

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

Predictive models of precipitation and water stress in the state of Guanajuato

Capetillo Cisneros Emili Andrea ¹, Díaz Pérez María Jazmín ², Ortega Hernández Alejandro ³, León Andrade Marilu⁴, González García Eduardo Miguel ⁵

¹Universidad de Guanajuato
ea.capetillocisneros@ugto.mx

²Universidad de Guanajuato
mj.diazperez@ugto.mx

³Departamento de Estudios Sociales, DCSA, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato.
a.ortega@ugto.mx

⁴Departamento de Estudios Sociales, DCSA, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato.
marilu@ugto.mx

⁵Departamento de Estudios Multidisciplinarios, DICIS, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato.
em.gonzalez@ugto.mx

Resumen

Durante el primer semestre de 2025, el estado de Guanajuato experimentó una disminución relativa en la intensidad de la sequía en comparación con el mismo periodo de 2024. No obstante, la mayoría de los municipios continúa enfrentando algún grado de afectación por este fenómeno. Mediante un análisis clúster basado en datos quincenales de sequía, se identificaron dos grupos principales: uno conformado por los municipios de Acámbaro, Moroleón y Tarandacua, que presentaron condiciones más favorables, y otro integrado por los 43 municipios restantes, los cuales registraron niveles de sequía anormal.

A pesar de la ligera mejora en 2025, los modelos de pronóstico indican que para 2026 podría haber un incremento en los niveles de sequía en aproximadamente una tercera parte del estado. Esta situación agravaría el estrés hídrico, especialmente en municipios con alta densidad poblacional y actividad económica significativa. Un caso destacado es el municipio de León, que proyecta la construcción de un acueducto desde la presa Solís, con una inversión estatal de 15 mil millones de pesos, para abastecer de agua a varias ciudades clave del estado. Sin embargo, persisten dudas sobre la sostenibilidad de la cuenca hidrológica de la presa Solís ante la creciente demanda. Aunque en 2025 la presa ha mantenido niveles de almacenamiento entre el 80% y 90% de su capacidad, no se prevé una disminución significativa en los niveles de sequía para el próximo año. En conclusión, el fenómeno de la sequía en Guanajuato se mantiene como un problema estructural, cuya persistencia exige la implementación de políticas públicas integrales que garanticen el acceso equitativo al agua, especialmente en un contexto de cambio climático y creciente presión sobre los recursos hídricos.

Palabras clave: Acueducto de la Presa Solís, Agua; Estrés Hídrico, Sequía.

Introducción

El agua es uno de los mayores desafíos del siglo XXI, ya que es muy esencial para la producción agrícola y constituye el elemento vital de los ecosistemas. La carencia de agua de forma no habitual no siempre significa sequía; pues si es común es que en una zona se presente un tiempo prolongado de varios meses sin lluvia puede ser que se trate de una época de seca. La sequía agrícola se refleja en una afectación de los rendimientos agrícolas, que será más o menos significativa en dependencia de las propias características del evento (duración, intensidad, etc.), las características del suelo, del cultivo y las prácticas agrotécnicas empleadas, principalmente la disponibilidad o no de sistemas de riego, o sea, no se trata de un fenómeno absoluto sino relativo a las condiciones concretas del momento y lugar, por lo cual las medidas para enfrentarlas deberán estar condicionadas a esto. El manejo del riego en condiciones de sequía agrícola debe por tanto partir de las condiciones de estrés hídrico a que está sometido cada cultivo específico, y sobre esa

base aplicar criterios que permitan un uso lo más eficiente posible del agua disponible (Bonet P., Rodríguez C., Guerrero P., & Hernández LL., 2013).

Actualmente, la dinámica económica pujante de los diferentes sectores del estado de Guanajuato, impulsada por su tradición agrícola, que provee tanto al mercado interno como externo, la industria, sobre todo lo automotriz y sus cadenas de proveeduría, ejercen una fuerte presión sobre la disponibilidad actual de agua, recurso de por sí escaso y que enfrenta una creciente demanda; así mismo, en los últimos años se ha enfrentado un proceso de sequía e incremento de la temperatura cada vez mayor; lo que se concretiza en una suerte de crisis y escasez del agua.

El estrés hídrico es un fenómeno cada vez más extendido que provoca un deterioro de los recursos de agua dulce, en términos de cantidad (acuíferos sobreexplotados, ríos secos, lagos contaminados) y de calidad (eutrofización, contaminación de la materia orgánica, intrusión salina). Esto ocurre cuando la demanda de agua es más grande que la cantidad disponible que hay durante un periodo de tiempo, cuando hablamos del aprovechamiento del agua con respecto a la superficie agrícola de un territorio, se refiere a la cantidad de agua destinada para esa actividad, sea aprovechada o no (Piñón Abraham & González Piedra, 2014)¹.

