

VII. RECARGA ARTIFICIAL EN LA PLANA DE GANDIA-DENIA, SECTOR VERGEL-ELS POBLETS

El Acuífero

Demandas, usos y consumos de agua

Recursos hídricos en el área de Vergel-Els Poblets

La explotación de las aguas subterráneas

Operaciones de recarga artificial

Antecedentes y experiencias realizadas desde 1985 hasta 1995

La actual instalación de recarga artificial

Dispositivos y redes de control de la operación de recarga artificial

Volúmenes infiltrados y tiempo de permanencia del agua en el acuífero

Efecto producido por la colmatación. Vida útil de la instalación de recarga artificial

Propuesta de actuaciones y obras de recarga artificial

VII. RECARGA ARTIFICIAL EN LA PLANA DE GANDÍA-DENIA, SECTOR VERGEL-ELS POBLETS

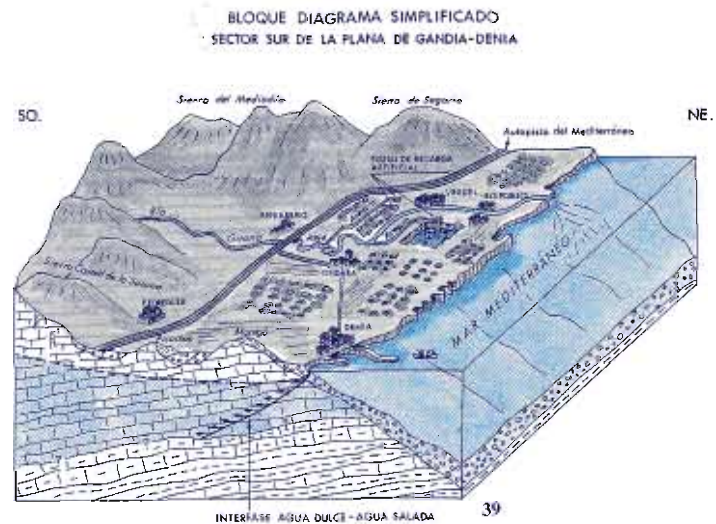


RECARGA ARTIFICIAL EN LA PLANA DE GANDÍA-DENIA SECTOR VERGEL-ELS POBLETS

EL ACUÍFERO

Las características geológicas del sector de la Plana de Gandía-Denia denominado Vergel-Els Poblets corresponden a la rama oriental prebética. La cobertera mesozoica está representada por afloramientos de rocas de facies "Keuper" en posición tectónica anómala y por una sedimentación continua desde el Dogger hasta el Senoniense. Sobre el anterior conjunto mesozoico se sitúa discordante un segundo gran ciclo sedimentario compuesto por materiales del Mioceno Medio e Inferior de litología conglomerática, que puede faltar, y margas blanquecinas impermeables semejantes a la facies "Tap" presente en la región levantina. Posteriormente, un extenso recubrimiento cuaternario se extiende, tapizando la llanura costera en suave pendiente, desde el borde de los relieves mesozoicos y terciarios hasta el mar.

La mayoría de captaciones que explotan el acuífero extraen el agua de la formación superficial cuaternaria, que tiene una potencia media estimada en torno a 27 metros. Este acuífero presenta a su vez dos zonas diferenciadas: la primera de ellas corresponde a un abanico aluvial formado por arenas arcillosas con cantos redondeados, y la segunda, a un glacis de acumulación formado por niveles de arcillas y cantos. Además, se desarrolla, a lo largo del cauce del río Girona, un depósito aluvial de fondo de rambla, que confiere al lecho del río una elevada permeabilidad.

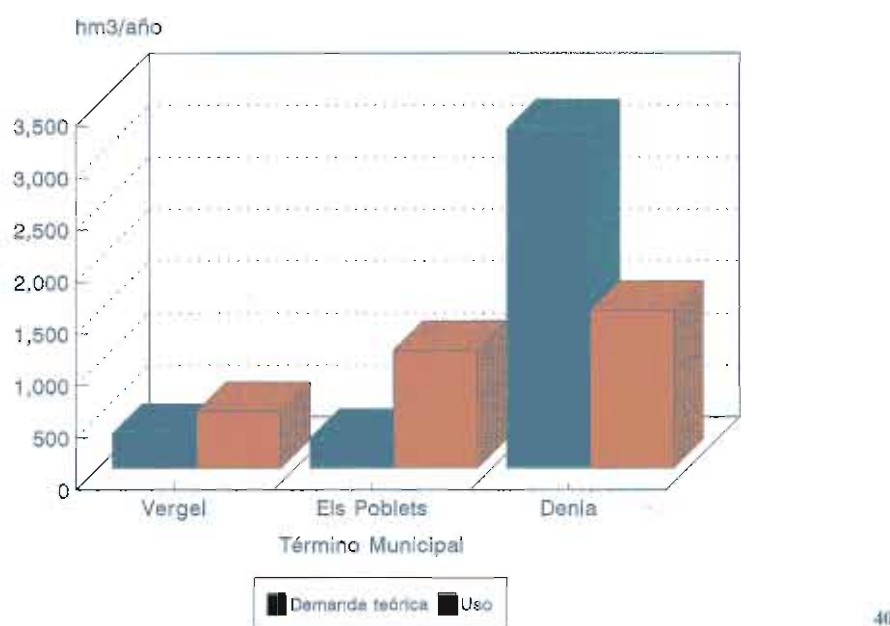


Los parámetros hidrogeológicos del acuífero, obtenidos mediante una serie de ensayos de bombeo, tanto en régimen transitorio como permanente, permiten obtener una distribución espacial de la transmisividad que refleja una gran variabilidad de este parámetro a lo largo de toda la superficie ocupada por el acuífero. Existe una zona de muy alta transmisividad, localizada en los alrededores del municipio de Els Poblets, con valores que alcanzan, e incluso puntualmente superan, los 10.000 m²/día. Hacia el mar, los valores decrecen un poco, hasta los 5.000 m²/día, 3.000 m²/día, y algo menores en el límite noreste del acuífero. Desde Els Poblets hacia el sur, los valores de transmisividad disminuyen considerablemente, alcanzando en el área ocupada por el municipio de Vergel cuantías de 500 m²/día, y más al sur, ya en el término municipal de Ondara, 100 m²/día.

El valor del coeficiente de almacenamiento se ha acotado, en base a datos teóricos, entre el 5 y el 15%.

DEMANDAS, USOS Y CONSUMOS DE AGUA

La cuenca hidrográfica del río Girona y, en particular, el área de Vergel-Els Poblets, presenta una demanda hídrica importante, asociada fundamentalmente al regadío de cítricos que ocupan la casi totalidad de la superficie cultivada. Las demandas urbanas de los municipios enclavados en la cuenca son también satisfechas con recursos propios e, incluso, en algún caso, se sirve la demanda de poblaciones situadas fuera de la cuenca.



Demanda y utilización del agua en los municipios de Vergel, Els Poblets y Denia.

