



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Programa
Hidrológico
Intergubernamental

Estado actual del Monitoreo de agua subterránea en América Latina e Introducción al programa GGMN

Current Status of Groundwater Monitoring in Latin America and Introduction to the GGMN Program

Aqua-LAC
Miembro del Programa Hidrológico Intergubernamental
para América Latina y el Caribe

Claudia Ruz Vargas^{1*}, Lucía Samaniego², Miguel Rangel Medina³

Recibido: 24/10/2019

Aceptado: 08/04/2020

*Autor de correspondencia

Resumen

El monitoreo, o vigilancia del agua subterránea, es la principal herramienta para conocer el comportamiento general de un acuífero, que permite mejorar su gestión y tomar medidas para su manejo sustentable. La falta de monitoreo sistemático del agua subterránea es uno de los obstáculos para la gestión sostenible. Por ello, el Centro Internacional para la Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos (IGRAC por sus siglas en inglés), situado en Delft (Holanda) ha desarrollado la Red Global de Monitoreo de Aguas Subterráneas (GGMN), programa que tiene como objetivo mejorar la calidad y accesibilidad a la información del monitoreo a nivel global y, con ello, mejorar el conocimiento sobre el estado del recurso. Así mismo, el Centro Regional para la Gestión de Aguas Subterráneas (CeReGAS), ubicado en Montevideo (Uruguay) es un organismo que tiene como objetivo apoyar a países de América Latina a mejorar la gestión sustentable de sus aguas subterráneas proporcionando las capacidades científicas y técnicas para apoyar el desarrollo sostenible del recurso a través de un enfoque integrado. En este trabajo, CeReGAS e IGRAC, a través del programa GGMN, presentan una aproximación al estado del monitoreo cuantitativo de las aguas subterráneas en América Latina. El estudio muestra que existen situaciones diversas en la región. Se presenta el relevamiento realizado y sus resultados, con ejemplos de redes nacionales de Brasil y Chile, redes locales, con el caso de Argentina, y la ausencia de redes de monitoreo, con el caso de Honduras.

Palabras clave: América Latina, cooperación internacional, monitoreo, nivel agua subterránea, vigilancia

Abstract

Groundwater monitoring is the main tool to know the general behavior of an aquifer, which allows improving its management and taking measures for its sustainable use. Lack of systematic groundwater monitoring is one of the obstacles to sustainable management. For this reason, the International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC), located in Delft (The Netherlands) has developed the Global Groundwater Monitoring Network (GGMN), a program that aims to improve the quality and accessibility of groundwater monitoring information at a global level and subsequently the knowledge on the state of groundwater resources. Similarly, the Regional Center for Groundwater Management (CeReGAS), located in Montevideo (Uruguay) is an organization that aims to support Latin American countries to improve the sustainable management of their groundwater resources by providing scientific and technical capabilities to support the sustainable development of the resource through an integrated approach. In this work, CeReGAS and IGRAC, through the GGMN program, present an approach to the status of quantitative groundwater monitoring in Latin America. The study shows that diverse conditions can be found in the region. Analyses and their results are presented, with examples of national networks in Brazil and Chile, local networks, as is the case in Argentina, and the absence of monitoring networks, as is the case in Honduras.

Keywords: groundwater level, international cooperation, Latin America, monitoring, surveillance.

1 Centro Internacional para la Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos. claudia.ruz-vargas@un-igrac.org

2 Centro Regional para la Gestión de Agua Subterráneas en América Latina y el Caribe. lsamaniego@ceregass.org

3 Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo. info@alhsud.com

1. INTRODUCCIÓN

El agua subterránea representa cerca del 30% del agua dulce en el mundo (USGS, 2016). Es un recurso vital para el abastecimiento de agua potable para consumo humano, la agricultura y otros usos, incluyendo el del medio natural, con alcance para cubrir parcialmente la adaptación a la variabilidad climática. De aquí que el estado de estos recursos hídricos subterráneos deba ser monitoreado continuamente para establecer las bases para su evaluación y gestión sostenible.

