en la subzona Alto Guadiana del 94%. Porcentaje que es incluso superior al de la cuenca del Segura (del 88%) y al de la cuenca del Júcar (del 85%).

En consecuencia, el porcentaje de los recursos naturales (P-ETR) con respecto a la P, están contabilizados en dicha subzona en solo el 6%. Valor inferior a la media de la cuenca del Guadiana (14%), de la cuenca del Segura (12%) y de la cuenca del Júcar (15%).

Si en el Alto Guadiana el porcentaje de ETR/P fuera el mismo que el valor medio del conjunto de su demarcación hidrográfica, los recursos

naturales allí serian de 1.105 hm^3/año en lugar de 485 hm^3/año como calcula el Plan Hidrológico 2027.

Por otro lado, se ha estimado en los documentos de dicho Plan 2027, en fase de información pública, que **la escorrentía total es inferior a la subterránea en las dos series temporales** (corta y larga), lo que pensamos que se trata de un error de cálculo que no estaba en los planes anteriores.

Por ambos motivos, consideramos preciso que el organismo competente en la materia, que es la AEMET, dictamine si estos cálculos son correctos. Pues hay mucho volumen de recurso natural en juego, y, por tanto, mucha agua disponibles de las MASUB que puede que no se hayan contabilizado.

Y por esta razón, sería bueno que en vez de ser el Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) quien estime las variables atmosféricas del ciclo hidrológico con los datos de la AEMET, sea la AEMET la que haga dichos cálculos con su propia información, al igual que lo hace para los demás ámbitos territoriales del Estado (municipio, comarca, provincia, comunidad autónoma y país).

En otro orden de cosas, se ha comprobado que del análisis de las **evoluciones de los piezómetros representativos** y menos afectados por bombeos de las diferentes MASUB de la subzona Alto Guadiana, se desprende que **existe una probada evolución estable del nivel del agua en todas ellas** en las series históricas de medidas recogidas por el organismo competente en la materia, que es el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Por tanto, y a la luz de la Directiva Marco del Agua, **la estabilidad de este parámetro a lo largo de los últimos decenios** pone de manifiesto que las extracciones por bombeo son inferiores a los recursos disponibles y que, por tanto, se encuentran en **buen estado cuantitativo**.

Sobre este asunto, debemos añadir que dichos documentos recientes de planificación **confían dicho estado cuantitativo** de todas las MASUB de la subzona **a un único piezómetro**, ubicado cerca de los Ojos del Guadiana, lo que creemos que choca frontalmente con lo establecido en el Anexo V de la citada Directiva, con la Ley de Aguas y con el Reglamento de Planificación Hidrológica, pues los piezómetros deben ser exclusivos de cada MASUB y ubicarse homogéneamente repartidos por toda ella.

Por otro lado, El IGME, en meritados estudios de los años 70 y 80, definió **MASUB superiores e inferiores en la <u>subzona Alto Guadiana</u>** que no se han traslado a la planificación hidrológica actual, como si se ha hecho en el Plan Hidrológico del Duero, por poner un ejemplo, o en algunos casos en el Plan del Segura. Pensamos, por tanto, que está pendiente definir dichas masas y asignarle sus correspondiente recursos disponibles de forma diferenciada.

Debemos recordar que **el concepto de MASUB**, definido en la citada Directiva y en el Texto Refundido de la Ley de Aguas, se refiere al **volumen de agua almacenado en los acuíferos**, en cambio los sucesivos planes hidrológicos siguen sin cuantificar el volumen almacenado en cada uno de ellos, ni siquiera en cada una de las MASUB. Algo que ya está estimado desde los estudios del IGME de

finales de los 70 en el Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PNIAS) y posteriores.

Y por último no debemos dejar pasar el hecho de que consideramos fundamental dotar a la Confederación Hidrográfica del Guadiana de **“técnicos competentes” en hidrogeología** que validen los datos obtenidos de las redes piezométricas y de la calidad y la representatividad de estos.

