

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE RECARGA ARTIFICIAL DEL ACUIFERO QUE ALIMENTA LA LAGUNA DEL SEÑOR, EN LA COMARCA DEL CARRACILLO, SEGOVIA, ESPAÑA

C. D'Urso*, S. Arias** y J. Cubero***

RESUMEN

La Comarca del Carracillo se encuentra en el Norte de la provincia de Segovia, asentada sobre los arenales cuaternarios situados al Sur del río Duero. Constituye una extensa planicie, donde los principales elementos naturales, geológicos o geomorfológicos son zonas de encharcamiento relacionadas a la descarga de aguas subterráneas.

En los últimos años la explotación intensiva de los acuíferos, en especial del cuaternario superficial, provocaron grandes descensos de los niveles que trajo aparejada la desecación progresiva de importantes humedales.

En el presente trabajo se plantea la posibilidad de realizar una recarga artificial a un humedal específico (Laguna del Señor).

Palabras clave: *Hidrogeología, Recarga, Humedal, Carracillo.*

ABSTRACT

The Carracillo District in North of the Segovia province belongs to the Quaternary sandbanks located at the South of the Duero river. It constitutes an extensive plain, where the main natural, geologic and geomorphologic elements are wetlands related to the discharge of underground waters.

In the last years the intensive exploitation of the aquifers, especially the surficial quaternary triggered important descents of the levels that caused the drying of important wetland.

In this work, we propose to certifiicially recharge a specific wetland (Laguna del Señor).

Key words: *Hidrogeology, Recharge, Wetland, Carracillo.*

Introducción

Las actividades de recarga artificial de acuíferos dentro del Estado español, están reguladas por la Ley de Aguas 29/1985. Este incluye específicamente a los acuíferos del dominio público hidráulico (art. 1, pto. 2 L29/85).

En la comarca de Carracillo existen numerosas lagunas y espacios húmedos y los aspectos relacionados con su protección y conservación se recogen en la Ley 4/1989 de Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre.

Las lagunas y zonas de afloramientos superficiales de agua (temporales o permanentes) como la Laguna del Señor, se incluyen en el Dominio público hidráulico del Estado y son regulados por la Ley de Aguas (art. 2 c. L 29/85). Este trabajo se realizó con el fin de ser presentado en la XXXV Edición del Curso de Hidrogeología Noell Llopis y la obra se plantea como un diseño de «proyecto piloto» para incrementar los recursos del humedal, Laguna del Señor. Este plan se enmarca dentro de un importante Proyecto de Recarga Artificial que afectará a toda la Comarca del Carracillo en la provincia de Segovia, España.

* Fac. de Ciencias Naturales e Inst. M. Lillo. Cátedra de Hidrogeología. INSUGEO. Miguel Lillo, 205. 4000 S.M. de Tucumán, Argentina.

