VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Modelos predictivos de precipitación, sequía y estrés hídrico en el estado de Guanajuato

Predictive Models for Precipitation, Drought, and Water Stress in Guanajuato State, Mexico

Aranza Yamile Hernández Zarazua, Alejandro Ortega Hernández, Yesenia Arreguín Cornejo, María Jazmin Díaz Pérez, Marilu León Andrade
Departamento de Estudios Sociales, DCSA, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato.
ay.hernandezzarazua@ugto.mx , a.ortega@ugto.mx , y.arreguincornejo@ugto.mx , mj.diazperez@ugto.mx , marilu@ugto.mx

Resumen

La problemática del agua en Guanajuato constituye uno de los principales desafíos ambientales, sociales y económicos del estado. Diversas investigaciones recientes han buscado modelar el comportamiento de la precipitación, la sequía y el estrés hídrico para estimar la disponibilidad futura de agua y evaluar la precisión de los modelos predictivos desarrollados en años anteriores. La preocupación surge porque el recurso hídrico se consume a un ritmo mayor que su capacidad natural de recarga. Actualmente, 19 de los 20 acuíferos principales presentan sobreexplotación, situación agravada por la alta demanda de agua para la agricultura y por los efectos del cambio climático, que han provocado lluvias menos frecuentes e irregulares. La disponibilidad de agua en Guanajuato depende principalmente de fuentes subterráneas, ya que los cuerpos superficiales resultan insuficientes. Además, alrededor del 86 % de los municipios experimentan niveles de estrés hídrico de medio a extremadamente alto. Esta situación se refleja en regiones como San Miguel de Allende y la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, donde el crecimiento urbano y agrícola incrementa la presión sobre los recursos disponibles. A ello se suman problemas de contaminación, conflictos por la distribución del agua y limitaciones en los mecanismos de gobernanza. La investigación utilizó información de precipitación y temperatura de los 46 municipios entre 2020 y 2025, aplicando modelos de series temporales y análisis de clúster para proyectar escenarios para 2026. Los resultados muestran que no existe una relación significativa entre temperatura y precipitación. Asimismo, las estimaciones indican una ligera mejora en los niveles de precipitación para la mayoría de los municipios, incluso en aquellos históricamente más secos. Como principal aporte se construyó un Índice de Estrés Hídrico municipal. Los resultados prevén que en 2026 el 60 % de los municipios presentará estrés hídrico moderado y el 40 % niveles altos. Aunque se observa una tendencia favorable en la precipitación, casi la mitad del estado continuará enfrentando condiciones de vulnerabilidad hídrica que requieren monitoreo y mejores modelos de gestión.

Palabras clave: agua; modelos, gestión del agua.

El problema del agua en Guanajuato

En otras investigaciones que hemos planteado (Ortega *et al.,* 2026; Capetillo *et al.,* 2025; Ortega *et al.,* 2024), comenzamos a tratar de modelar el comportamiento de la precipitación y la sequía, en aras de poder estimar la disponibilidad de agua en el estado de Guanajuato, así como un determinado índice de estrés hídrico; en este sentido, este trabajo intenta seguir modelizando el comportamiento de estas mismas variables y dar un seguimiento a los predicciones realizadas en 2025 y 2024, para determinar y comprobar la precisión de nuestros modelos y su capacidad de predicción y estimación.

En Guanajuato, el agua es un recurso natural que se está agotando mucho más rápido de lo que se recarga, a través de los mantos freáticos. De los acuíferos del estado la mayoría muestran déficits anuales importantes. Esto genera preocupación porque afecta el abastecimiento para la población, la agricultura y la industria.

Según datos recientes 19 de los 20 acuíferos principales del estado presentan problemas de sobreexplotación. La extracción constante, sobre todo para riego agrícola ha provocado que en varios lugares

ya no haya disponibilidad suficiente. Además, el cambio climático está haciendo que llueva menos o de forma más irregular, lo que agrava la situación (Rocha Díaz *et al.,* 2024).

