

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Materiales de construcción ante la crisis de recursos hídricos

Estrategia de HOLCIM España para la
 reposición del agua dulce consumida



CONAMA 2024

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ANTE LA CRISIS DE RECURSOS HÍDRICOS. ESTRATEGIA DE HOLCIM ESPAÑA PARA LA REPOSICIÓN DEL AGUA DULCE CONSUMIDA.

Autor Principal: Luis Moreno (CN-IGME CSIC)

Otros autores: Tamara Guzmán (Holcim); Almudena de la Losa (IGME_CSIC); José María Ruiz (IGME_CSIC); Raquel Morales (IGME_CSIC); Juan José Durán (IGME_CSIC); José Antonio Domínguez (IGME_CSIC); Andrés Alcántara (UICN); Pablo García (Holcim España); Laura Martín (Holcim España); Pilar Gegúndez (Holcim España)

ÍNDICE

1. Título
2. Resumen
3. Antecedentes y génesis del proyecto
4. Estructura del proyecto y primeros resultados
5. Conclusiones y acciones futuras
6. Bibliografía

1. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ANTE LA CRISIS DE RECURSOS HÍDRICOS. ESTRATEGIA DE HOLCIM ESPAÑA PARA LA REPOSICIÓN DEL AGUA DULCE CONSUMIDA

2. RESUMEN

El proceso industrial de fabricación de cementos y hormigones requiere un cierto consumo de agua dulce, fundamentalmente para refrigeración en la fabricación de cemento y como materia prima en la de hormigones. Aunque los volúmenes consumidos por esta actividad no son elevados en comparación con otras actividades industriales, HOLCIM ha incluido, como un aspecto fundamental de su estrategia de naturaleza, la gobernanza del agua desde la perspectiva de la optimización de procesos, así como los aspectos ambientales. La intención es doble: por un lado, reducir el consumo de agua dulce al mínimo necesario y, por otro, desarrollar acciones activas de retorno del agua consumida a su ciclo natural. De hecho, en la industria cementera, la mayor parte del impacto sobre los recursos de agua dulce puede ser reducido o eliminado empleando fuentes no convencionales, como es el agua de lluvia, las aguas regeneradas o las procedentes de desaladoras. Gracias a estas vías de reducción, en Holcim España el consumo de agua dulce por unidad de producto se sitúa en la mitad del consumo sectorial. Sin embargo este tipo de recurso hídrico no siempre está disponible, siendo entonces inevitable recurrir al consumo de agua procedente de acuíferos, ríos o, incluso agua potable de las redes de abastecimiento. De este modo Holcim se ha comprometido dentro de su *Estrategia de Sostenibilidad en la Gestión del Agua* a alcanzar antes del año 2030, en zonas clasificadas como en riesgo hídrico elevado, un Índice Hídrico (*Water Index*) positivo con el objetivo de reponer al medio natural el agua dulce cuyo consumo no puede ser evitado. Para ello ha

desarrollado una metodología *ad hoc*¹ que orienta sobre qué tipo de acciones pueden ser consideradas como válidas y como se puede calcular el volumen de agua repuesta.

La identificación y adaptación a cada actividad concreta de las acciones de reposición hídrica no es sencilla pues involucra conocer, para cada caso, cada uno de los componentes del ciclo hídrico, su relación con los sistemas naturales próximos y la interacción con la acción antrópica. Solo de esta forma las acciones pueden adaptarse correctamente al entorno geográfico, climático, social y económico de cada instalación concreta. En este contexto surge el proyecto de apoyo tecnológico titulado **Propuesta de proyectos para la estrategia de sostenibilidad en la gestión del agua de Holcim España** suscrito entre Holcim España y el Instituto Geológico y Minero de España (CN-IGME, CSIC) que se presenta en este documento, cuyo objetivo principal es **identificar acciones viables de reposición hídrica** adaptadas a las instalaciones de Holcim situadas sobre zonas en riesgo hídrico elevado.



Figura 1. Planta de Holcim en Carboneras (Almería). El 100% del agua dulce empleada en la producción de cemento proviene de la desalación².

El proyecto se encuentra en su última fase, se han analizado 13 plantas de las cuales 10 son plantas de hormigón y 3 plantas de cemento (situadas en Jerez de la Frontera, Villaluenga de la Sagra y Carboneras), se han completado todos los aspectos relativos a la recogida y síntesis de información, incluyendo las características hidrogeológicas del entorno, análisis local y discusión de opciones y en la actualidad se está dando forma a las **propuestas de alternativas de Reposición Hídrica** que es el objetivo final del trabajo.

