

# Sed de respuestas: explorando los misterios detrás de las sequías

## *Thirst for answers: exploring the mysteries behind droughts*

*Cedrela Cosmes Martínez y René Ventura Houle*

### Resumen

Las sequías son fenómenos naturales que tienen consecuencias significativas para los seres humanos. Según un estudio de la Organización Mundial Meteorológica, las sequías han causado pérdidas globales superiores a los 250 mil millones de dólares y la muerte de 650,000 personas en un período de 50 años. Aunque en redes sociales y medios convencionales se encuentran diversos contenidos sobre experiencias personales, noticias y fotografías relacionadas con las sequías, hay una falta de difusión sobre los fenómenos meteorológicos que las originan. Entre estos fenómenos destacan “El Niño Oscilación del Sur” (ENOS), las células de circulación general atmosférica, las regiones monzónicas y las corrientes de chorro. Estos fenómenos, junto con la interacción con los océanos, que actúan como grandes fuentes de humedad, juegan un papel crucial en la formación de sequías. Además, las actividades humanas han amplificado el impacto de estos fenómenos naturales, impidiendo que el planeta desarrolle mecanismos naturales de adaptación a la velocidad necesaria. Comprender tanto los fenómenos meteorológicos que promueven las sequías como la influencia humana en acentuar sus efectos es fundamental para desarrollar planes efectivos de respuesta y mitigación a nivel local y global.

**Palabras clave:** sequías, cambio climático, fenómenos meteorológicos, El Niño Oscilación del Sur (ENOS), gestión de recursos hídricos.

### CÓMO CITAR ESTA COLABORACIÓN

Cosmes Martínez, Cedrela y Ventura Houle, René. (2024, septiembre-octubre). Sed de respuestas: explorando los misterios detrás de las sequías. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 25(5). <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2024.25.5.9>

### Abstract

Droughts are natural phenomena with significant consequences for humans. According to a study by the World Meteorological Organization (WMO), droughts have caused global losses exceeding \$250 billion and resulted in the deaths of 650,000 people over a 50-year period. Although social media and conventional media feature various content on personal experiences, news, and photographs related to droughts, there is a lack of dissemination about the meteorological phenomena that cause them. Notable among these phenomena are the El Niño-Southern Oscillation (ENSO), general atmospheric circulation cells, monsoonal regions, and jet streams. These phenomena, along with interactions with oceans that serve as major sources of moisture, play a crucial role in drought formation. Additionally, human activities have amplified the impact of these natural phenomena, preventing the planet from developing the natural adaptation mechanisms at the necessary speed. Understanding both the meteorological phenomena that drive droughts and human influence in exacerbating their effects is essential for developing effective response and mitigation plans at both local and global levels.

**Keywords:** droughts, climate change, meteorological phenomena, El Niño-Southern Oscillation (ENSO), water resource management.

**Cedrela Cosmes Martínez**

*Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)*

Ingeniero en Irrigación por la Universidad Autónoma Chapingo, graduada de la Maestría en Ciencias Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente por la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tiene una carrera de 12 años en temas relacionados con la gestión del agua.

 [0009-0003-3533-3702](#)

**René Ventura Houle**

*Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)*

Doctor en Ciencias y Tecnologías del Medio Ambiente por la Universitat de Barcelona, profesor de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, con una trayectoria de investigación en gestión de los recursos hídricos.

 [0000-0002-5807-5318](#)

## Introducción

**E**n los últimos años, la palabra “sequía” ha resonado con más fuerza. Según la Organización Meteorológica Mundial (2021), las sequías han sido responsables de más muertes que cualquier otro desastre natural, con 650,000 vidas perdidas entre 1970 y 2019, representando el 34% de las muertes relacionadas con desastres naturales. Aunque este fenómeno ha existido a lo largo de la historia, se espera que, al menos hasta el año 2100, las sequías sean más frecuentes y afecten a un mayor número de regiones, especialmente en aquellas más vulnerables al cambio climático (Wang et al., 2021). Sin embargo, lo que muchos desconocen es que el origen de estas sequías radica en diversos fenómenos meteorológicos que, como una sinfonía perfectamente coordinada, envían lluvias a ciertas zonas del planeta mientras otras quedan desprovistas.

