

Captación in situ de agua de lluvia para recarga de acuíferos en el estado de Guanajuato

Rainwater harvesting for aquifer recharge in Guanajuato

Benito Rodríguez Haros¹, Nicolás Ortega García², Rocío Rosas Vargas¹, Marilu León Andrade¹, Alejandro Ortega Hernández¹, Dulce María Reyes Barrera¹

¹Universidad de Guanajuato.

²Tecnológico Nacional de México/IT Roque.

brodriguez@ugto.mx, nog@live.com.mx, rociorv@ugto.mx, marilu@ugto.mx, a.ortega.h@ugto.mx, dm.reyes@ugto.mx

Resumen

El clamor por la sequía y la falta de agua almacenada en las presas, ha sido más frecuente en los últimos años; 2023 fue especialmente crítico para el sector primario en Guanajuato y buena parte de la República Mexicana, la falta de lluvias provocó el siniestro de grandes zonas de temporal y la pérdida de miles de cabezas de ganado; las zonas de riego se contrajeron en porcentajes variables ante los limitados volúmenes de agua almacenados en las presas; ante la reducción de las lluvias y almacenamientos, al parecer, como respuesta, se intensificó la extracción de agua de pozos, en una región, que ya de por sí, presentaba importantes descensos en los mantos freáticos agravando la sobreexplotación. En la presente investigación mediante revisión documental y, en una segunda etapa la aplicación de Sistemas de Información Geográfica se pretende identificar los puntos potenciales de recarga de los acuíferos mediante la captación de agua de lluvia *in situ*. Los resultados preliminares han permitido localizar dos estudios vinculados con la identificación de áreas de recarga en diferentes regiones del estado de Guanajuato, así mismo, se identificaron de 8 factores físico-geográficos y sociales vinculados con la infiltración en entornos naturales.

Palabras clave: ciclo hidrológico, eco hidrología, educación ambiental, conservación de recursos.

Introducción

El agua, además de ser el sustento para la vida, representa el “insumo” más importante para el desarrollo económico, social y ambiental. De acuerdo con el Banco Mundial (2023) “el agua afecta todos los aspectos del desarrollo”; de acuerdo con la misma fuente, a nivel mundial aproximadamente 2,000 millones de personas no tienen acceso a servicios seguros de agua potable; 3,600 millones carecen de saneamiento seguro y 2,300 millones carecen de infraestructura básica para lavarse las manos. La disparidad de acceso a fuentes de agua y saneamiento, así como el crecimiento demográfico, la contaminación, el uso intensivo de agua y la mayor variabilidad de las precipitaciones son factores que se entrelazan transformando el agua en uno de los mayores riesgos para el progreso económico, la erradicación de la pobreza y el desarrollo sostenible. En México, ya se recienten los efectos negativos de la falta de agua y es que en los últimos años las regiones centro y norte han vivido escasez de agua debido al aumento de las sequías (Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. [IMCO], 2024).

En una operación simple, se sabe que en 1960 se disponía de 10 mil metros cúbicos (m³) per cápita (Banco Mundial, 2018), 4 mil M³ en 2000 y 3.2 millones en 2020 y se estima que para 2030 estará por debajo de 3 mil metros cúbicos por habitante y año; de acuerdo con el IMCO, dicha situación es atribuible al deterioro y explotación de los cuerpos de agua, aumento de la población e incremento de las sequías; para el caso de Guanajuato, se sabe que existen 15,297 pozos profundos, de los cuales, se extraen alrededor de 3,824 millones de metros cúbicos (Mm³) de agua, pero solo se recarga con 2,783 Mm³, lo que implica un déficit de 1,041 Mm³ anuales; la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (2016) reporta que del total de los pozos registrados en Guanajuato el 84% se destina a la producción agrícola; 13% público urbano y el restante 3% para uso industrial; la profundidad de extracción varía entre 2 y 270 metros, el primero registrado en la región sureste y el segundo en región noroeste (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT], 2021). En la primera etapa, que aquí se presenta, mediante revisión documental se recuperaron dos estudios oficiales publicados y se describen ocho factores físico – geográficos y sociales vinculados con la infiltración intencionada de agua para la recuperación de los acuíferos. En la segunda etapa se pretende aplicar los

Sistemas de Información Geográfica y exploración directamente en campo, en primera instancia, para ubicar y describir geográficamente los puntos potenciales de recarga y posteriormente realizar el muestreo y las pruebas de campo que permitan definir el tipo de obra más adecuada para la infiltración.