3. ANTECEDENTES Y GÉNESIS DEL PROYECTO

El agua es un recurso imprescindible para preservar la vida en todas sus formas, así como para mantener la actividad económica, además, el acceso al agua potable es un derecho fundamental, sin embargo más de 2.200 millones de personas en todo el mundo carecen de acceso a agua potable segura³, incluso⁴ cerca de la mitad de la población mundial sufre grave escasez de agua en algún momento del año. Se espera que estas cifras vayan en aumento

¹ Water Positive Impact Methodology Guidance Manual, HOLCIM

² <https://www.concretonline.com/construccion/aportacion-de-la-fabrica-de-holcim-en-carboneras-en-2018>

³ <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/climate-change-water-sp.pdf>

⁴ Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

debido, principalmente, a la aceleración del cambio climático y al crecimiento de la población. En este contexto Holcim, en colaboración con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), reafirma su compromiso con la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos hídricos, siendo pionera al implementar una estrategia para la conservación de la Naturaleza basada en la ciencia y desarrollada a través de tres pilares fundamentales:

Biodiversidad: El impacto positivo en la biodiversidad se alcanza mediante planes de rehabilitación transformativa, es medido a través de una metodología (BIRS) desarrollada en conjunto con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Agua dulce: Cuidando el agua en todas sus actividades, Holcim busca disminuir el uso de este recurso en todas sus líneas de productos, y cuando es posible reponer el agua dulce, en especial cuando la actividad se desarrolla en zonas de elevado riesgo hídrico.

Llevar la naturaleza a las ciudades: Holcim también busca acelerar la implementación de soluciones como Hydromedia⁵ y sistemas de cubiertas sostenibles para crear ambientes urbanos más habitables y menos agresivos con el medio ambiente.



Figura 2. Planta de Holcim en Villaluenga de la Sagra (Toledo). El 100% del agua consumida para uso industrial en esta planta procede de la regeneración de aguas residuales⁶.

Holcim reconoce la importancia de reponer a las masas de agua (superficiales y subterráneas) y a la naturaleza el agua dulce consumida en sus operaciones, actuando más allá de los límites del perímetro de operación de cada instalación. Con este fin lleva a cabo programas destinados a la restauración y protección de cuencas hidrográficas, a la mejora en el acceso al agua potable y al saneamiento y al desarrollo de soluciones innovadoras para el uso sostenible del agua, incluyendo proyectos basados en la construcción sostenible y el uso de productos y soluciones con impacto positivo en el ciclo hídrico, como los pavimentos permeables (Hydromedia), que favorecen la recarga de acuíferos y disminuyen la pérdida de agua por escorrentía superficial

⁵ <https://www.holcim.es/hydromedia>

⁶ Fuente: <https://www.concretonline.com/cementos/la-fabrica-de-cemento-de-lafarge-en-villaluenga-de-la-sagra-cierra-2018-con-una-aportacion-de-16-m-a-la-economia-de-castilla-la-mancha>

rápida. Se han establecido objetivos cuantificables dentro de un plan de acción con horizonte 2030. La meta es reducir significativamente la extracción de agua dulce implementando estrategias de uso eficiente del recurso y proyectos de reposición hídrica, esto incluye la optimización de procesos, la reducción de fugas y la incorporación de sistemas de reciclaje de agua en sus instalaciones (figura 3). Además, Holcim está adoptando prácticas avanzadas, como el uso en sus procesos de agua de lluvia, de agua de mar y aguas municipales residuales tratadas, como alternativas al agua potable. Se sigue además una estricta política de respeto al medio ambiente, garantizando que el agua devuelta a la naturaleza cumple con altos estándares de calidad y es conforme con las regulaciones locales e internacionales.



Figura 3. Balsas de decantación y acondicionamiento de aguas recicladas en la Planta de Hormigón de Holcim, en Villaverde (Madrid).

El principal reto para establecer este tipo de estrategias, en especial las relacionadas con la reposición hídrica, es que buena parte del territorio español se sitúa en zonas que se caracterizan precisamente por la escasez de agua y las sequías recurrentes; este entorno ha dificultado históricamente el desarrollo de la actividad humana dependiente del recurso hídrico. A esto se suma el avance del cambio climático, el aumento de las temperaturas y el cambio en la distribución de las lluvias, de forma que un número significativo de las operaciones de Holcim se terminan ubicando en zonas con un elevado riesgo de escasez hídrica. La gran variedad de situaciones ambientales, sociales, económicas y climáticas de las instalaciones afectadas hace que no sea práctico ni eficaz implementar soluciones generales, al contrario, resulta necesario un elevado nivel de adaptación a cada situación concreta. **El proyecto que se presenta precisamente trata de dar soluciones adaptadas a cada caso y entorno.**