** Becaria IGME. As Areas 85. 32300 Obarco. Orense, España.

*** LACOEX S. L. Avda. Virgen de la Montaña, 1, 1º. 10004 Cáceres, España.

Estudio Hidrogeológico de la Comarca del Carracillo, Segovia, España

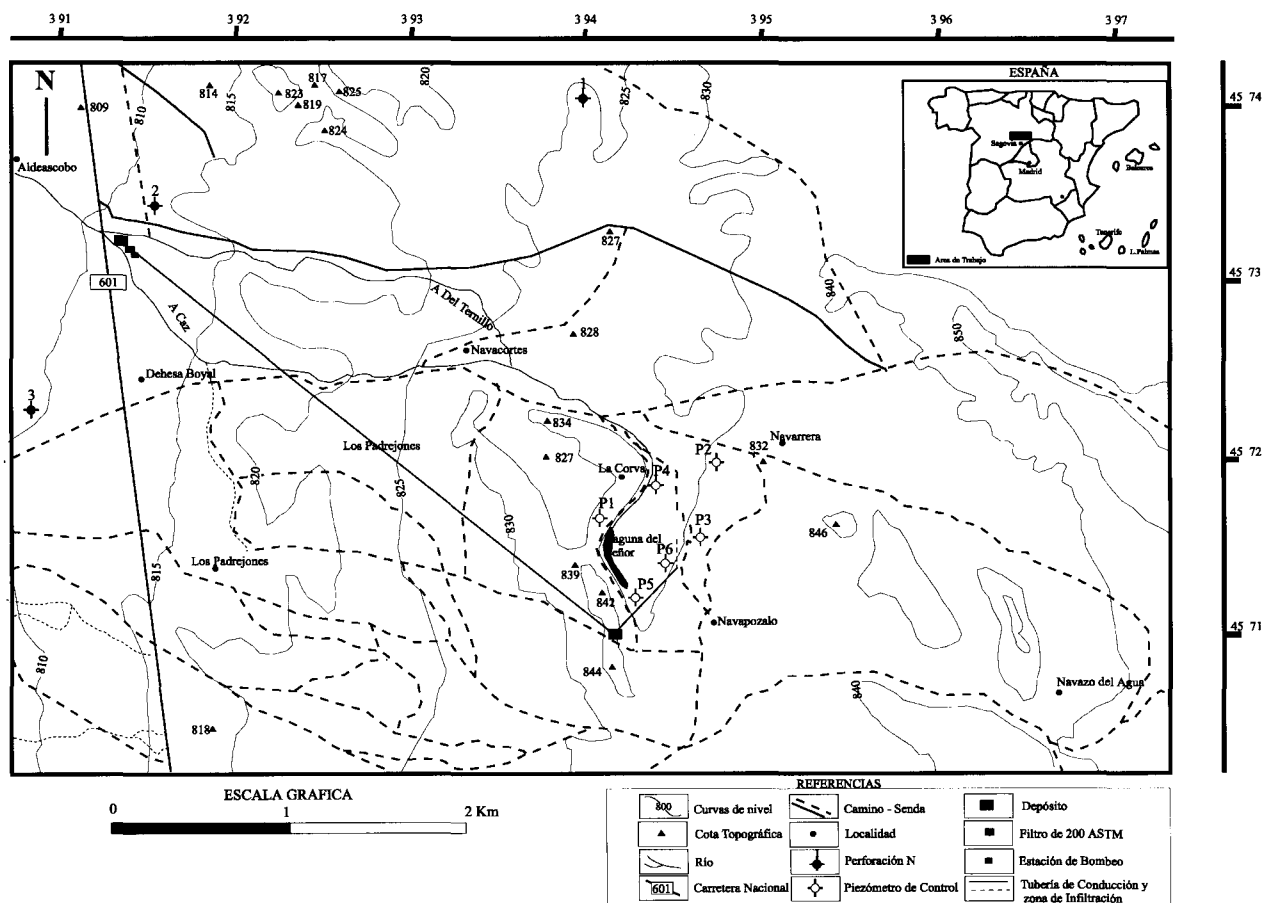


Fig. 1.—Mapa de Ubicación de la Comarca del Carracillo y Traza del Proyecto.

Descripción del área estudiada

Ubicación

El área de trabajo se ubica en el sector centro meridional de la Cuenca del Duero y pertenece a la comunidad de Castilla y León y está comprendida entre las coordenadas 391.000 y 397.000 Longitud (UTM) y 4.574.000; 4.571.00 Latitud (UTM) (fig. 1).

Existen numerosas vías de accesos a la zona de estudio, siendo la más importante la carretera nacional 601, que corre en dirección Norte-Sur desde Segovia a Valladolid.

Características geográficas

La Cuenca del Duero, en su mayor parte corresponde a una amplia región de relieve plano donde las alturas oscilan entre los 850 metros, al oeste del área de trabajo hasta los 750 metros en el río Cega.

El clima de la zona corresponde al dominio Mediterráneo, con influencia continental con una precipitación media del orden de los 400 a 500 mm y una temperatura media de 11 a 13 °C.

La red hidrográfica pertenece a la Cuenca del Duero y tiene como cursos principales a los ríos Cega, Pirón y Malucas, y como secundario al arroyo Marieles. La dirección de la red es en general Sureste - Noroeste y generalmente éstos discurren encajonados dando lugar a valles de fondo plano.

Es necesario destacar que además en toda la cuenca existe una serie de lagunas que forman parte de un extenso sistema de humedales relativamente someros, siendo la más importante la Laguna del Señor, actualmente degradada.