En Guanajuato la disponibilidad de agua es limitada sobre todo porque el estado se encuentra en una zona semiárida. La mayor parte del recurso viene de acuíferos subterráneos, ya que las fuentes superficiales como presas y ríos no son suficientes para cubrir todas las necesidades. En los últimos años se ha observado una reducción importante en el volumen disponible de las presas, aunque tienen cierta capacidad, en 2020 solo se contaba con una parte de lo que se podía usar, lo que nos dice que hay presión sobre ese recurso. El estado cuenta con 20 acuíferos principales. De estos 19 presentan déficits anuales importantes, lo que significa que se extrae más agua de la que se recarga naturalmente cada año (Rocha Díaz *et al.,* 2024). La problemática es seria porque el 86% de los municipios del estado presentan un grado de estrés hídrico de medio a extremadamente alto esto afecta directamente la cantidad que se va para la gente, los cultivos y la industria.

La crisis hídrica en Guanajuato refleja una problemática ambiental, social y económica cada vez más compleja. En San Miguel de Allende, ciudad ubicada en una región de alto estrés hídrico, el acelerado crecimiento urbano, turístico y económico ha incrementado la demanda de agua potable proveniente casi exclusivamente del Acuífero del Alto Río Laja, fuente que abastece a más de 680 mil habitantes y más de mil comunidades. Esta situación ocurre en el contexto de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago, una de las más importantes y dinámicas del país.

El sistema Lerma-Chapala enfrenta fuertes presiones debido al uso intensivo del agua, especialmente para actividades agrícolas, que consumen alrededor del 80 % del recurso disponible. Aunque la población urbana de la cuenca supera los 11 millones de habitantes, solo una pequeña proporción del agua se destina al consumo humano. Los estados de Guanajuato y Michoacán concentran la mayor parte del aprovechamiento agrícola, lo que ha contribuido a conflictos por la distribución del recurso y a la disminución histórica de los niveles del lago de Chapala. En ciudades como León, donde existe un déficit anual significativo de agua, se han propuesto alternativas sustentables como la cosecha de agua de lluvia. En este contexto, la Universidad de Guanajuato plantea implementar un sistema de captación pluvial para reducir la extracción de agua subterránea y avanzar hacia una gestión más sostenible.

La agricultura continúa siendo el principal consumidor de agua a nivel mundial y regional, mientras que el crecimiento urbano e industrial incrementa la presión sobre los recursos hídricos; y algunas técnicas de ahorro del agua parecen no ser eficientes en el corto plazo para recudir el estrés hídrico. Asimismo, los distritos de riego del estado enfrentan desigualdades entre usuarios, conflictos de acceso al agua y desafíos de organización colectiva para la gestión del recurso; aunque recientemente destaca el caso del conflicto generado por la posible construcción del acueducto León-Solís.

A estos problemas se suman la contaminación del río Lerma por plaguicidas y los efectos del cambio climático, que alteran la disponibilidad y calidad del agua. La fragmentación institucional y la limitada efectividad de los mecanismos de gobernanza dificultan una gestión integral y sustentable del recurso hídrico en Guanajuato.

Así, el objetivo que se sigue en esta investigación consiste en generar un modelo de estrés hídrico, que ayude a pronosticar los niveles de estrés, al menos para 2026, que ayude a pensar, diagnóstica y planificar sobre las estrategias y modelos de gestión del recurso hídrico, en aras de no enfrentar problemas de escasez de agua en el corto plazo, dado los efectos del cambio climático.

Metodología

El análisis estadístico de la información constituye la metodología central en esta investigación, complementado con un análisis bibliográfico actual y del registro censal y estadísticas vitales, principalmente datos generados por la CONAGUA, para poder generar algunos modelos y proyecciones sobre la posibilidad de enfrentar un determinado nivel de estrés hídrico; un análisis de este tipo es un ejercicio poco frecuente dentro de las investigaciones respecto al tema. En total se tomaron observaciones, sobre precipitación y temperatura, a lo largo de lo que va del 2020 hasta 2025, desde enero hasta junio, para los 46 municipios del estado de Guanajuato, es decir, 276 observaciones sobre precipitación y temperatura en todo el estado. Con

VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

estos datos se aplicó la técnica en SPSS denominada “modelizador de series temporales” y un “análisis de clúster jerárquico”, para identificar las principales relaciones presentadas por dicho conjunto de datos, y poder generar algunos modelos sobre el comportamiento futuro del fenómeno de la sequía.