Necesidad de agua dulce en la industria del cemento

La producción de cemento y hormigón necesitan agua dulce, en el primer caso es imprescindible en los procesos de refrigeración y acondicionamiento de gases, mientras que en la fabricación de hormigón constituye una materia prima. Sin embargo, la industria del cemento no puede ser considerada un gran consumidor de ese recurso, por ejemplo según los datos del INE 2015⁷ el mayor consumo de agua se produce en la industria de la alimentación y fabricación de bebidas, seguida por la industria del papel, la química y la farmacéutica, luego están la industria de fabricación de productos de hierro y metálicos y las coquerías y refino del petróleo; el consumo por parte de la industria del cemento es una cuarta parte del de esta última, del orden de 15.330 hm³ en el año 2015. Además, una característica relevante de la industria del cemento es que la procedencia del agua que consume se puede diversificar y optimizar notablemente debido a que sus requerimientos de calidad son muy flexibles; por ejemplo, en la mayor parte de los procesos se puede emplear agua de lluvia almacenada, aguas desaladas e incluso aguas regeneradas procedentes de depuradoras, esto ha llevado a la situación actual en la que los consumos de las plantas de hormigón de Holcim en España presentan un rango de consumo que oscila entre 7.200 m³/año y 11.300 m³/año, mientras que la cementeras situadas en áreas de riesgo hídrico, de acuerdo al Atlas Aqueeduct, se suministran mayoritariamente de aguas desaladas o regeneradas, y no llegan a los 19.000 m³/año.

Aun así, Holcim se plantea cumplir seis objetivos relacionados con el ahorro y optimización del consumo de agua dulce dentro del horizonte 2030⁸: 1) Reducción del 33% en la extracción de agua dulce por tonelada métrica de cemento producido; 2) Reducción del 20% en la extracción de agua dulce por tonelada métrica de agregados producidos; 3) Reducción del 15% en la extracción de agua dulce por metro cúbico de hormigón premezclado producido; 4) **Conseguir que el 75 % de las instalaciones ubicadas en áreas de riesgo hídrico medio, alto y extremadamente alto presenten un Índice Hídrico (Water Index) positivo gracias a proyectos de reposición de agua dulce;** 5) **Conseguir que el 100 % de los sitios situados en zonas de riesgo hídrico medio, alto y extremadamente alto se equipen con sistemas de reciclaje;** y por último, conseguir para 2026 que el 100 % del agua descargada cumpla con los estándares de calidad de Holcim y las regulaciones nacionales para proteger los ecosistemas y la biodiversidad. Es importante recordar que el 100% del agua para uso industrial de las fábricas de cemento de Holcim España empleada en refrigeración se hace mediante sistemas de circuito cerrado.

Por otra parte, el vertido de aguas residuales de este tipo de industria no va más allá de la procedente de los sistemas sanitarios usados por el personal de las instalaciones, que puede ser tratado como cualquier vertido urbano. Resulta pues que el impacto sobre el agua dulce es muy limitado y esto ha llevado a la compañía a centrar sus esfuerzos en el consumo de agua dulce de las operaciones que se sitúan sobre áreas en riesgo hídrico.

⁷ INE, Instituto Nacional de Estadística. https://www.ine.es/daco/daco42/ambiente/aguaindu/uso_agua_indu15.pdf

⁸ <https://www.holcim.com/sustainability/nature/water>

4. ESTRUCTURA DEL PROYECTO Y PRIMEROS RESULTADOS

Descripción de la metodología

El proyecto se ha dividido en cinco etapas lógicas, que van desde la identificación y clasificación de las zonas de la Península Ibérica que se encuentran en riesgo hídrico, hasta la identificación y propuesta de actuaciones concretas adaptadas específicamente a cada una de las operaciones seleccionadas:

- Identificación y clasificación de las zonas en riesgo hídrico en España.
- Análisis de consumos y volúmenes de agua que es posible *reponer*.
- Análisis del entorno geológico, hidrogeológico y ambiental.
- Adaptación de la metodología base de cálculo de reposición de Holcim.
- Identificación y propuesta de actuaciones. Evaluación previa de viabilidad.

En esencia se trata de encontrar la mejor estrategia para retornar a la naturaleza y a la comunidad más agua de la que Holcim consume dentro del horizonte temporal de 2030. El resultado de la propuesta se debe poder valorar cuantitativamente mediante el cálculo de un Índice Hídrico que resultará positivo cuando el Crédito Hídrico, es decir el volumen de agua retornada, sea mayor que el Débito Hídrico, es decir el volumen de agua consumido. Las acciones propuestas se implementarán en las instalaciones situadas sobre zonas consideradas en Riesgo Hídrico⁹. Es importante no confundir las acciones encaminadas a aumentar la eficiencia en el uso del agua, que se desarrollan en el interior de la planta y tienen como objetivo reducir el consumo al mínimo posible, con las acciones encaminadas a generar Crédito Hídrico, que se implementan en el exterior de la planta y sus beneficios van más allá de las instalaciones, interesando tanto a la sociedad, en general, como a la naturaleza. Se trata de dos tipos de acciones complementarias pero diferentes tanto en sus objetivos directos como en la metodología de implementación. Las acciones consideradas apropiadas para conseguir un Índice Hídrico positivo se engloban en tres grandes grupos:

- Protección y restauración de cuencas hidrográficas
- Acceso al agua y saneamiento
- Agua para uso productivo