Características hidrogeológicas

La comarca de El Carracillo se encuentra dentro de la Unidad Hidrogeológica 02-17, Región

Tabla 1.—Cuadro de los análisis químicos de las perforaciones y mezcla de agua

Identificación	Naturaleza	Coordenadas		Cationes (Mg/l)					Aniones (Mg/l)			Conductividad (uS/cm)	
		X	Y	Na	K	Ca	Mg	Cl	HCO ₃	CO ₃	SO ₄		
P1	Pozo	393860	4774385	6,10	1,60	9,10	2,40	5,00	36,00	0,00	17,00	6,50	89,00
P2	Pozo	391600	4573284	7,40	1,40	22,00	3,20	10,00	75,00	0,00	21,00	6,70	178,00
P3	Pozo	390525	4572248	7,60	3,60	46,00	6,10	9,00	103,00	0,00	82,00	7,50	332,00
Cega-1	Río	400004	4575344	5,00	1,00	15,00	6,00	3,00	77,00	—	5,00	8,10	139,00
Cega-2	Río	391546	4580111	6,00	1,00	15,00	5,00	3,00	75,00	—	5,00	7,90	134,00
Cega 2-P1	Mezcla	—	—	6,09	1,54	9,69	2,66	4,79	39,90	—	15,80	6,54	93,50
Cega 2-P3	Mezcla	—	—	7,34	3,34	42,90	6,09	8,40	100,40	—	74,30	7,53	312,70

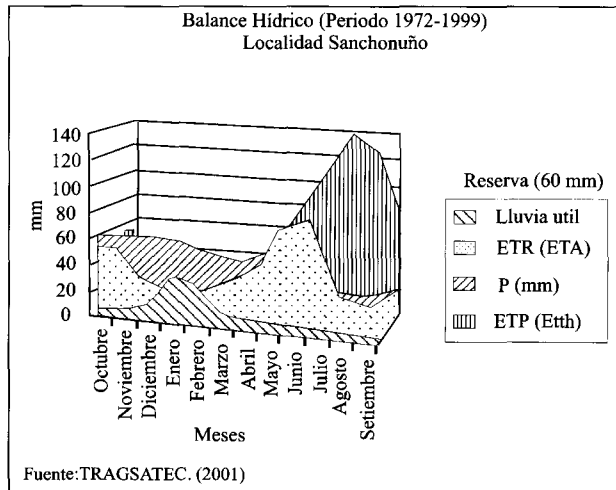


Fig. 2.—Gráfico del Balance Hídrico de la localidad de Sanchonuño.

de Los Arenales, perteneciente a la Cuenca del Duero.

Para el balance hidrológico se tomó la localidad de Sanchonuño con registro pluviométrico continuo y se realizó el balance hídrico (fig. 2) determinándose los siguientes parámetros.

Resultados del Balance Hidroagrónico

Localidad de Sanchonuño (1972-1999)	
Precipitación	440,9 mm
Lluvia útil	84,1 mm
Evapotranspiración real	392,5 mm
Evapotranspiración potencial	621,7 mm
Déficit hídrico	313,5 mm

Como puede observarse, la evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación en determinadas épocas del año, lo que produce un déficit hídrico en los meses de junio a octubre. La capacidad máxima de retención fue estimada en 60 mm.

En la zona existen dos tipos de acuíferos, uno superficial de edad cuaternaria formado por arenas

que corresponden a depósitos eólicos, removilizados en parte por procesos fluviales actuales. El espesor de estas arenas es variable y en algunos casos pueden llegar hasta los 30 metros, con valores de permeabilidad de 20 metros por día y porosidad eficaz de 0,15. Las arenas del acuífero libre son de tamaño de grano medio a fino, de carácter isótropo y homogéneo.

El segundo acuífero, de carácter profundo, está formado por materiales del Terciario Detrítico que rellena la fosa del Duero y cuyo espesor es creciente hacia el centro de la cuenca. Es heterogéneo y anisótropo y litológicamente son gravas cuarcíticas, arenas e intercalaciones de arcillas que en conjunto funcionan como un acuitardo.

No fue posible confeccionar un mapa de isopieza, debido a que no existen suficientes datos en el área de trabajo. No obstante, sobre la base de datos obtenidos del «VII Simposio de Hidrogeología del Acuífero de la Comarca de El Carracillo, Segovia» (Galán et al., 1998), se obtuvieron datos de permeabilidad media y la piezometría general de toda el área y se realizó un mapa con la ubicación de los puntos de agua más próximos a la Laguna del Señor (fig. 1).

El sentido de flujo subterráneo coincide en general con la pendiente topográfica del terreno con una dirección predominante este-oeste.

Para averiguar la calidad de agua de la Laguna del Señor, se recurrió a 3 (tres) perforaciones ubicadas lo más cerca posible a la misma.