La casi totalidad de la demanda se suministra a partir de recursos subterráneos, que adquieren en esta zona de la provincia de Alicante una importancia capital. En efecto, el régimen pluviométrico existente no permite un aprovechamiento convencional de los recursos hídricos generados por precipitación, ya que, al ir fundamentalmente asociados a fenómenos de gota fría, la escorrentía superficial que producen se pierde con rapidez en el mar y no puede ser regulada mediante obras hidráulicas, dada la topografía llana de la zona. Es por ello que la fracción de la lluvia que se infiltra en los acuíferos se convierte en la principal fuente de agua de la cuenca.

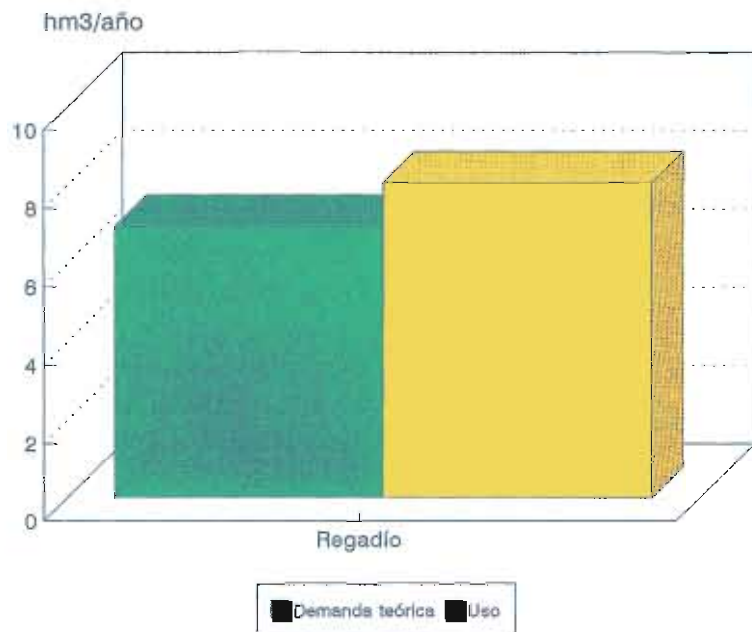
Los municipios que se abastecen con aguas subterráneas son los siguientes:

- Del acuífero aluvial cuaternario del río Girona lo hacen Vergel (0'55 hm³/a), Els Poblets (1,11 hm³/a) y Denia (1'52 hm³/a), aunque esta última utiliza fuentes adicionales de suministro de agua exteriores a la cuenca del Girona.
- De los recursos del sistema acuífero calizo de la Sierra de Mediodía se abastecen Calpe (2,2 hm³/a), Vall de Laguart (0'24 hm³/a), y otros municipios situados en la huerta del río Girona, como Tormos, Sagra, Sanet y Negrals, Ráfol de Almunia y Beniarbeig que, en total, consumen unos 0'25 hm³/a. El total de recursos suministrados para abastecimiento urbano se cuantifica en 3'67 hm³/a.

Es necesario mencionar que, en algunos municipios, el uso del agua para abastecimiento

to urbano es sensiblemente superior a la demanda teórica. Esta desviación se debe, por un lado, a las elevadas pérdidas que se producen en las redes de distribución, y por otro, a la derivación de parte de los recursos suministrados por la red de cada municipio hacia regadíos de pequeñas huertas y jardines de chalets y urbanizaciones. Se produce así una disimetría entre la demanda y la utilización de los recursos hídricos para abastecimiento urbano, que supone que en Vergel se consuma un 60% más de lo que marca la demanda teórica, mientras que en Els Poblets este porcentaje alcanza el 300%.

En cuanto a los recursos destinados al regadío es preciso indicar que el empleo creciente de modernas técnicas agronómicas, unido a la cada vez mayor experiencia de los agricultores en un uso correcto y eficaz de los recursos hídricos, permite que el aprovechamiento del agua se pueda calificar como notable, lo que se traduce en un grado de utilización cercano a la unidad; es decir, los usos son ligeramente superiores a las demandas teóricas. La encuesta de uso realizada por el ITGE y la DPA en 1996 basada en el inventario de puntos acuíferos existente en la base de datos "Aguas" del ITGE, permitió evaluar las extracciones de más de 100 puntos en toda la cuenca, mostrando que la utilización media por hectárea de regadío se cifra en unos 6.500 m³/a, mientras que la dotación teórica, calculada por el método de Blaney-Criddle, es de unos 6.100 m³/ha/a. El retorno de regadío en la superficie regada por goteo, cada día mayor, es prácticamente nulo. No obstante, en aquellas fincas donde todavía se utiliza el riego por inundación, o 'a manta', el agua no evaporada supone un porcentaje aproximado del 25% del total de agua empleada.



Comparación entre la demanda teórica y el uso de agua subterránea en la agricultura.

RECURSOS HÍDRICOS EN EL ÁREA DE VERGEL-ELS POBLETS

El sistema hídrico de la cuenca del río Girona, en la zona de Vergel y Els Poblets, presenta una gran complejidad debido a las múltiples relaciones existentes entre las aguas superficiales y las subterráneas (cuadros 4 y 5).

parámetros asociados a dichas prácticas, como son el contenido en nitratos, que en las épocas más desfavorables superan ampliamente los límites establecidos por la reglamentación técnico-sanitaria para aguas de consumo humano.

Por lo que respecta a la sobreexplotación del acuífero, los datos obtenidos en la encuesta de usos realizada por el ITGE y la DPA en 1996 reflejan unas extracciones de casi 9 hm³/a, mientras que los recursos naturales, constituidos por la infiltración de lluvia, la infiltración en el cauce del río y las transferencias laterales desde otras zonas de la cuenca, sólo alcanzan la cifra de 6 hm³/a. Esta desproporción se palió en parte por la operación de recarga artificial y por la infiltración adicional en el lecho del río Girona de los recursos excedentarios de la cava de Mirafior, así como por las pérdidas producidas, tanto en las redes de distribución como en los campos de labor por retornos de regadío. Aún así, se está induciendo una intrusión salina acumulativa anualmente de cuantía media próxima a 13 hm³/a.

La sobreexplotación se produce sobre todo en épocas estivales, en las cuales las necesidades de regadío son mayores y los recursos menores. De ahí que, en determinadas zonas del acuífero, se induzcan descensos piezométricos importantes que, en muchos casos, alcanzan una profundidad por debajo de la cota del nivel del mar, lo que contribuye también a incrementar la intrusión salina.

El problema de la contaminación por nitratos es en cierta manera de tipo estacional, y se asocia con las prácticas agrícolas, de manera que, en las épocas de riego, los contenidos en nitratos superan en algunas zonas del acuífero los 200 mg/L.

OPERACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL

Antecedentes y experiencias realizadas desde 1985 hasta 1995

La recarga artificial del acuífero de la Plana de Gandía-Denia comenzó a realizarse por iniciativa de los agricultores de la zona en diciembre de 1985. El objeto de la misma fue aprovechar los excedentes hídricos procedentes de la cava de Mirafior, una galería que drena al acuífero y transporta recursos provenientes del mismo para su utilización en los regadíos del término municipal de Setla-Mirarrosa-Mirafior. La recarga se realiza mediante un pozo que posee dos galerías horizontales en profundidad, al cual se vierten los volúmenes de agua sobrantes. Estos excedentes se producen en las épocas en que no hay riego, así como en momentos puntuales en los cuales los recursos circulantes por la galería son superiores a la demanda de agua para riego.