⁹ <https://www.wri.org/aqueduct/tools>

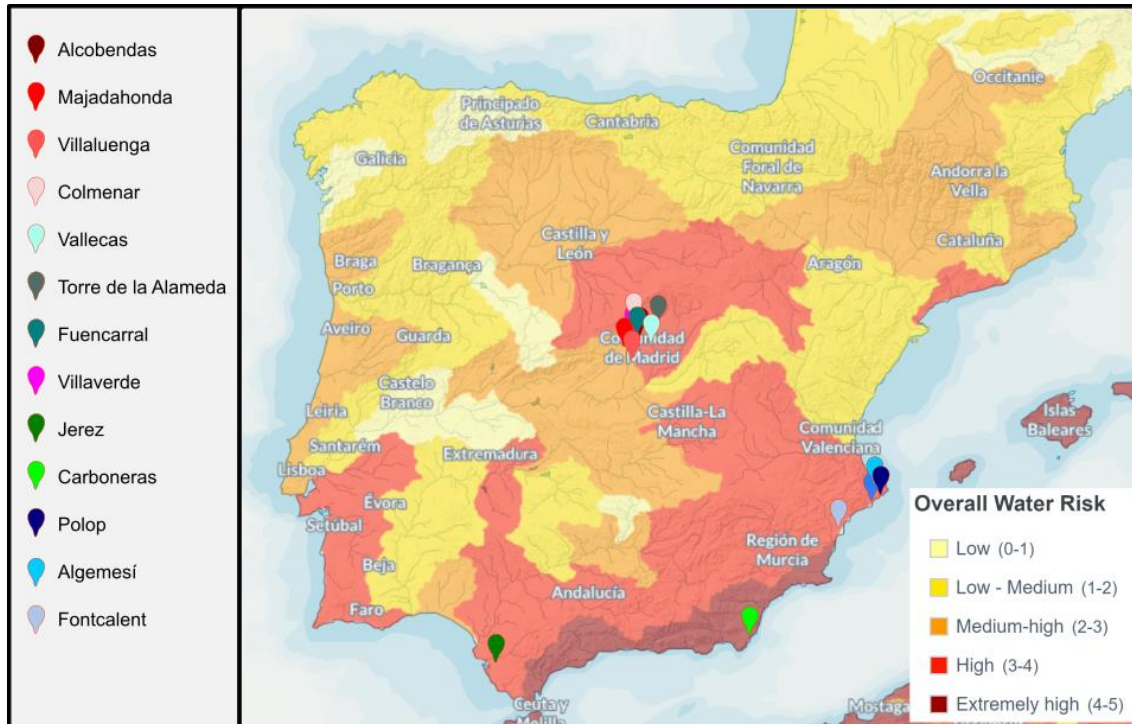


Figura 4. Mapa de la Península Ibérica con la clasificación de Zonas en Riesgo Hídrico General según la metodología Aqueduct³ con las instalaciones de Holcim consideradas en este trabajo.

Identificación de las zonas en riesgo hídrico y la Cuenca Hidrológica local

En la figura 4 se han representado las instalaciones objeto de este estudio sobre la cartografía de riesgo hídrico proporcionada por el Aqueduct Water Risk Atlas (World Resources Institute¹⁰). Según esta metodología el *Water Risk* es una medida que evalúa los riesgos relacionados con el agua que pueden afectar a empresas, gobiernos y comunidades. Aqueduct distingue riesgos físicos, de calidad y reputacionales, y entre los físicos destacan el riesgo de estrés hídrico, el riesgo de inundaciones y sequías, el riesgo de variabilidad estacional y el de vaciado de los acuíferos. Como se puede ver en la figura 4, las instalaciones analizadas se sitúan mayoritariamente en la región de Madrid-Toledo (8), Levante (3) y sur (1).

En la metodología empleada para el cálculo del Índice Hídrico, el equilibrio en el balance de agua se considera como un asunto inherentemente local y por ello la Cuenca Hidrográfica Local (CHL) se convierte en el límite exterior que define el marco geográfico en el que es posible implementar acciones de generación de crédito hídrico. Identificar la CHL, sobre la que se genera

10

https://www.wri.org/aqueduct?_gl=1*xfrghy*_gcl_au*ODc3ODY1NDluMTcyOTI2Mjc1OQ..*_ga*MTk3NDkyMDE0Ny4xNzI5MjYyNzU5*_ga_LM9LVY10E1*MTcyOTI2Mjc1OC4xLjEuMTcyOTI2Mj

el Crédito Hídrico, es una tarea que se complica en la medida que la fuente de agua no es una masa de agua única perfectamente identificada o definida, al contrario, en muchas ocasiones son varias masas de agua las que aportan recurso a la instalación, difíciles de identificar cuando se trata de suministros municipales de grandes ciudades que incluso se abastecen de diferentes masas de forma variable dependiendo de la estación del año, o por causa de situaciones extraordinarias como son las sequías.

