

LOS POZOS ABANDONADOS COMO FUENTE PUNTUAL DE CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS. IDEAS PARA UNA NORMATIVA DE CLAUSURA DE CAPTACIONES EN DESUSO

Carolina GUARDIOLA-ALBERT*, **Nuria NARANJO-FERNÁNDEZ****, **Almudena DE
LA LOSA***, **Marc MARTÍNEZ PARRA *****, **Fermín VILLARROYA**** y **Alfredo
BARÓN******

(*) Instituto Geológico y Minero de España (IGME). C/ Ríos Rosas, 23. Madrid 28003.

c.guardiola@igme.es, a.delalosa@igme.es

(**) Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Novais, 12. Madrid 28040.

ferminv@ucm.es, nuria.naranjo.phd@gmail.com

(***) Confederación Hidrográfica del Tajo. Oficina de Planificación Hidrológica. Avda. de Portugal, 81. Madrid 28011. marc.martinez@chtajo.es

(****) Colaborador honorífico del Departamento de Geografía de la Universidad de las Islas Baleares baron.a@telefonica.net

RESUMEN

Los pozos, sondeos y en general las captaciones abandonadas constituyen potenciales vías de contaminación de las aguas subterráneas, bien por vertidos directos en su interior, bien por conectar a través de la columna del pozo acuíferos con mala calidad natural o contaminados por la acción humana, además de constituir un peligro de caída de animales y personas. Este trabajo pretende llamar la atención sobre la necesidad de crear un marco legislativo adecuado y específico para gestionar esta situación y que contemple medidas sencillas para su erradicación. Muy vinculada a esta problemática, está la necesidad de acordar unas buenas prácticas constructivas de pozos. Han sido varias las propuestas e iniciativas llevadas a cabo hasta el día de hoy por diversos colectivos técnicos como las asociaciones de hidrogeólogos para implementar estas medidas, pero sin embargo no han fructificado. En esta comunicación se exponen unas directrices mínimas que se estiman deberían seguirse. Una normativa de clausura de sondeos y pozos debería huir de unas exigencias sofisticadas y utópicas que no pudieran cumplirse en la mayor parte de los casos.

Palabras clave: *clausura, contaminación, normativa, pozos abandonados*

INTRODUCCIÓN

Los acuíferos están protegidos de la contaminación en superficie por la presencia del suelo y de la zona no saturada. Una captación (pozo, sondeo, dren) de aguas subterráneas puede ser

una vía potencial y preferente de contaminación de los acuíferos. Los pozos abandonados suponen un riesgo añadido al no estar mantenidos ni vigilados por parte de sus propietarios o usuarios. A ello debe añadirse la presencia de estas captaciones en núcleos urbanos, granjas y zonas agrícolas, que incrementan el riesgo potencial de contaminación.

Es preciso diferenciar entre pozo inactivo y pozo abandonado. En el primer caso, se trata de un pozo que, reuniendo las condiciones de cantidad y calidad de agua y unas adecuadas condiciones constructivas, no se explota temporalmente. En este caso, sería necesario garantizar un correcto mantenimiento del cierre sanitario y también sería conveniente, la extracción y almacenamiento de la bomba. Se entiende por pozo abandonado, aquel en el que se renuncia a su uso por falta de caudal, por mala calidad del agua o deterioro de la misma, por abandono de actividad, descenso excesivo del nivel, pérdida de caudal, racionalización de los recursos o agotamiento del acuífero. En España, de acuerdo con el Texto Refundido de la Ley de Aguas y por similitud con las concesiones o derechos de explotación, podrían considerarse abandonados tras tres años de no uso. En el caso del municipio de Madrid, Hernández et al. (1998) establecían que la principal causa era el empleo de técnicas y materiales inadecuados de construcción (zonas de filtros mal diseñadas o de material de calidad baja, errónea granulometría del macizo filtrante o conexión con formaciones con agua de peor calidad). Los pozos excavados constituyen el caso más frecuente de captaciones abandonadas. Así en el término municipal de Madrid, según Hernández et al (1998), un 43 % de estos pozos estaban abandonados mientras que en el caso de los sondeos su abandono o falta de uso no alcanzaba el 25 %. Es por ello que los pozos excavados, más abundantes en zonas rurales, pueden suponer un elevado número de pozos abandonados, máxime cuando en muchas de las zonas rurales la tecnificación de las explotaciones agrarias y la mayor demanda de agua ha llevado a ese abandono y su sustitución por sondeos que alcanzan acuíferos regionales a mayor profundidad y obtienen mayor caudal.

