

## MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN AMÉRICA LATINA. INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA GGMN.

Claudia Ruz Vargas<sup>1</sup>, Lucía Samaniego<sup>2</sup> y Miguel Rangel Medina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Internacional para la Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos [claudia.ruz-vargas@un-igrac.org](mailto:claudia.ruz-vargas@un-igrac.org) <sup>2</sup>Centro Regional para la Gestión de Agua Subterráneas en América Latina y el Caribe [lsamaniego@ceregas.org](mailto:lsamaniego@ceregas.org) <sup>3</sup>Presidente ALHSUD, [info@alhsud.com](mailto:info@alhsud.com)

### Resumen

El monitoreo del agua subterránea es una herramienta que permite conocer el comportamiento general del acuífero, mejorando su gestión sustentable y tomando medidas de manejo cuando sea necesario.

La falta de datos del monitoreo sistemático del agua subterránea es uno de los obstáculos para la gestión sostenible. Es por ello que el Centro Internacional para la Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos (IGRAC por sus siglas en inglés) ha desarrollado la Red Global de Monitoreo de Aguas Subterráneas (GGMN), programa que tiene como objetivo mejorar la calidad y el acceso a la información del monitoreo a nivel global y, como consecuencia, el conocimiento sobre el estado del recurso y su gestión.

De igual manera, para mejorar y apoyar la gestión sustentable de las aguas subterráneas en América Latina, se creó el Centro Regional para la Gestión de Aguas Subterráneas (CeReGAS), quien tiene como objetivo proporcionar las capacidades científicas y técnicas para apoyar el desarrollo sostenible en las aguas subterráneas, la protección de los acuíferos a través de un enfoque integrado, así como la aplicación de métodos e instrumentos de gestión a nivel nacional y transfronterizo.

En este trabajo, CeReGAS e IGRAC a través del programa GGMN, presentan el estado del monitoreo de aguas subterráneas en América Latina. El estudio muestra que existen situaciones diversas en cuanto a la presencia de una red de monitoreo, presentándose redes nacionales como las de Brasil y Chile, redes locales como las de Argentina, y ausencia de redes de monitoreo, como en Honduras.

**Palabras Claves:** IGRAC, CeReGAS, aguas subterráneas, monitoreo, GGMN

### Abstract

Groundwater monitoring is a tool that allows to know the general state of an aquifer, improving its sustainable management and the decision-making when needed.

The lack of systematic groundwater monitoring data is one of the obstacles for sustainable resources management. Therefore, the International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC) took the initiative to establish the Global Groundwater Monitoring Network (GGMN), a programme whose main objective is to improve the quality and accessibility of groundwater monitoring information at a global scale and subsequently our knowledge on the state of groundwater resources and its management.

Likewise, and to improve and support the sustainable management of groundwater in Latin America, the Regional Centre for Groundwater Management (CeReGAS in Spanish) was created. Its main objectives are providing technical and scientific capabilities to support the sustainable development of groundwater, the protection of aquifers through an integrated approach, as well as the application of management methods and instruments at national and transboundary levels.

In this article, CeReGAS and IGRAC, through the GGMN programme, present the status of groundwater monitoring in Latin America. The study shows that there are different scenarios regarding the presence of a groundwater monitoring network in different countries, like national networks such as those in Brazil and Chile, local groundwater networks such as those in Argentina, and absence of any groundwater monitoring networks at all, as in Honduras.

**Keywords:** IGRAC, CeReGAS, groundwater, monitoring, GGMN

## **INTRODUCCIÓN**

El agua subterránea representa cerca del 30% del agua dulce en el mundo (USGS, 2016), y es un recurso vital para el abastecimiento de agua potable, la agricultura, así como también para cubrir parcialmente la adaptación al cambio climático. El estado de estos recursos subterráneos necesita ser monitoreado regularmente para establecer las bases para su evaluación y gestión sostenible.