En diciembre de 1985, el régimen hidráulico del acuífero estaba fuertemente influenciado por las extracciones. El desequilibrio que las mismas provocaban en el acuífero se caracterizaba por una profunda depresión piezométrica, casi permanente bajo el nivel del mar, en la que con frecuencia se alcanzaban cotas próximas a -6 msnm a tan sólo 1.300 metros del litoral.

La calidad química del agua se fue progresivamente deteriorando, como consecuencia principalmente del avance de la interfase salina procedente del mar, de forma que el

contenido en cloruros pasó de 120-300 mg/L en 1976-78, a 2.600-4.200 mg/L en 1983-85, lo que obligó a clausurar numerosos pozos situados en la franja litoral. En el sector interior la salinización no alcanzaba la magnitud del sector costero, aunque se detectaban concentraciones máximas de cloruros comprendidas entre 580 mg/L y 1.230 mg/L.

La recarga artificial se comenzó a realizar en dos puntos, cuyos números de inventario, según la base de datos ITGE, corresponden a los guarismos 3031-7-0058 y 3031-7-0014.



41

La elección de la ubicación de los pozos de recarga ha tenido en cuenta criterios como la cercanía a las redes de distribución del agua, para así reducir costes de primera inversión.

Inicialmente, ambos pozos cumplían los requisitos impuestos para poder ser utilizados en la experiencia de recarga, que eran proximidad a las acequias de riego y elevada superficie filtrante. Ambos pozos tienen unos 22 metros de profundidad, y poseen dos galerías horizontales muy cerca de su cota de fondo. La formación acuífera captada es un paquete de gravas del Cuaternario que se desarrolla, en esos puntos concretos, entre los 18 y los 22 metros. Los pozos carecen de revestimiento y, según informaciones verbales, sus caudales específicos son del orden de 100 a 125 L/s/m.

El agua utilizada en la operación de recarga artificial procede del mismo acuífero donde posteriormente se infiltra. La calidad de este agua es sensiblemente mejor que la del acuífero en la zona donde se efectúa la infiltración.

El primer ensayo de recarga en el pozo 3031-7-0014 se inició en diciembre de 1985. Duró un mes y dos días, y el caudal recargado se estimó en una cifra de 67000 m³. Los niveles dinámicos de recarga después del ensayo proporcionaron unos ascensos de tan sólo 45 cm. En cualquier caso, a la vista de la evolución de los niveles, se confirmaron las excelentes características del pozo para la recarga, con caudales específicos de inyección del orden de 100 L/s/m y pérdidas de carga muy reducidas.

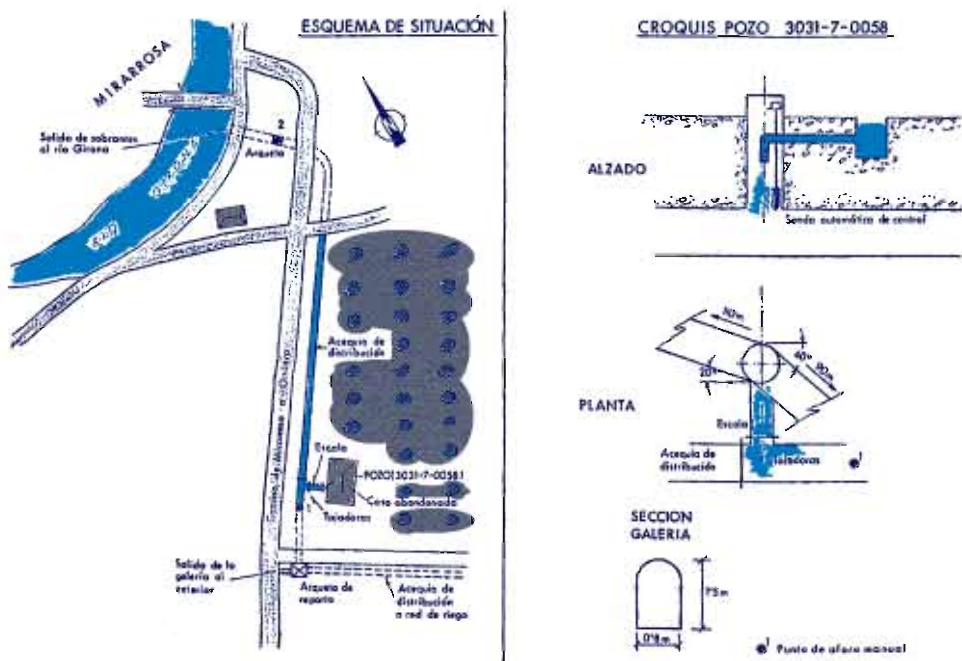
La recarga en el pozo 3031-7-0058 comenzó asimismo en diciembre de 1985, durando en este caso un mes. El volumen total recargado se estimó en 73.000 m³. El ensayo sirvió para confirmar las excelentes características del pozo para la infiltración, con ascensos dinámicos de 40 cm y rápida estabilización. El caudal específico de recarga se estimó en 125 L/s/m.

Estos resultados permitieron asegurar las excelentes condiciones hidrodinámicas de las captaciones tipo pozos con galerías, de las cuales existen gran número en la zona de Vergel y Els Poblets, para poder ser utilizadas en operaciones de recarga artificial de acuíferos mediante infiltración por gravedad a través de los pozos.

La actual instalación de recarga artificial

La recarga artificial se realiza actualmente a través de dos redes operacionales diferentes. La primera de ellas lleva en funcionamiento desde diciembre de 1985, y está compuesta por los siguientes elementos: una galería de drenaje, también conocida en la zona como cava, y un pozo de gran diámetro con galerías horizontales en profundidad.