En el caso de Norteamérica, donde se encuentra México, esta combinación incluye fenómenos como “El Niño Oscilación del Sur” (ENOS), las células de circulación atmosférica y las corrientes en chorro, además de los diferenciales de presión que se generan en la atmósfera y sus interacciones con grandes fuentes de humedad: los océanos Pacífico y Atlántico. Estos fenómenos y sus conexiones son sistemas complejos y cruciales, lo que ha captado la atención de científicos en todo el mundo.

Lamentablemente, la sociedad no suele prestar atención a la lenta aparición de las sequías hasta que sus efectos se hacen evidentes. Además, las actividades humanas han exacerbado los cambios climáticos a nivel global, intensificando estos efectos (AghaKouchak et al., 2021). Por esta razón, las interrelaciones de los fenómenos meteorológicos que generan la falta o el exceso de lluvias se han vuelto más relevantes que nunca.

En este contexto de cambio climático, conocer y entender los fenómenos que provocan las sequías puede ser clave para implementar acciones, tanto a pequeña como a gran escala, que permitan gestionar los recursos hídricos de manera más eficiente y acorde a las nuevas condiciones que enfrentamos en nuestro hogar: el planeta Tierra.

## ¿Qué son las sequías?

El término “sequía” abarca más de lo que se podría pensar a simple vista. Wilhite y Glantz (1985) analizaron varios factores y propusieron cuatro tipos de sequías: meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica. La sequía meteorológica es la más cercana al entendimiento común, ya que se refiere a un periodo en el que la precipitación es menor al promedio habitual para esa región y época del año.

Desde una perspectiva hidrológica, la sequía ocurre cuando hay una disminución en los escurrimientos superficiales o en las reservas de agua

subterránea. Esto puede deberse a una reducción en las lluvias o a la intervención humana, como la construcción de infraestructura en ríos o la extracción excesiva de agua subterránea.

El concepto de sequía agrícola se refiere a la falta crónica de humedad en el suelo comparada con el promedio de la región, afectando sobre todo grandes zonas agrícolas (Minucci, 2021; Wilhite y Glantz, 1985).

Aunque estos tres tipos de sequías tienen características en común, si consideramos sus consecuencias para las personas, llegamos al concepto de sequía socioeconómica, donde la demanda de agua para actividades humanas supera la disponibilidad. Dependiendo de la duración de una sequía, sus efectos pueden alterar el funcionamiento de los ecosistemas, la agricultura, el ciclo hidrológico y, en general, la economía de países y regiones enteras. Por eso es crucial contar con parámetros estandarizados para estudiarlas y desarrollar planes de atención y prevención de riesgos para la población y el medio ambiente (Satoh et al., 2022).

## ¿Cómo sabemos que hay sequía?

Las sequías son fenómenos naturales de desarrollo lento y con causas multifactoriales, lo que hace que no exista una forma única y directa de medirlas, como ocurre con la precipitación o la temperatura. Por eso, diversos grupos de investigación han desarrollado más de 150 índices e indicadores para determinar la existencia o intensidad de una sequía (Kim et al., 2023) y para ofrecer herramientas que ayuden a planificar contingencias y manejar desastres relacionados con estos fenómenos.

Los indicadores de sequía se centran en medir variables físicas como la precipitación, la temperatura, la escorrentía, las reservas de agua subterránea o el nivel de humedad en el suelo en comparación con el promedio de la región (Heim et al., 2023). Por otro lado, los índices representan numéricamente el impacto y la severidad de las sequías a partir de estos indicadores.

En 2002, expertos de Estados Unidos, Canadá y México desarrollaron un programa conjunto de vigilancia de la sequía basado en un plan que ya había demostrado su eficacia en Estados Unidos, donde desde 1999 se publica semanalmente el estado de la sequía en el país (Svoboda et al., 2002). Este esfuerzo conjunto garantiza homogeneidad en los criterios, así como la calidad y disponibilidad de datos. Como los fenómenos meteorológicos no respetan fronteras, es necesario analizar las sequías en regiones más amplias, e incluso a escala continental.