El agua subterránea es monitoreada en muchas partes del mundo, sin embargo, la información sobre la existencia de estas redes se encuentra dispersa y no fácilmente disponible, por lo cual se hace difícil tener una idea general sobre el estado del monitoreo de este recurso e impide hacer una comparación sistemática entre distintos países. Además, dificulta crear conciencia sobre el estado de este recurso al no tenerse una base sobre la cual empezar.

IGRAC, como centro internacional para la evaluación del agua subterránea (categoría 2 de la UNESCO), facilita y promueve el intercambio internacional de información y conocimiento necesario para el desarrollo sustentable de este recurso, siendo una de sus principales iniciativas el programa GGMN. Esta red de redes participativa fue creada para mejorar la calidad y accesibilidad de la información sobre el monitoreo del agua subterránea.

En el proceso de integración de países a la red GGMN una gran cantidad de información ha sido recopilada, ya sea a través de talleres regionales o investigación de escritorio. Por ejemplo, en diciembre de 2013 se realizó el tercer Taller Regional de GGMN en las oficinas de la UNESCO en Montevideo, Uruguay, con el objetivo de intercambiar información, experiencias y perspectivas sobre el monitoreo del agua subterránea en América Latina, además de dar a conocer el programa en la región (IGRAC, 2014). Uno de los resultados del taller fue la creación del primer reporte de IGRAC sobre el estado de las redes de monitoreo del agua subterránea en Latinoamérica, y la adición de Brasil, Ecuador y Colombia a la plataforma web.

Por su parte, CeReGAS, como centro regional para la gestión del recurso subterráneo (categoría 2 de la UNESCO), tiene el alcance y la presencia necesaria para facilitar el intercambio de conocimientos, experiencias e información entre los países de la región, con los cuales tiene vinculación a través de diferentes actividades y proyectos.

Considerando estos antecedentes, ambos centros han decidido realizar una revisión detallada de las redes de monitoreo en América Latina, utilizando como base la información que ya ha sido recopilada gracias al programa GGMN y el trabajo de CeReGAS. Este documento presenta el estado de las redes y una breve descripción de los hallazgos más significativos, y fue realizado con base en antecedentes existentes, bibliografía, páginas web de organismos nacionales y consultas con informantes calificados.

## **MONITOREO Y GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LATINOAMERICA**

En Latinoamérica, la distribución de los recursos hídricos subterráneos varía enormemente, así como también su calidad y accesibilidad. Es así como los países tienen distintas realidades y deben enfrentar problemas y desafíos de diferente índole, como por ejemplo en Argentina, cuya capital se enfrenta a la elevación progresiva de los niveles freáticos; Bolivia, donde el agua subterránea se ve amenazada por la contaminación industrial, agropecuaria y doméstica y donde ya gran medida no es apta para consumo humano; Honduras, donde la alta demanda de agua en las zonas urbanas amenaza la futura

disponibilidad de este recurso; o Belice, donde los efectos de la intrusión salina amenazan ecosistemas y eventualmente su economía (IGRAC 2014, IANAS y UNESCO 2015)

En este trabajo se estudió la existencia de redes de monitoreo cuantitativas en 19 países: Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. Además, se revisaron las plataformas online con las cuales la información del monitoreo se hace llegar al público.

### Redes de Monitoreo

De los 19 países, siete (7) cuentan con una clara red de monitoreo nacional: Brasil, Chile, Colombia, El Salvador, México, Perú y Venezuela. Argentina y Bolivia no cuentan con una red nacional, pero sí presentan dos o más redes locales. En el caso de Costa Rica y Paraguay cada uno cuenta con una única red que cubre una región (en el primer caso) o un acuífero (en el segundo caso). La Tabla 1 presenta la situación actual del monitoreo del agua subterránea en América Latina por país, y los respectivos organismos responsables.

En algunos países ha sido complicado establecer la existencia de una red de monitoreo de agua subterránea ya que se ha encontrado información incompleta o contradictoria. Este es el caso de Cuba, en el cual una sola fuente no oficial de información acredita la existencia de dicha red, y por esta razón se ha preferido omitir estos datos.

Tabla 1. Situación del monitoreo de las aguas subterráneas en América Latina.

