



# Información satelital del agua subterránea: herramienta clave para la sustentabilidad ambiental

*Autor:*  
Adrián Pedrozo Acuña

*Fecha de publicación:*  
13 de septiembre de 2023

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua ha sido pionero en el uso de fuentes de información satelitales para conocer la evolución del almacenamiento de agua en acuíferos y para generar herramientas que permitan diagnosticar la sustentabilidad hídrica de nuestro territorio.



*Satélite espacial sobrevolando la costa*

Conocer con precisión el estado de nuestros acuíferos, es decir, la cantidad y calidad del agua subterránea, es uno de los aspectos más complicados de la administración del agua, pues nos impone dificultades inherentes a la gestión de un elemento que no tenemos posibilidad de ver a simple vista, ya que existe debajo de la superficie terrestre.

Sin embargo, su importancia no es menor, pues el agua subterránea representa 90 % de toda el agua dulce del planeta (Unesco, 2022). Datos globales indican que esta fuente sostiene 40 % de la agricultura de riego y provee de agua potable a cerca de 2,500 millones de personas (Siebert et al., 2010; Unesco, 2015). La sustentabilidad en el uso del agua subterránea significa la seguridad hídrica de personas y cadenas de suministro de alimentos a diversas escalas, desde lo local hasta lo global (Dalin et al., 2017). Es por esta razón que en todo el mundo existe hoy un gran interés por analizar las conexiones entre el estado de explotación de un acuífero con las actividades económicas y humanas que ocurren sobre su superficie, de tal manera que sea posible entender esta relación y así crear nuevas avenidas de manejo sustentable del agua subterránea (Gleeson et al., 2020a; Gleeson et al., 2020b; Huggins et al., 2023). A pesar de esta importancia, históricamente el agua subterránea ha recibido menos atención que el agua superficial, lo que ha redundado en todo el planeta en un manejo no sustentable de los acuíferos (de Graf et al., 2019).



Gran parte de los acuíferos más grandes del planeta se están aproximando a puntos de no retorno en relación a su sustentabilidad hídrica, lo que significa que estamos extrayendo mucha más agua de estos sistemas de la que naturalmente se recarga, es decir, están siendo sobreexplotados (Rodell et al. 2018). Esta tendencia de sobreexplotación en los acuíferos representa una amenaza a la seguridad alimentaria e hídrica de diversas naciones. Tan solo en 2021, Jashecko y Perrone (2021) reportaron que cerca del 20 % de los pozos de extracción de agua subterránea están en riesgo de secarse. Por otro lado, Liu et al. (2022) señalan que el abatimiento observado en el acuífero del valle central de California, EUA, se aceleró drásticamente durante la megasequía como resultado de la continua extracción intensiva de agua por actividades agrícolas, con una marcada tendencia a la baja en el año 2019.

En este sentido, el abatimiento de los acuíferos se ha convertido en una crisis hídrica de dimensión global, especialmente en zonas áridas y semidesérticas donde el agua subterránea representa la fuente principal para todas las actividades humanas, domésticas, agrícolas e industriales. Casos de abatimiento crónico están documentados en la planicie norte de China; en la región noreste del desierto del Sahara; en el valle central de California, Estados Unidos de América; en el noroeste de la India; y en el Medio Oriente (Famiglietti y Ferguson, 2021).

Esta situación nos indica que la falta de monitoreo de nuestros acuíferos en todo el planeta ha redundado en un manejo no sostenible del agua subterránea, lo que representa una falla en el sistema de gobernanza y administración de este elemento. Esto, a su vez, representa un incremento en el riesgo de conflictos sociales, detonados por asimetrías en el acceso al agua por parte de diferentes usuarios, lo que también pone en riesgo el abasto de agua para consumo humano y, desde luego, para las actividades económicas. De esta forma, el tránsito hacia la sustentabilidad del agua subterránea pasa necesariamente por la generación de información actualizada sobre el estado de los acuíferos.