Este programa incluye el “Índice de Precipitación Estandarizada” (SPI), que se basa en la probabilidad de registrar una cierta cantidad de precipitación (Sun et al., 2023). Si el índice es cero, significa que la cantidad de precipitación esperada

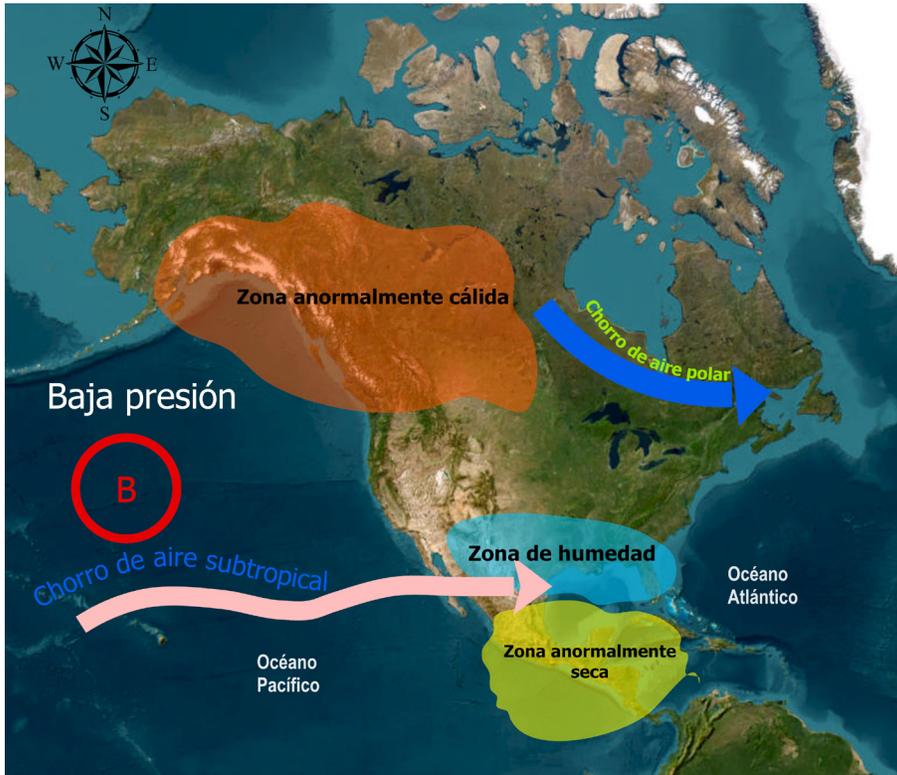
es igual a la mediana de los registros históricos desde 1951; un índice negativo indica sequía. Otro es el “Porcentaje de Precipitación Promedio a Largo Plazo,” que mide el porcentaje promedio de precipitación en periodos que van desde un mes hasta cinco años. También está el “Índice de Sequía de Palmer” (PDI), que mide la duración e intensidad de la sequía según los patrones de circulación atmosférica que la inducen. Una variante, el Índice de Sequía Hidrológica de Palmer (PHDI), tiene una respuesta más lenta, pues considera cómo la falta de precipitación y las altas temperaturas afectan el almacenamiento de agua en reservorios, corrientes y aguas subterráneas, siendo útil para estimar la velocidad de recuperación de una región tras una sequía.

La combinación de estos y otros índices permite clasificar la intensidad de la sequía en cinco niveles:  $D_0$  (Anormalmente seco),  $D_1$  (Sequía moderada),  $D_2$  (Sequía severa),  $D_3$  (Sequía extrema) y  $D_4$  (Sequía excepcional) (Svoboda et al., 2002).

## ¿Por qué ocurren las sequías?

Las causas de las sequías son amplias, complejas y multifactoriales, incluyendo ciclos y anomalías hidroclimáticas, además de la influencia de las actividades

humanas. A continuación, se describen algunos de los factores que, en conjunto, pueden originar uno o varios de los diferentes tipos de sequías.



**Figura 1.** Interacciones invernales durante El Niño. Crédito: adaptación de National Oceanic and Atmospheric Administration (2023).