País	Institución responsable de la gestión de los recursos hídricos	Tipo de red de monitoreo	Institución responsable del monitoreo del agua subterránea.
Argentina	Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda - Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH) – Gobiernos provinciales	Redes locales	Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA) (Redes en Azul y Cuenca Matanza Riachuelo)
Belice	Ministerio de Recursos Naturales e Inmigración	No tiene <sup>a</sup>	-
Bolivia	Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA)	Redes locales	MMAyA – Unidad de Gestión de la Cuenca Katari (acuífero Purapurani), Gobierno departamental de Santa Cruz
Brasil	Agência Nacional de Águas (ANA)	Red nacional	Servicio Geológico de Brasil (CPRM)
Chile	Ministerio de Obras Públicas - Dirección General de Aguas (DGA)	Red nacional	DGA
Colombia	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Red nacional	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
Costa Rica	Ministerio de Agua y Energía (MINAE)	Red local	Dirección de Agua
Cuba	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH)	Sí	Servicio Hidrológico Nacional
Ecuador	Secretaría Nacional del Agua	Planeada <sup>d</sup>	-
El Salvador	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Red Nacional	Área de Hidrología Subterránea del MARN – Dirección General del Observatorio Ambiental
Guatemala	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	No tiene <sup>a</sup>	-
Honduras	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente	No tiene <sup>c</sup>	-
México	Comisión Nacional del Agua	Red nacional	
Nicaragua	Autoridad Nacional del Agua	No tiene <sup>a</sup>	-
Panamá	Autoridad Nacional del Ambiente	No tiene <sup>a</sup>	-

País	Institución responsable de la gestión de los recursos hídricos	Tipo de red de monitoreo	Institución responsable del monitoreo del agua subterránea.
Paraguay	Secretaría del Ambiente (SEAM)	Red local	SEAM
Perú	Ministerio de Agricultura y Riego– Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Red nacional	ANA
Uruguay	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA)	No tiene <sup>d</sup>	-
Venezuela	Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de Venezuela (MinAmb)	Red nacional	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

<sup>a</sup>IGRAC (2014), <sup>b</sup>Secretaría del Agua (s.f.), <sup>c</sup>GWP (2017), <sup>d</sup>MVOTMA (2017)

El hecho de que un país cuente con una red nacional no significa que no tenga también redes locales. Por ejemplo, en el caso de Colombia, el IDEAM no realiza el monitoreo por sí mismo, si no que realiza acuerdos con redes de monitoreo regionales ya existentes para recolectar información, usando lineamientos nacionales (IDEAM, 2015). Durante el desarrollo de este trabajo se encontraron al menos 2 redes locales en Colombia (Área Metropolitana del Valle de Aburrá s.f., El Espectador 2018).

Existen distintos motivos para que algunos de los países antes mencionados no posean una red de monitoreo de agua subterránea. Por ejemplo, en Guatemala se reconoce la existencia de compañías que monitorean el recurso, para distribuir agua potable. Sin embargo, esto ocurre independientemente del gobierno central y la información no está disponible para el público general. Belice, si bien cuenta con un Plan Nacional Maestro de Agua, aunque no es detallado y no cuenta con suficientes estudios de evaluación del agua subterránea (IGRAC 2014). En Uruguay, la empresa de abastecimiento público de agua potable realiza controles anuales de sus pozos, y además existen planes de monitoreo puntuales como por ejemplo en el caso del Acuífero Raigón, pero no existe actualmente una red de monitoreo continua a escala nacional (MVOTMA, 2017).