En este sentido, esta investigación asocia el fenómeno del estrés hídrico a las variaciones en la variable sequía, la cual hace aumentar o disminuir el estrés hídrico. Por lo que el objetivo aquí será generar algunos modelos predictivos de la sequía, lo que nos permitirá determinar el comportamiento del estrés hídrico.

Sequía en México y el Mundo

En regiones semiáridas del planeta es de gran importancia evaluar el grado de estrés hídrico la que se someten las fuentes de abastecimiento debido a la baja disponibilidad de agua. La escasez hídrica tiene lugar cuando la demanda supera el suministro de agua dulce en un área determinada, la escasez hídrica cambia con el tiempo a consecuencia de la variabilidad hidrológica natural, pero varía aún más en función de los modelos existentes de gestión, planificación y política económica.

Hasta mediados de junio, menos de la mitad del país se veía afectado por la sequía, lo cual constituía un panorama alentador, tanto para la población como para el desarrollo de las diferentes actividades económicas, sobre todo de aquellas que dependen más del vital líquido. Para el caso del estado de Guanajuato, a junio del presente año este ya se consideraba “sin sequía”, según datos oficiales, pese a que muchas de las presas aún se encontraban por debajo del 50% de su capacidad.

¹ Texto texto texto

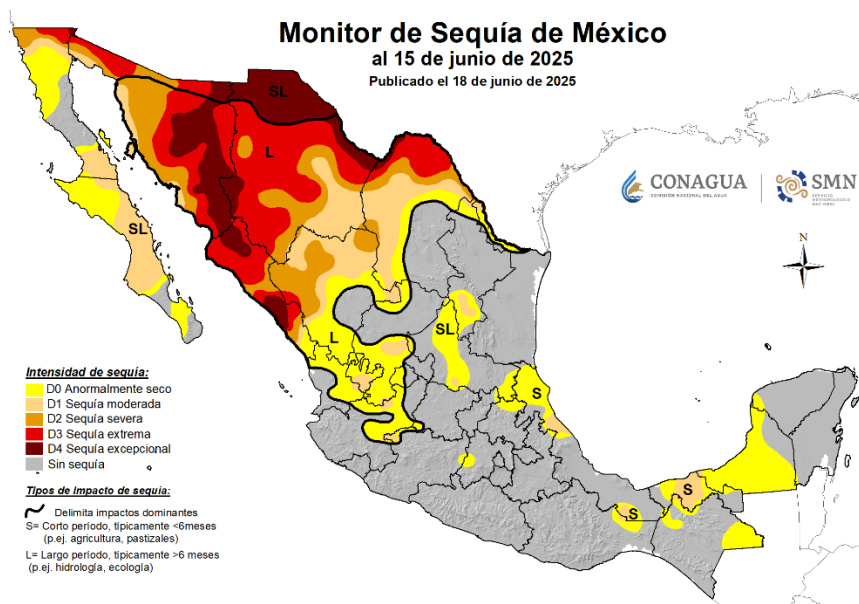


Figura 1. Comportamiento puntual de la sequía en México.
Fuente: CONAGUA, 2025.

A partir de 38 observaciones, correspondientes a 4 años, se encontró que los pronósticos para el estado de Guanajuato no seguían una distribución normal, es decir, que hay algunos meses en los cuales se concentran las lluvias, lo que dificulta aún más la capacidad de predicción y de estimación; presentándose máximos de 208 mm y mínimos de .80 mm por mes (Ortega et al, 2024).

El 43% de la superficie del estado de Guanajuato se caracteriza por un clima seco y semiseco en la región norte, el 33% por un clima cálido subhúmedo en la parte suroeste y el 24% restante por un clima templado subhúmedo. La temperatura promedio más alta oscila los 30°C, la cual se presenta en los meses de mayo y junio, y la más baja oscila los 5.2°C en el mes de enero.