ANEXO 1. GRÁFICOS DE EVOLUCIÓN DE LAS MASUB

A continuación, se adjuntan gráficas de la evolución piezométrica de las MASUB de la subzona Alto Guadiana obtenidas mediante captura de pantalla de la **Red Oficial de Piezometría** del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y que se puede consultar en el siguiente enlace:

https://sig.mapama.gob.es/WebServices/clientews/redes-seguimiento/default.aspx?nombre=PIEZO_GRAFICA&claves=DGAGUA.PIEZOMETROS.PIE_NUMPIE&valores=1777&origen=1008

Dichas gráficas ponen de manifiesto que dichas MASUB se encuentran en equilibrio hidrodinámico en la serie histórica de medidas tomadas y desde principios de los años 90, o incluso finales de los 80, hasta los últimos dato disponibles: primeros de 2018. Fecha final que coincide aproximadamente con el último año de las dos series temporales consideradas en el Plan Hidrológico 2021-2027: larga (1940-2018) y corta (1980-2018).

Dicha tendencia a la estabilidad hidrodinámica en dichas MASUB, vista en piezómetros representativos durante un periodo de más de 30 años, a pesar de los periodos de sequía habidos en ese amplio intervalo temporal, pone de manifiesto, claramente en nuestra opinión y sin ningún género de dudas, que las extracciones por bombeo siguen siendo muy inferiores a los recursos disponibles y que, por ello, se encuentran en **buen estado cuantitativo**.