Entre los países con redes regionales un caso interesante es el de Argentina, donde durante muchos años hubo una dispersión relativamente grande de información hidrogeológica y una falta de conocimiento sobre el agua subterránea. En el año 2007, como parte de la preparación del Plan Nacional Federal de Recursos Hídricos (PNFRH), miembros del Consejo Hídrico Federal (COHIFE) expresaron las dificultades que existen para tomar decisiones debido a la falta de información y lineamientos para una gestión sustentable de los acuíferos. Esto llevó al desarrollo de un plan específico para la gestión del agua subterránea: el Plan Nacional de Aguas Subterráneas, creado en el año 2012, llevado a cabo por la Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH) y con una activa colaboración de todas las provincias de la República Argentina. Esta red aún no está en operación, pero existen varias redes locales en funcionamiento. Por ejemplo, las redes de monitoreo de las localidades de Azul (BDH Azul, 2018) y Cuenca Matanza Riachuelo (BDH-CMR, 2018) que son mantenidas por el Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff” (IHLLA, del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas); la red de Santa Fe (El Litoral, 2010), mantenida por el Grupo de Investigaciones Hidrológicas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (Fich); la Red Solidaria de Intercambio de Información Hídrica (RSIIH, 2018) administrada por el Instituto Nacional del Agua (INA); y la Red Mate (Red Mate, 2018), que incluye como participantes, entre otros, a la Universidad Nacional de San Luis (UNSL) y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Existen también otros organismos, como el Centro Regional de Aguas Subterráneas (CRAS) dependiente el INA, que realiza monitoreos periódicos de la calidad del agua subterránea en diversas zonas de las provincias de San Juan, Mendoza y La Rioja, y en menor proporción, también en las provincias de Catamarca y San Luis.

La Tabla 2 agrupa las características más importantes de las redes de monitoreo de cada país. En el caso de las redes locales, se eligió mostrar un máximo de dos de ellas por país, cuando no exista una red nacional. Cuando en un país existen más de dos redes, se seleccionó aquella que posee una mayor cantidad de puntos y un portal web con más opciones para el usuario, en relación con la red de monitoreo de agua subterránea. Todos

los países incluidos en la Tabla 2 cuentan con algún tipo de plataforma online de visualización/distribución de información de monitoreo, excepto Costa Rica y El Salvador.

Si bien la Tabla 2 sirve para comparar las redes de cada país, se recomienda abstenerse de conclusiones simplistas del tipo, “un monitoreo es mejor que otro”, basándose solamente en el número de pozos, tipo de registro, u otro parámetro, ya que cada país se encuentra inmerso en un contexto en particular y se desconocen los esfuerzos internos que se han realizado para llevar adelante su red de monitoreo.

Tabla 2. Características de las redes de monitoreo.

País	Red de monitoreo	N° de pozos	Registro manual o automático	Frecuencia*	Datos descargables
Argentina	BDH-CMR <sup>a</sup>	278 <sup>a</sup>	Mixto <sup>a</sup>	Mensual <sup>a</sup>	En pdf o excel <sup>a</sup>
	BDH-Azul <sup>b</sup>	149 <sup>b</sup> (en total, no solo para monitoreo)	Mixto <sup>b</sup>	Irregular <sup>b</sup>	En pdf o excel <sup>b</sup>
Bolivia	Del acuífero Purapurani <sup>c</sup>	30 <sup>d</sup>	Manual <sup>d</sup>	Mensual <sup>d</sup>	n.e.
	Del Depto. Santa Cruz <sup>e</sup>	90 <sup>e**</sup>	(?)	(?)	n.e.
Brasil	RIMAS <sup>f,s</sup>	394 <sup>f</sup>	Mixto <sup>f</sup>	Diaria <sup>f</sup>	Metadatos y series de datos <sup>f</sup>
Chile	Red hidrométrica nacional <sup>g</sup>	1059 <sup>i</sup>	(?)	Mensual <sup>h</sup>	Metadatos y series de datos <sup>h</sup>
Colombia	RBASUB <sup>j</sup>	112 <sup>j</sup>	(?)	Bi anual <sup>j</sup>	n.e.
Costa Rica	SIMASTIR (provincia de Guanacaste) <sup>k</sup>	44 <sup>i</sup>	Automático <sup>k</sup>	Tiempo real <sup>k</sup>	Gráficos y reportes en formato pdf <sup>k</sup>
El Salvador	Automática <sup>l</sup>	17 <sup>m</sup>	Automático <sup>m</sup>	8 horas <sup>m</sup>	n.e.
	Artesanal <sup>l</sup>	100 <sup>m</sup>	Manual <sup>m</sup>	Bi anual <sup>m</sup>	n.e.
México	Red de monitoreo piezométrico <sup>n,s</sup>	2000 <sup>n</sup>	(?)	Anual <sup>n</sup>	Sí <sup>n</sup>
Paraguay	Del acuífero Patiño <sup>o</sup>	47 <sup>o</sup>	Automática <sup>o</sup>	(?)	(?)
Perú	Red nacional <sup>p,s</sup>	3491 en total <sup>p,s</sup> , 150 automatizados <sup>q</sup>	Mixto <sup>q</sup>	(?)	n.e.
Venezuela	Red nacional <sup>r</sup>	130 <sup>r</sup>	Mixto <sup>r</sup>	Variable (mensual, trimestral, semestral) <sup>r</sup>	n.e.