Las precipitaciones se presentan en verano, principalmente en los meses de junio a septiembre. La precipitación acumulada media anual del estado es de 605 mm. Con base en la red de estaciones meteorológicas de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG), se tiene una evapotranspiración media anual de 765 mm. Es importante comentar que el estado está constituido por 46 municipios, con una población que varía de los 5296 a 1 721 215 habitantes

El mayor uso consuntivo en el estado es el agrícola. Y es que en el estado de Guanajuato se tiene una superficie agrícola de 1 231 000 ha. Dos terceras partes del área agrícola tienen un régimen de humedad de temporal, en tanto que la tercera parte restante (437 000 ha) cuenta con riego. De la superficie con riego, aproximadamente 250 000 ha (20% del total de la superficie agrícola) utilizan agua subterránea. Por otra parte, las 187 000 ha restantes del área agrícola con riego (15%) usan agua de fuentes superficiales, como son: presas, bordos y pequeñas obras de irrigación. (Rocha, 2025).

Los periodos de sequía generan estrés en las plantas, desencadenando reacciones que pueden culminar en una reducción considerable del rendimiento. A fin de reducir estas afectaciones, existen protocolos de selección de variedades tolerantes con base en el perfil genético, dada la importancia de generar materiales con un alto grado de tolerancia al estrés hídrico y potencial productivo, la identificación de caracteres morfológicos y fisiológicos asociados con la tolerancia a la sequía puede ser un criterio para seleccionar genotipos con dicho carácter en cultivos de importancia agroalimentaria como el frijol. Si bien la magnitud de la respuesta al estrés hídrico varía entre las diferentes variedades de esta especie, una respuesta común en condiciones de sequía corresponde al aumento en la formación de raíces con el fin de explorar el sustrato en busca de agua, dicha respuesta fue más evidente en la etapa V, el incremento en PV, PS, BM y C60 fue de

153.3%, 277.8%, 440.0% y 20.0%, respecto sus tratamientos de riego. (Montero-Tavera, Gutiérrez-Benicio, Mireles y Aguirre, 2019).

Una de las principales razones esgrimidas para justificar ciertas políticas hídricas en Guanajuato ha sido el hacer un uso más eficiente del agua disponible, escasa y de fuentes sobreexplotadas, al utilizarla en actividades que generan productos con mayor valor agregado, esperando que las industrias proporcionaran una mejora en la economía de los municipios y de sus trabajadores al contratarse en ellas, además de reducir la sobreexplotación de los recursos hídricos. En el caso de los acuíferos, el 80% de su agua se considera de buena calidad y el otro 20% una calidad media, lo que refleja su importancia. (Flores y Morales, 2020).

En paralelo con lo citado anteriormente, los estudios sobre la sequía en el país han despertado el interés de diversos especialistas, destacando los trabajos realizados por los geofísicos, geógrafos, historiadores y biólogos; por otra parte, el panorama general que se ha presentado sobre el desarrollo de las observaciones de los fenómenos atmosféricos en México (como las realizadas por la CONAGUA), permite establecer que las fuentes de datos son de dos tipos: por un lado, se tienen los registros periódicos de las estaciones meteorológicas; y por otro, se tienen los archivos con documentación sobre la ausencia de lluvia.

Las sequías en el siglo pasado han sido estudiadas principalmente por Enrique Flores Cano, Guillermo Padilla y Luis Rodríguez, ya que en la sequía de 1877 afectó, según Padilla, los estados de Michoacán, Guanajuato, Veracruz, Coahuila y Durango. Es importante resaltar que en este año se funda el Observatorio Meteorológico Central en la Ciudad de México y con ello nace la primera red permanente de observaciones en provincia. A partir de este momento, las sequías se pueden correlacionar mejor con los datos de archivo; por ejemplo, al comparar los registros de lluvia de ese año, con la de años posteriores, se aprecia que en los observatorios de Colima, Guadalajara, Guanajuato, León, Ciudad de México, Oaxaca, Pabellón, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tacubaya, Teziutlán, Toluca y Tuxpan, se presentaron lluvias por debajo del promedio anual, aunque la inestabilidad política, económica y social que agobió al país durante gran parte del siglo XIX, ocasionó que las sequías tuvieran efectos semejantes o más desastrosos que en el periodo Colonial; según Florescano, una prueba de que este fenómeno tuvo un impacto fuerte sobre la política, lo representa el periodo, las sequías también tuvieron repercusiones ambientales, entre los casos mejor documentados, se encuentran los efectos que tuvo la falta de lluvia, en relación con la desecación de los lagos cercanos a la Ciudad de México, ya que por ejemplo, durante la sequía de 1877 el vaso del lago de Texcoco casi se secó por completo (Carlos, 2005).

Estrés Hídrico

El estrés hídrico se define comúnmente por la relación entre las extracciones anuales totales de agua dulce y la disponibilidad hidrológica.