Cuando se abandona la explotación de una perforación, debe ser convenientemente sellada para cumplir los siguientes objetivos:

- Eliminar los riesgos físicos, fundamentalmente en pozos excavados de gran diámetro, en los que pueden caer personas o animales en su interior. Son conocidos, por citar solo unos ejemplos, los casos de la niña Jessica McClure que estuvo 59 horas atrapada en un sondeo en Midland (Texas) en 1987, el del niño Alfredino Rampi que murió en 1981 atrapado a 36 m de profundidad en un sondeo de unos 70 m en las cercanías de Roma, o el de Antonio M.R. cazador que murió tras caer dentro de un pozo abierto en Calvià, Mallorca en 2009.
- Evitar la contaminación del acuífero o acuíferos través de la entubación o del espacio anular, tanto por el arrastre de sustancias por escorrentía como por el vertido directo al acuífero. En estos casos se produciría un vertido directo al acuífero sin el filtrado y procesos de depuración asociados al suelo y zona no saturada.
- Evitar las modificaciones del comportamiento hidráulico (pérdida de caudales y descenso de niveles) y de la calidad de las aguas, debido a la conexión entre diferentes formaciones acuíferas en el caso de pozos con rejillas en distintos tramos acuíferos.

OBJETIVO

Este trabajo quiere llamar la atención sobre la necesidad de definir una normativa adecuada y específica sobre el sellado y abandono de captaciones de agua subterránea o bien un protocolo de actuación para administraciones y particulares, que permitan gestionar de manera sencilla esta situación, a la vez que se alcancen los objetivos de protección del Dominio Público Hidráulico (DPH). Muy vinculada a esta problemática, se encuentra la conveniencia de acordar unas buenas prácticas constructivas de pozos, como reiteradamente han reclamado las asociaciones de hidrogeólogos, como la AIH-GE. Han sido varias las propuestas hasta el día de hoy para implementar estas medidas, pero ninguna ha fructificado. En esta comunicación se exponen unas directrices mínimas que se estiman deberían seguirse.

TIPOS DE CAPTACIONES

El término pozo es una simplificación de distintos tipos de captaciones de aguas. La metodología de sellado varía según el tipo de captación, que a continuación se describen:

Pozos excavados manualmente: de profundidades máximas variables, aunque no suelen superar los 20-30 m y diámetros variables, de 1 - 3 m, aunque pueden superar los 6 m, siendo los de mayor diámetro empleados como pozo-depósito en formaciones de escasa permeabilidad. Las paredes a menudo están recubiertas de ladrillos o mampostería. Normalmente explotan acuíferos en terrenos detríticos inconsolidados o poco consolidados, aunque pueden penetrar parcialmente el basamento de roca consolidada inferior.

Pozos de anillos de hormigón: de profundidad máxima de 40 m y diámetro de 1 m son excavados con maquinaria de perforación helicoidal, en terrenos detríticos poco consolidados.

Sondeos: son los más habituales y se perforan con maquinaria específica, empleando diversas metodologías (rotoperCUSión, percusión o rotación). Alcanzan profundidades de cientos de metros. La tubería suele ser metálica (acero naval) o de PVC en sondeos con aguas de especial agresividad y en algunos abastecimientos urbanos. La tubería de revestimiento dispone de tramos ranurados denominados rejilla.

Piezómetros y sondeos geotécnicos: de pequeño diámetro (65-140 mm). Para estudiar el comportamiento hidráulico, las características y la composición de los materiales perforados.