El monitoreo de agua subterránea tiene dos propósitos: la observación de calidad y/o la cantidad, y ambas se realizan en muchas partes del mundo. Sin embargo, es difícil obtener información sobre estas redes, ya que muchas veces se encuentra dispersa o no está disponible directamente para el público en general. Al no conocerse el estado y las características de los planes de vigilancia, no se puede determinar si estos son representativos (si son adecuados o suficientes) o si siguen en funcionamiento. Por otro lado, estos datos dan una pista acerca de cómo cada país gestiona sus aguas subterráneas, ya que el monitoreo es un paso clave hacia la gestión sostenible del recurso.

IGRAC, como centro internacional para la evaluación del agua subterránea (categoría II de la UNESCO), facilita y promueve el intercambio internacional de información y conocimiento necesario para el desarrollo sustentable de las aguas subterráneas, siendo esta una de sus principales iniciativas: su red global de monitoreo de las aguas subterráneas o programa GGMN.

En el proceso de integración de países a la red GGMN se debe recopilar una gran cantidad de información, ya sea a través de talleres regionales, páginas web oficiales de gobiernos y ministerios o de los contactos oficiales de IGRAC. Un ejemplo es el tercer Taller Regional de GGMN, realizado en diciembre de 2013 en las oficinas de la UNESCO en Montevideo, Uruguay, cuyo objetivo fue intercambiar información, experiencias y perspectivas sobre el monitoreo del agua subterránea en América Latina, además de dar a conocer el programa en la región (IGRAC1, 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 II de la UNESCO), tiene el alcance y la presencia necesaria para facilitar el intercambio de conocimientos, experiencias e información entre los países de América Latina y el Caribe, con los cuales tiene vinculación a través de diferentes actividades y proyectos.

Considerando estos antecedentes, ambos centros han decidido realizar una revisión de las redes de monitoreo en América Latina, utilizando como base la información recopilada gracias al programa GGMN y el trabajo de CeReGAS. Este documento presenta un primer acercamiento al estado de las redes, con una breve descripción de los hallazgos más significativos del programa conjunto, tomando como fuentes de información antecedentes existentes, bibliografía, páginas web de organismos estatales y consultas con informantes calificados de cada país.

2. ANTECEDENTES

En América Latina, la distribución del agua subterránea varía enormemente según los diferentes países y regiones, así como también su calidad y accesibilidad, lo que lleva a que los mismos deban enfrentar problemas y desafíos de diferente índole. Un ejemplo sucede en Argentina, cuya capital se enfrenta a la elevación progresiva estacional de los niveles freáticos, lo que hace que el recurso sea más vulnerable a la contaminación. Por otro lado, en Bolivia, la calidad del agua subterránea está siendo amenazada por la contaminación industrial, agropecuaria y doméstica; mientras que en Honduras, 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 (IGRAC1, 2014, IANAS & UNESCO, 2015).

En este trabajo se realiza un relevamiento del estado de situación de las redes de vigilancia cuantitativas de 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 analizó la calidad de los datos recopilados y se consideró que en primer lugar estas redes estén abiertas al público y de qué manera se hacen disponibles.

3. RESULTADOS

De los 19 países, ocho (8) cuentan con un claro programa de monitoreo a nivel nacional publicado: Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, México, Perú y Venezuela. Argentina no cuenta con una red nacional pero sí presenta varias redes locales. En el caso de Bolivia, Paraguay y Uruguay existe una red para monitorear acuíferos en particular: Acuífero Purapurani, Acuífero Patiño y Acuífero Raigón. En la tabla 1 se describe la institución responsable de la gestión de las aguas subterráneas en cada país y se

indica si existe un plan nacional de monitoreo de aguas subterráneas con una red de monitoreo en funcionamiento.

En un país no se ha podido establecer la existencia de una red de monitoreo de agua subterránea, ya que se ha encontrado información incompleta o contradictoria. 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 esta información.