Para ello se utilizaron los datos de 2 (dos) muestras correspondientes al río Cega (fuera del área de trabajo) y análisis químicos de 3 (tres) perforaciones y se confeccionó un cuadro de datos (tabla 1).

Los resultados de estos análisis fueron representados en el diagrama de Piper para poder comparar las aguas entre sí y definir las facies y calidades.

Para la representación de los datos del área de trabajo se utilizó un software de hidroquímica (Versión demo de Aquachem 3.64), y se estudió el tipo de alteración que experimentaría el agua superficial del río Cega al ser mezclada con el agua de los pozos.

De acuerdo a los datos obtenidos podemos decir que tanto las muestras de agua superficial del río

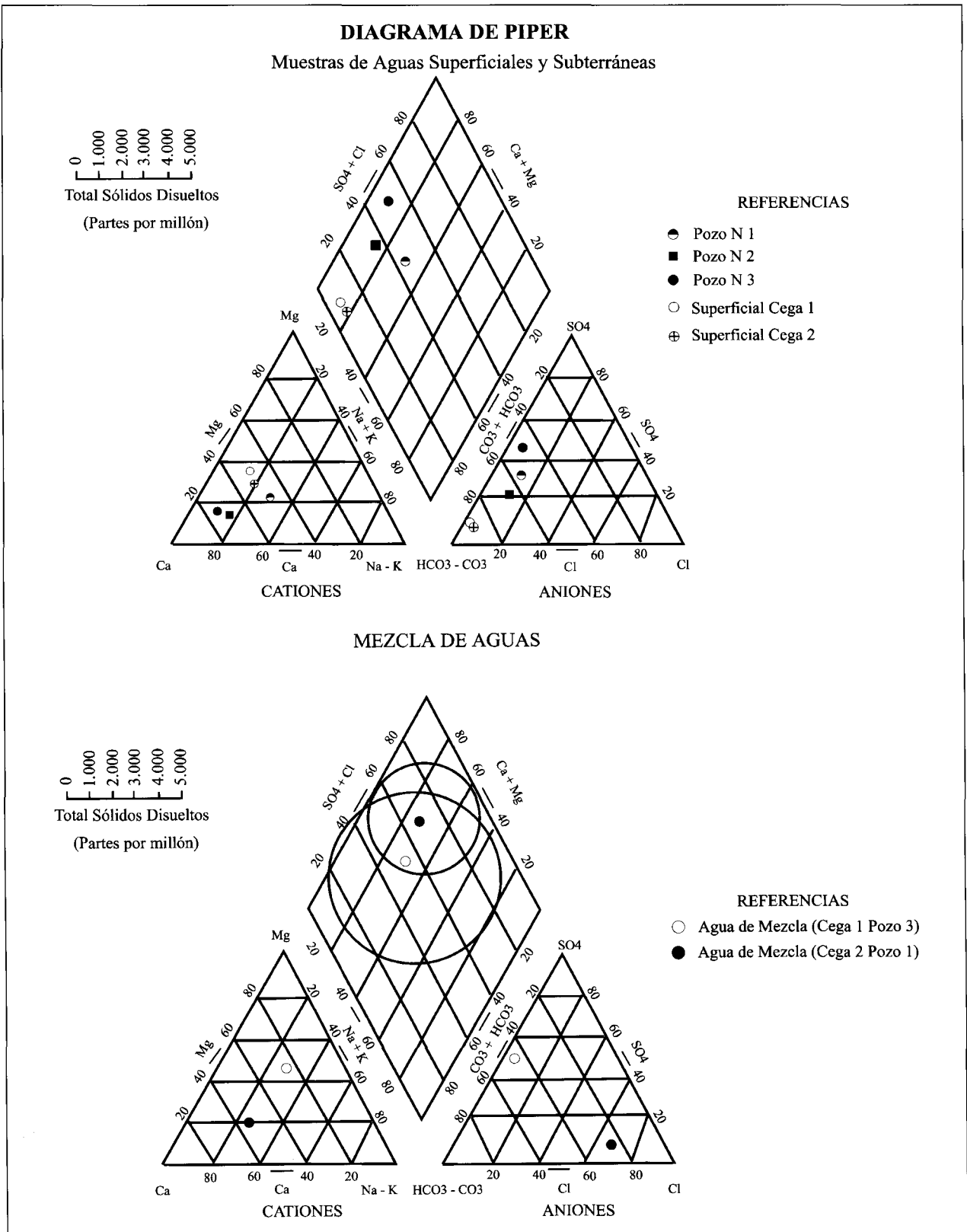


Fig. 3.—Diagrama de representación de los análisis químicos y mezclas de agua (Diagrama de Piper).