LEGISLACIÓN EXISTENTE SOBRE CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS ABANDONADAS O EN DESUSO

Los primeros documentos técnicos sobre clausura de pozos son los publicados por la American Water Works Association en 1952, que incluyó en sus estándares un anexo sobre el sellado de pozos abandonados. Desde entonces, estos estándares han sido revisados en varias ocasiones (AWWA, 1997). También la U.S. Environmental Protection Agency recomendaba el seguimiento de normas para el abandono de pozos (EPA, 1975). Se resume a continuación la normativa existente referente a clausura y abandono de pozos en diferentes países:

En Estados Unidos, muchos estados que disponen de regulaciones y recomendaciones sobre

la clausura de pozos abandonados (Michigan, Illinois, Montana, New Hampshire, Texas, Iowa, Utah, New Jersey, Ohio, etc.). En la mayoría de ellos abordan aspectos sobre los materiales de construcción, tratamiento, rehabilitación y cementación de pozos abandonados, editándose sencillas guías orientativas para el sellado de pozos por parte de particulares

En Ontario (Canadá), se ha elaborado un manual de buenas prácticas y regulaciones donde se explican los peligros de los pozos abandonados y los pasos a seguir para su clausura (<https://www.ontario.ca/document/water-supply-wells-requirements-and-best-practices>).

En Latinoamérica, Nicaragua es el único país que ha elaborado una Norma Técnica Obligatoria de abandono de pozos (NTON, 2011), donde se mencionan los requisitos ambientales para la construcción, operación y cierre de pozos. Otros países como Colombia, Venezuela, El Salvador, Méjico, Uruguay, Bolivia, Costa Rica o Brasil tienen normas de mínimos sobre la construcción de pozos, pero no mencionan la clausura de los mismos.

En África, solo existe reglamentación en la República Federal de Nigeria, que regula la construcción, equipamiento, mantenimiento y abandono de pozos públicos y privados.

En Europa (Tabla 1) son varios los países con normativa específica: Dinamarca, Francia, Holanda, Hungría, Irlanda, Polonia, Serbia y Suecia.

País	Legislación
Dinamarca	Executive Order No. 1260 of 28/10/2013 Valid, Ministry of the Environment: Consolidation Act on execution and abandonment of onshore drilled and dug wells.
Francia	Arrêté Interministeriel du 11 septembre 2003 relatif a la rubrique 1.1.0 De la Nomenclature Eau. Normas AFNOR: NF X10-999 (2007) Forage d'eau et de géothermie. Réalisation, suivi et abandon d'forages de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages.
Holanda	Staatssecretaris of Economic Affairs de 2002 (/nr WJZ 02063603). Ley de Minas actual (2003) existe la Sección 8 sobre la construcción de pozos y sondeos, cuya Sección 8.5 detalla el abandono de pozos y sondeos
Hungría	Regulación 101/2007 XII.23 (Decreto del Ministerio de Medio Ambiente y Agua No. 101)
Irlanda	Guía de directrices para ejecución de pozos
Polonia	Estándar PN-G-02318:1994
Serbia	Ley de Minería y Geología (88/2011)

Tabla 1. Resumen de la normativa específica referente a la clausura de pozos existente en Europa

En España (Tabla 2) no existe una normativa específica de carácter estatal que sea de obligado cumplimiento. No obstante, el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de DPH (RDPH), contempla el sellado de captaciones en autorizaciones de investigación, pero también en los expedientes de extinción, revisión o modificación de derechos de aguas subterráneas que conlleven el cese de la actividad extractiva, en los artículos 180 y 188bis del Capítulo III (Autorizaciones y concesiones), Sección Undécima (Alumbramiento y utilización de aguas subterráneas). Así en el artículo 180 establece para las autorizaciones de investigación (entendiéndose como tal a solicitudes individuales) en cada acuífero que resultasen negativas o sin interés para la explotación, que el Organismo de Cuenca podrá establecer normas de sellado de la perforación y la restitución del terreno a las condiciones iniciales. Este “podrá” no debería interpretarse como que la Administración no tiene obligación de hacerlo, sino como que tiene la facultad de establecer normas técnicas, sin embargo, ningún Organismo de Cuenca ha establecido dichas normas. El artículo 188 bis titulado “Sellado de captaciones de agua subterráneas” afecta a los expedientes de extinción, revisión o modificación de derechos de aguas subterráneas que conlleven el cese de la actividad

extractiva. Ello es importante porque se indica que “*se adoptarán las medidas necesarias para garantizar el sellado por parte del titular de los pozos, sondeos u obras asimilables, con material inerte, de tal forma que no quede alterado el flujo subterráneo en el entorno de la misma y se procederá a la retirada de todos los materiales eléctricos y mecánicos para su reciclado, utilización o traslado a un vertedero autorizado*”. Esta es la mayor contribución legislativa al objeto del sellado de captaciones y atribuye al particular la obligación de su ejecución, describiendo, grosso modo, las operaciones a realizar (llenado con material inerte, no alteración del flujo, retirada de objetos). Incluso plantea en su segundo epígrafe la posibilidad de que sea el organismo de cuenca quién realice de manera subsidiaria dicho sellado, repercutiendo los costes al titular de la misma.