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

País	Institución responsable de la gestión de los recursos hídricos	Red nacional de monitoreo de aguas subterráneas
Argentina	Gobiernos provinciales	No
Belice	Ministerio de Recursos Naturales e Inmigración (MNRA)	No ^a
Bolivia	Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA)	No
Brasil	Agência Nacional de Águas (ANA) - Servicio Geológico de Brasil (CPRM)	Sí
Chile	Ministerio de Obras Públicas - Dirección General de Aguas (DGA)	Sí
Colombia	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	Sí
Costa Rica	Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) - Dirección de Agua	Sí
Cuba	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) - Servicio Hidrológico Nacional	-
Ecuador	Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)	No ^b
El Salvador	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) - Área de Hidrología Subterránea	Sí
Guatemala	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	No ^a
Honduras	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (MiAmbiente)	No ^c
México	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SERMANAT) - Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	Sí
Nicaragua	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	No ^a
Panamá	Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM)	No ^a
Paraguay	Secretaría del Ambiente (SEAM)	No
Perú	Ministerio de Agricultura y Riego– Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Sí
Uruguay	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA)	No ^d
Venezuela	Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de Venezuela (MinAmb) - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología	Sí

Fuentes: ^aIGRAC¹ (2014), ^bSecretaría del Agua (2016), ^cGWP (2017), ^dMVOTMA (2017)

En varios casos, la organización que administra la red no es necesariamente quien recoge y procesa los datos. En Colombia, por ejemplo, el IDEAM conforma la Red Básica Nacional de Monitoreo de Aguas Subterráneas (RBASUB) a partir de acuerdos con las Corporaciones Autónomas Regionales que administran sus propias redes de vigilancia, usando lineamientos nacionales (IDEAM1, 2015).

En Argentina sucede algo similar con la Red Hidrológica Nacional perteneciente al Estado Federal, a la cual se planea integrar estaciones de monitoreo de aguas subterráneas propias pero que por el momento incorpora de forma esporádica información de algunas de las redes locales existentes en varias partes del territorio argentino. Algunos ejemplos de redes locales de monitoreo de agua subterránea en Argentina son las existentes en 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); la red de la ciudad de Santa Fe (Diario El Litoral, 2010), mantenida por el Grupo de Investigaciones Geohidrológicas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad Nacional del Litoral; 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). Algunas de estas redes están integradas en la Red Hidrológica Nacional Argentina nombrada anteriormente (red de monitoreo del INA, BHD-Azul y Red Mate).

Entre los países que no cuentan con una red a nivel nacional se han encontrado diversas situaciones. En Guatemala, por ejemplo, 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 (IGRAC1, 2014). En el caso de Uruguay, la empresa de abastecimiento público de agua potable realiza controles anuales de sus pozos y además existen planes de monitoreo puntuales, como en el caso del Acuífero Raigón, no existiendo actualmente una red de vigilancia continua a escala nacional (MVOTMA, 2017).

La tabla 2 agrupa las características más importantes de las redes de monitoreo de cada país. En el caso de países sin redes nacionales y cuando existe información disponible, se eligió mostrar un máximo de dos redes locales, teniendo en cuenta aquellas con mayor número de piezómetros y que provean datos públicos.

Tabla 2. Características de las redes de monitoreo

País	Red de monitoreo	Nº de pozos	Registro manual o automático	Frecuencia*	Disponibilidad de datos	Referencias
Argentina	BDH-CMR	289	Mixto	Mensual	Visualización y descarga	BDH-CMR (2018)
	BDH-Azul	149 (monitoreo + otros)	Mixto	Irregular	Visualización y descarga	BDH-Azul (2018)
Bolivia	Del Acuífero Purapurani	30	Manual	Mensual	En preparación Sistema de Información de Agua Subterránea de Bolivia (SIASBO)	MMAyA ¹ (2018), MMAyA ² (2016)