Cega, como la de los pozos, corresponden a Facies bicarbonatas cálcicas y/o magnésicas (fig. 3).

La mezcla con agua procedente del Cega produce un incremento muy ligero de alcalinidad y salinidad, aumentando las concentraciones de sus iones.

El contenido de bicarbonatos aumenta levemente mientras que los sulfatos y cloruros disminuyen en idéntica relación. Del análisis de estos datos podemos deducir que los valores obtenidos en las mezclas se asemejan más a las características propias del acuífero por lo que su calidad no se vería afectada.

Propuesta de recarga artificial

El depósito principal de la obra de recarga de la Cubeta del Carracillo se sitúa en el lugar de «La Regadera» en el kilómetro 135 de la carretera N-601 (coordenadas UTM $x = 391200$ y $y = 4573300$ $z = 810$ m). Las aguas llegan a este depósito para ser distribuidas por el sistema comarcal de recarga. A partir de este depósito preexistente se diseñó el proyecto de recuperación hídrica de la Laguna del Señor (fig. 1).

Sobre la base del proyecto general de recarga artificial de la comarca del Carracillo, este trabajo pretende ser una derivación cuyo objetivo es realizar un aporte para la regeneración de un humedal importante en la zona (Laguna del Señor), que actualmente se encuentra fuertemente degradado y alterado, habiendo perdido gran parte de su actividad ecológica y capacidad de recepción.

Para su concreción se propone una serie de obras de infraestructura, una red de control piezométrico y tareas de seguimiento y control que se exponen a continuación.

Obras de infraestructuras

Tubería de derivación del depósito principal al depósito de bombeo. Tendrá una longitud de 30 m, con Diámetro Nominal de 100 mm, adecuado para los caudales máximos ($1.920 \text{ m}^3/\text{día}$) y mínimo ($1.020 \text{ m}^3/\text{día}$).

Filtro. Para evitar partículas finas que puedan dañar las bombas o provocar colmatación en las zanjas de recarga o en el acuífero se ha diseñado un filtro que consistirá en un depósito longitudinal relleno de gravas y arenas silíceas extraídas de graveras locales dispuestas en dos capas. El espesor total del filtro de gravas y arenas será de 1,5 m, y la superficie será de 4 por 14 m. El filtro será renovado periódicamente en función de la pérdida de eficacia por colmatación.

Depósito de bombeo. Sus dimensiones serán: 10 m x 10 m x 6,5 m. En su diseño se tendrán en cuenta los detalles que faciliten su mantenimiento.

Tubería de salida del depósito hasta la estación de bombeo. Presentará las mismas características que las que se han mencionado para la tubería anterior: Su Diámetro Nominal será de 100 mm.

Filtro convencional de 200 ASTM a la salida del filtro, en el canal de desagüe. El filtro será el modelo tipo que existe en el mercado.

Estación de bombeo. Constará de una bomba de impulsión horizontal, con dimensiones que permitan un caudal de bombeo de 22,2 l/s y una altura manométrica de 332 m, que impulsara el agua hasta el segundo depósito.

Tubería de conducción enterrada. Su Diámetro Nominal será de 100 mm y la longitud 3.700 m.

Depósito de distribución. Este depósito será colocado sobre el terreno a una cota de 840 m, en el paraje de «El Toril». Las dimensiones del depósito será: 10 m x 10 m x 6,5 m y en su diseño se tendrán en cuenta los detalles que faciliten su mantenimiento y limpieza.

Tubería de conducción enterrada, hasta el punto de infiltración. Su longitud será de 520 m y se prevé un funcionamiento de 24 horas al día, por lo que el caudal que circule por ella será de $640 \text{ m}^3/\text{día}$ en la etapa inicial de la recarga y de $340 \text{ m}^3/\text{día}$ en situación de régimen permanente. El Diámetro Nominal adecuado para estos caudales es de 60 mm. La tubería será de PVC de 5 mm de grosor.

Tuberías de infiltración. Se dispondrán 2 tuberías paralelas del tipo «raspa de pescado» en dirección norte-sur enterradas a una profundidad de 1,25 m de la superficie sobre las zanjas de acomodación. Presentarán ramificaciones alternas a ambos lados cada 1 m, abarcando una banda horizontal de 7 m cada tubería. Los filtros de puentecillo será de 1,5 mm de luz, el diámetro será de 20 mm y la proporción de paso del 30%.