Materiales y métodos

La metodología utilizada, consistió en revisión documental de publicaciones oficiales en internet libre vinculadas con la captación intencionada de agua de lluvia para la infiltración en acuíferos.

Resultados

La sobreexplotación de un acuífero se produce cuando la extracción de agua se realiza a un ritmo superior al de la infiltración o recarga natural; la condición de desbalance entre la extracción y la recarga puede dar origen a múltiples efectos negativos, entre ellos:

- a) Descenso de los niveles piezométricos, con el consiguiente incremento de altura de bombeo y de los costos de extracción
- b) Afectación de las aguas libres (ríos, lagos o humedales)
- c) La salinización de acuíferos y suelos
- d) Pérdida de la calidad del agua subterránea
- e) Hundimientos o asentamientos irregulares del terreno

Si la situación de sobre explotación se mantiene por mucho tiempo, podría ocurrir que los acuíferos afectados terminen agotándose Rodríguez (2013). En Guanajuato, la Comisión Estatal de Aguas de Guanajuato (2016) afirma que se presenta un desbalance entre el volumen de agua subterránea extraída y el volumen de agua infiltrado por un volumen aproximado de 1,041 Mm³ anuales, y que, con el paso del tiempo, si no se hace algo, se incrementará agravando la disponibilidad y acceso al agua para todos los usos. El Banco Mundial (2023) plantea una serie de acciones tendientes a mitigar, y en su caso revertir las causas que dan origen al problema, no solo de sobreexplotación, sino también de escasez de agua, entre ellas, se destaca “desarrollar obras de “infraestructura natural” que permitan reducir el impacto, a través de los servicios ecosistémicos proporcionados por cuencas y litorales saludables”; asimismo, la misma fuente afirma que “si se quiere mantener el crecimiento económico actual y reducir los efectos de la pobreza, se deberán implementar medidas precisas que permitan mitigar el efecto de la escasez del agua y propone 8 acciones concretas (Tabla 1); para el caso que presentamos, además de esas acciones, -como lo propone el Banco Mundial- se identifican ocho elementos geofísicos y sociales que influyen de manera directa en la infiltración del agua (tabla 2).



Tabla 1. Medidas propuestas para mitigar la escasez de agua.

Medidas propuestas	Descripción
Optimizar el uso del agua	Realizar mejoras en la planificación y los incentivos ayudarán a mejorar el bienestar y aumentará el crecimiento económico.
Ampliar el suministro y la disponibilidad de agua	Donde se pueda y corresponda.
Diseño de políticas públicas	Que promuevan la eficiencia en el consumo del agua y mejoren su distribución.
Responsabilidad ambiental de las economías.	Lograr que las economías puedan limitar el impacto de los fenómenos meteorológicos extremos y la incertidumbre.
Cultura del agua	Impulsar y lograr cambios sustantivos en la cultura del agua, es decir cómo se comprende, valora y gestiona el agua, en virtud de que el agua pertenece a todos.
Distribución en forma equitativa y sustentable del agua	La distribución equitativa y sostenible requiere un enfoque inclusivo.
Cooperación transfronteriza	El agua no reconoce fronteras, por tanto, se necesita la cooperación transfronteriza para compartir este recurso vital.
Inversiones en agua limpia y saneamiento	La inversión en agua limpia y saneamiento se traduce en proteger la salud humana, invertir en las personas y transformar vidas.

Fuente. Elaborado con datos del Banco Mundial (2023).

Tabla 2. Elementos físico-sociales que influyen en la recarga de los acuíferos.