<sup>a</sup>BDH-CMR (2018), <sup>b</sup>BDH-Azul (2018), <sup>c</sup>MMAyA<sup>1</sup> (2016), <sup>d</sup>MMAyA (2018), <sup>e</sup>Guzmán (2015), <sup>f</sup>RIMAS (2018), <sup>g</sup>DGA<sup>1</sup> (2018), <sup>h</sup>DGA<sup>2</sup> (2018), <sup>i</sup>DGA<sup>3</sup> (2018), <sup>j</sup>RBASUB (2015), <sup>k</sup>MINAE (2017), <sup>l</sup>MARN (2017), <sup>m</sup>MARN (2018), <sup>n</sup>CONAGUA (2018), <sup>o</sup>SEAM (2017), <sup>p</sup>IGRAC (2014), <sup>q</sup>ANA (s.f.), <sup>r</sup>Decarli (2011), <sup>s</sup>Rangel-Medina (2018).

(?): Desconocido

n.e.: no encontrado

\*La frecuencia indicada corresponde a la menor frecuencia reportada (a través de descripciones oficiales de la red de monitoreo, o según las series de datos disponibles para el público).

\*\*solo 25% de la red se usa para monitoreo de niveles estáticos

## Plataformas online

Tres países cuentan con un visor online que claramente muestra sus redes nacionales de monitoreo de aguas subterráneas: Brasil, México y Chile.

La plataforma más sofisticada corresponde a RIMAS de Brasil, tanto por sus funcionalidades como por la cantidad de información. En ella se pueden hacer búsquedas

simples y complejas, y se puede acceder a información completa de cada uno de los puntos de la red, tales como parámetros generales, constructivos, geológicos, monitoreo de niveles con valores diarios y de calidad, test de bombeo e información multimedia, a la vez de poder visualizar la ubicación de los puntos en el mapa (RIMAS, 2018). La plataforma de México a su vez (CONAGUA, 2018) también permite ver la distribución espacial de los pozos, metadatos, gráficas con la evolución temporal del nivel de agua, y permite descargar toda la información disponible de un conjunto dado de pozos, incluyendo la evolución temporal con un valor por año (aunque en muchos pozos no es continua).

El caso de Chile es similar, aunque no se puede acceder a la base de datos a través de la misma plataforma web. El visor de mapas no es exclusivo para el agua subterránea, sino que está dedicado a la Red Hidrométrica completa (DGA<sup>1</sup>, 2018). Por otra parte, la base de datos con Información Oficial Hidrometeorológica y Calidad de Aguas en Línea permite hacer búsqueda de estaciones y descargar las series de datos mensuales (DGA<sup>2</sup>, 2018). El sistema permite descargar de forma ilimitada reportes de hasta 10 estaciones simultáneamente, definiendo un periodo de búsqueda de hasta 10 años de información mensual. Sin embargo, la Ley N°20.285 de transparencia y acceso a la información pública permite realizar una solicitud formal de información de variables no disponibles en la plataforma web. Esta debe hacerse a través de la Plataforma SIAC.