El método de escasez requiere del cálculo del índice de estrés hídrico, del grado de presión hídrica y de este último en base a la precipitación anual, aunque este es solamente uno de los muchos métodos que existen para medir el estrés hídrico, por lo que el estudio de esta última variable no se agota con él, por lo que puede proponerse y desarrollarse diversos métodos para cuantificar los niveles de estrés hídrico, para diferentes objetos de estudio. Cuando la huella de agua está orientada al estrés hídrico, se integra el volumen total del líquido utilizado y los impactos ambientales provocados en la elaboración de un producto. En la zona costera de San Blas, el recurso hídrico no se encuentra en estrés, pues existe una buena disponibilidad. La huella de agua por el método de escasez se puede considerar como un indicador de la proporción de las extracciones anuales y la disponibilidad de agua; permite realizar comparaciones de la presión a la que se encuentra sometido el recurso hídrico entre zonas, regiones y países. (Bueno y Marcelaño, 2019).

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 11 observaciones a lo largo de lo que va del 2025, desde enero hasta junio, para los 46 municipios del estado de Guanajuato, es decir, 506 datos sobre sequía en todo el estado. Con 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.

Es importante indicar que las predicciones se hicieron tomando en cuenta solamente las 11 mediciones que actualmente existen para 2025; cabe mencionar que esta es solamente una técnica y modo de proceder muy particular y no exhaustivo que puede perfeccionarse.

Resultados y discusión

El primer semestre de 2025, para el estado de Guanajuato, ha resulta ser menos seco, que el mismo periodo, pero de 2024, pese a que se sigue presentando el fenómeno de la sequía extrema en la mayoría de los municipios guanajuatenses.

En el caso de la figura 2, se observan 2 grupos bien diferenciados, el primero, integrado por los municipios de Moroleón, Tarandacuao y Acámbaro, quienes se han visto menos afectados por el fenómeno de la sequía; el resto de los municipios, 43 para ser exactos, en lo que va del 2025 han presentado algún tipo de afectación por sequía; algunos más que otros, pero la casi totalidad de los municipios de Guanajuato presenta algún grado de afectación por el fenómeno de la sequía; esta situación es grave, ya que la sequía no es un fenómeno estático, sino que puede ir en aumento o disminuir, como el en caso de 2024 a 2025, que disminuyó; pero como veremos en la última figura y tabla, algunos municipios del estado podrían presentar un aumento aún mayor de la sequía, presentando al mismo tiempo un estrés hídrico aún mayor; lo que aumenta el reto de garantizar los niveles promedio de disponibilidad de agua en la entidad, sobre todo en aquellas más pobladas y con mayor concentración de actividades económicas.

Tabla 1. *Comportamiento de la sequía, para los 46 municipios del estado de Guanajuato, 2025.*

CVE_MUN	15-ene-25	31-ene-25	15-feb-25	28-feb-25	15-mar-25	31-mar-25	15-abr-25	30-abr-25	15-may-25	31-may-25	15-jun-25
001	D1	D1	D1	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D5
002	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D0	D0	D1	D5
003	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D5	D5
004	D0	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D5	D5
005	D0	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D5	D5
006	D5	D5	D0	D5	D5	D5	D0	D1	D1	D5	D5
007	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D0	D5
008	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D0	D5
009	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D5	D5
010	D5	D0	D0	D5	D5	D0	D0	D0	D0	D5	D5
011	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D0	D5
012	D1	D1	D1	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D0	D5
013	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D5	D5
014	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D5	D5
015	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D5	D5
016	D5	D0	D0	D5	D5	D5	D0	D0	D0	D0	D5
017	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D5
018	D5	D0	D0	D5	D5	D0	D0	D1	D1	D1	D5
019	D0	D1	D1	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D0	D5
020	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D5	D5
021	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D0	D0	D0	D5
022	D0	D0	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D5	D5
023	D0	D0	D0	D5	D5	D0	D1	D1	D1	D0	D0
024	D5	D0	D0	D5	D5	D0	D0	D0	D0	D5	D5
025	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D0	D5
026	D1	D1	D1	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D5	D5
027	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D0	D5
028	D5	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D5
029	D1	D1	D1	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D0	D5
030	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D0	D5
031	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D5	D5
032	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D5	D5
033	D0	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D0	D0
034	D5	D0	D0	D5	D5	D0	D1	D1	D1	D5	D5
035	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D5	D5
036	D5	D0	D0	D5	D5	D0	D0	D1	D1	D1	D5
037	D1	D1	D1	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D5	D5
038	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D0	D0	D5	D5
039	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D5
040	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D5	D5
041	D5	D0	D0	D5	D5	D5	D5	D0	D0	D0	D5
042	D5	D0	D0	D5	D5	D0	D0	D1	D1	D0	D5
043	D5	D5	D0	D0	D0	D0	D1	D1	D1	D0	D5
044	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D5	D5
045	D5	D5	D0	D5	D5	D5	D0	D1	D1	D5	D5
046	D5	D0	D0	D5	D5	D0	D0	D1	D1	D1	D5