Elemento	Descripción	Característica	Posibilidades de recarga
1. El clima	Precipitación y evapotranspiración. Existe una relación directa entre la precipitación- evapotranspiración y la cantidad de agua capturada por las plantas, el suelo y la posible infiltración.	Precipitación mayor que evapotranspiración (PP > EVA), teóricamente existe un exceso de lluvia que produce escurrimiento posible de infiltrar PP = EVA la precipitación se iguala a la evapotranspiración, sin embargo. Por la distribución temporal y espacial es posible la infiltración PP < EVA la precipitación es menor que la evapotranspiración, lo que produce baja posibilidad de infiltración	Alta Baja Muy baja
2. El suelo	Textura	Suelos franco-arenosos a arenosos, con tamaño de agregados o partículas de gruesos a medios, con muy rápida capacidad de infiltración (más de 25 cm/h). Suelos francos, con partes iguales de arena, limo y arcilla, con rápida capacidad de infiltración (12,7 – 25 cm/h). Suelos franco-limosos, con partículas de tamaño medio a finas, con moderada a moderadamente rápida capacidad de infiltración (2 – 12,7 cm/h). Suelos franco-arcillosos, combinación de limo y arcilla, con partículas finas, suelos pesados, con muestras de compactación, con lenta a moderadamente lenta capacidad de infiltración (0,13 – 2 cm/h) Suelos arcillosos, muy pesados, con partículas muy finas, compactados, con muy lenta capacidad de infiltración (menos de 0,13 cm/h).	Muy alta Alta Moderada Baja Muy baja

3. Uso del suelo	Las actividades que se desarrollan en la superficie del suelo serán decisivas sobre la infiltración.	Bosques donde se dan los 3 estratos: árboles, arbustos y hierbas o zacate denso Sistemas agroforestales o silvopastoriles Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo y agua Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación Terrenos agropecuarios con manejo intensivo	Muy alta Alta Moderada Baja Muy baja
4. Topografía	Pendiente.	Plano o casi plano (1-6%) Moderadamente ondulado (6-15%) Ondulado (15-45%) Escarpado (45-65%) Fuertemente escarpado (mayor de 65%)	Muy alta Alta Moderada Baja Muy baja
5. Los estratos geológicos	Disposición de los diferentes materiales geológicos en los distintos estratos o capas del suelo hasta que tienen influencia en la permeabilidad y porosidad de las rocas, hasta llegar a la zona saturada.	Rocas muy permeables, muy suaves, constituidas por cristales o agregados gruesos, con macroporos interconectados; por ejemplo, arena gruesa, piedra pómez, grava o cascajo Rocas permeables, suaves, constituidas por cristales o agregados medianos, con poros interconectados; por ejemplo, arena fina o arenisca con poca cementación Rocas moderadamente permeables, semisuaves, con regular conexión entre poros. Rocas poco permeables, un poco duras, moderadamente compactadas, constituidas por partículas finas, con presencia de fracturas interconectadas; por ejemplo, la combinación de gravas con arcillas. Rocas impermeables, duras, cementadas, compactadas, constituidas por partículas muy finas, sin presencia de fracturas.	Muy alta Alta Moderada Baja Muy baja
6. La cobertura vegetal	Disminuye la escorrentía superficial y permite mayor tiempo de contacto del agua con la superficie facilitando el proceso de infiltración.	Mayor del 80% Entre 70-80% Entre 50-70% Entre 30-50% Menos de 30%	Muy alta Alta Moderada Baja Muy baja
7. Características socioeconómicas de la microcuenca	Que prioricen implementar medidas correctivas de manejo, ordenamiento o gestión para mejorar la disponibilidad de agua.		
8. Participación de los actores locales	Es necesario reconocer y valorar los conocimientos y experiencia que tienen los habitantes de las comunidades rurales sobre el manejo del agua y concertar las posibles prácticas de intervención y su posible impacto, ya que ellos, los habitantes rurales, en tanto usufructuarios o propietarios de los terrenos deberán autorizar las acciones y cuidar las obras.		

Fuente. Elaborado con datos de Boyás et al. (2020), Portal Frutícola (2017) y Rodríguez (2013).

Algunos autores proponen la asignación de valores numéricos a las variaciones que presentan los elementos (Tabla 2) físico – ambientales - sociales considerados en la selección de puntos ideales de recarga freática; así, Boyas et al. (2020) en su estudio con la metodología de álgebra de mapas para determinar puntos de recarga artificial de agua subterránea en los acuíferos de la Subregión del Valle de México sugiere que es la suma de los factores como litología, uso del suelo, pendiente, precipitación, capacidad de infiltración y densidad de drenaje son decisivos para la selección de los puntos; por su parte Matus et al. (2009) en la obra “Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica en la cuenca del Río Jucuapa, Nicaragua” sugiere una fórmula, en la cual, considera la sumatoria de factores como la pendiente, el tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal permanente y uso del suelo como elementos decisivos para la definición de los puntos de recarga.