La complejidad y el costo que supone construir pozos de observación ha dificultado en todo el mundo el monitoreo adecuado del almacenamiento de agua en los acuíferos. Y no es sino hasta hace algunos años que, como resultado de un esfuerzo conjunto de la Agencia Espacial Norteamericana (NASA, por sus siglas en inglés) y la Agencia Alemana del Espacio, se lanza la misión satelital conocida como GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment), que provee de manera global y gratuita datos cruciales para conocer el estado de los acuíferos a nivel global, y que ha demostrado ser capaz de identificar zonas críticas de abatimiento de agua en todo el planeta (Rodell et al. 2018).

Esta medición que proviene de la observación del campo gravitacional de nuestro planeta, es generada a través de un par de satélites que lo monitorean y que por medio del uso de diferentes algoritmos y conocimientos de geodesia permiten relacionar cambios en este campo gravitacional (por la presencia de masas de agua) con el almacenamiento total de agua. Si bien esta información es altamente especializada y en un principio pasó por diversas pruebas, existen hoy en día productos diseñados para reducir considerablemente los errores de medición, conocidos como soluciones “Mascon”, de concentración de masa local que no requieren procesamiento adicional y que son de fácil acceso a cualquier usuario del planeta, lo que ha redundado en una poderosa herramienta para el monitoreo de la redistribución del agua a nivel regional y planetario (Scanlon et al., 2018; Eicker et al., 2016). Esto ha demostrado ser una fuente de información clave en estudios hidrológicos, de monitoreo de agua subterránea, e incluso de vulnerabilidad socioambiental (Huggins et al., 2022; Wang et al., 2020).

Dada la resolución espacial de la información, existe en todo el mundo el registro de más de 900 artículos que documentan estudios hidrológicos con estos datos satelitales, siendo China, Estados Unidos e India los países donde más se han registrado. Este número demuestra por un lado el nivel de



madurez de esta información y, por el otro, su potencial para mejorar la administración del agua subterránea y sus políticas públicas, pues su uso nos permite tener una fotografía más realista y actualizada de nuestros acuíferos y cuencas. Si bien existen algunas resistencias a utilizar este tipo de fuentes de información, la sustentabilidad del agua subterránea está bajo una amenaza multidimensional originada por los cambios en el clima y las actividades humanas no acopladas a una realidad hídrica local. Por esta razón, urge que avancemos hacia la incorporación de nuevas fuentes de información, como el almacenamiento total de agua de la misión satelital GRACE, que nos permite conocer, junto con los datos in situ, el estado de salud de nuestras cuencas y acuíferos. En México, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ha sido pionero en el uso de esta fuente de información, para conocer la evolución del almacenamiento de agua en nuestros acuíferos y para generar potentes herramientas que permitan diagnosticar la sustentabilidad hídrica de nuestro territorio (Breña-Naranjo et al., 2023). Este tipo de estudios y propuestas metodológicas, que integran información de sensores remotos y de actividades humanas en el territorio, nos permite abrir la posibilidad de cosechar beneficios de la información científica para mejorar rápidamente la toma de decisiones relativas al agua, teniendo siempre en mente salvaguardar la sustentabilidad hídrica de México y por ende nuestro futuro y el de las generaciones que nos siguen.

#### Referencias:

Breña-Naranjo, J.A., Zetina-Robleda, F.E., Soriano-Monzalvo, J.C., 2023. Rediseño del riesgo hídrico en México, Perspectivas IMTA, Num. 4. DOI: 10.24850/b-imta-perspectivas-2023-04

Dalin, C., Wada, Y., Kastner, T., Puma, M.J., 2017. Groundwater depletion embedded in international food trade. *Nature* 543 (7647), 700–704. <https://doi.org/10.1038/nature21403>.

de Graaf, I.E.M., Gleeson, T., (Rens) van Beek, L.P.H., Sutanudjaja, E.H., Bierkens, M.F. P., 2019. Environmental flow limits to global groundwater pumping. *Nature* 574 (7776), 90–94.