Tabla 2. Comportamiento de la sequía, para los 46 municipios del estado de Guanajuato, 2024

CVE_MUN	15-ene-24	31-ene-24	15-feb-24	29-feb-24	15-mar-24	31-mar-24	15-abr-24	30-abr-24	15-may-24	31-may-24	15-jun-24	30-jun-24	15-jul-24	31-jul-24	15-ago-24	31-ago-24	15-sep-24	30-sep-24	15-oct-24	31-oct-24	15-nov-24	30-nov-24	15-dic-24	31-dic-24
001	D3	D3	D3	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D2	D1	D1	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
002	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D1	D0	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
003	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D4	D4	D3	D3	D2	D1	D5	D5	D5	D0	D0	D0	D0	D0
004	D1	D1	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D3	D3	D3	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D1
005	D1	D1	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D3	D3	D3	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0
006	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D1	D0	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
007	D1	D1	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D2	D2	D1	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D0
008	D3	D3	D3	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D2	D2	D1	D5	D5	D5	D5	D5	D0	D0	D1
009	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D2	D2	D1	D5	D5	D5	D5	D5	D0	D0	D0
010	D1	D1	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D4	D4	D4	D3	D2	D2	D0	D0	D0	D0	D5	D5	D5	D0
011	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D0	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D0
012	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D2	D2	D1	D0	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
013	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D4	D4	D2	D2	D2	D2	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D0	D0	D0
014	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D3	D3	D3	D3	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
015	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
016	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D2	D1	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
017	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D2	D2	D2	D1	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
018	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D2	D2	D2	D1	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
019	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D3	D3	D3	D1	D0	D0	D1	D1	D0	D0	D1
020	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
021	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D2	D1	D1	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
022	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D2	D2	D2	D0	D5	D5	D0	D0	D0	D0	D0
023	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
024	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D2	D2	D0	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
025	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
026	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D2	D1	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0
027	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D1	D1	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D0
028	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D1	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
029	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D4	D4	D3	D3	D3	D3	D3	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
030	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
031	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
032	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D4	D4	D3	D3	D2	D2	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D0	D0	D0
033	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D3	D3	D2	D2	D1	D0	D5	D5	D5	D0	D0	D0	D0
034	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D4	D3	D1	D1	D0	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
035	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D3	D1	D1	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D0
036	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D2	D2	D1	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
037	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D1	D0	D0	D0	D0	D0	D0	D0
038	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D1	D0	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
039	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D4	D3	D1	D1	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D0
040	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D2	D2	D1	D1	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D0
041	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D2	D1	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
042	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D2	D1	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
043	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D2	D2	D1	D1	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D0	D0	D5
044	D1	D1	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D0	D0	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D0
045	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D1	D0	D0	D0	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5
046	D3	D3	D3	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D2	D2	D1	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5