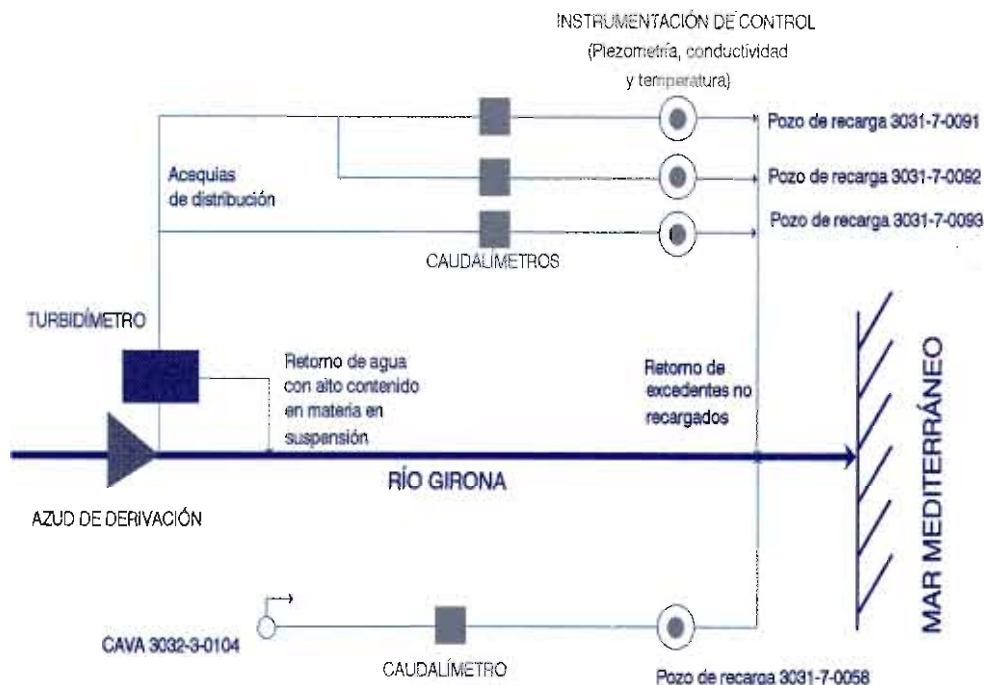
- Galería de drenaje. Está inventariada en la base de datos del ITGE con el número 3032-3-0104. Esta galería funciona como drenaje del acuífero. Está situada en el término municipal de Ondara, y tiene su origen en el cauce del río Girona, a unos tres metros de profundidad. Transporta las aguas que se drenan de forma natural a través de ella hasta la salida de la misma, situada en el término municipal de Els Poblets, en el pueblo de Mirafior, para dar servicio a los regantes de la Comunidad de Regantes de Mirafior. El agua se distribuye a lo largo del término municipal mediante una red de acequias, una de las cuales está conectada con el pozo 3031-7-0058, hacia el cual se vierten sistemáticamente, desde 1985, los caudales sobrantes del regadío en cualquier época del año.



Esquema de situación y croquis del pozo de recarga 3031-7-0058.

- Pozo 3031-7-0058. Se trata de un pozo que posee dos galerías horizontales a 21 metros de la superficie. La primera de ellas tiene una longitud de 110 m, mientras que la segunda tan sólo alcanza 90 m. En el ramal de derivación de la acequia de riego que alimenta el pozo se ha instalado una escala limnimétrica para el registro de los caudales infiltrados. El pozo está controlado de forma automática por una sonda que toma medida de nivel piezométrico, temperatura y conductividad cada seis horas.

La segunda red que se está utilizando para realizar recarga artificial pertenece a la Comunidad de Regantes de Vergel-Setla. Esta comunidad toma el agua de un azud situado en el río Girona, unos 200 m aguas arriba del punto donde se localiza la galería de drenaje 3032-3-0104. La comunidad tiene otorgada una concesión administrativa de un caudal de unos 28 l/s para regadío. El azud está conectado a una red de tuberías que transportan el agua hasta la zona regable, donde es distribuida. Cuando existen excedentes, éstos se conducen, mediante una tubería de fibrocemento de 300 mm de diámetro, hasta tres pozos inventariados con los números 3031-7-0091, 3031-7-0092 y 3031-7-0093, en los cuales se introducen por gravedad. Los dos primeros puntos están ubicados en el término municipal de Vergel, y el tercero, en el de Els Poblets.



43

Esquema de las redes de recarga artificial operativas actualmente.

- El punto 3031-7-0091 es un pozo de 22 m de profundidad con galerías horizontales. Consta de una perforación principal, en donde existe una bomba instalada, que se encuentra sin uso, y de un pozo de ventilación, que es donde se ha construido la instalación de recarga artificial. Actualmente, dicho pozo está controlado automáticamente por una sonda que toma medida de nivel piezométrico, temperatura y conductividad cada seis horas.

- El punto 3031-7-0092 es un pozo de 21 metros de profundidad, que asimismo posee galerías horizontales en profundidad. En la actualidad se encuentra fuera de uso, y presenta una ubicación óptima para la realización de la recarga, debido a su cercanía de la red de distribución del agua. Los caudales introducidos en este pozo son, en general, algo menores que los recargados en el pozo 91, debido fundamentalmente a la menor capacidad de transporte de la tubería que conduce al agua hasta el mismo.
- En cuanto al punto 3031-7-0093, sus características técnicas son similares a las de los dos anteriores. Se trata de un pozo de un metro de diámetro y 20 metros de profundidad, con galerías horizontales en profundidad. Está situado en una finca ubicada en el camino que une la población de Mirarrosa con la carretera de Vergel a Denia.



42

Las operaciones de recarga artificial pueden permitir a veces, como ocurre en el pozo 3031-7-0093, recuperar infraestructuras abandonadas durante años y volver a recuperar la utilidad de las mismas.

Dispositivos y redes de control de la operación de recarga artificial

Los dispositivos de control instalados en los pozos son sondas de presión con recolector de datos integrado, tipo Orpheus, para registro continuo del nivel de agua, temperatura y conductividad del agua subterránea.

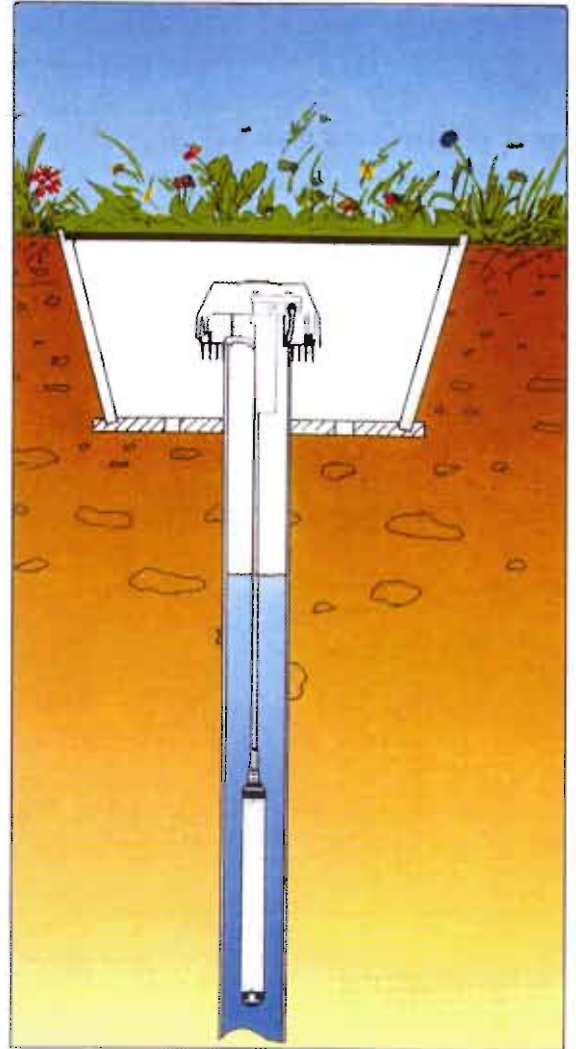
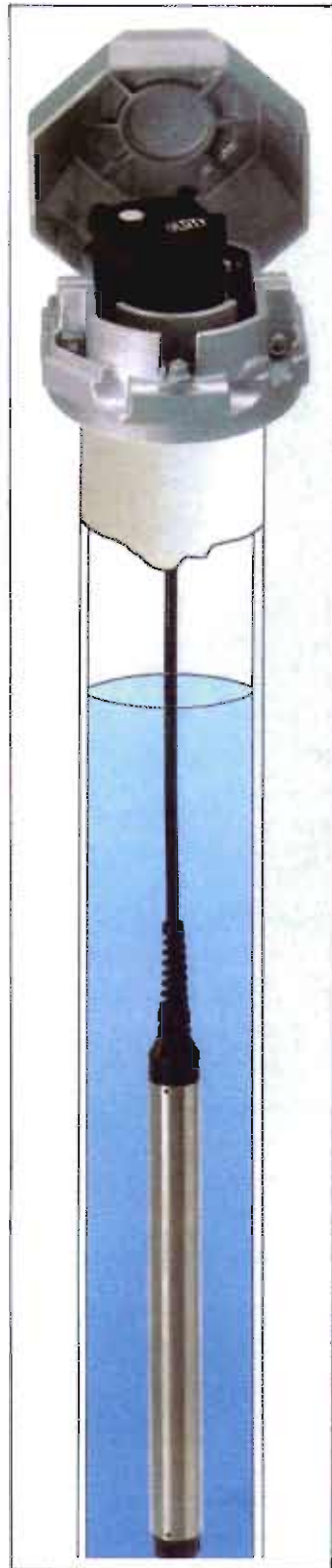
Dichos instrumentos permiten una amplia gama de posibilidades de toma de datos, ya que se pueden programar los intervalos de registro que se deseen, así como detectar las variaciones del parámetro controlado que superen un valor dado introducido en el programa. Los datos así recogidos son almacenados en la memoria del sistema y fácilmente transmitidos a un ordenador portátil, donde, mediante el software propio de las sondas, se hace el correspondiente tratamiento de los datos registrados por los aparatos.