Zanja de acomodación de la tubería de infiltración. Sus dimensiones serán de 200 m de largo, 15 m de ancho y una profundidad de 2 m. Irá rellena de grava en dos capas con distintos calibres. La granulometría empleada será de 5 mm en la parte inferior, 3 mm en torno a la tubería y 1,5 mm en la parte superior.

Taponamiento del desagüe artificial de la Laguna del Señor (arroyo del Ternillo). Se taponará con los materiales extraídos de la zanja de recarga a lo largo de la longitud que dé cabida a este volumen de material.

Red de Control Piezométrico

Diseño de la Red

Con motivo de la actuación de recarga de la Laguna del Señor se diseñará una red de piezómetros de control para observar la evolución de los

niveles durante y después de la recarga. Los puntos de control se ubicarán en todo el perímetro de la zona que se pretende afectar, así como también en algún punto interior (fig. 1). En total se plantea la construcción de 6 piezómetros de control.

Diseño Constructivos de los Piezómetros.

Por las características del material a perforar y por las funciones que han de cumplir se ha escogido el método de percusión con cable para la realización de los sondeos. En la perforación se utilizará una tubería auxiliar para evitar el sifonamiento de las arenas. El diámetro interior de perforación nunca será inferior a 146 mm.

La profundidad de los sondeos vendrá marcada por el espesor del material cuaternario que aparezca. La perforación continuará hasta penetrar ligeramente en el material terciario infrayacente.

Los piezómetros irán entubados con tubería de PVC ranurada de 5 mm de espesor y con uniones de rosca, y tendrá un diámetro de 96 mm.

Se cementará el fondo del sondeo para evitar el contacto con el acuífero terciario infrayacente y un posible sifonamiento de las arenas que alcanzaran a penetrar en el interior del sondeo.

Se engravillará el espacio anular con grava silíceo lavada y seleccionada con un calibre de 2 a 4 mm, para evitar la entrada de arena a la tubería y su colmatación.

La boca del sondeo también irá cementada, y contará con su correspondiente arqueta de protección de hormigón y chapa de identificación.

Se plantea así mismo un calendario a seguir para la construcción de los piezómetros, aunque éste siempre estará subordinado a la disponibilidad de la maquinaria.

Programa de Seguimiento y Control

Como el carácter de la obra que se plantea tiene una importante componente de «experiencia piloto», los datos que se obtengan del seguimiento de los niveles en los piezómetros tendrán una gran importancia para las futuras operaciones de regeneración de zonas húmedas que se realicen en la zona.

Para el diseño de la campaña de seguimiento se ha considerado que no se conoce de manera efectiva como va a comportarse el acuífero ante la recarga, de manera que durante la primera temporada de ejecución de esta se va a elaborar un intenso calendario de mediciones.

Este calendario de mediciones de los piezómetros para las campañas siguientes estará en buena medi-

da condicionado por los datos extraídos de la primera campaña. Pero se prevé prediseñarla de forma que durante la primera mitad de cada temporada de recarga se midan los niveles cada dos semanas; luego una vez al mes durante los siguientes seis meses, hasta un mes después de la finalización.

Con los datos recogidos se calibrará un modelo informático, «Visualmodflow» que una vez finalizado servirá para gestionar la recarga de la manera más adecuada.

La información recogida durante el seguimiento de la recarga será la base de las decisiones que se tomen respecto a su funcionamiento con el fin de no ocasionar efectos indeseados.

Discusión y conclusiones

Se ha realizado un estudio de la geología de la zona, apreciándose que la citada laguna se asienta sobre un acuífero cuaternario de litología arenosa que tiene un origen mixto eólico y fluvial. Analizando la historia reciente de la comarca se constata que, debido a la «sobrexplotación» por regadío, se ha producido un importante descenso de los niveles freáticos, que puede ser mayor en esta zona como consecuencia de la concentración parcelaria prevista. Esta caída de los niveles freáticos ha ocasionado su desconexión de los humedales de la zona y por lo tanto su degradación. De esto se concluye que el presente trabajo para la recuperación de una de las más importantes zonas húmedas de la comarca, como la Laguna del Señor, está plenamente justificado.

Se han estudiado los aspectos legales asociados al tema y de ellos se ha extraído una serie de nociones jurídicas que justifican la posibilidad de la recarga artificial para la recuperación de la Laguna del Señor, que deben ser contemplados en caso de llevarse a cabo el proyecto.