Brasil	RIMAS	394	Mixto	Diaria	Visualización y descarga	CPRM (2018), Rangel-Medina (2018)
Chile	Red hidrométrica nacional	1059	(?)	Mensual	Visualización y descarga	DGA ¹ (2018), DGA ² (2018), DGA ³ (2018)
Colombia	RBASUB	112	(?)	Bianual	n.e.	IDEAM ² (2015)
Costa Rica	SIMASTIR (provincia de Guanacaste y Puntarenas peninsular)	44	Automático con transmisión telemétrica	Tiempo real	Visualización y descarga	MINAE ¹ (2017),
	Semiautomática	21	Automática con transmisión manual		Visualización	MINAE ¹ (2017), MINAE ³ (2019)
	Manual	300	Manual	Mensual	Visualización	MINAE ³ (2019)
El Salvador	Automática	24	Automático	8 horas	Visualización	MARN ¹ (2018), MARN ² (2019)
	Artesanal	100	Manual	Bianual	Visualización	MARN ¹ (2018), MARN ² (2019)
México	Red de monitoreo piezométrico	2000	(?)	Anual	Visualización y descarga	CONAGUA (2018), Rangel-Medina (2018)
Paraguay	Acuífero Patiño	47	Automática	(?)	n.e.	SEAM (2017)
Perú	Red nacional	3491 en total, 150 automatizados	Mixto	(?)	n.e.	IGRAC ¹ (2014), ANA (2016), Rangel-Medina (2018)
Uruguay	Acuífero Raigón ^s	40	Manual	Bianual	Informes anuales en la web	DINAMIGE (2018)
Venezuela	Red nacional	130	Mixto	Mensual, trimestral y semestral	n.e.	Decarli (2011)

(?): 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).

3.1 Plataformas Online

Cinco países cuentan con un visor online que permite visualizar sus redes nacionales de monitoreo de aguas subterráneas: Brasil (CPRM, 2018), Chile (DGA1, 2018), Costa Rica (MINAE2, 2019), El Salvador (MARN2, 2019) y México (CONAGUA, 2019).

La información más básica entregada por las cinco plataformas es la ubicación de las estaciones de vigilancia. Todas ellas, a excepción de la de Costa Rica, permiten además acceder a los valores del nivel de agua por estación (mensual y/o anual). Los visualizadores de Brasil y El Salvador tienen la particularidad de incluir en la misma plataforma datos provenientes de sus respectivos programas de monitoreo de calidad del agua subterránea, facilitando al usuario tener una visión más holística del estado de este recurso.

La plataforma RIMAS de Brasil es la que posee el mayor número de funcionalidades y cantidad de información. En ella se puede hacer búsquedas simples y complejas y se puede acceder a información completa de cada uno de los puntos de la red, incluyendo parámetros generales (nombre, coordenadas, elevación, localidad), constructivos (profundidad de perforación, tipo de revestimiento), geológicos (descripción de las capas geológicas), monitoreo de niveles y de calidad (conductividad, temperatura, iones), test de bombeo e información multimedia (imágenes), a la vez de poder visualizar la ubicación de los puntos en el mapa (CPRM, 2018). No todas las estaciones poseen todos los datos anteriormente mencionados, aunque sí la gran mayoría, y la plataforma está diseñada para ser capaz de recibir y mostrar estos datos en el futuro.

La plataforma online GGMN (IGRAC2, 2019), administrada por IGRAC, 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 corresponden a una selección de las estaciones de vigilancia existentes en estos países. En el caso de Brasil y Chile se incluyen estaciones de las respectivas redes nacionales, las cuales están actualizadas hasta el primer trimestre del 2018. La plataforma GGMN se compone de 3 portales: Global, Regional y de Análisis de series de datos. El portal global de GGMN permite visualizar la ubicación geográfica de todas las estaciones de monitoreo con datos públicos y ver de forma gráfica como cambian

los niveles de agua subterránea en el tiempo para cada estación. El portal regional permite comparar de forma espacial cualquier grupo de estaciones en base a diferentes parámetros estadísticos de las series de datos (promedio, máxima, mínima y otros). Por último, en el portal de Análisis de series de datos se puede hacer un análisis de los datos obtenidos en cada estación, para identificar tendencias, fluctuaciones periódicas y otros. El portal GGMN está disponible libremente para ser utilizado por instituciones que necesiten de una plataforma para gestionar, almacenar y procesar sus datos de monitoreo y también para aquellos países que deseen promover sus redes de vigilancia nacionales y sus avances en este tema. Así, el programa GGMN fomenta el monitoreo de las aguas subterráneas y contribuye a la visualización de este recurso a nivel mundial.