Resultados y discusión

Un primer resultado, es que no existe relación entre la temperatura y los niveles de precipitación.

Tabla 1. *Correlación entre Precipitación y Temperatura*

Correlaciones

		Temperatura	Precipitación
Temperatura	Correlación de Pearson	1	**.142**
	Sig. (bilateral)		.388
	N	39	39
Precipitación	Correlación de Pearson	**.142**	1
	Sig. (bilateral)	.388	
	N	39	39

Fuente: SMN, 2026.

En la imagen se observa una modelación de la precipitación desde 2020 a 2025, y la proyección hecha para 2026, hecho a partir de un análisis de regresión lineal. El programa estadístico permitió identificar los 10 municipios en donde en 2026 presentarían

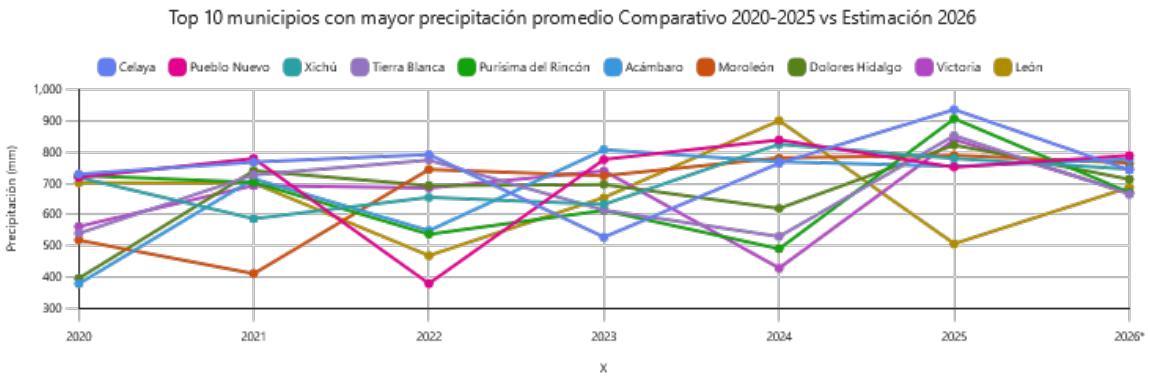


Figura 1. texto.
Fuente: SMN, 2026.

En la siguiente imagen se observa la comparación entre el promedio, de 2020 a 2025 (en azul) versus el pronóstico hecho para 2026 (en rojo), donde solamente 2 municipios, Celaya y Tierra Blanca, presentan niveles de precipitación estimados menores a los sus promedios, en los 5 años previos.

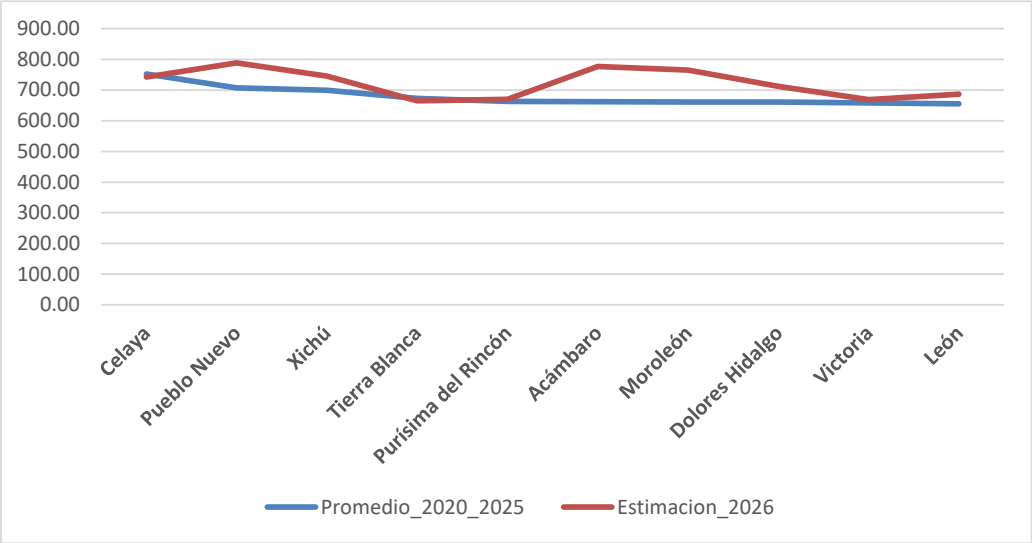


Figura 1. texto.
Fuente: SMN, 2026.