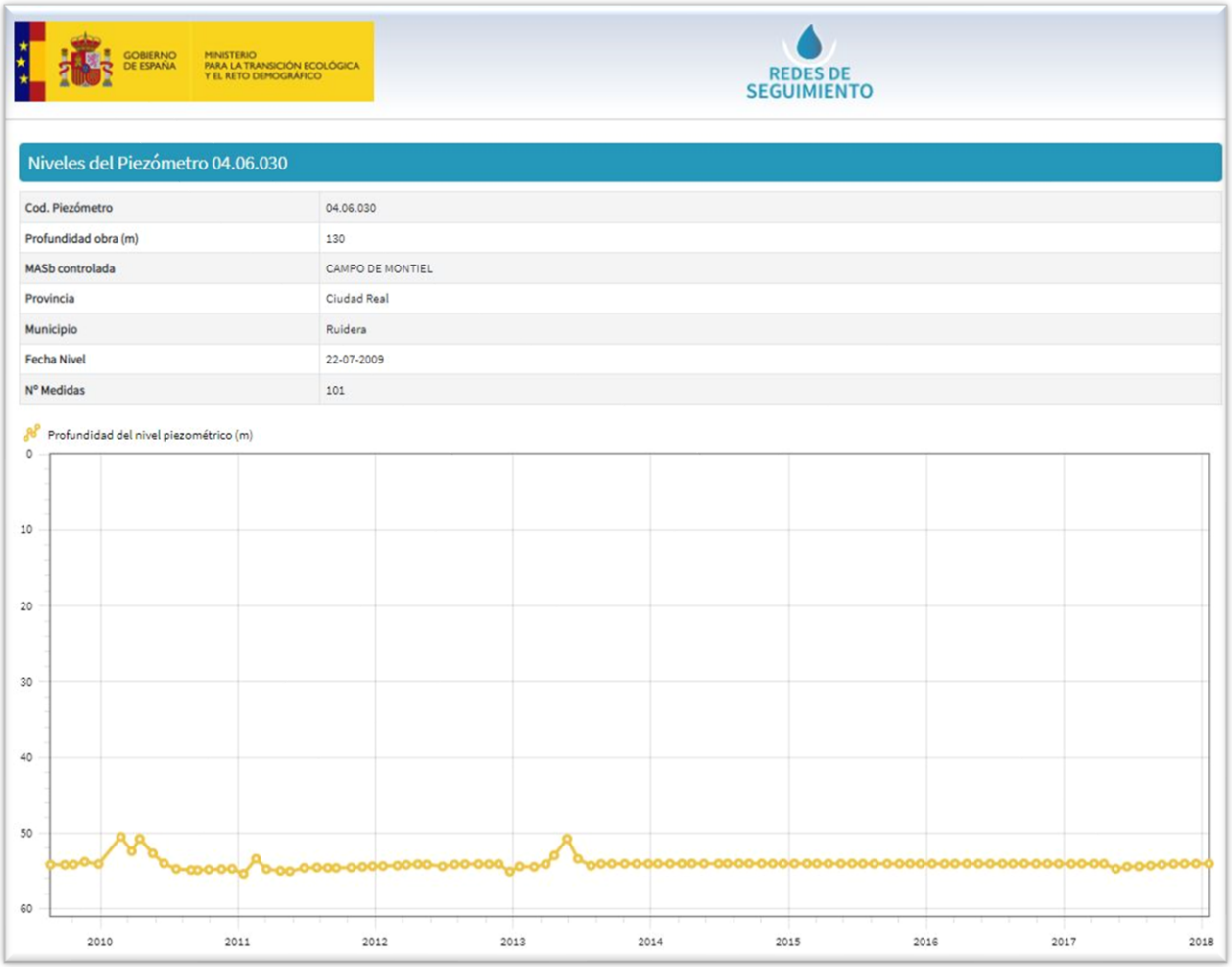


Figura 85 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.06.030 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Campo de Montiel en el municipio de Ruidera, Ciudad Real. Número de medidas: 101

Figura 86 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.06.115 desde 1993 hasta primeros de 2018. MASUB Campo de Montiel en el municipio de Villahermosa, Ciudad Real. Número de medidas: 229

Figura 87 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.02.202 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Lillo-Quintanar en el municipio de Pozorrubio de Santiago, Cuenca. Número de medidas: 104