Comunidad	Legislación
Cataluña	La Agència Catalana de l’Aigua (ACA) en 2009 publicó una guía que contiene los criterios técnicos para la reposición del Dominio Público Hidráulico en los supuestos de extinción, abandono y clausura temporal de aprovechamientos de aguas subterráneas.
Baleares	El Consell de l’Aigua de les Illes Balears (CAIB) en 2013 incluyó en la Normativa del Plan Hidrológico, anexo 2, condiciones técnicas de ejecución y abandono de pozos. El Organismo de Cuenca elaboró el Decreto 108/2005, de 21 de octubre, regulando las condiciones técnicas de autorizaciones y concesiones de aguas subterráneas y de ejecución y abandono de pozos.
Canarias	El Gobierno de Canarias (2012) publicó un manual técnico para la ejecución de pozos, con un capítulo sobre el abandono y sellado de pozos según las peculiaridades de las captaciones en Canarias.

Tabla 2. Resumen de normas y manuales en algunas Autonomías en España

Hernández-García (1999) puso de manifiesto la problemática de la clausura de pozos, con propuestas a tener en cuenta por las Confederaciones Hidrográficas. Algunas de ellas ya estaban recogidas en el artículo 188 bis del RD 849/1986 (incorporado al RD, mediante el Real Decreto 1290/2012 de 7 de septiembre), como es responsabilizar al propietario del sellado de la captación, siendo inspeccionada por Confederación durante y después del sellado. Otra de las medidas propuestas por Hernández-García fue la generación de una tasa asociada a la ejecución de un nuevo pozo que se destine a la generación de un fondo para clausuras. Por ejemplo, el estado de Texas (USA), mantiene desde 1965 un fondo con este fin. También se recomendaba priorizar, en la medida de lo posible, la clausura de los pozos que se encuentran abandonados actualmente. Se deberían buscar datos de pozos existentes abandonados (en Confederaciones, el IGME, la Dirección General de Industria, Energía y Minas), inventariarlos (con todas sus características) y clausurarlos. Por último, se podría estudiar la posibilidad de aprovecharlos como piezómetros de observación.

Teniendo en cuenta el potencial número de pozos abandonados existentes en la actualidad, la primera meta imprescindible es que no aumente dicho número, asegurando que en el futuro se clausuren correctamente. Se debería destinar una partida presupuestaria a la clausura de pozos abandonados, estableciendo un orden de preferencia según la vulnerabilidad de los acuíferos. Una iniciativa reciente a destacar es la reunión del Pacto Nacional por el Agua en mayo 2018, donde se propuso la generación de una tasa para los usuarios de regadío, pudiéndose destinar parte de esta tarifa a la clausura eficaz de los pozos abandonados.

BUENAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS DE CAPTACIONES

El abandono o desuso de una captación muchas veces está provocado por una deficiente construcción de la misma. Es pues muy importante que se construyan los pozos y sondeos con

arreglo a una metodología adecuada. Si se pretende abordar el tema de la clausura de los pozos debe ir acompañado igualmente por una adecuada normativa de construcción de captaciones. En España se carece de legislación que aborde ambas cuestiones con las salvedades que figuran en la tabla 2. El problema es grave debido al elevado desconocimiento de la ciudadanía de lo que realmente supone una captación que es una obra de ingeniería que requiere diseño y control de calidad. Aunque en la mayoría de las empresas de sondeos y perforaciones se cuenta con técnicos y profesionales cualificados y experimentados, también existe mala praxis por parte de personas no cualificadas, que ofrecen ejecuciones a precios irrisorios, lo que conlleva a una deficiente calidad constructiva de los mismos. No es objeto de este trabajo desarrollar este punto, pero si se quiere destacar su decisiva importancia.