Así mismo, se modeló el nivel de precipitación en los municipios donde menos llueve, y en general en los municipios donde se ha tenido menor precipitación pluvial, para el 2026 la estimación arrojó un ligero aumento en relación a los 5 años previos; lo cual es positivo para el estado de Guanajuato, que la tendencia en la precipitación, incluso en los municipios con menores niveles, aumente para este 2026.

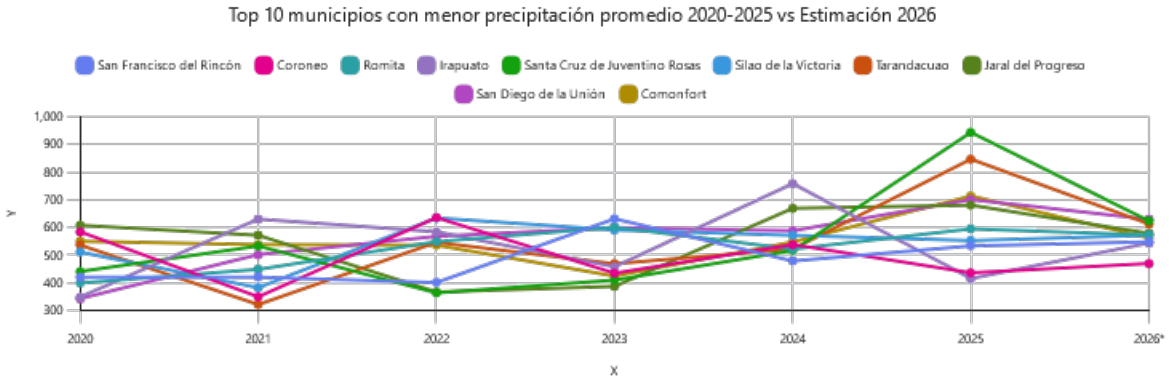


Figura 1. texto.
Fuente: SMN, 2026.

Para esta muestra de los 10 municipios con menores niveles de precipitación, sólo el municipio de Coroneo presenta niveles de precipitación estimadas menores a las del promedio de los años 2020-2025.

ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

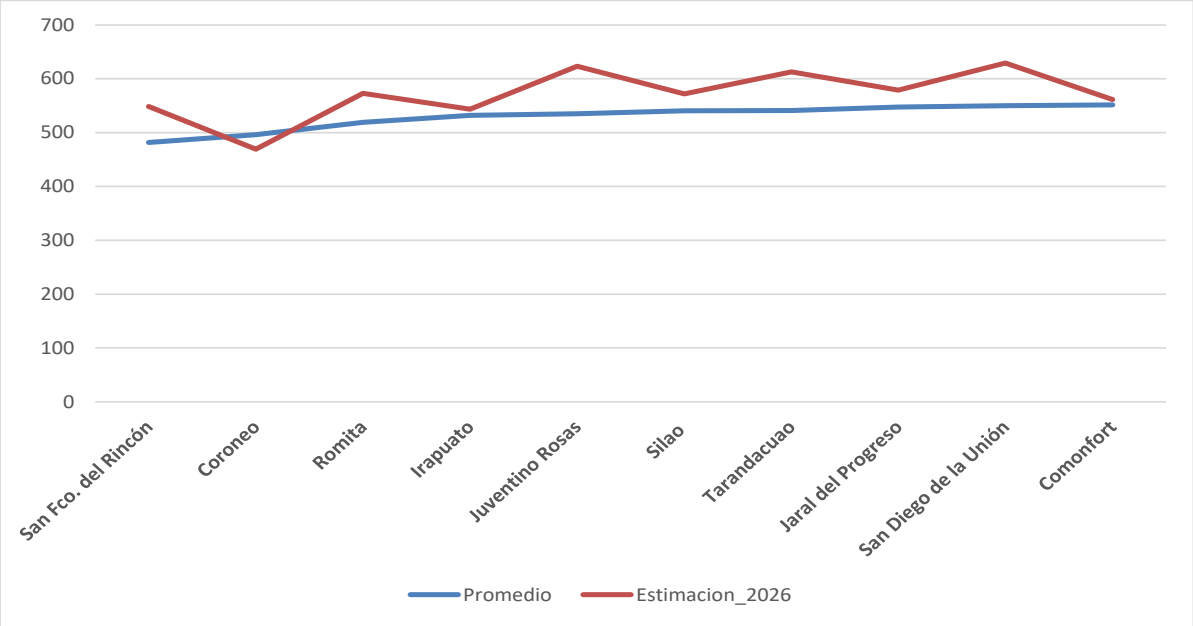


Figura 1. texto.
Fuente: SMN, 2026.

Estas últimas 4 gráficas ilustran un panorama positivo para el estado de Guanajuato, en términos de mayor disponibilidad de agua de lluvia, aliviando un poco la carga que presentan los mantos freáticos y las presas del estado, lo cual contribuye a reducir el estrés hídrico.

El principal resultado, del proceso de modelación, fue la construcción de un Índice de Estrés Hídrico (IEH) para todos los municipios del estado de Guanajuato, a partir de datos de sequía y precipitación, de 2020 a 2025, intentando modelar el comportamiento de la temperatura y los niveles de precipitación para el 2026. Tal como se indica en la siguiente figura, los municipios en color rojo presentan mayores niveles de temperatura y menor precipitación en este 2026. En realidad, casi la mitad de los municipios del estado sufren de estrés hídrico aún.

VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

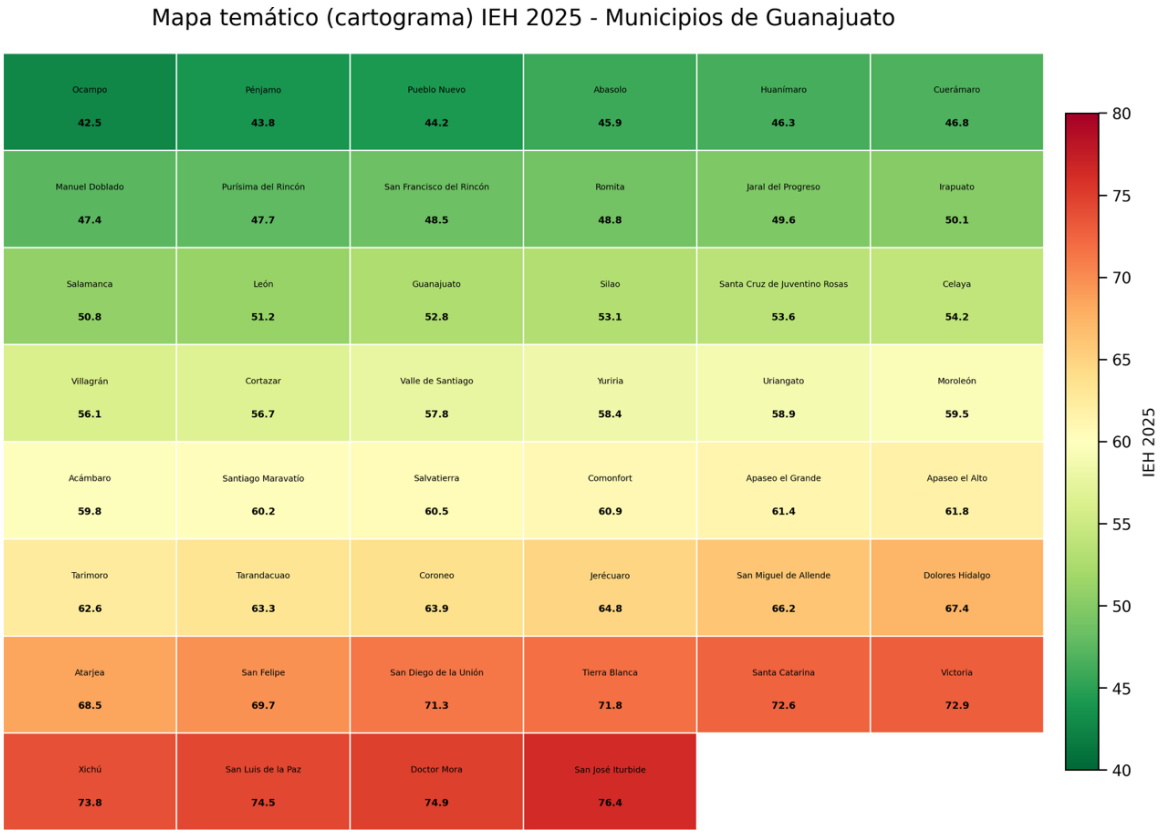


Figura 1. texto.
Fuente: elaboración propia con datos del SMN, 2026.