A partir de los análisis hidroquímicos de muestras de aguas tanto superficiales (río Cega) y de pozos ubicados cerca de la Laguna del Señor (acuífero cuaternario) y usando un software de hidroquímica (Versión demo de Aquachem 3.64), se ha observado que las interacciones entre el agua superficial y la del acuífero muestran un mínimo grado de evolución normal. Por ello deducimos que la recarga artificial no afectará de forma negativa a la calidad química del agua de la zona.

Debemos destacar que este trabajo es un estudio preliminar mayormente de corte académico, y que el mismo refleja situaciones características que se dan en un estudio previo a un proyecto de recarga artificial. Si se llegará a concretar la obra, se deberán realizar estudios más exhaustivos que involucren procesos de modelización de flujo en la zona vadosa.

Para el cálculo de los caudales y dimensiones de las instalaciones de recarga se ha modelizado la situación mediante una adaptación del método de Wyssling, (Custodio, E. y Llamas, R., 1976) para definir zonas de influencia por bombeo o recarga y también mediante un modelo bidimensional con controles verticales a la altura de la Laguna. El volumen de agua es de aproximadamente 0,09 hm³/año con un caudal de 640 m³ /día durante aproximadamente tres meses, hasta que la recarga llegue a «control lateral», y un caudal de 350 m³/día durante el resto de la temporada de recarga (desde el 1 de noviembre al 1 de mayo).

Por el carácter de esta obra, que es eminentemente ecológica, se han tomado muy en cuenta las implicaciones ambientales que acarrea su posible ejecución. Analizando las acciones y los factores que intervienen se aprecia que los posibles efectos negativos son mínimos y compatibles, mientras que los beneficios ecológicos que pueden derivarse son grandes. Por lo tanto se concluye que su realización es compatible.

A partir del sistema de recarga artificial para la comarca del Carracillo (Real Decreto Ley 9/1998) se ha diseñado este dispositivo, que con caudales derivados de él, consta de un depósito semienterrado, un sistema filtrante para eliminar los finos en suspensión, una estación de bombeo, un segundo depósito semienterrado, el dispositivo de recarga artificial propiamente dicho y las tuberías enterradas que conducen el agua de unos elementos a otros. El período de funcionamiento previsto es desde el 1 de noviembre hasta el 1 de mayo de cada año.

El presente trabajo es el de un Estudio Previo de Soluciones de una «operación piloto». Por lo que se requiere un posterior estudio y análisis tras la ejecución y entrada en funcionamiento de la obra. El motivo es conocer el comportamiento del medio ante futuras obras de esta naturaleza que se puedan realizar en la comarca, aprovechando la obra general de recarga artificial. Para ello se ha previsto un programa de vigilancia ambiental y una red de control piezométrica que informen de la evolución ecológica y de las características del acuífero. Con todos esos datos que se obtengan se podrá mejorar el diseño para la mayor optimización de futuras obras de esta entidad que puedan proyectarse en la comarca.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado para cumplir con unos de los requisitos para la XXXV edición del Curso de Hidrogeología Noell Llopis para graduados y esta publicación es una síntesis del trabajo que fuera presentado en dicha edición.

Los autores expresan su reconocimiento y agradecimiento al doctor Ramón Peláez Pruneda, quien fue director del curso y que lamentablemente falleció a la finalización del mismo.

Desean también agradecer a los organizadores del Curso Hidrogeología Noell Llopis, por haber facilitado la información necesaria.

Al geólogo Enrique Escalante, director de este trabajo y a los geólogos José P. López, Graciela Rodríguez, Carlos Falcón y Jorge García por la lectura del mismo.