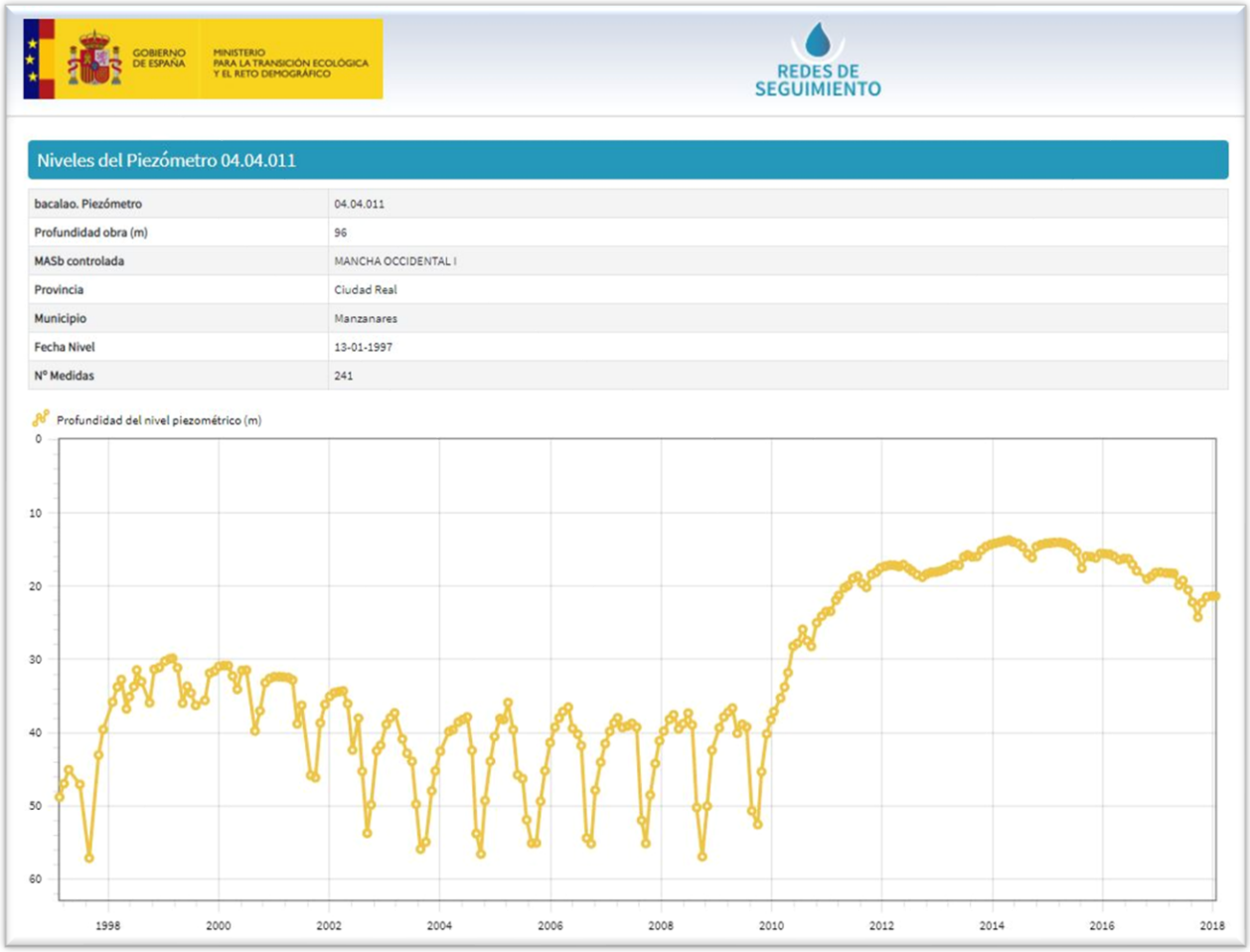


Figura 88 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.011 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Manzanares, Ciudad Real. Número de medidas: 241

Figura 89 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.112 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Bolaños de Calatrava, Ciudad Real. Número de medidas: 204

Figura 90 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.206 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Villarta de San Juan, Ciudad Real. Número de medidas: 107