## El Niño Oscilación del Sur (ENOS)

Uno de los fenómenos más influyentes en la variabilidad de los patrones de lluvia en nuestro planeta es el conocido como “El Niño Oscilación del Sur” (ENOS). Este fenómeno tiene un gran impacto en la interacción entre la atmósfera y los océanos. En términos simples, ENOS se refiere a eventos cíclicos que comienzan en el océano Pacífico tropical y se relacionan con variaciones en la temperatura de este océano y su interacción con la atmósfera.

ENOS tiene tres fases principales: “El Niño” (fase cálida), “La Niña” (fase fría) y una fase neutral. Cada una de estas fases afecta las condiciones climáticas y la cantidad de precipitación en distintas partes del mundo (Di Carlo et al., 2022).

La fase neutral es el estado promedio de la temperatura superficial del océano Pacífico tropical. Sin embargo, este estado puede cambiar debido a la “Circulación de Walker,” que es un patrón de alta y baja presión con vientos alisios que soplan de este a oeste. Cuando la Circulación de Walker se intensifica, empuja el agua cálida hacia el oeste, hacia Asia y Australia, y hace que surja agua más fría de las profundidades, lo que conocemos como “La Niña” (Di Carlo et al., 2022).

Por otro lado, en la fase cálida o “El Niño,” la Circulación de Walker es inusualmente débil, lo que permite que el agua cálida se acumule en el lado este del Pacífico tropical. Esto desencadena una serie de fenómenos que alteran los patrones de precipitación tanto en el hemisferio norte como en el sur. En algunas regiones, pueden formarse tormentas, ciclones e incluso huracanes, mientras que otras experimentan periodos de sequía inusualmente largos. Por ejemplo, en la figura 1 se muestra cómo las lluvias invernales en el norte de América pueden ser afectadas por El Niño. En el caso de México, durante una fase cálida de ENOS, se podría esperar un invierno particularmente seco.

## Las corrientes de chorro

Las “corrientes de chorro” son corrientes de aire que viajan de oeste a este a gran velocidad, alcanzando hasta 300 km/h. Estas corrientes se encuentran entre siete y veinte kilómetros sobre el nivel del mar y rodean la Tierra (Wang et al., 2021). Su forma ondulada se debe a la colisión entre el aire frío que viene del polo norte y el aire caliente que proviene del ecuador.

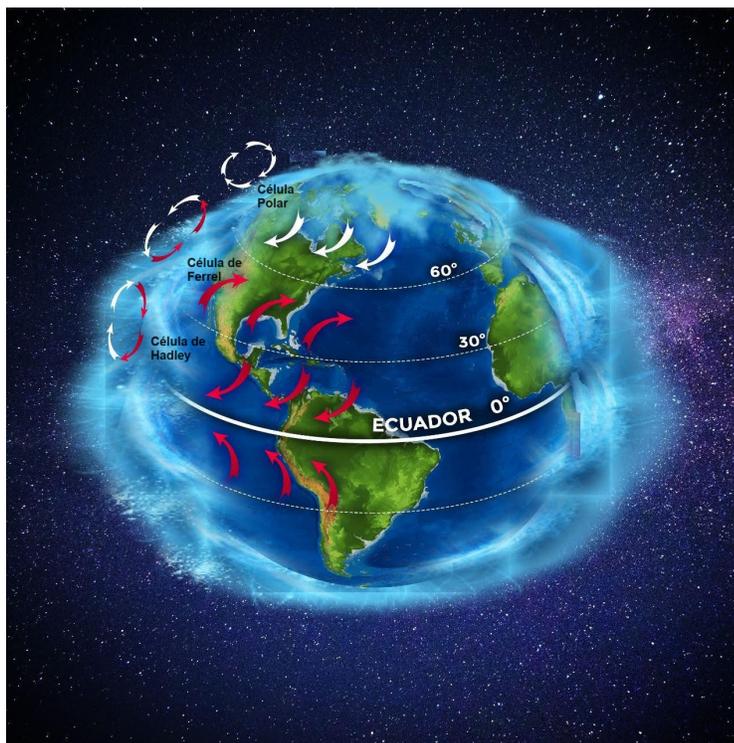
Para Norteamérica, las más importantes son el “Chorro de aire polar” y el “Chorro de aire subtropical.” El primero está cerca del círculo polar, mientras que el segundo se ubica en latitudes medias, más cerca del trópico. Estas corrientes juegan un papel crucial en el transporte de humedad desde los océanos hacia el continente, lo que afecta la producción de lluvias y las rutas de las tormentas.