Para controlar los caudales de inyección, se ha instalado un caudalímetro en el pozo 3031-7-0091, pero, por diversos problemas de funcionamiento, no se han obtenido registros fiables de caudal.

Asimismo, se ha instalado un turbidímetro, de la marca ELE International Ltd, modelo pHOX 200 series, para medir el grado de turbidez del agua que entra en los pozos de recarga números 3031-7-0091 y 92. Se han escogido estos pozos porque el origen del agua que se conduce hasta ellos procede del azud del río Girona, siendo por tanto agua superficial, cuyo contenido en sólidos en suspensión es, en principio, mucho más variable que el del agua subterránea que constituye la fuente de recarga en el pozo 3031-7-0058. Para controlar el aporte de sólidos en suspensión a este segundo pozo se han tomado una serie de muestras en el tiempo del agua de la acequia de transporte, con objeto de determinar su contenido, y poder valorar, en cierta medida, la colmatación de las instalaciones de recarga. La función del turbidímetro consiste en, una vez comprobado que el contenido de sólidos en suspensión del agua de recarga no supera un valor predeterminado, admitir el paso de agua hacia las instalaciones de infiltración y, en caso contrario, desviar dicho agua hacia el cauce del río Girona.

Se ha diseñado una red de control de la recarga artificial con el objetivo de que proporcione una información lo más completa posible sobre la zona de estudio, de forma que no haya lagunas de datos en ningún área del acuífero. Se han escogido un total de 15 puntos de control, distribuidos espacialmente de manera idónea para conseguir el objetivo perseguido. La cadencia de medidas en la red ha sido mensual, tanto de los niveles piezométricos, como de la calidad del agua en cada uno de los puntos. El seguimiento efectuado ha durado tres años, en los cuales se han realizado un total de 540 medidas del nivel, y se han tomado 720 muestras de agua para su análisis. La diferencia entre ambas cifras se debe a que, durante el último año, se tomaban muestras de agua en cada pozo dos veces, a profundidades diferentes, para conocer la evolución de la calidad del agua con la profundidad.

Los efectos de la recarga artificial sobre la superficie piezométrica se manifiestan fundamentalmente en los pozos de recarga, cuyos niveles son, aproximadamente, entre uno y dos metros superiores a los de su entorno. La isolínea de 0 msnm, que marca la posición del nivel del mar, se desplaza considerablemente a lo largo del año: en los meses de verano, abarca una gran parte de la superficie permeable, en la que quedan incluidos los pueblos de Vergel y Els Poblets, mientras que en los meses de invierno, debido tanto al cese de extracciones como a una mayor recarga natural, como también a la recarga artificial, la isolínea de 0 msnm se sitúa aproximadamente a una distancia de entre 400 y 900 metros de la línea de la costa. Esta variación es fundamentalmente debida a la rapidez de respuesta del acuífero ante cambios en las variables externas que lo influyen (precipitación, bombeos y recarga).



Esquema de colocación.



Detalle de instrumentación.

Croquis de la sonda automática de presión para el control de los niveles, conductividad y temperatura en los pozos de recarga.

El efecto de la recarga artificial sobre la calidad del agua subterránea se manifiesta preferencialmente en los pozos de recarga y en puntos cercanos a los mismos. La zona afectada por la recarga artificial muestra unos parámetros hidroquímicos con un indicador de calidad superior al datado en otras zonas. Esta mejora de la calidad es consecuencia de que el agua que se introduce en el acuífero durante la operación de recarga artificial presenta unas características de calidad sensiblemente mejores que la del agua almacenada en el mismo. Este agua de recarga presenta una facies bicarbonatada cálcica, con un contenido en nitratos de 35 mg/L, en sulfatos de 84 mg/L, en cloruros de 54 mg/L, y en sodio, de 30 mg/L, sin presencia de contaminación orgánica significativa, y con una conductividad de 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Todos estos valores indican un índice de calidad superior al del agua almacenada en el acuífero.

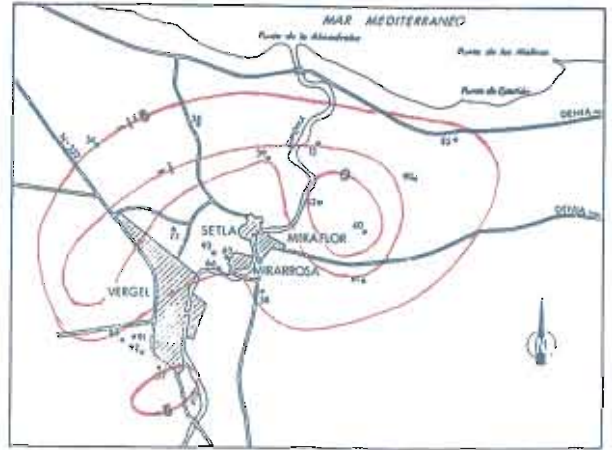
La cuantía del volumen de agua recargado artificialmente, a pesar de constituir una importante fuente extra de recursos hídricos, no es suficiente para inducir una mejoría clara en la calidad del agua en todo el acuífero, dada la acumulación de agua salada que se ha producido por el efecto de la intrusión marina a lo largo de los últimos años. La corrección de este fenómeno, a escala del acuífero completo, necesita de una cuantía de agua recargada considerablemente mayor.