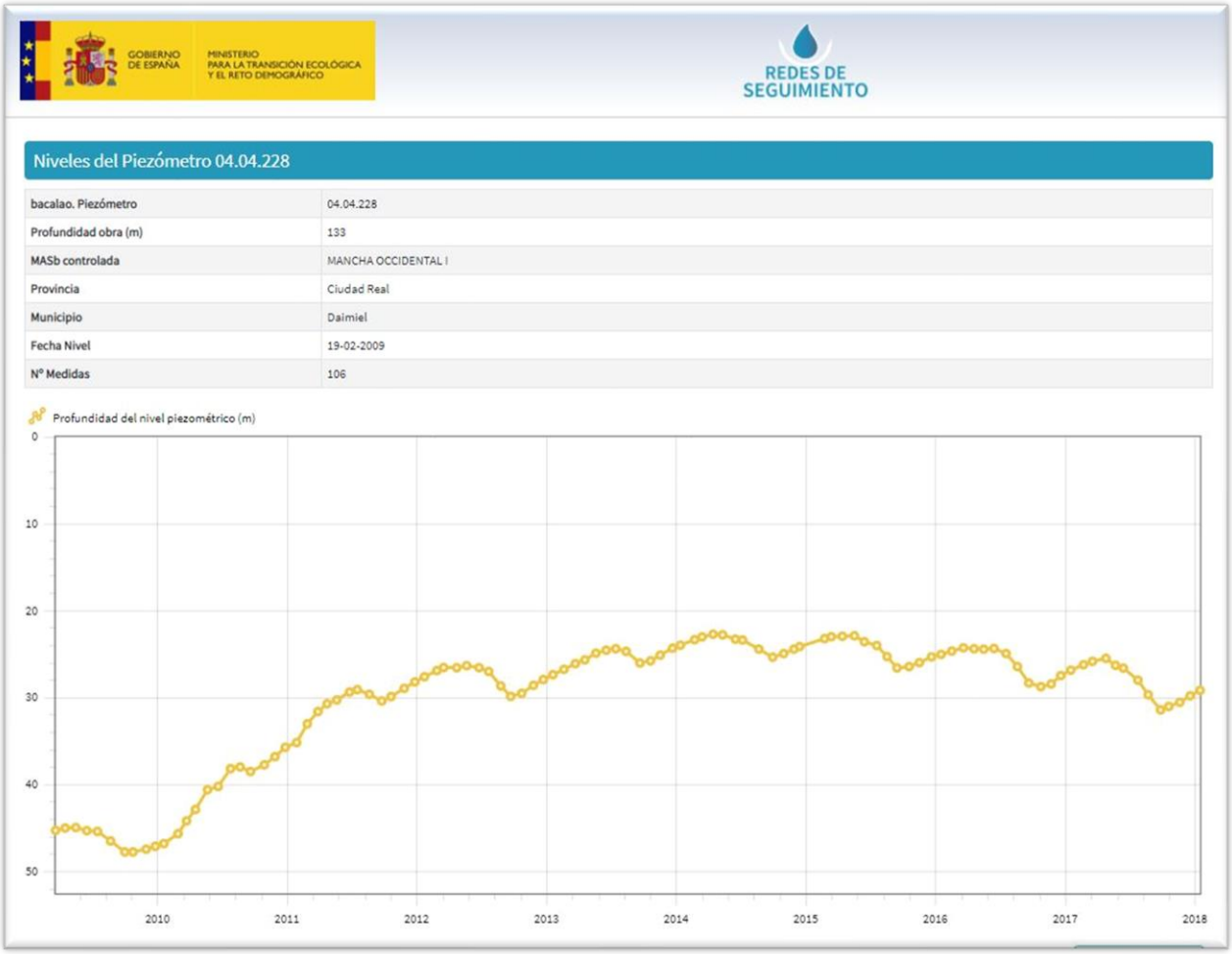


Figura 91 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.228 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Daimiel, Ciudad Real. Número de medidas: 106

Figura 92 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.013 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Daimiel, Ciudad Real. Número de medidas: 240

Figura 93 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.030 desde 2005 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Daimiel, Ciudad Real. Número de medidas: 159

Figura 94 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.331 desde 1998 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental I en el municipio de Villarrubia de los Ojos, Ciudad Real. Número de medidas: 236