IDEAS PARA UNA PROPUESTA DE CLAUSURA (SELLADO) DE CAPTACIONES

El sellado de captaciones requiere un estudio concienzudo que desemboque en una propuesta de normativa concreta para implementar en las distintas cuencas hidrográficas. Sería razonable constituir uno o dos grupos de trabajo que integren profesionales de la administración, de colectivos profesionales, del sector industrial interesado y otros grupos, que analicen y propongan unas normas. Tales normas deben ser viables económicamente, de fácil aplicación y que permitan proteger el DPH. Alguna normativa de EEUU, por lo sofisticada y exigente que resulta, es de difícil aplicación en España. Son inviables unas normas que supongan que el cierre de una captación sea casi tan costoso como la construcción de una nueva captación. En este epígrafe solo se recogen algunas ideas pueden tenerse en cuenta.

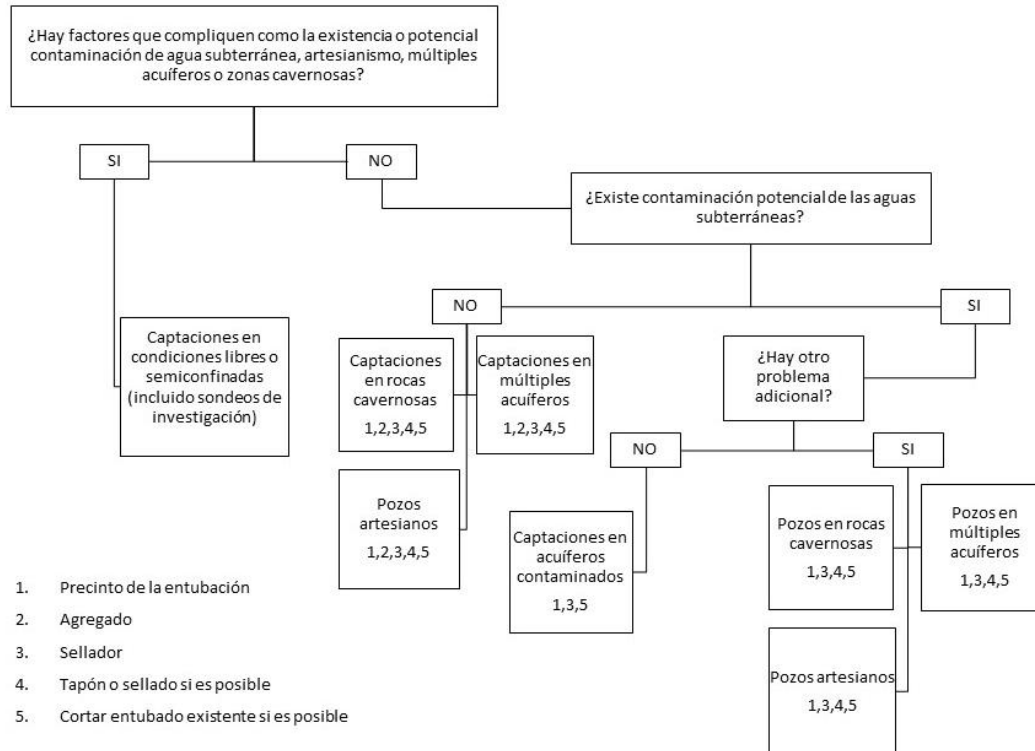


Figura 1. Sumario de procedimientos de abandono (modificado de DEP, 2001)

El método de clausura dependerá de las características de la captación: entubada o no; material del entubado, cementación, diámetros y profundidad. Y por supuesto, del grado de

conocimiento que se tenga de estos datos y de la litología de los terrenos atravesados. En cualquier caso, es necesaria una revisión visual y una comprobación como mínimo, de la profundidad del nivel freático y de la captación, los materiales de entubación, así como la identificación de posibles obstrucciones y su eliminación o extracción.

Para seleccionar el método de sellado se debe tener también en cuenta las características del acuífero. En este último caso se deben considerar el confinamiento o no del acuífero, el número de acuíferos captados (sondeos en acuífero único, acuíferos multicapa), el tipo de consolidación de las formaciones acuíferas, sondeos surgentes o no surgentes, diámetro de perforación, presencia o no de contaminación en las aguas. En la Figura 1 se establece un protocolo de actuación en función de las características del acuífero.

Resulta conveniente presentar un proyecto de clausura de la captación, elaborado por un técnico competente, donde se recojan datos relevantes y el tipo de clausura que se propone. Pueden utilizarse como modelos la guía elaborada por la ACA (2009) y el documento sobre el mismo tema (CAIB, 2013).