Volúmenes infiltrados y tiempo de permanencia del agua en el acuífero

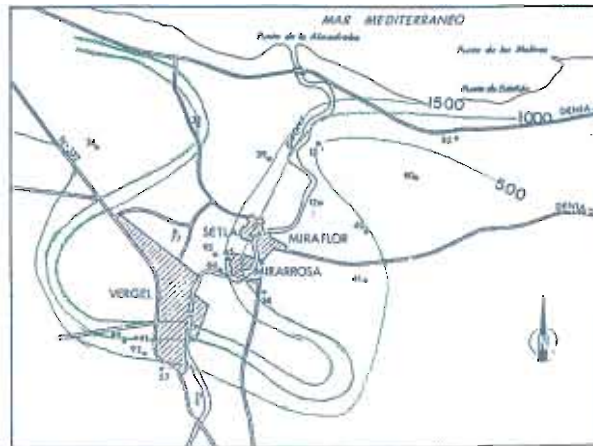
En el año hidrológico 1996-97, la recarga artificial del acuífero de la Plana de Gandia-Denia, en su sector Vergel-Els Poblets, puede estimarse en aproximadamente 155 hm³. Los caudales recargados por cada uno de los pozos que forman parte del dispositivo de infiltración se muestran en el siguiente cuadro:

CAUDALES RECARGADOS EN CADA UNO DE LOS POZOS OPERACIONALES E INTERVALOS DE RECARGA			
Pozo	Intervalo de recarga	Caudal recargado (m ³)	Caudal medio (L/s)
30317-0058	Octubre a abril (de cualquier año)	568.000	313
30317-0091	Octubre a abril (1996-97)	431.000	238
30317-0092	Octubre a abril (1996-97)	218.000	120
30317-0093	Diciembre a abril (1996-97)	333.000	257
TOTAL		1.550.000	

ISOPIEZAS



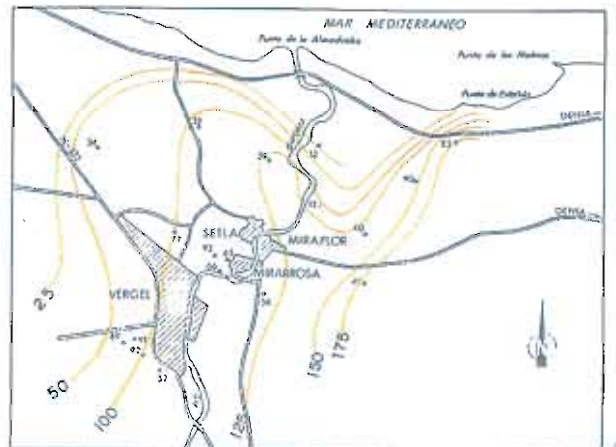
AGOSTO 1995



ISOLÍNEAS DE
CONTENIDO EN CLORURO

JULIO 1995

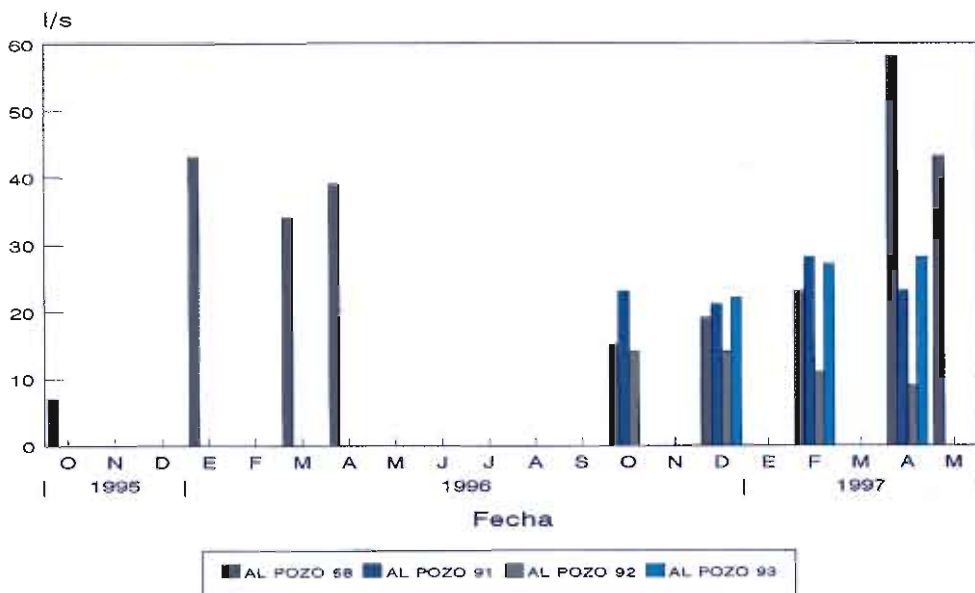
ISOLÍNEAS DE
CONTENIDO EN NITRATO



MAYO 1995

45

La problemática asociada a la explotación del acuífero es visible al representar las isopiezas y las isolíneas de contenido en nitratos y cloruros, que ponen de manifiesto una situación no deseable, a cuya remediación pueden contribuir las operaciones de recarga artificial.

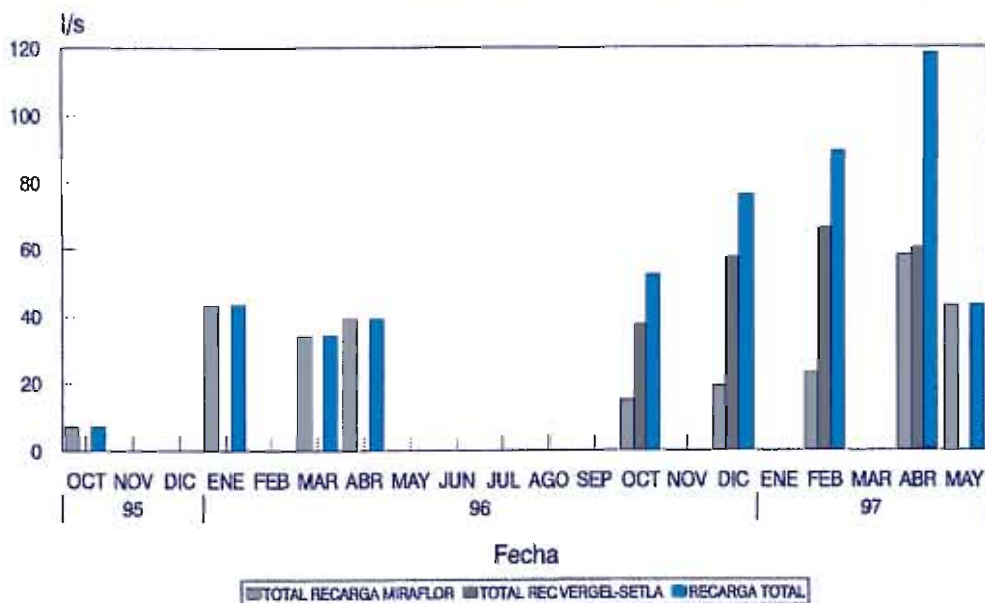


46

Distribución del volumen recargado artificialmente en cada uno de los pozos operacionales.

El balance total del acuífero cifrado en 1107 hm³/a alcanzaría la cuantía de 12'62 hm³/a gracias a las operaciones de recarga artificial, lo que representa un 14% de incremento sobre el total de los recursos del sistema, cifra ésta que, teniendo en cuenta la zona donde se ubica el acuífero, caracterizada por una elevada demanda de agua, puede considerarse significativa.