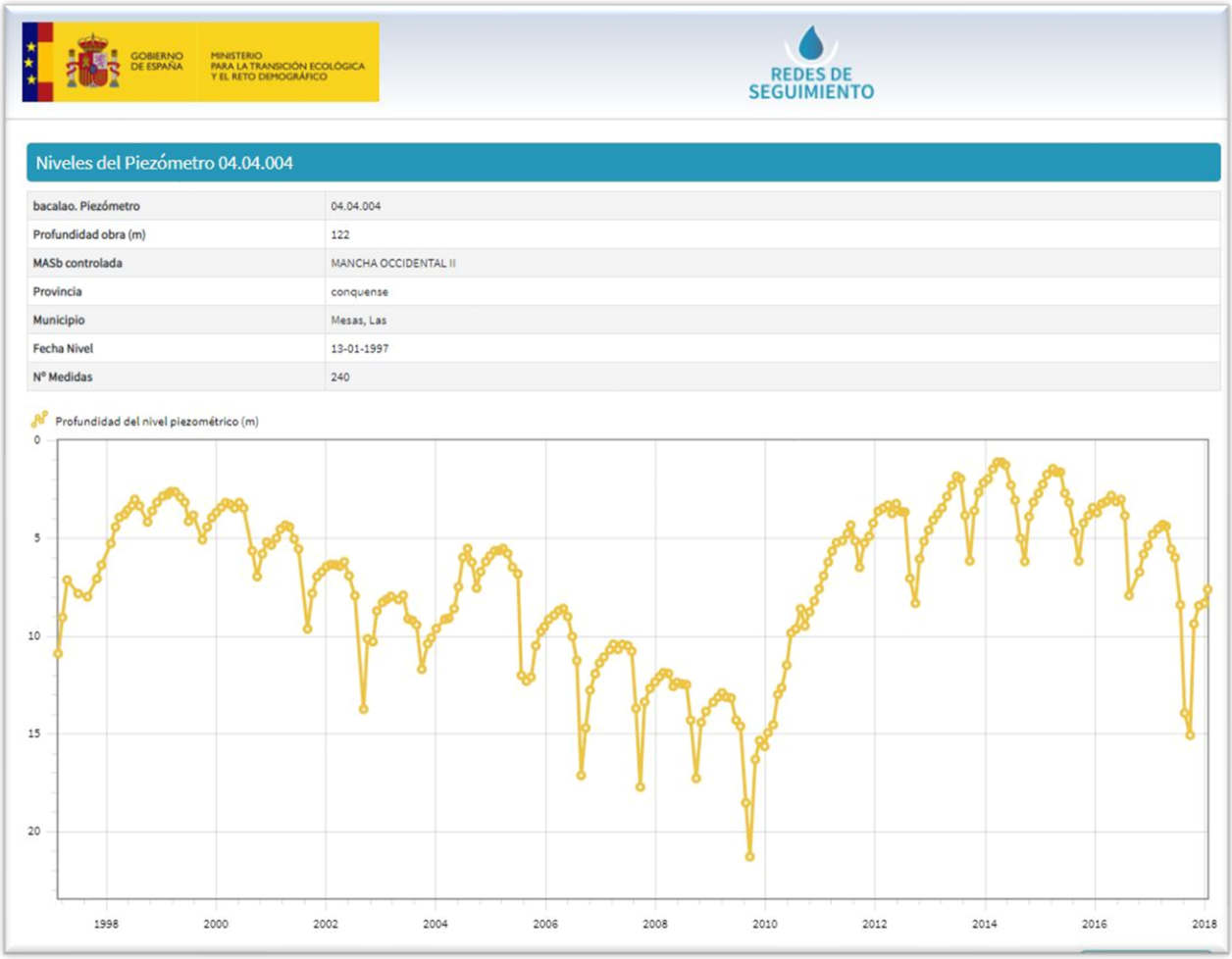


Figura 95 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.004 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Las Mesas, Cuenca. Número de medidas: 240

Figura 96 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.020 desde 2004 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Tomelloso, Ciudad Real. Número de medidas: 164

Figura 97 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.026 desde 2004 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Mota del Cuervo, Cuenca. Número de medidas: 162

Figura 98 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.049 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Argamasilla de Alba, Ciudad Real. Número de medidas: 228

Figura 99 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.059P desde 2008 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Campo de Criptana, Ciudad Real. Número de medidas: 107