Bolivia es un caso interesante, ya que cuenta con dos visualizadores online para todo el país, el SIHIBO (Sistema de Información Hidrogeológica de Bolivia, SERGEOMIN 2018) y el SIASBO (Sistema de Información de Aguas Subterráneas de Bolivia, MMAyA<sup>2</sup> 2016). Estos visores no muestran específicamente redes de monitoreo locales, sino un catastro de pozos existentes. El SIHIBO fue presentado en 2016 y desarrollado por el SERGEOMIN (Servicio Geológico Minero), contiene información de 3000 pozos de agua perforados por SERGEOMIN durante más de 40 años, además de 1000 pozos más perforados por otras instituciones y empresas (SERGEOMIN, 2016). Según el SERGEOMIN (2016), esta base de datos es el primer inventario de aguas subterráneas de Bolivia, y se constituye como la única base de datos hidrogeológica con información confiable y sujeta a control de calidad. Por otro lado, SIASBO pertenece al MMAyA y aquí se puede observar y descargar la ubicación y características de un número indeterminado de pozos, actualizados hasta el 2016 (MMAyA<sup>2</sup>, 2016). En estos dos visualizadores no es posible ver o descargar series de datos con la variación de los niveles de aguas subterráneas en el tiempo.

En Argentina, el Sistema Federal de Información de Aguas subterráneas cuenta con un visualizador oficial (SIFAS 2015), pero en este no es posible filtrar los pozos que forman parte de la red de monitoreo. A su vez, el repositorio de datos no oficiales de la República Argentina (Dat.ar 2016) entrega una lista de 5592 pozos que pertenecen a SIFAS, pero de ellos solo 7 están clasificados como pozos de monitoreo.

Dentro de las redes locales de monitoreo existentes en ese país, la de Azul (BDH-Azul, 2018) y la de Cuenca Matanza Riachuelo (BDH-CMR, 2018), poseen un visualizador geográfico y con opción de descarga de las características de las perforaciones, registros de niveles y en algunos casos, los valores de extracción. La Red Solidaria de Información Hídrica (RSIIH, 2018) que se desarrolla en un sector de la provincia de Buenos Aires, permite observar a partir de gráficos los datos de variación en el tiempo de niveles de los freáticos, y permite cargar datos de perforaciones particulares.

Otros casos son el de Perú, que, a través de su Observatorio de Aguas subterráneas, muestra metadatos de 8370 pozos repartidos en 7 ALAs (Administración Local de Agua) (ANA, 2018), y el de Venezuela, que ofrece mapas de niveles de aguas subterráneas por estado, aunque sin fecha (INAMEH, 2017).

Finalmente, hay que destacar la plataforma online de GGMN perteneciente a IGRAC, la cual posee actualmente información de Brasil, Chile, Colombia y Ecuador. Los pozos de Colombia y Ecuador fueron agregados a la red en el marco del Taller Regional en 2013 y no corresponden a la totalidad de estaciones de monitoreo existentes en estos países. En el caso de Brasil y Chile, las estaciones incluidas corresponden a las respectivas redes nacionales y están actualizadas hasta el primer trimestre del 2018. Las redes pueden ser exploradas simultáneamente en la plataforma, incluyendo la visualización geográfica de las

estaciones y gráfica de las series de datos, y se pueden combinar con mapas globales de acuíferos transfronterizos, uso de suelo y elevación, entre otros. El portal GGMN no solo está disponible libremente para ser usado por instituciones que necesite de una plataforma para organizar su red de monitoreo, sino que también permite a los países que van más adelante en el tema mostrar sus avances y ser un referente para los demás países. Así, la plataforma web de GGMN contribuye a la visualización del estado de las redes de monitoreo del recurso hídrico subterráneo a nivel mundial.

## CONCLUSIONES

No es una tarea sencilla hacer una revisión del estado de todas las redes de monitoreo del agua subterránea en Latinoamérica. Por ejemplo, cuando no hay una red nacional, se deben investigar la existencia de redes locales, y al no existir inventarios oficiales no se sabe si finalmente se han examinado todas las redes. En muchos casos la creación y desarrollo de las redes no está documentada formalmente y la información actualizada se obtiene de particulares, presentaciones y periódicos, incluso a veces encontrándose información contradictoria. Otro caso es cuando se encuentran redes que monitorean la calidad del agua subterránea, pero no resulta claro si estas también monitorean el nivel del agua. Es decir, para la población de los países que no cuentan con una clara red nacional resulta difícil tener una impresión del estado del monitoreo del agua subterránea en su país.