En un primer intento, se observa que para la mayoría de municipios, en 2026 se presentará un bajo índice de estrés hídrico, lo cual favorecerá la recarga de mantos freáticos y menores niveles de temperatura, lo que estaría implicando menores niveles de consumo de agua, sobre todo para los cultivos, sin embargo, sigue presente en la mitad de los municipios las altas temperaturas y bajos niveles de precipitación.

Tabla 1. Escala de interpretación

IEH	Categoría
0.00 – 0.20	Muy bajo
0.21 – 0.40	Bajo
0.41 – 0.60	Moderado
0.61 – 0.80	Alto
0.81 – 1.00	Muy alto

Expresado en una escala de 0 a 100, donde:

- **0** = sin estrés hídrico.
- **100** ó **1** = estrés hídrico extremo.

60% de los municipios presentarán, en 2026, un índice de estrés hídrico moderado, mientras que el restante 40% presentará un índice alto, pero sin llegar aún a ser “Muy Alto”. Así, se determinó que el corredor noreste de Guanajuato (San José Iturbide, Doctor Mora, San Luis de la Paz, Xichú, Victoria y Santa Catarina) concentra los valores más altos de estrés hídrico. Los municipios con menor IEH son Ocampo, Pénjamo, Pueblo Nuevo y Abasolo, debido a una combinación más favorable de precipitación y menor permanencia en categorías extremas de sequía. Celaya, Salamanca, León e Irapuato se ubican en un rango moderado, influenciados por precipitaciones relativamente elevadas durante 2025.

Conclusiones

El análisis estadístico de la información permite identificar, a través de la modelación, que aún en 2026 se presentará un nivel alto de estrés hídrico en casi la mitad de los municipios del estado de Guanajuato. El índice se construyó, en un primer intento, a partir de datos sobre precipitación y sequía, que son, según la literatura, algunas de las variables que más influyen en la presencia o no de estrés hídrico. En este sentido, hace falta monitorear el comportamiento del estrés hídrico, así como de las variables que inciden en él; así como afinar aún más los instrumentos de predicción e incorporar más variables que ayuden a generar mejores modelos predictivos.

Referencias

Capetillo Cisneros, E. A., Díaz Pérez, M. J., Ortega Hernández, A., León Andrade, M., & González García, E. M. (2025). Modelos predictivos de precipitación y estrés hídrico en el estado de Guanajuato y estrés hídrico en el estado de Guanajuato. *JÓVENES EN LA CIENCIA,* 37, 1-11. https://doi.org/10.15174/jc.2025.4897

Ortega Hernández, A., León Andrade, M., & Rosas Vargas, R. (2026). El acueducto Solís-León: un análisis desde las Ciencias Sociales. *JÓVENES EN LA CIENCIA,* 41, 1-7. https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/5159.

Ortega Hernández, A., León Andrade, M., Rosas Vargas, R., & Rodríguez Haros, B. (2024). Modelos predictivos del estrés hídrico y precipitación en el estado de Guanajuato. *JÓVENES EN LA CIENCIA,* 29, 1-7. https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4622.

Rocha Díaz, D. A., Ruiz Chávez, F. D., Gutiérrez Pérez, J. A., & Orozco Medina, I. (2024). Evaluación del estrés hídrico en el estado de Guanajuato considerando las demandas y la disponibilidad de las fuentes a través del índice de escasez hídrica. Acta Universitaria, 34, 1-14. https://doi.org/10.15174/au.2024.4035.

Servicio Meteorológico Nacional. (2026). Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. Recuperado el 27 de julio de 2026, de Servicio Meteorológico Nacional.