En las plantas analizadas los casos más sencillos son aquellas que se abastecen con aguas subterráneas procedentes de un único sondeo, de un recurso superficial bien identificado, o de un mix de ambos. Este es el caso de las plantas de hormigón de Majadahonda, Jerez, Villaluenga, Algemés o Polop. En estas plantas la CHL coincide con las masas de agua captadas. La situación se complica cuando la planta se abastece de redes municipales complejas, donde el origen del agua es una mezcla de diferentes captaciones, superficiales y subterráneas, este es el caso de la planta de Colmenar Viejo y casi todas las plantas RMX situadas en Madrid (Fuencarral, Alcobendas, Vallecas, Villaverde).

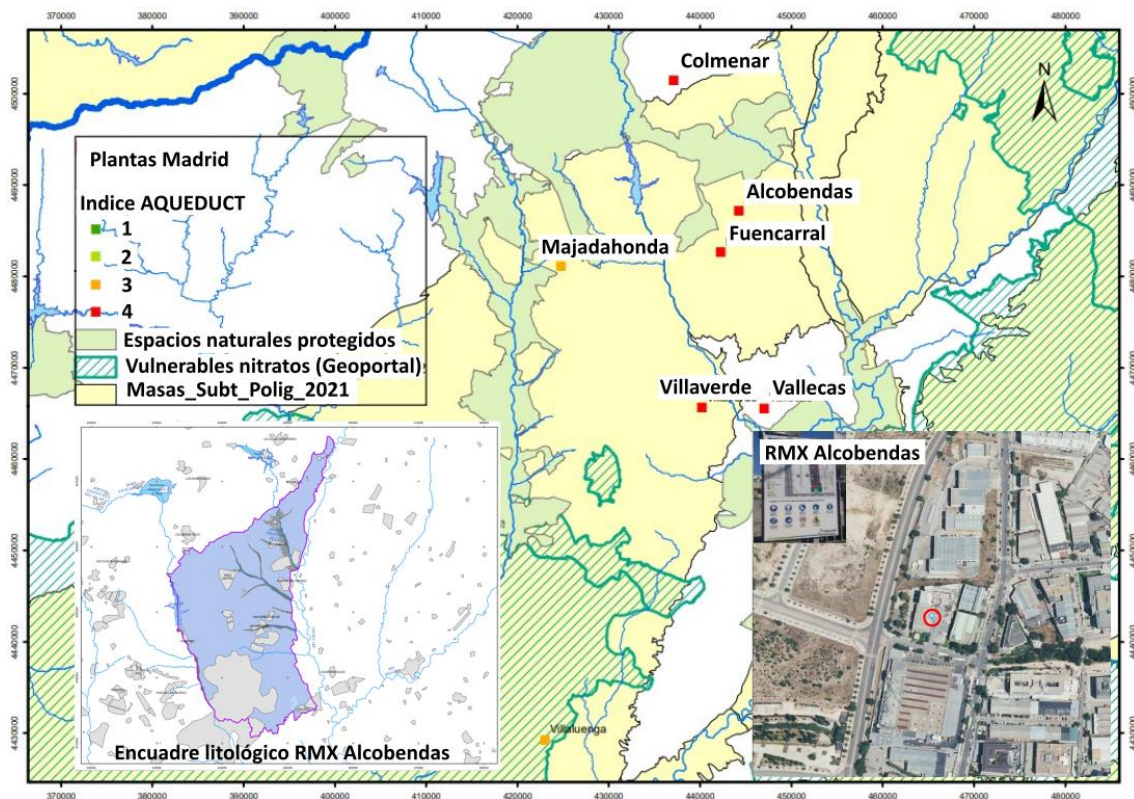


Figura 5. El análisis del entorno geológico, hidrogeológico y natural se complica en zonas altamente urbanizadas y en plantas que se abastecen de grandes redes municipales. En la imagen se muestra como ejemplo la situación en el entorno físico, geológico y litológico de la planta RMX de Alcobendas.

Así pues, cualquier propuesta de reposición hídrica debe partir del conocimiento detallado del marco económico, geológico, hidrogeológico y ambiental en el que se encuadra la actividad y es fuente del recurso utilizado, por ello, una actividad muy relevante del proyecto ha consistido en el análisis, desde un punto de vista cuantitativo y cualitativo, de la relación entre el consumo de agua y las masas de agua captadas o conectadas con ella. También se ha analizado la relación con los espacios naturales desde la perspectiva del balance hídrico y del uso del territorio, así como de cualquier otro aspecto relevante. En la figura 5 se muestra un ejemplo de la cartografía generada en el estudio del entorno geológico, hidrogeológico y ambiental.