Los países más avanzados en cuando al monitoreo del agua subterránea ponen a disposición del público las coordenadas y niveles de agua obtenidos durante el monitoreo, pero no distribuyen información procesada, es decir, no entregan periódicamente mapas con el nivel de agua, o resultados de los datos aplicados a modelos hidrogeológicos, o reportes con las últimas tendencias. Esto significa que solo especialistas pueden analizar la información, quienes no son necesariamente la población general, o los responsables políticos, para quienes estos datos resultan difíciles de interpretar. En este sentido, aunque los datos recopilados sean públicos, su utilidad es limitada.

Sin duda se ha podido observar un avance en el monitoreo del agua subterránea en los últimos 10 años (creación de nuevas redes y ampliación de las existentes). Sin embargo, todavía hay países que no cuentan con una red oficial, y no se ha establecido si esto se debe a una falta de recursos, o a que el monitoreo del agua subterránea no es una prioridad. En este sentido, se espera que este trabajo sea una contribución en el esfuerzo por hacer visible el agua subterránea en América Latina.

## REFERENCIAS

- ANA**, s.f. Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos. Avances, logros y oportunidades.
- ANA**, 2018. Autoridad Nacional de Agua (ANA). Observatorio de aguas subterráneas. <http://snirh.ana.gob.pe/visorPozos/>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá**, s.f. Monitoreo piezométrico. Recuperado a partir de <http://www.metropol.gov.co/recursohidrico/Pages/monitoreo-piezometrico.aspx>
- CONAGUA**, 2018. Redes de monitoreo piezométrico. <http://sigagis.conagua.gob.mx/Redes%20Piezom%C3%A9tricas/>
- BDH-Azul**, 2018. Base de Datos Hidrológica para la localidad de Azul. [http://www.azul.bdh.org.ar/bdh3/index\\_contenido.php?xgap\\_historial=reset](http://www.azul.bdh.org.ar/bdh3/index_contenido.php?xgap_historial=reset)
- BDH-CMR**, 2018. Base de Datos Hidrológica de la cuenca Matanza-Riachuelo. [http://www.bdh.acumar.gov.ar/bdh3/index\\_contenido.php](http://www.bdh.acumar.gov.ar/bdh3/index_contenido.php)
- De Carli**, 2011. Estado de las Aguas Subterráneas en Venezuela. Recuperado a partir de <http://aviassubterraneeas.blogspot.com/2011/10/estado-de-las-aguas-subterraneeas-en.html>
- DGA**<sup>1</sup>, 2018. Red Hidrométrica Nacional. <https://www.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=d508beb3a88f43d28c17a8ec9fac5ef0>
- DGA**<sup>2</sup>, 2018. Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea. <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>
- DGA**<sup>3</sup>, 2018. Dirección General de Aguas. Información recibida por IGRAC a través de correo electrónico