4. DISCUSIÓN

El monitoreo de agua subterránea es una de las herramientas más importantes para gestionar el recurso subterráneo hoy en día. Un factor crucial es que este se realice con una frecuencia establecida y una continuidad a lo largo del tiempo, ya que esto no solo permite observar el comportamiento del acuífero (ya sea por variaciones estacionales o influencia humana), pero también observar tendencias (por ejemplo, rápido agotamiento de un acuífero), lo cual, como fue expresado anteriormente, permite tomar las medidas de gestión necesarias respecto a estas variables. Es por ello que en este trabajo se busca conocer el estado de situación del monitoreo en los diferentes países de Latinoamérica: este entrega una pista acerca del estado de la gestión del recurso hídrico subterráneo en cada país.

Cabe destacar que no es una tarea sencilla hacer una revisión del estado de todas las redes de monitoreo del agua subterránea en Latinoamérica. La información de acceso público es muy dispar. Por ejemplo, cuando no se encuentra evidencia de una red a nivel nacional, se debe investigar la presencia de redes locales y muchas veces, al no existir inventarios oficiales, no se conoce con certeza si se han examinado todas las redes existentes en un mismo país.

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. Otra dificultad surge al encontrarse programas de monitoreo de la calidad del agua subterránea donde no resulta claro si se incluye en ese mismo programa el monitoreo cuantitativo del recurso.

Este trabajo busca recopilar todas las redes encontradas, que no significa que sean todas las existentes. Es necesario recalcar este último aspecto, y, sobre todo, la importancia de que los países difundan sus redes, de forma de conocer diferentes realidades y fortalecer las experiencias ya existentes fomentando el uso sustentable del recurso subterráneo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del relevamiento realizado en este trabajo podemos concluir que los países que cuentan con un programa de monitoreo nacional en general publican la ubicación de los pozos y los niveles de agua por estación, pero no distribuyen la información procesada, es decir, no entregan periódicamente mapas con el nivel de agua, por ejemplo, o resultados de los datos aplicados a modelos hidrogeológicos, o reportes con las últimas tendencias o proyecciones. Esto significa que solo especialistas pueden analizar los datos, quienes no son necesariamente los tomadores de decisiones, para quienes estos datos podrían ser difíciles de interpretar. En este sentido, aunque los datos recopilados sean públicos, su utilidad puede ser limitada.

REFERENCIAS

- ANA. Autoridad Nacional del Agua. (2016). Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos. Avances, logros y oportunidades. XVII Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua CODIA. Campeche, México.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua, Redes de Monitoreo Piezométrico, (Consultado el: 27/06/2019). Disponible en: <https://sigagis.conagua.gob.mx/rp/>.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. (2018). RIMAS Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas, (Consultado el: 22/05/2018). Disponible en: <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/apresentacao.php>
- BDH-Azul. Base de Datos Hidrológica para la localidad de Azul, (Consultado el: 28/06/2018). Disponible en: http://www.azul.bdh.org.ar/bdh3/index_contenido.php?xgap_historial=reset
- BDH-CMR. Base de Datos Hidrológica de la Cuenca Matanza-Riachuelo, (Consultado el: 28/06/2018). Disponible en: http://www.bdh.acumar.gov.ar/bdh3/index_contenido.php
- Decarli, F. (2011). Estado de las Aguas Subterráneas en Venezuela, (Consultado el: 22/05/2018). Disponible en: <http://avias-aguassubterranas.blogspot.com/2011/10/estado-de-las-aguas-subterranas-en.html>