Adaptación de la metodología de cálculo del crédito hídrico

Una parte especialmente importante en el desarrollo del proyecto, ha sido la adaptación de la metodología de selección de acciones de reposición y cálculo del Crédito Hídrico, a las condiciones particulares de las instalaciones situadas en la España, especialmente a las características del entorno económico, climático y ambiental. La metodología de base desarrolla el método de cálculo para seis grandes grupos de acciones:

- A1 Hábitats naturales (Humedales)
- A2 Recarga de aguas subterráneas
- A3 Reforestaciones
- B1 Acceso al agua y Saneamiento
- C1 Prácticas agrícolas eficientes
- C2 Irrigación eficiente en agua

El uso actual del territorio, el desarrollo tecnológico y la situación económica de las zonas en las que se desarrollan las actividades de Holcim en España han permitido identificar actuaciones en los cuatro primeros grupos, en especial relacionados con restauración de humedales ligados a las aguas subterráneas, pero se observa que los criterios de aplicabilidad y métodos de cálculo necesitan ser adaptados al funcionamiento natural de nuestras masas de agua, clima y ecosistemas. Es por esto que se ha dedicado un gran esfuerzo dentro de las actividades del proyecto a concretar dicha adaptación, especial en lo referente a la recuperación de humedales, sin lugar a dudas uno de los elementos reguladores del ciclo hídrico más alterados por la acción humana y cuya regeneración puede aportar mayores beneficios a la comunidad y los ecosistemas. Por ejemplo, los datos proporcionados por el IEZH (Inventario Español de Zonas Húmedas)¹¹ muestran que apenas el 27% de las zonas húmedas españolas se sitúan en la categoría *Bien Conservada*, eso sin olvidar que gran cantidad de humedales fueron eliminados en España durante el S-XIX y primera mitad del S-XX en el marco de planes de lucha contra el paludismo. Por otra parte, de los humedales que aún persisten, en general los que se encuentran en mayor peligro son aquellos relacionados directa o indirectamente con la presencia de niveles freáticos sobre la superficie del terreno. La importancia de estos humedales desde un punto de vista de su valor ecológico, como reserva de biodiversidad, reguladores de

¹¹https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-nacional-de-zonas-humedas/index_invent_zonas_humedas.html

condiciones microclimáticas y su impacto sobre la calidad de las aguas subterráneas los convierte en elementos estratégicos en la política de conservación del entorno natural y de protección de la calidad del agua y en la estrategia de gestión del agua en condiciones de sequía (figura 6). En base a estas consideraciones se han propuesto las siguientes observaciones/modificaciones metodológicas:

- a) La inclusión en la definición de humedal tanto de sistemas permanentes como temporales, naturales y artificiales, tal como lo hace el IEZH. En especial se considera muy importante la inclusión expresa del concepto de criptohumedal y del reconocimiento de la función ecológica de estos ambientes. Se trata, en definitiva, de reconocer como agua repuesta aquella que sea destinada a recuperar este tipo de ambiente.
- b) Entender en este contexto que la recuperación de humedales consiste, tanto en la recuperación de lámina de agua como en su recuperación funcional, y en especial la de los servicios ecosistémicos que proporciona.
- c) Considerar que muchos humedales constituyen sistemas de recarga con periodos de estiaje prolongado, con el beneficio añadido de que el agua en el humedal sufre una depuración biológica, física y química al interactuar con la biota y la matriz geológica.



Figura 6. El Charco del Tamujo¹². Ejemplo de restauración de un humedal originado en una actividad minera y ahora totalmente integrado en el entorno natural y humano.

¹² <https://www.holcim.es/biodiversidad-castilla-la-mancha-humedal-charco-del-tamujo-contribucion-social-economica-ambiental>



Figura 7. La recuperación de los servicios ecosistémicos de los humedales debe ser considerada como una de las principales vías de compensación del agua dulce consumida por la actividad industrial. Foto: Tortuga en Charca, cantera Carboneras.

Así pues, se debe considerar que genera crédito hídrico toda agua que contribuye al funcionamiento natural de un humedal así como al mantenimiento de sus servicios ecosistémicos, independientemente de la existencia o nivel perenne de lámina de agua. Esto es coherente con la dinámica de humedales que presentan de forma natural periodos de encharcamiento y desecación estacionales, que además le proporciona una biodiversidad característica. Por otra parte, el flujo natural de agua en un humedal suele incluir la percolación y recarga de los acuíferos subyacentes, lo que contribuye a la depuración del agua y el retardo en el flujo general y con ello al mantenimiento de caudales ecológicos de estiaje en ríos y arroyos.

Otro grupo de acciones en las que se han encontrado algunas dificultades metodológicas son las relacionadas con la recarga artificial de acuíferos; el objetivo de estas acciones es: *devolver más agua a la comunidad y a la naturaleza de la que Legacy Holcim consume*, se centran en *cuantificar la recarga adicional de agua subterránea a partir de los flujos estacionales de agua superficial mediante la construcción de presas de control...* es decir la construcción de dispositivos de retención que facilitan la infiltración hacia los acuíferos, de forma que el agua luego pueda ser usada por el hombre o cumplir su función ambiental. El principal problema en los casos estudiados ha sido la inexistencia de excedentes hídricos estables, con los que proceder a la recarga. En la mayor parte de las ocasiones la principal fuente de excedentes hídricos se encuentra en fenómenos extraordinarios de precipitación, la acción que se propone es construir sistemas de laminación que permitan, por un lado evitar los efectos destructivos de las avenidas y por otro inducir la recarga de los acuíferos.