El reducido espesor saturado de este acuífero, unido a unas características hidrodinámicas identificadas por una elevada transmisividad, origina que la velocidad de circulación del agua subterránea a través del medio poroso sea elevada. Esta gran rapidez de circulación puede incidir negativamente sobre la eficiencia de la recarga artificial, ya que el agua recargada tiene que permanecer en el medio poroso hasta su posterior utilización.



47

Distribución del volumen recargado artificialmente por Comunidades de Regantes.

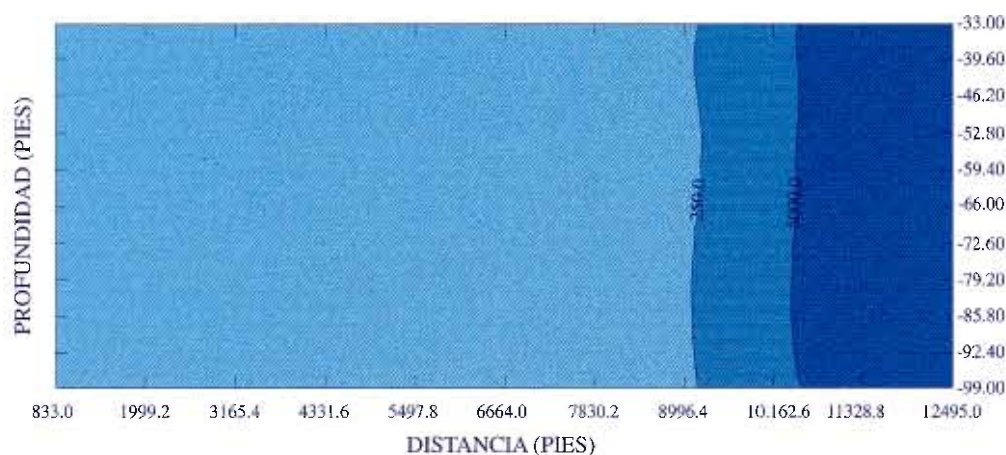
En efecto, el modelo matemático de flujo del acuífero muestra que, con independencia del caudal que se recargue, únicamente el 20% del mismo queda almacenado en el acuífero para ser aprovechado con posterioridad; el resto circula subterráneamente hasta descargarse en el mar. Esto no quiere decir que la recarga sea negativa, ya que en una zona semiárida cualquier solución que aporte una cantidad adicional de agua, por pequeña que parezca, siempre hay que tenerla en consideración. Por otra parte, la influencia positiva que sobre la calidad del agua subterránea ejerce la recarga artificial es un factor ponderativo favorable a la hora de plantear nuevas operaciones. Hay que tener también en cuenta que los costes que supone esta operación de recarga artificial son relativamente pequeños, ya que se trata de aprovechar instalaciones ya existentes, que precisan unas reducidas inversiones en obras de construcción.



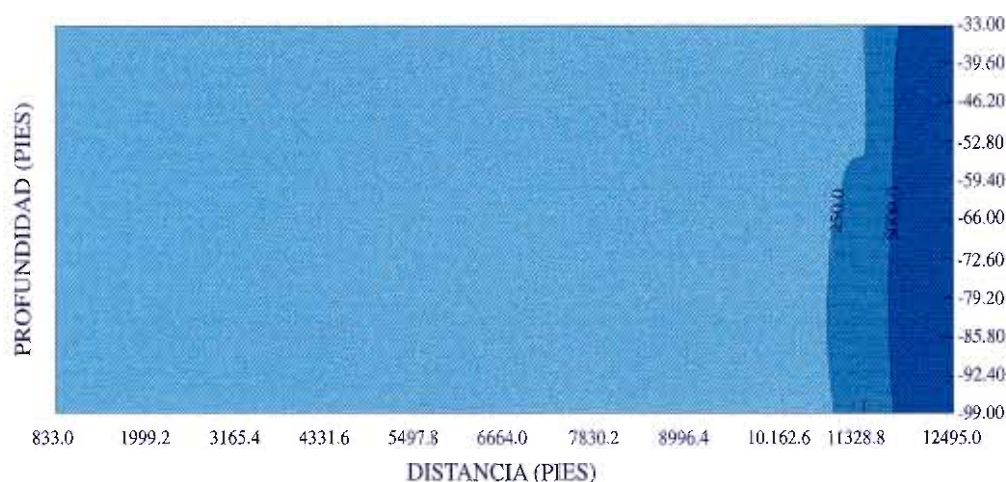
43

Parte del agua que se infiltra en las operaciones de recarga artificial procede del azud de la Comunidad de Regantes de Vergel-Setla, situado en el río Girona, a la altura de la población de Ondara.

Se ha elaborado también, como complemento del análisis matemático de la recarga artificial en Vergel-Els Poblets mediante métodos numéricos, un modelo matemático de intrusión. El objeto de un modelo de este tipo es conocer la posición de la interfase agua dulce-agua salada en el tiempo, caracterizándola a través de la determinación de las isolíneas de contenidos en cloruros. De esta forma, se puede observar su desplazamiento a lo largo del tiempo bajo la influencia de los factores externos que actúan sobre el acuífero, uno de los cuales es la recarga artificial. Se ha empleado el método de la densidad variable, que considera los dos fluidos, agua dulce y salada, como de distintas densidades, que afectan al flujo. Los resultados aportados por este modelo indican que, cuando se simula la recarga artificial en el acuífero, se observa un claro desplazamiento de las isolíneas de cloruros hacia el mar, lo cual indica que la recarga es beneficiosa, en términos de calidad, para el acuífero, ya que desplaza la contaminación hacia el mar, dejando zonas amplias del acuífero con valores más bajos de contenidos en cloruros.



Posición de dos isoclinas de diferente contenido en cloruros determinada por el modelo de intrusión antes de simular la recarga artificial.

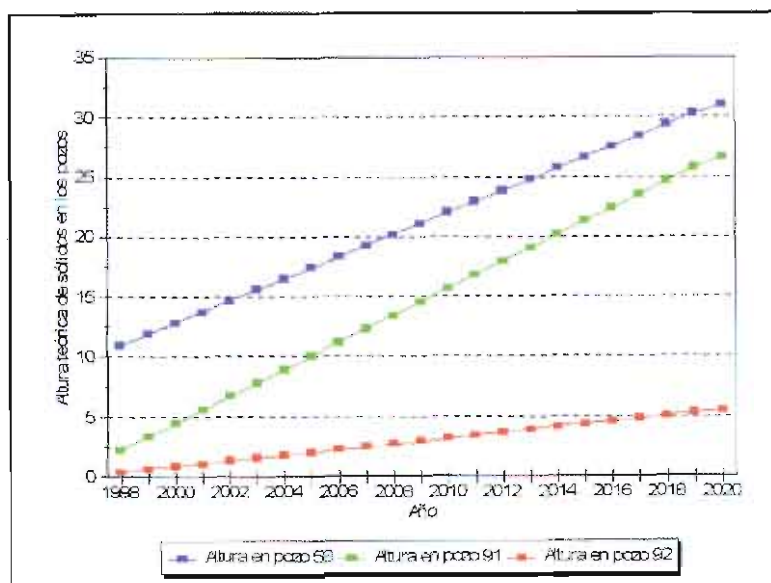


Tras simular la recarga artificial, se observa un claro desplazamiento de las isoclinas hacia la línea de costa, lo que indica un efecto beneficioso, en términos de calidad, para el agua subterránea.