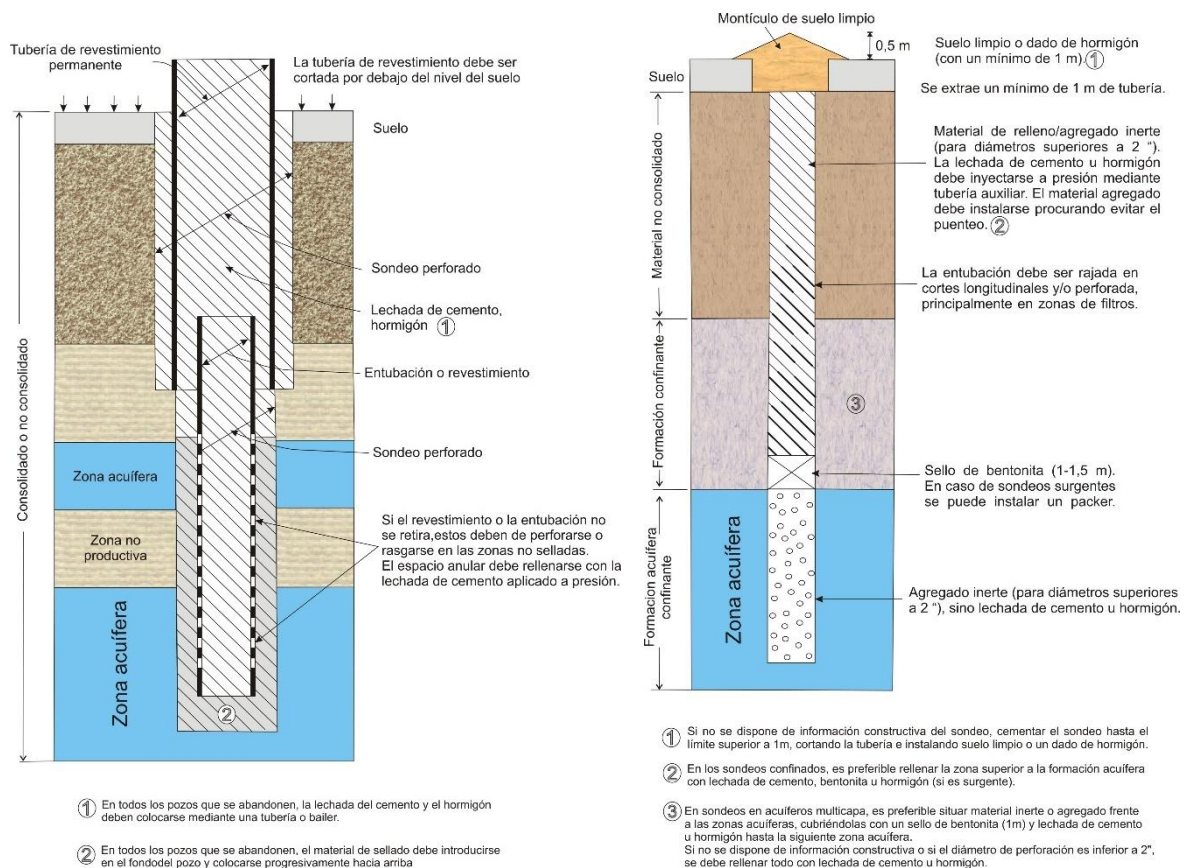


Figura 2. Sellado de pozos entubados y de sondeos surgentes. Izquierda: pozos entubados. Derecha: pozos entubado surgente o sondeo profundo entubado con niveles confinados

El sellado de una perforación debe tener dos niveles de protección (SCHERER Y JOHNSON, 2011). La protección primaria cubre los daños personales por caída y los vertidos no intencionados de contaminantes. La protección secundaria evita futuros problemas de salud por percolación de contaminantes a través del relleno al ser la captación una vía preferencial hacia el acuífero. Unas tareas mínimas que cabría tener en cuenta son:

- Valoración técnica por un técnico competente, del sellado a realizar.
- Apertura de una ficha de inventario con la localización y sus características constructivas.
- Retirada de la tubería de impulsión, bomba y cableado eléctrico.
- Si es viable, inspección del interior mediante videocámara sumergible.
- Desinfectado previo al inicio del sellado. Por ejemplo, con una solución de hipoclorito de calcio conteniendo de 65-75% de cloro.
- Relleno del interior con material inerte. Con arcillas o gravas según diseño del técnico competente que procedan de canteras o graveras cercanas no contaminadas.
- En acuíferos multicapa surgentes o en carga, el técnico competente propondrá el método concreto de clausura.
- En casi todos los casos, apertura del anillo exterior de la entubación hasta una profundidad no inferior a 3 m y posterior cementación.