Referencias

- Aguirre, E., Díaz Molina, M. y Pérez González, A. (1976). Datos Paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Central Española. *Trabajos Neógenos-Cuaternario* 6, pp. 7-29. I.L.M.C.S.I.C., Madrid, España.
- Allies Andrade, J. L. (1966). *Subregiones Fitoclimáticas de España*. Ministerio de Agricultura, Madrid, España.
- Arias, S., Cubero, J. y D Urso, C. (2001). Estudio Hidrogeológico Comarca del Carracillo, Provincia de Segovia. Anteproyecto de Obra. XXXV Curso de Hidrogeología Noell Llopis. Trabajo Inédito. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid, España.
- Capel Molina, J. J. (1981). *Los Climas de España*. Oikos-Tau ed., Barcelona, España.
- Custodio, E. y Llamas, R. (1976). *Hidrología Subterránea*, Tomos I y II. Ed. Omega, Barcelona, España.
- Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (1991). *Mapa Topográfico de España*. E. 1: 25.000. Sanchonuño. 429. II. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, España.
- (1991). *Mapa Topográfico de España*. E. 1: 25.000. Navalmanzano. 429. IV. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, España.
- Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral (1940). *Mapa Topográfico de España*. 1.ª Edición, Hoja N. (17-17) 429. Navas de Oro. España. Duero. Publi. Dep. Estra. Universidad de Salamanca, n.º 9. España.
- Elías Castillo, F. y Ruiz Beltrán, L. (1977). *Agroclimatología de España. Cuaderno n.º 7 del INIA*, Madrid, España.
- Galán López, R., López Mendieta, F., Martínez Rubio, J., Macías Antequera, C. y Galán Martínez, G. (1998). *Recarga Artificial del Acuífero de Los Arenales en la Comarca de El Carracillo*. 2.ª parte. VII Simposio de Hidrogeología. Segovia.
- García del Cura, A. (1974). Estudios sedimentológicos de los materiales terciarios de la zona centro-oriental de la Cuenca del Duero (Aranda de Duero). *Estudios Geológicos*, n.º 30: pp. 579-597, España.
- IGME (1995). *Mapa Geológico de España*. E. 1: 50.000. Memoria Explicativa de la Hoja n.º 429 (17-17). Navas de Oro, España.
- (1995). *Mapa Geológico de España*. E. 1: 50.000. Memoria Explicativa de la Hoja n.º 401 (17-16), Cuéllar, España.
- (1996). *Guía Para La Elaboración de Perímetros de Protección de las Aguas Minerales y Termales*, Madrid, España
- (1999). *Recarga Artificial de Acuíferos*. Síntesis Metodológicas, Estudios y Actuaciones realizadas en la Provincia de Alicante, España.

- (2000). *Identificación de Acciones y Programación de Actividades de Recarga Artificial de Acuíferos en las Cuencas Intercomunitarias*, Madrid, España
- (2000). *Unidades Hidrogeológicas de España*. Mapa y Datos Básicos. E. 1: 1.000.000, Madrid, España.
- Ministerio de Medio Ambiente (1998). *Libro Blanco Del Agua*. Secretaría de Estado de Aguas y Costas del Ministerio del Medio Ambiente, por la Dirección de Obras Hidráulicas y Calidad de Aguas. ESP, Madrid, España.
- Pérez González, A. (1979). El límite Pliocenos-Pleistoceno en la submeseta meridional en base a los datos Geomorfológicos y Estratigráficos. *Trabajos Neógeno Cuaternario* n.º 9, pp. 19-32. I.L.M.C.S.I.C. España.
- Ramírez García, R., López Mendieta, F. y Martínez Gómez, A. (1992). Actuaciones en la Región de Los Arenales. *Actualidad de Las Técnicas Geofísicas Aplicadas en Hidrogeología*. IGME, pp. 169-173, Diputación de Granada, España.
- Rey Benayas, J. M. (1991). *Aguas Subterráneas y Ecología: Ecosistema y Descarga de Acuíferos en Los Arenales*. Ed. ICONA, Madrid, España.
- (1990). *Ecosistemas de Descarga de acuíferos en la cuenca del Duero*. Tesis Doctoral Autónoma de Madrid, España.
- Serie Documentación Técnica de Medio Ambiente (1992). *Curso de humedales de la Cuenca del Duero. Hábitats de descarga de aguas subterráneas en el acuífero de Los Arenales. Actuaciones para su protección* Junta de Castilla y León, España.
- Servicio Geográfico del Ejército (1995). *Mapa General*. Cartografía Militar De España. Serie L. E. 1: 50.000. Hoja n.º 429 (17-17). Navas de Oro. España.
- Servicio Geográfico del Ejército (1998). *Mapa General*. Cartografía Militar De España. Serie L. E. 1: 50.000. Hoja n.º (18-17). Cantalejo, España.
- Villanueva, M. e Iglesias, A. (1984). Pozos y Acuíferos. *Técnicas de Evaluación mediante Ensayos de Bombeo*. Inst. de Geología y Minería, Madrid, España.

Recibido el 25 de enero de 2002.
Aceptado el 20 de mayo de 2002.