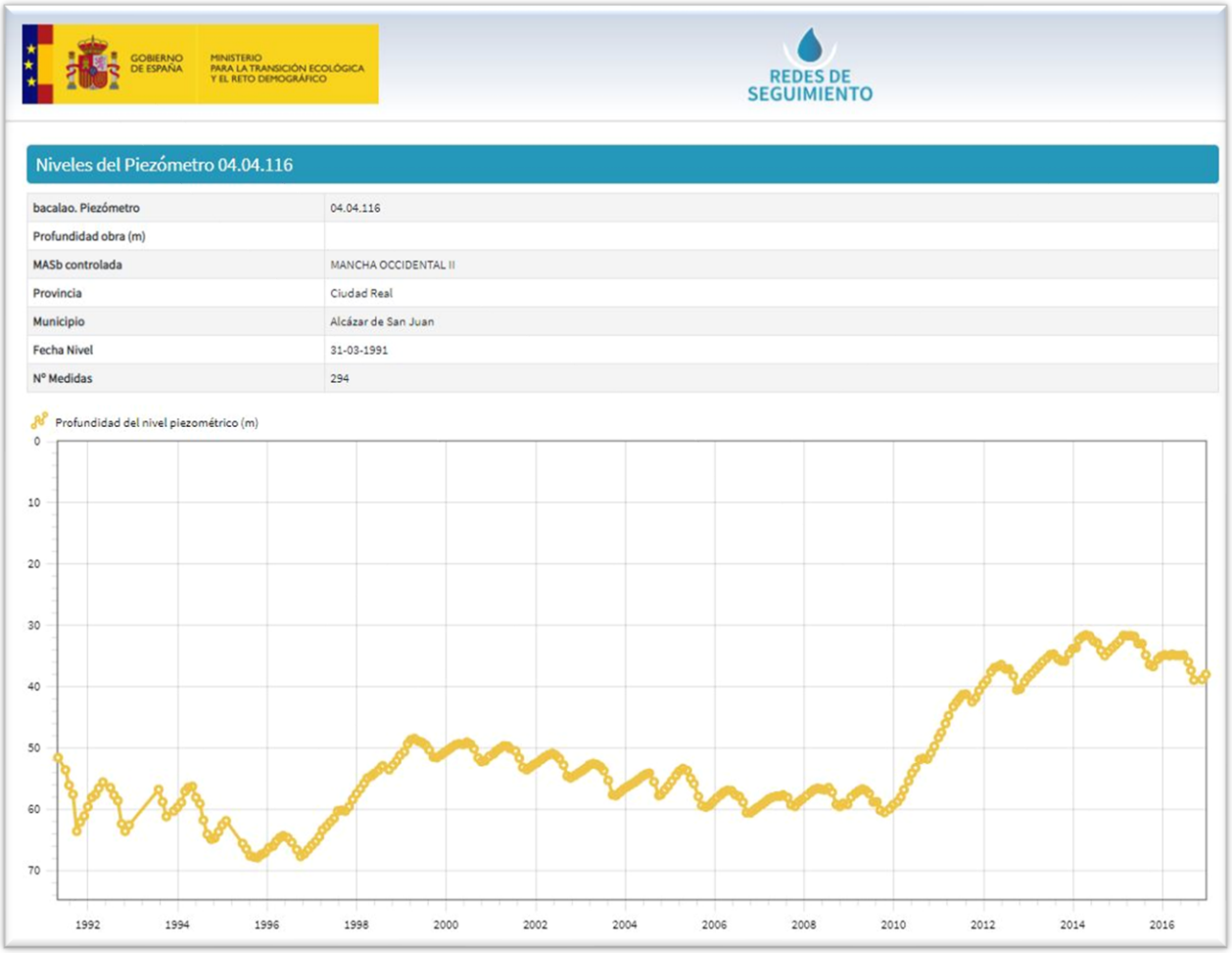


Figura 100 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.116 desde 1991 hasta primeros de 2018. MASUB Mancha Occidental II en el municipio de Alcázar de San Juan, Ciudad Real. Número de medidas: 294

Figura 101 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.06.006 desde 2004 hasta primeros de 2018. MASUB Rus-Valdelobos en el municipio de Villarrobledo, Albacete. Número de medidas: 158

Figura 102 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.04.002 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Rus-Valdelobos en el municipio de Villarrobledo, Albacete. Número de medidas: 229

Figura 103 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.219 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Rus-Valdelobos en el municipio de Vara del Rey, Cuenca. Número de medidas: 103

Figura 104 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.014 desde 2004 hasta primeros de 2018. MASUB Rus-Valdelobos en el municipio de San Clemente, Cuenca. Número de medidas: 156

Figura 105 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.007 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Sierra de Altomira en el municipio de Roda de Haro, Cuenca. Número de medidas: 235

Figura 106 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.010 desde 2004 hasta primeros de 2018. MASUB Sierra de Altomira en el municipio de Las Pedroñeras, Cuenca. Número de medidas: 164

Figura 107 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.017 desde 1997 hasta primeros de 2018. MASUB Sierra de Altomira en el municipio de El Pedernoso, Cuenca. Número de medidas: 233