Otra posible vía de aprovechamiento del agua, que está en estudio, son los procesos de siembra y cosecha de agua, que más que sistemas de recarga propiamente dicho son sistemas de retardo del flujo subsuperficial con aprovechamiento agrícola generalmente en el mismo año hidrológico.

En todos estos casos expuestos se está procediendo a adaptar el método de cálculo del agua efectivamente recargada o incorporado al flujo sub-superficial para tener en consideración las condiciones climáticas y tipología de los acuíferos de las zonas en las que se asientan las instalaciones de Holcim en España.

Una tercera vía para la generación de crédito hídrico está relacionada con el *Acceso al Agua y Saneamiento*. Los problemas de acceso al agua en las zonas donde se ubican las instalaciones de Holcim en España son consecuencia de las prolongadas sequías que estresan los sistemas de abastecimiento municipales, en menor medida se debe a situaciones sobrevenidas como accidentes o problemas de contaminación. En este sentido la posibilidad de desarrollar acciones de reposición se restringe básicamente a las relacionadas con la garantía de suministro durante periodos de escasez mediante captaciones de reserva. En este marco también se incluye la protección de pozos de emergencia o restauración de pozos y fuentes históricas.



Figura 8. A la izquierda una imagen del humedal desarrollado en la cantera restaurada de La Chanta (<https://lachanta.org/>). A la derecha el arroyo Tocenaque en Villaluenga de la Sagra a su entrada en el Humedal de Las Veguillas en el que se pueden apreciar los efectos de las inundaciones de 2023.

Por último, la implementación de soluciones basadas en hormigones permeables como Hydromedia constituyen una forma muy eficaz de incrementar el recurso hídrico subterráneo. El desarrollo y aplicación de este tipo de tecnología debería ser contabilizado como generadora de crédito hídrico. Grandes ciudades, como Madrid tienen una política de gestión del agua que se apoya intensamente en este tipo de soluciones, especialmente en sus nuevos desarrollos urbanísticos¹³. El empleo de pavimentos drenantes contribuye tanto a paliar el efecto negativo sobre el balance hídrico de la impermeabilización por urbanización de grandes superficies, como

¹³ <https://creamadridnuevonorte.com/noticia/ciudades-permeables-al-agua-de-lluvia-la-sostenibilidad-se-infiltra-entre-el-asfalto/>

a la protección de las aguas subterráneas, evitando las consecuencias indeseables sobre las infraestructuras de los eventos de lluvia torrencial, cada vez más frecuentes¹⁴.

Identificación y propuesta de actuaciones

La última etapa del proyecto consiste en la identificación y propuesta de actuaciones específicas para cada una de las instalaciones generadoras de *Débito Hídrico*. En este momento se está en la etapa inicial del proceso de discusión de viabilidad de las posibles acciones generadoras de crédito, aún ninguna de las opciones es definitiva. Para facilitar el desarrollo del trabajo las instalaciones se han agrupado dependiendo de la cuenca hidrográfica sobre la que se asientan, de la Cuenca Hidrográfica Local y de las masas de agua subterránea afectadas. Así se han diferenciado las instalaciones urbanas y periurbanas situadas en la cuenca del Tajo (Fuencarral, Majadahonda, Alcobendas, Vallecas y Villaverde) del resto de las instalaciones sobre la cuenca del Tajo (Torres de la Alameda, Colmenar Viejo y Villaluenga) las cuales se analizan cada una por separado. Las plantas RMX situadas sobre el río Júcar (Algemesí y Polop) se han considerado como otro grupo pues, aunque distantes, físicamente comparten tipología en cuanto a las posibles actuaciones. Por otra parte la cementera de Jerez se considera de forma aislada.

A cada instalación (cuadro 1) se le ha asignado una subcuenca y una masa de agua que constituyen el espacio físico sobre el que se puede generar crédito hídrico y cuando la totalidad o parte del suministro de agua proviene de la red municipal, como es el caso de las plantas de Fuencarral, Alcobendas, Villaverde, Torres de la Alameda, Villaluenga o Jerez, se extiende ese espacio al de las masas de agua que abastecen a dicha red.