Efecto producido por la colmatación. Vida útil de la instalación de recarga artificial

El valor medio de sólidos en suspensión medido en cada pozo de recarga ha sido el siguiente: 3'15 mg/L (pozo 58), 5'1 mg/L (pozo 91) y 2'05 mg/L (pozo 92). Estos valores son moderadamente bajos, consecuencia de que el agua de recarga es mayoritariamente de origen subterráneo. El total de sólidos en suspensión aportados por el agua de recarga a cada pozo, en peso y volumen, durante el tiempo de funcionamiento de la instalación ha sido de 21 t y 8'64 m³ para el pozo de recarga 3031-7-0058, que es el que más tiempo lleva en operación (14 años), 4'5 tm y 1'76 m³ para el pozo 3031-7-0091, y 1 t y 0'36 m³ para el pozo 3031-7-0092.

Se ha constatado durante la realización de la campaña de medidas, que la altura efectiva del pozo 58 ha disminuido, a lo largo de los 14 años de operación de la recarga artificial, en 11 metros, como consecuencia de la acumulación de los sólidos en suspensión aportados por el agua de recarga.



48

Previsión teórica de la altura que alcanzarán los sólidos en suspensión en los pozos de recarga.

Extrapolando estos datos en el tiempo, se puede cuantificar una vida útil teórica de las instalaciones de recarga artificial cercana a los 30 años, siempre que se mantenga la recarga artificial en las mismas condiciones, tanto en volumen recargado, como en la cantidad de sólidos en suspensión aportados por el agua.



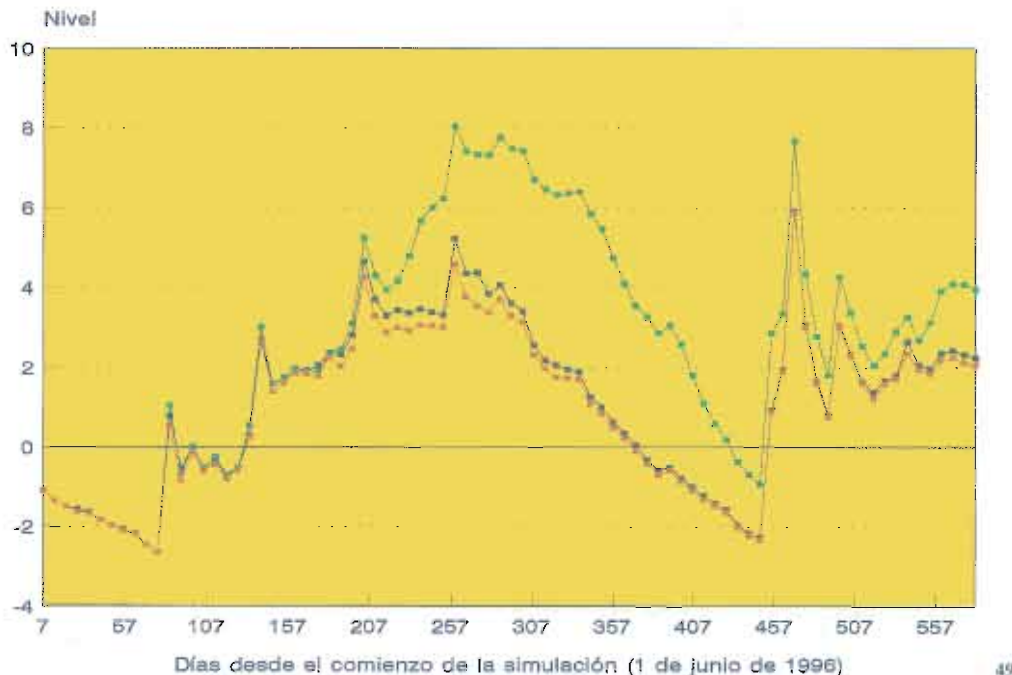
44

Para minimizar los efectos nocivos de la colmatación se usan un turbidímetro que cuantifica la materia en suspensión que lleva el agua a recargar. La instalación de infiltración debe permitir que, en caso de superarse un determinado límite máximo de sólidos en suspensión, se retorne el agua al río Girona para evitar el deterioro de los pozos utilizados para la recarga.

PROPUESTA DE ACTUACIONES Y OBRAS DE RECARGA ARTIFICIAL

Los estudios realizados han permitido comprobar la eficacia de la recarga artificial en el acuífero Plana de Gandía-Denia, sector Vergel-Els Poblets, así como la existencia de caudales excedentarios para ampliar la actual instalación de recarga y poner en marcha una nueva con mayor capacidad de infiltración. En este sentido, se recomienda la construcción de una instalación cuyo volumen de diseño sea capaz de tratar 35.000 m³/día (405 L/s). Los dispositivos de infiltración propuestos serán similares a los ya existentes en la zona, es decir, pozos de infiltración con galerías horizontales a unos 20 ó 21 metros de profundidad. Con una capacidad de infiltración de unos 40 L/s, será necesario utilizar 10 pozos para conseguir un volumen infiltrado que proporcione al mismo tiempo el mejor rendimiento y el mayor número de días en que la instalación esté en funcionamiento. Preferentemente, se utilizarán pozos ya construidos que estén actualmente sin utilizar, y cuya situación, para que sea idónea, será lo más alejada posible de la costa. Así se retardará la descarga en el mar del agua recargada.

A partir del inventario de puntos acuíferos contenido en la Base de Datos Aguas del ITGE se han seleccionado las captaciones más apropiadas para realizar la ampliación de la operación de recarga artificial. La efectividad del dispositivo se ha comprobado sobre un modelo matemático de flujo.



Comparación entre las series obtenidas en el modelo de flujo simulando las operaciones de recarga artificial planteadas en el caso de un período húmedo (línea verde) y otro seco (azul), y la serie medida en la campaña de muestreo previa a la modelización (línea roja).

Para conseguir que la nueva instalación de recarga artificial funcione a pleno rendimiento será preciso acometer pequeñas obras de acondicionamiento en los pozos de recarga, así como la ejecución de los ramales de acequias necesarios para poder conducir el agua hasta los pozos. Como infraestructura de transporte se utilizará, siempre que

sea posible, la de riego. Asimismo, habrá que realizar algunas modificaciones en el azud de derivación existente en el río Girona, propiedad de la Comunidad de Regantes de Vergel-Setla, con el fin de conseguir, mediante una adecuada limpieza de su vaso, una mayor capacidad de embalse, y mediante una readaptación de la toma de agua de entrada hacia la red de acequias, una mayor capacidad de transporte de agua hacia los pozos de recarga.

Los datos obtenidos durante el estudio realizado permiten concluir que la capacidad de infiltración de la nueva instalación de recarga artificial propuesta podría alcanzar, en base a la serie histórica de diez años analizada, una cuantía media anual cercana a los $4,8 \text{ hm}^3$, lo que supondría un apoyo muy importante para satisfacer las demandas hídricas de una zona en la cual el equilibrio hídrico se descompensa en cuanto se producen situaciones de escasez o de sequía que disparan el consumo de las aguas subterráneas.