- DGA1. Dirección General de Aguas, Red Hidrométrica Nacional, (Consultado el: 20/06/2018). Disponible en: <https://www.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=d508beb3a88f43d28c17a8ec9fac5ef0>
- DGA2. Dirección General de Aguas, Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea, (Consultado el: 20/06/2018). Disponible en: <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>
- DGA3. Dirección General de Aguas. (2018). Información recibida por IGRAC a través de correo electrónico
- Diario El Litoral. (2010). En Santa Fe funciona una red de monitoreo de agua subterránea (Consultado el: 20/06/2018). Disponible en: <http://www.ellitoral.com/index.php/diarios/2010/09/12/metropolitanas/AREA-01.html>
- DINAMIGE. Dirección Nacional de Minería y Geología. (2018). Monitoreo Acuífero Raigón. Informe inédito. 11 pp.
- GWP. Global Water Partnership. (2017). La Situación de los Recursos Hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada. Informe inédito. 102 pp.
- IANAS & UNESCO. (2015). Desafíos del Agua Urbana en las Américas. Perspectivas de la Academia de Ciencias. Informe inédito. 638 pp.
- IDEAM1. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2015). Estudio Nacional del Agua. Informe inédito. 438 pp.
- IDEAM2. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Subdirección de Hidrología. (2015). Red Básica Nacional de monitoreo de Aguas Subterráneas (RBASUB). Informe inédito. 9 pp.
- IGRAC1. International Groundwater Resources Assessment Centre. (2014). Groundwater Monitoring in Latin America. Informe inédito. 16 pp.
- IGRAC2. International Groundwater Resources Assessment Centre, Global Groundwater Monitoring Network, (Consultado el: 27/06/2019). Disponible en: <https://ggmn.un-igrac.org/>
- MARN1. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección General del Observatorio Ambiental. (2018). Información recibida por CeReGAS a través de correo electrónico.
- MARN2. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. Aplicación del Sistema de Información Hídrica (SIHI), (Consultado el: 26/06/2019). Disponible en: <http://srt.snet.gob.sv/sihi/public/app/1/pozosmonitoreo>.
- MINAE1. Ministerio de Ambiente y Energía – Dirección de Agua. (2017). Sistema de Monitoreo de Aguas Subterráneas en Tiempo Real (SIMASTIR). Informe inédito. 15 pp.
- MINAE2. Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, Visor de Mapas del Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (SINIGIRH), (Consultado el: 27/06/2019). Disponible en: <http://mapas.da.go.cr/>
- MINAE3. Ministerio de Ambiente y Energía - Dirección de Agua. (2019). Información recibida por IGRAC y CeReGAS a través de correo electrónico.
- MMAYa1. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Unidad de Gestión de la Cuenca Katari del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. (2018). Información recibida por CeReGAS a través de correo electrónico.
- MMAYa2. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2016). Plan de Manejo Preliminar de los Acuíferos de Purapurani y Viacha. Informe inédito. 184 pp.
- MVOTMA. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. (2017). Plan Nacional de Aguas, Montevideo, Uruguay. 320 pp.
- Rangel-Medina, M. (2018). O monitoramento das águas subterráneas na América Latina. - II Simpósio Latino-Americano de Monitoramento das Águas Subterráneas, Belo Horizonte, Brasil.

- Red Mate. (2018). Red de Monitoreo de las Aguas y del Territorio, (Consultado el: 20/06/2018). Disponible en: <http://www.red-mate.com.ar/>.
- RSIIH. Red Solidaria de Intercambio de Información Hídrica (2018), (Consultado el: 20/06/2018). Disponible en: <http://rsiih.com.ar/>
- SEAM. Secretaría del Ambiente. (2017). Estudio de Recursos Hídricos y Vulnerabilidad Climática del Acuífero Patiño. Informe inédito. 343 pp.
- Secretaría del Agua. (2016). Gestión de Aguas Subterráneas en el Ecuador. Informe inédito. 17 pp.
- USGS. United States Geological Survey. (2016). U.S. Department of the Interior, (Consultado el: 22/05/2019). Disponible en: <https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>.

Como citar este artículo:

Ruz-Vargas, C., Samaniego, L., Rangel, M. (2020). Estado actual del Monitoreo de agua subterránea en América Latina e Introducción al programa GGMN. *Aqua-LAC* Volumen 12(1), 118-126. doi: 10.29104/phi-aqualac/



Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International
CC BY-NC-SA 4.0 license