Cuadro 1. Clasificación de las instalaciones en función de la fuente del agua empleada

Instalación	Cuenca/Subcuenca hídrica	Masa de Agua Subt.
Fuencarral RMX	Tajo - Valdebebas Jarama	Manzanares Jarama
Majadahonda RMX	Tajo - Guadarrama	Guadarrama Manzanares
Alcobendas RMX	Tajo - Jarama	Manzanares Jarama
Vallecas RMX	Tajo - Manzanares	Fuera de masa
Villaverde RMX	Tajo Butarque - Guadarrama	Guadarrama Manzanares
Torres de la Alameda	Tajo Pantueña Jarama	Fuera de masa
Villaluenga	Tajo Tocenaque	Talavera
Colmenar	Tajo – Arroyo Tejada – Manzanares + CYII	Fuera de masa
Algemesí	Júcar-Magro-Barranco de los Algadins	Poyo o de Torrente
Polop	Júcar-Polop	Algar Amadorio
Jerez	Guadalete Barbate	Fuera de masa
Carboneras	Mediterráneas Andaluzas	Morales Carboneras

Las acciones de reposición que se están analizando se centran principalmente en cuatro grandes grupos (se citan algunos casos a título de ejemplo): a) Restauración de humedales, es el grupo principal pues incluye como acciones generadoras de crédito, además de la propia restauración

¹⁴ <https://www.climatehubs.usda.gov/hubs/northeast/cuando-llueve-diluvia-como-el-cambio-climatico-provoca-lluvias-mas-intensas#:~:text=La%20cantidad%20de%20agua%20que,aumenta%20la%20temperatura%20del%20aire.>

la repoblación y la recarga de acuíferos, entre estos destacan Villaluenga-Las Veguillas, Torres de la Alameda-La Chanta o Jerez-Lagunas. b) restauración y acondicionamiento de cauces públicos y ramblas para la laminación de avenidas e inducción a la recarga de los acuíferos, en este grupo están las plantas RMX de Algemesí y Polop donde se propondrán actuaciones sobre ramblas próximas, o Villaluenga-Las Veguillas. c) Acciones en el marco del abastecimiento seguro en captaciones en el área de influencia de la planta de Jerez. d) Acciones relacionadas con la implementación de soluciones basadas en sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) fundamentalmente relacionados con las plantas RMX ubicadas en entornos urbanos y periurbanos de Madrid. En los ejemplos expuestos se ha citado la actuación principal, claro está que en casi todos los casos existen varias acciones posibles, forma parte del estudio determinar cuáles de forma aislada o que combinaciones son las óptimas.

5. CONCLUSIONES

El agua dulce de calidad es un bien finito necesario para el desarrollo de la vida y de la actividad económica. La industria del cemento consume agua en cantidades moderadas en comparación con otras actividades industriales, sin embargo, esto no es óbice para que los procesos se puedan optimizar de forma que el consumo sea el mínimo imprescindible. Incluso es posible, Holcim se lo ha propuesto como un objetivo a cumplir en el horizonte 2030, desarrollar acciones que permitan retornar a las masas de agua subterránea y a la naturaleza el agua consumida por las instalaciones situadas sobre zonas en Riesgo Hídrico. De esta forma el impacto sobre el recurso hídrico se verá reducido a un nivel mínimo. Identificar las acciones de reposición hídrica viables en el entorno de una planta puede ser complejo, tanto como adaptar la metodología de cálculo del Índice Hídrico a las condiciones particulares del medio natural, económico y social de cada planta. El proyecto presentado: *Propuesta de proyectos para la estrategia de sostenibilidad en la gestión del agua de Holcim España*, suscrito entre el CN IGME (CSIC) y Holcim tiene como objetivo resolver esas dos cuestiones, de forma que una vez seleccionadas las acciones idóneas para cada caso y la mejor metodología de cálculo del Crédito Hídrico se puedan emprender las acciones necesarias para conseguir el objetivo de reposición hídrica antes del año 2030.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Zbigniew W. Kundzewicz, Bryson Bates, Shaohong Wu, Jean Palutikof. Eds. (2008) El cambio climático y el agua. Documento técnico VI del IPCC. 224 pp
- [2] INE. Instituto Nacional de Estadística. Uso del agua en la Industria Manufacturera. 37 pp
- [3] Holcim Technology Ltd. First Climate Markets AG. Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC). Water Positive Impact Methodology. Guidance Manual. (2015). 28 pp
- [4] Rutger W. Hofste, SK et al. (2019) Aqueduct 3.0: updated decision-relevant global Water risk indicators. World Resources Institute. Technical Note. 53 pp

[5] Dirección General de Biodiversidad y Recursos Naturales Consejería de Medio Ambiente Vivienda y Agricultura. (2023) Memoria para información pública sobre la ampliación del catálogo de humedales de la comunidad de madrid

[6] Francisco Javier Sánchez Martínez, Mónica Aparicio Martín et al. (2019). Ministerio para la Transición Ecológica. Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible.

[7] Fernando Esteban Moratilla, Miriam Molina Moreno, Mario Fernández Barrena. (2010) La Huella Hídrica en España. Ciencia y Técnica de la Ingeniería Civil. Revista de Obras Públicas. Pp16

[8] Durán Valsero, J. J. et al., 2009. Propuesta de clasificación genético-geológica de humedales. Aplicación a los humedales españoles incluidos en el Convenio de Ramsar. Boletín Geológico y Minero, 120 (3): 335-346