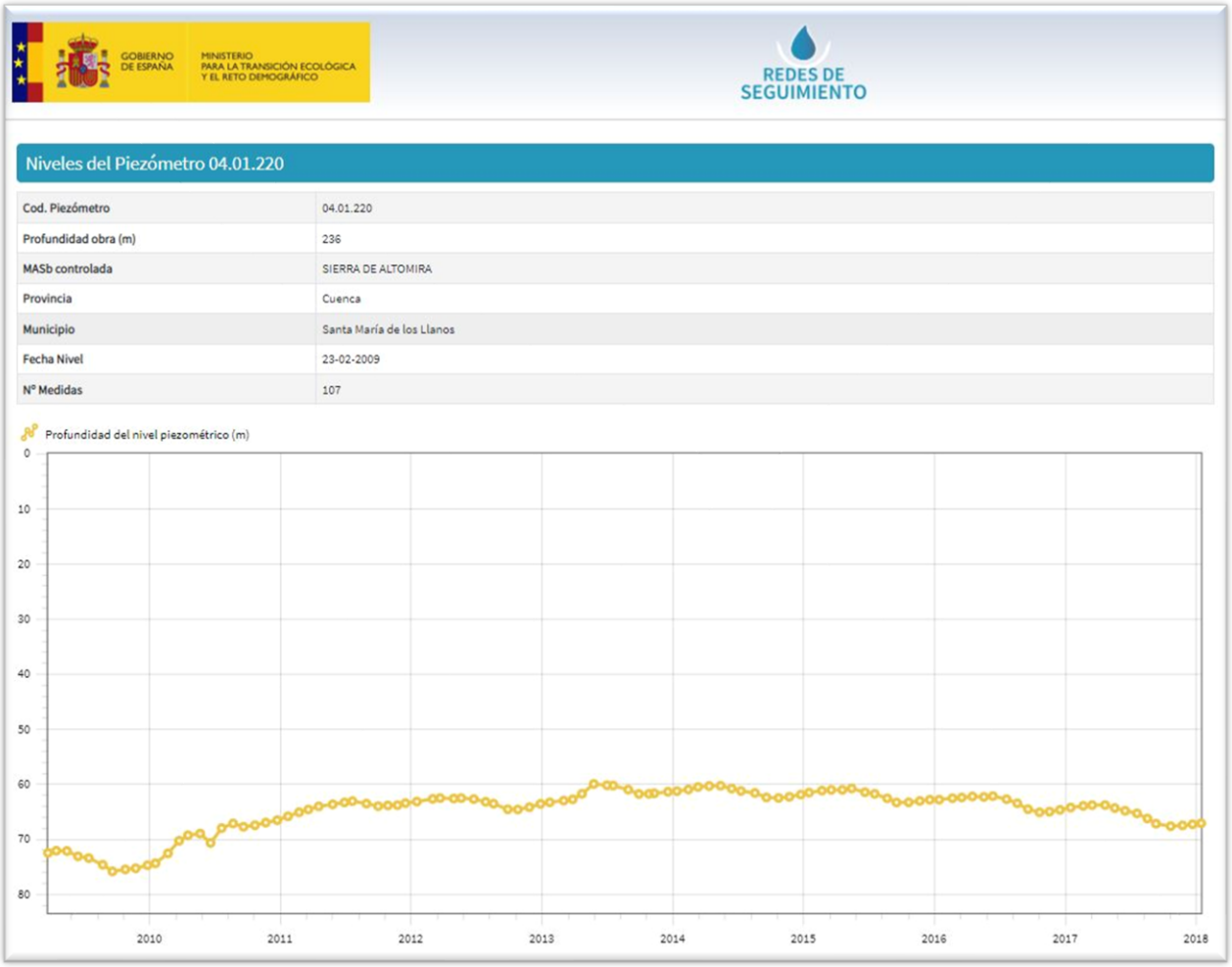


Figura 108 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.01.220 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Sierra de Altomira en el municipio de Santa María de los Llanos, Cuenca. Número de medidas: 107

Figura 109 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.05.204 desde 2009 hasta primeros de 2018. MASUB Campo de Calatrava en el municipio de Pozuelo de Calatrava. Número de medidas: 105

Figura 110 Evolución piezométrica oficial de la profundidad al agua en el piezómetro 04.05.004 desde 2005 hasta primeros de 2018. MASUB Campo de Calatrava en el municipio de Miguelturra. Número de medidas: 159