Eicker, A., Forootan, E., Springer, A., Longuevergne, L., Kusche, J., 2016. Does GRACE see the terrestrial water cycle “intensifying”? *J. Geophys. Res. Atmos.* 121 (2), 733–745. <https://doi.org/10.1002/2015JD023808>.

Famiglietti, B.J.S., Ferguson, G., 2021. The hidden crisis beneath our feet. *Science* 372 (6540), 344–345. <https://doi.org/10.1126/science.abh2867>.

Gleeson, T., Cuthbert, M., Ferguson, G., Perrone, D., 2020a. Global groundwater sustainability, resources, and systems in the anthropocene. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 48 (1), 431–463. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth071719-055251>.

Gleeson, T., Wang-Erlandsson, L., Zipper, S.C., Porkka, M., Jaramillo, F., Gerten, D., Fetzer, I., Cornell, S.E., Piemontese, L., Gordon, L.J., Rockstrom, J., Oki, T., Sivapalan, M., Wada, Y., Brauman, K.A., Florke, M., Bierkens, M.F.P., Lehner, B., Keys, P., Kummu, M., Wagener, T., Dadson, S., Troy, T.J., Steffen, W., Falkenmark, M., Famiglietti, J.S., 2020b. The water planetary boundary: interrogation and revision. *One Earth* 2 (3), 223–234.

Huggins, X., Gleeson, T., Kummu, M., Zipper, S.C., Wada, Y., Troy, T.J., Famiglietti, J.S., 2022. Hotspots for social and ecological impacts from freshwater stress and storage loss. *Nature Commun.* 13 (1), 439. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28029-w>.



Huggins, X., Gleeson, T., Castilla-Rho, J., Holley, C., Re, V., & Famiglietti, J. S. (2023). Groundwater Connections and Sustainability in Social-Ecological Systems. *Groundwater*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/gwat.13305>.

Jasechko, S., Perrone, D., 2021. Global groundwater wells at risk of running dry. *Science* 372 (6540), 418–421.

Liu, P.-W., Famiglietti, J.S., Purdy, A.J., Adams, K.H., McEvoy, A.L., Reager, J.T., Bindlish, R., Wiese, D.N., David, C.H., Rodell, M., 2022. Groundwater depletion in California's Central Valley accelerates during megadrought. *Nature Commun.* 13 (1) <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35582-x>.

Rodell, M., Famiglietti, J.S., Wiese, D.N., Reager, J.T., Beaudoing, H.K., Landerer, F.W., Lo, M.-H., 2018. Emerging trends in global freshwater availability. *Nature* 557 (7707), 651–659. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0123-1>.

Scanlon, B.R., Zhang, Z., Save, H., Sun, A.Y., Müller Schmied, H., van Beek, L.P.H., Wiese, D.N., Wada, Y., Long, D.i., Reedy, R.C., Longuevergne, L., Doll, P., Bierkens, M.F.P., 2018. Global models underestimate large decadal declining and rising water storage trends relative to GRACE satellite data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115 (6). <https://doi.org/10.1073/pnas.1704665115>.

Siebert, S., Burke, J., Faures, J.M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Doll, P., Portmann, F.T., 2010. Groundwater use for irrigation - a global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences* 14 (10), 1863–1880. <https://doi.org/10.5194/hess-14-1863-2010>.

UNESCO. (2015). International Initiative on Water Quality: Promoting scientific research, knowledge sharing, effective technology and policy approaches to improve water quality for sustainable development. Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000243651>.

UNESCO. (2022). Groundwater: Making the invisible visible. The United Nations World Water Development Report 2022 (Vol. 19). <https://doi.org/10.1111/1740-9713.01654>.

Wang, S., Liu, H.u., Yu, Y., Zhao, W., Yang, Q., Liu, J., 2020. Evaluation of groundwater sustainability in the arid Hexi Corridor of Northwestern China, using GRACE, GLDAS and measured groundwater data products. *Sci. Total Environ.* 705, 135829.

Foto de [SpaceX](#) en [Unsplash](#)