A parte de estas tareas mínimos, existen unas operaciones que se recomiendan en la mayoría de tipos de captaciones (Figura 2):

- Extracción total o parcial de la tubería de revestimiento. Permite sellar mejor el espacio anular en las formaciones atravesadas. En los sondeos entubados, es deseable extraer todos los elementos (tubería, rejilla, empaques de grava, restos de cementación, etc).
- Corte y apertura de la tubería cuando ésta no puede retirarse. Previamente se cepilla el interior y se extrae el agua sucia. Pasadas unas horas después del cepillado puede inspeccionarse con una cámara para ver el estado. El "corte y apertura de la tubería" consiste en la realización de cortes o perforaciones longitudinales, (aproximadamente 5-10 cm abiertos cada 30-40 cm de tubería) a lo largo de la tubería para permitir la entrada del material sellante en el espacio anular del sondeo.
- Colocación del material sellante. Se emplea lechada de cemento puro, mezclado con bentonita o *chips* y *pellets* de bentonita. La inyección del material sellante debe hacerse con tubería auxiliar desde el fondo de la captación hacia arriba, de modo continuo, para evitar la formación de puentes y la dilución de la mezcla, especialmente cuando se está inyectando por debajo del nivel estático de agua en el pozo. El vertido de *chips* y *pellets* debe realizarse lentamente, adicionando grava o arena justo después para que la expansión de la arcilla suceda de forma lateral. Se debe detener la operación cada 20 kg de arcilla para medir el fondo y verificar que no se hayan generado puentes.
- Llenado con "agregados". Se llaman "agregados" a aquellos materiales sólidos que sirven para eliminar los riesgos físicos provocados por los espacios abiertos en la perforación, que no impiden el flujo de agua a través del anular del pozo. Consisten en arena, piedra triturada o materiales similares que rellenan tramos sin requerimientos especiales.
- Sellado superficial. Se coloca un tapón de hormigón en la boca del aprovechamiento para evitar la entrada de contaminantes desde la superficie. Asimismo se suele cubrir con el propio terreno, formando un pequeño montículo, para desviar las aguas de lluvia.
- Pozos no entubados o captaciones en las que se haya podido extraer la tubería. El procedimiento dependerá del conocimiento que se tenga de la columna litológica y de la importancia que se le dé al mantenimiento o reposición de las condiciones. Puede ir desde el simple relleno con lechada en toda la columna, salvo el último metro que conviene rellenar con terreno natural, hasta el relleno por capas con materiales lo más similares posible, desde el punto de vista hidráulico, a las capas del terreno existentes en el sondeo.

- Sondeos artesianos. Existen distintos procedimientos para este tipo de pozos: con recrecimiento del entubado, con disminución de presión por añadido de grava, con la utilización de *packer* de cementación, con lodos de alta densidad o bombeando para deprimir el nivel y cementar en seco el cabezal.
- Pozos excavados y de anillos de hormigón. Si el pozo explota un acuífero superficial o único, y mientras no exista riesgo de comunicación entre diferentes estratos, se podrá realizar una clausura de este tipo de pozos con unas operaciones mínimas.
- Señalar el lugar de clausura de la captación en los casos que sea viable.

EMISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA CLAUSURA

El sellado de pozos abandonados debe corresponder a una acción de intervención por parte del propio usuario de la captación o aprovechamiento. Para ello la Administración hidráulica debe, por una parte, sensibilizar al usuario, que debe ser adecuadamente informado con folletos sencillos que deberían editar las Autoridades hidráulicas (Confederaciones y sus equivalentes autonómicos) y las captaciones deberían ser supervisadas por los correspondientes agentes medioambientales. Dicho sellado, debería realizarse de manera regulada, en aplicación de los artículos del RDPH y para ello sería conveniente que las Normativas de los Planes lo contemplen específicamente y dispongan de una solicitud de sellado de pozo abandonado. No obstante, la mayoría de estos pozos no tendrán concesión o aprovechamiento legalizado, por lo que la propia Administración deberá, de manera metódica, localizar e informar a los dueños de la captación, de sus deberes medioambientales.