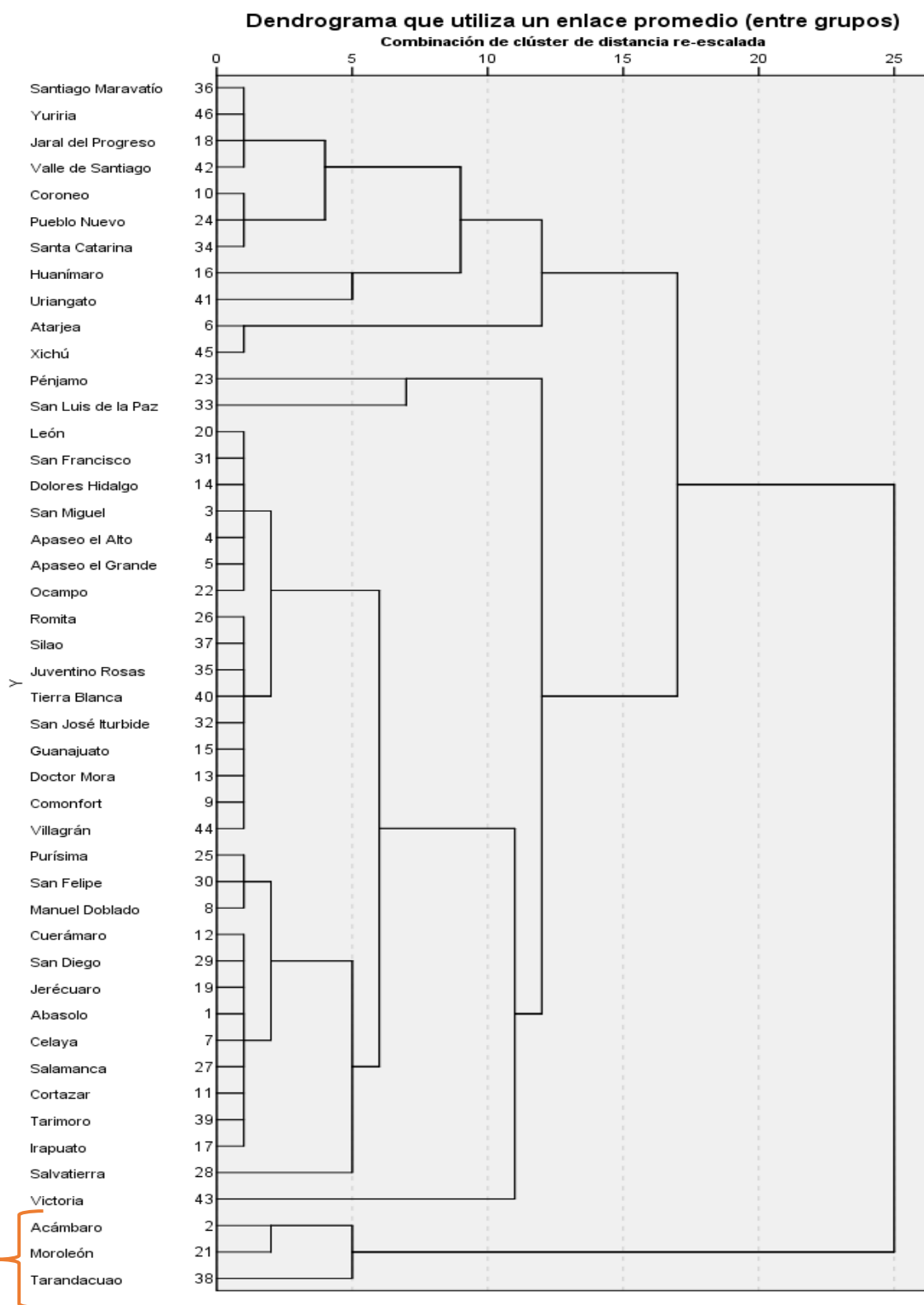


Figura 2. Análisis clúster para los 46 municipios de Guanajuato respecto al comportamiento de la sequía, 2025.

El anterior gráfico, también conocido como dendograma, muestra la conformación de clústeres o grupos en función de ciertas características o variables; que para nuestro caso se construyó a partir de datos del fenómeno de la sequía, para 2025 con 11 observaciones en lo que va del año, para los 46 municipios del estado de Guanajuato. En este sentido, en la anterior figura se observan, de inicio analizando la imagen de derecha a izquierda en sentido horizontal, 2 grandes grupos; el primero de ellos conformado por los municipios de Acámbaro, Moroleón y Tarandacuao, quienes en lo que va del 2025 han presentado mayores registros de la categoría “sin sequía”, según la clasificación de la CONAGUA. El resto de los 43 municipios, han presentado en general “una sequía anormal”. Si bien 2025 ha sido un año menos seco que 2024, sigue presentándose un fenómeno de ausencia de lluvias lo que agudiza el problema del estrés hídrico en todo el estado de Guanajuato. En el caso del 2024, lo predominante a lo largo del estado de Guanajuato fue una sequía extrema, en casi todos los 46 municipios que conforman la entidad.

A partir de los datos de sequía, generados quincenalmente desde enero de 2025 a junio del mismo año, se calculó un pronóstico del comportamiento de la sequía para 2026, para todos los municipios del estado de Guanajuato; resultando que el pronóstico, para algunos municipios, es que aumenten los niveles de sequía, como en el caso de los siguientes 15 municipios, casi una tercera parte del estado de Guanajuato:

Tabla 3. Municipios del estado de Guanajuato en los que se espera que aumente el fenómeno de la sequía durante 2026.