- Dat.ar**, 2016. Repositorio no oficial de datos públicos abiertos de la República Argentina. Pozos del Sistema de Información de Agua Subterránea (SIFAS). <http://datar.noip.me/dataset/pozos-sifas>
- El Espectador**, 2018. Así es la primera red de monitoreo de aguas subterráneas en Manizales. <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/asi-es-la-primera-red-de-monitoreo-de-aguas-subterranas-en-manizales-articulo-754797>
- El Litoral**, 2010. En Santa Fe funciona una red de monitoreo de agua subterránea. <http://www.ellitoral.com/index.php/diarios/2010/09/12/metropolitanas/AREA-01.html>
- Guzmán**, 2015. Aguas Subterráneas y su Sostenibilidad en Ciudades en Desarrollo: Experiencia en Santa Cruz, Bolivia. Recuperado a partir de <https://www.aghm.org/app/download/10851112/10040GMBolivia16102015.pdf>
- GWP**, 2017. La Situación de los Recursos Hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada.
- IANAS y UNESCO**, 2015. Desafíos del Agua Urbana en las Américas. Perspectivas de la Academia de Ciencias.
- IDEAM**, 2015. Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
- IGRAC**, 2014. Groundwater Monitoring in Latin America. Recuperado a partir de <https://www.unigrac.org/resource/groundwater-monitoring-latin-america>
- INAMEH**, 2017. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo. Gobierno Bolivariano de Venezuela. Recuperado a partir de <http://www.inameh.gob.ve/web/hidrologia2/hidrologia.php>
- MARN**, 2017. Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en Zonas Prioritarias (2017).
- MARN**, 2018. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección General del Observatorio Ambiental. Información recibida por CeReGAS a través de correo electrónico.
- MINAE**, 2017. Sistema de Monitoreo de Aguas Subterráneas en Tiempo Real (SIMASTIR) Reporte: Junio 2017 (Vol. 19). Recuperado a partir de [http://www.da.go.cr/datos\\_tecnicos-simastir/](http://www.da.go.cr/datos_tecnicos-simastir/)
- MMaYa**<sup>1</sup>, 2016. Plan de Manejo Preliminar de los Acuíferos de Purapurani y Viacha
- MMaYa**<sup>2</sup>, 2016. Sistema de Información de Aguas Subterráneas de Bolivia (SIASBO). Recuperado a partir de [http://geosirh.riegobolivia.org/layers/geosirh:pozos\\_siasbo\\_1](http://geosirh.riegobolivia.org/layers/geosirh:pozos_siasbo_1)
- MMaYa**, 2018. Unidad de Gestión de la Cuenca Katari del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. Información recibida por CeReGAS a través de correo electrónico.
- MVOTMA**, 2017. Plan Nacional de Aguas, Uruguay.
- Rangel-Medina**, 2018. O monitoramento das águas subterráneas na América Latina. Asociación Brasileña de Aguas Subterráneas. Núcleo Minas Gerais, Belo Horizonte, abril, 2018.
- RBASUB**, 2015. Red Básica Nacional de monitoreo de Aguas Subterráneas. <http://capacitacion.sirh.ideam.gov.co/homeSIRH/HOME/RBSUB/RBASUB.pdf>
- Red Mate**, 2018. Red Mate. Recuperado a partir de <http://www.red-mate.com.ar/>. Sitio fuera de funcionamiento, último acceso en mayo de 2018.
- RIMAS**, 2018. Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterráneas. <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/apresentacao.php>
- RSIIH**, 2018. Red Solidaria de Intercambio de Información Hídrica. <http://rsiih.com.ar/>
- SEAM**, 2016. SEAM presenta informe de los monitoreos realizados en el Acuífero Patiño. Recuperado 2 de febrero de 2016, a partir de <http://www.seam.gov.py/content/seam-presenta-informe-de-los-monitoreos-realizados-en-el-acuífero-patiño>
- SEAM**, 2017. Estudio de Recursos Hídricos y Vulnerabilidad Climática del Acuífero Patiño.
- Secretaría del Agua**, s.f. Gestión de Aguas Subterráneas en el Ecuador. Recuperado a partir de <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/07/SENAGUA-AguasSubterranas.pdf>
- SERGEOMIN** 2016. Sistema de Información Hidrogeológica de Bolivia (SIHIBO). Recuperado a partir de <http://ide.sergeomin.gob.bo/wsihibo/>
- SERGEOMIN**, 2018. Servicio Geológico Minero de Bolivia. Recuperado a partir de <http://www.sergeomin.gob.bo/index.php/en/comunicacion/194-sergeomin-presenta-el-sistema-de-informaci%C3%B3n-hidrogeol%C3%B3gica-de-bolivia>
- SIAC**, 2018. Sistema de Información Ambiental de Colombia. <http://sig.anla.gov.co:8083/>
- SIFAS**, 2015. Sistema Federal de Información de Aguas subterráneas. Agua Subterránea. <http://sisag.mininterior.gob.ar/SIFAS/>
- USGS**, 2016. U. S. Geological Survey, U.S. Department of the Interior. Recuperado a partir de <https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>.