Como finalización de las tareas de clausura, la empresa encargada o el agente medioambiental deberían elaborar un informe final que debe ser remitido al propietario de la captación y a la Autoridad hidráulica pertinente. Este informe pasará a formar parte del expediente de clausura de la captación y debe contener la siguiente información:

- Ubicación exacta de la captación en el mapa de detalle.
- Datos recopilados sobre la captación.
- Materiales y métodos utilizados para su clausura.
- Procedimientos realizados.
- Fotografías de la captación y su entorno inmediato antes, durante y después del sellado.

CONCLUSIONES

Los pozos abandonados o en desuso constituyen fuentes potenciales y puntuales de contaminación de acuíferos y de riesgo a la vida de fauna y personas. Para evitarlo se propugna en este artículo la creación de un grupo de trabajo que elabore unas normas de clausura de captaciones sencillas de aplicar. Simultáneamente, ante la ausencia de legislación específica nacional en España, también se hace necesario redactar unas normas o guías de buenas prácticas constructivas de captaciones. Es preciso desarrollar el artículo 188 bis del Real Decreto 849/1986, en una normativa nacional que pueda incluirse en las normativas de los Planes Hidrológicos de Cuenca. Hay normativa y experiencia en otros países, así como iniciativas en marcha en algunas Comunidades Autónomas. Estas normas de clausura deben huir de un grado de sofisticación que las haga inviables de ejecución tanto por su coste como por el grado de

complejidad de ejecución material a que pudieran dar lugar.

AGRADECIMIENTOS

Parte de este trabajo ha sido posible merced al proyecto de la Comunidad de Madrid (Convocatoria Tecnologías 2013) CARESOIL, S 2013/MAE/2739.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÈNCIA CATALANA DE L' AIGUA (2009). *Criteris tècnics per a la reposició del domini públic hidràulic en els supòsits d'extinció, abandonament i clausura temporal d'aprofitaments d'aigües subterrànies*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. 47 pp.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (1997). *Abandonment of Test Holes, partially completed wells and completed wells: AWWA Standard for Water Wells, A 100-90*. 25-26 pp.
- CONSELL DE L' AIGUA DE LES ILLES BALEARS (2013): Normativa Pla Hidrològic de les Illes Balears. Annex 2 - Condicions tècniques execució i abandó de pous.
<http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST259ZI161682&id=161682>
- DEP (Department of Environmental Protection) (2001). *Water-Well Abandonment Guidelines. In Ground Water Monitoring Guidance Manual*. Department Of Environmental Protection- Commonwealth Of Pennsylvania. 61-70 pp.
- EPA-U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1975). *Manual of Water Well Construction Practices*. Office of Water Supply, EPA-570/9-75001.
- GOBIERNO DE CANARIAS (2012). *Manual técnico para la ejecución de pozos*. Dirección General de Industria del Gobierno de Canarias. 192 pp.
- HERNÁNDEZ GARCÍA, M.E.; LLAMAS MADURGA, M.R. y CRUCES DE ABIA, J. (1998). *El impacto de los pozos abandonados sobre la calidad de las aguas subterráneas del acuífero de Madrid*. Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. Valencia. 399-408 pp.
- HERNÁNDEZ GARCÍA, M.E. (1999). *Estudio hidrogeológico, hidrogeoquímico y de contaminación del Acuífero Detrítico de en las áreas urbanas y periurbanas de la Villa de Madrid*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 500 pp. (inérita).
- NTON 09006-11 (2011). *Requisitos Ambientales para la construcción, operación y cierre de pozos de extracción de agua*. La Gaceta, Diario Oficial nº 93, 31 enero de 2011. Gobierno de Nicaragua.
- R. D. 849/1986, de 11 de abril, *por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminares I, IV, V, VI, VII y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio*. BOE núm. 103 de 30 de Abril de 1986
- SCHERER, T. & JOHNSON, R. (2011). *A guide to plugging abandoned wells*. North Dakota State University Extension Service. 16 pp.