Municipio	Pronóstico
León	Aumento de la sequía
Guanajuato Capital	Aumento de la sequía
San Miguel de Allende	Aumento de la sequía
Apaseo el Alto	Aumento de la sequía
Apaseo el Grande	Aumento de la sequía
Comonfort	Aumento de la sequía
Doctor Mora	Aumento de la sequía
Dolores Hidalgo	Aumento de la sequía
Ocampo	Aumento de la sequía
San Francisco del Rincón	Aumento de la sequía
San José Iturbide	Aumento de la sequía
Juventino Rosas	Aumento de la sequía
Tarimoro	Aumento de la sequía
Tierra Blanca	Aumento de la sequía
Villagrán	Aumento de la sequía

Esto implicará un aumento en los niveles de estrés hídrico y por ende un aumento en los requerimientos de agua en estos municipios. Llama la atención el caso del municipio de León, quien tiene en puerta la construcción de un acueducto, para llevar agua desde la presa Solís, Acámbaro, y que implicará una inversión de \$ 15'000'000'000 de pesos, por parte del gobierno del estado de Guanajuato; dicho proyecto consiste en obtener 119.91 millones de m³/año desde la presa Solís para ser conducidos a la zona urbana de los municipios de León, Celaya, Irapuato, Salamanca y Silao, Guanajuato. Aquí también resalta el hecho de saber hasta qué punto la cuenta hidrológica a la que pertenece la Presa Solís resistirá la demanda de agua de las principales ciudades del estado de Guanajuato; en este sentido, serán necesarias toda una serie de acciones, estrategias y políticas para garantizar el abasto suficiente de agua en el estado de Guanajuato, para poder garantizar el abasto de agua no sólo para las zonas urbanas, sino para la industria y la agricultura, que sigue siendo una actividad económica muy dinámica pese al avance de diversos sectores industriales, tales como el automotriz. Aunque en lo que va del 2025, la presa Solís ha estado entre un 80 y 90 por ciento

de su capacidad de almacenamiento, llegando en marzo de este año a un total de 653 millones de litros, mientras en marzo alcanzó un total de 739 millones de litros.

Cabe mencionar que ninguna estimación mostró un descenso en los niveles de la sequía, manteniendo en el mismo nivel que el que se ha presentado en 2025.

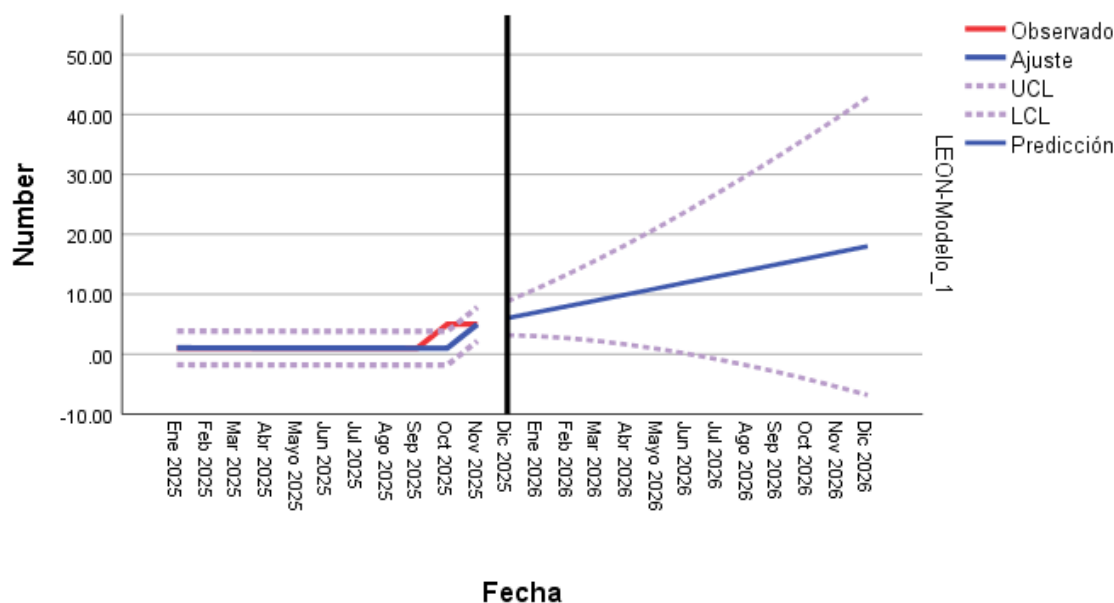


Figura 3. Pronóstico de la sequía para el municipio de León, Gto., 2026.
Fuente: elaboración propia, 2025.

Conclusiones

Si bien en lo que va de 2025 se ha atenuado el fenómeno de la sequía, y con ello el fenómeno del estrés hídrico, los modelos generados para cada municipio permitieron generar escenarios en los que durante 2026 los niveles de sequía podrían aumentar, acrecentando el estrés hídrico ya existente; esta situación afectaría a casi una tercera parte del estado de Guanajuato. Y Ante el cambio climático, y sus diversos efectos perniciosos, la sociedad y sus instituciones deberán emprender acciones más concretas y que beneficien a las mayorías más vulnerables.