En el caso que presentamos, lo deseable es encontrar la incidencia de las mejores características que permitan la infiltración, así preferimos microcuencas con precipitación suficientes para producir “escurrimiento” (Figura 1) que permita la infiltración potenciada con las obras y prácticas agrológicas de

manejo de los recursos naturales; respecto a los suelos se prefieren suelos franco - arenosos a arenosos, con tamaño de agregados o partículas de gruesos a medios, con muy rápida capacidad de infiltración (más de 25 cm/h), considerados con capacidad de infiltración muy alta, sobre suelos arcillosos, muy pesados, con partículas muy finas, compactados, con muy lenta capacidad de infiltración (menos de 0,13 cm/h). Los resultados anteriores, son confirmados por estudios como el expuesto en el Portal Fruticola.com donde se exponen ampliamente los métodos para determinar la velocidad de infiltración en función de la textura del suelo, sin embargo, la metodología se aplica directamente en campo.

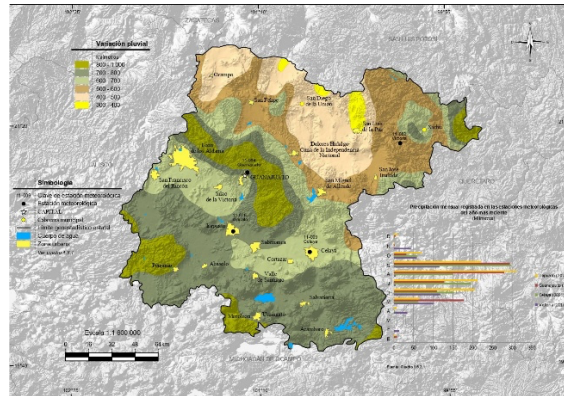


Figura 1. Distribución de la precipitación en el estado de Guanajuato.
Fuente: INEGI (2024).

Conclusiones

La aplicación de la primera fase de la metodología permitió identificar seis elementos físico-geográficos y dos elementos sociales vinculados con la selección de puntos potenciales de infiltración de agua de lluvia con fines de recarga de acuíferos y es necesario continuar con la aplicación de los sistemas de posicionamiento geoespacial, los sistemas de información geográfica y la exploración directamente en el campo.

Referencias

- Banco Mundial. (2018). Recursos de agua dulce internos renovables por cápita.
<https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.INTR.PC?end=2018&start=2018&view=map&year=2018>.
- Banco Mundial. (2023). Agua. Panorama General. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>.
- Boyás M. E., Cervantes V. G. I., & González, M. M. F. (2020). Determinación de sitios potenciales de recarga artificial de aguas subterránea en los acuíferos que conforman la subregión Valle de México. Proyecto Terminal de Geomática Aplicada. CONACyT – CentroGeo. México.
<https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/327/1/2020-PEG%20-%20Determinaci%C3%B3n%20sitios%20recarga%20agua%20subterranea%20Valle%20de%20M%C3%A9xico.pdf>.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (2021). Desarrollo estratégico. Aprovechando cada gota. <https://idp.cimmyt.org/aprovechando-cada-gota/>.
- Comisión Estatal del Agua de Guanajuato. (2016). ¿Cuántos pozos hay en Guanajuato?
https://agua.guanajuato.gob.mx/disponibilidad_2.php
- Comisión Estatal del Agua de Guanajuato. (2024). Pozos y agua subterránea.
https://agua.guanajuato.gob.mx/disponibilidad_2.php.
- Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (IMCO). (2024). Aguas en México, ¿escasez o mala gestión?
<https://imco.org.mx/situacion-del-agua-en-mexico/>.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). Aspectos geográficos de Guanajuato. Compendio 2022. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463914464.pdf
- Matus O., Faustino J., & Jiménez F. (2009). Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua. Boletín Técnico, 38. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8339>
- Portal frutícola. (2017). Infiltración del agua en el suelo. Importancia y métodos para medirla. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/09/04/infiltracion-del-agua-en-el-suelo-importancia-y-metodos-para-medirla/>.
- Rodríguez V. D. (2013). Análisis de la técnica de recarga artificial en la cubeta de Sain Andreu de la Barca Barcelona. <https://oa.upm.es/21593/>