Y tal como lo suponíamos al inicio de esta investigación, el fenómeno de la sequía es persistente, al menos para el siguiente año, 2026, por lo que el estrés hídrico seguirá siendo recurrente en todo el estado de Guanajuato.

Bibliografía/Referencias

- Aguirre, Y. O. (Enero-Junio de 2013). EL DESPLAZAMIENTO DE LOS PISOS TÉRMICOS Y EL LENGUAJE SEMIÓTICO DE LAS. Revista Luna Azul, núm. 3c., pág. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321728584005>.
- Alba, F., C Cruz Hernández, C. (2013). Potencialidades conflictivas del stress hídrico: ¿Las resistencias sociales desbordan territorios en. Bucaramanga: Redalyc.org.

- Alicia N. Martínez y Adriana N. (Julio de 2011). SIGNIFICADO DEL RECURSO HÍDRICO PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Revista Geográfica de América Central, vol. 2., pág. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451744820761>.
- Bonet P., C., Rodríguez C., D., Guerrero P., P., C Hernández LL., J. (2013). Manejo del riego en condiciones de sequía. Estudio de caso. La Habana: redalyc.org.
- Bueno Pérez, S. E., C Marceleño Flores, S. (2019). Implementación del método de escasez en la determinación. México: redalyc.org.
- Carlos, C. S. (Abril de 2005). Las sequías en México durante el siglo XIX. Investigaciones Geográficas (Mx), pág. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56905609>.
- Castillo Ávalos, Yerko Rovira y Pinto Adriano. (Septiembre de 2013). Eficiencia hídrica en la vivienda. Tecnología y Ciencias del Agua, vol. IV, núm. 4., pág. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353531984011>.
- David Alonso Rocha Díaz, F. d. (7 de Marzo de 2025). 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. Obtenido de SCielo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662024000100142.
- Flores Casamayor, H., & Morales Martínez, J. (Diciembre de 2020). El modelo económico y su influencia en el desarrollo sustentable de cinco municipios de Guanajuato. Acta Universitaria, vol. 30, pág. <https://www.redalyc.org/journal/416/41669751022/41669751022.pdf>.
- González Robaina, F., Herrera Puebla, J., Hernández Barreto, O., C López Seijas. (2012). Base de datos sobre necesidades hídricas. La Habana: redalyc.org.
- Índice de escasez hídrica. Obtenido de SCielo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662024000100142.
- López López, R., Arteaga Ramírez, R., Vázquez Peña, M. A., C López Cruz, I. (2009). Índice de estrés hídrico como un indicador del momento de riego en cultivos agrícolas.
- March, H., Hernández, M., C Saurí, D. (2015). Percepción de recursos convencionales y no convencionales en áreas sujetas a estrés. Santiago: Redalyc.org.
- Montero-Tavera, V., Gutiérrez-Benicio, G. M., Mireles-Arriaga, A. I., & Aguirre-Mancilla, C. L. (2019). Efectos fisiológicos del estrés hídrico en. Obtenido de Acta Universitaria, vol.29: <https://www.redalyc.org/journal/416/41659210009/41659210009.pdf>.
- Ortega Hernández Alejandro, M. L. (12 de Noviembre de 2024). Modelos predictivos del estrés hídrico y precipitación en el estado de Guanajuato. Obtenido de Jóvenes de la ciencia: <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4622#:~:text=Actualmente%2C%20la%20din%C3%A1mica%20econ%C3%B3mica%20pujante%20de%20los%20diferentes,una%20suerte%20de%20crisis%20y%20escasez%20del%20agua>.
- Óscar, M. V. (26 de Julio de 2001). Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. Investigaciones Geográficas (Esp), pág. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17602604>.
- Pablo Andrés Pineda Capacho1, A. M. (2007). Evaluación del impacto de la urbanización y el cambio climático sobre la recarga de aguas subterráneas y el balance hidrológico en la subcuenca del río Turbio, Guanajuato. Acta Universitaria Multidisciplinaria Scientific Journal, pág. <https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/3485/3784>.
- Piñón Abraham, N., C González Piedra, I. (2014). Indicadores de los recursos hídricos de Cuba: análisis de la distribución territorial según. La Habana: redalyc.org.
- René, L. S. (05 de Septiembre de 2016). El monitor de la sequía en México. Tecnología y Ciencias del agua , pág. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353549829012>.