## Las células generales de circulación atmosférica

La forma esférica de la Tierra, su rotación y la distribución de continentes y océanos crean tres grandes células de circulación atmosférica que impulsan la variabilidad climática. Estas células se llaman “Célula de Hadley,” “Célula de Ferrel” y “Célula Polar.”

1. **Célula de Hadley:** se encuentra entre el ecuador y los polos. El aire cálido y menos denso asciende desde cerca del ecuador (alrededor de 30° N o S) y sube hasta unos 15 km de altura. Este aire se enfría y desciende hacia los polos, dejando poca humedad a medida que baja.
2. **Célula de Ferrel:** se forma entre la Célula de Hadley y la Célula Polar. Se caracteriza por zonas de alta y baja presión que resultan de la interacción entre el aire cálido y frío de las otras dos células.

3. **Célula Polar:** el aire frío y denso de los polos fluye hacia zonas menos frías. A medida que este aire se calienta, asciende a niveles más altos de la atmósfera y luego regresa a los polos cuando se enfría de nuevo.



**Figura 2.** Células generales de circulación atmosférica. Crédito: adaptación de [Barnston, A. \(2014\)](#).

## Las zonas monzónicas

Uno de los factores que influyen en los patrones de lluvia son los “monzones.” Aunque los monzones son fenómenos que cambian con las estaciones, su impacto puede variar dependiendo de otros factores. Por ejemplo, en el sur de Estados Unidos y el noroeste de México, los monzones traen vientos estacionales desde regiones frías hacia zonas más cálidas, lo que genera lluvias en estas áreas. En cambio, en la zona este, gran parte de la humedad del Golfo de México se dirige hacia las regiones monzónicas, lo que resulta en menos lluvia en el noreste de México (Boos y Pascale, 2021).

Los fenómenos meteorológicos que afectan la lluvia y sus interacciones son muy complejos. Aunque hoy en día contamos con tecnologías avanzadas, como la ciencia de datos y la inteligencia artificial, un pequeño cambio en estos fenómenos puede tener grandes efectos a nivel global, haciendo muy difícil realizar predicciones exactas (Haile et al., 2020).

## El desastre que hemos hecho

Las sequías no solo son causadas por fenómenos naturales, sino también por nuestras acciones. La influencia humana en las sequías a menudo se subestima, pero es crucial para entender y manejar estos fenómenos. El cambio climático, acelerado por nuestras actividades, intensifica los efectos de los fenómenos meteorológicos. Aunque no se puede atribuir completamente al calentamiento global, este factor magnifica los efectos de las sequías (Satoh et al., 2022).

Un ejemplo es el aumento de la población, que requiere más agua para consumo. Además, la producción masiva de productos de un solo uso también demanda grandes cantidades de agua dulce. Esto crea un desequilibrio entre la disponibilidad de agua y nuestras necesidades (AghaKouchak et al., 2021). Por lo tanto, es esencial comprender cómo se relacionan los factores que causan sequías, sus efectos y cómo podemos construir resiliencia frente a estos eventos (ver la figura 3).



**Figura 3.** Esquema general.  
Crédito: adaptación de la figura  
1 de Haile et al. (2020).

---

## Es momento de reflexionar

Como hemos visto, los fenómenos meteorológicos que provocan sequías son en gran parte impredecibles e inevitables. Sin embargo, también hay factores adicionales que influyen en su aparición, incluyendo las acciones humanas. Estas acciones están ocurriendo a una velocidad que supera la capacidad del planeta para adaptarse, como lo haría en condiciones normales.

Los estudios sugieren que la gravedad de las sequías y sus consecuencias aumentarán con el calentamiento global acelerado. Esto significa que, si logramos desacelerar el calentamiento global, las sequías podrían ser menos severas. Esto daría a los seres humanos y al ecosistema la oportunidad de desarrollar mecanismos de adaptación para recuperarse y mantener su equilibrio después de un periodo de sequías.

Por lo tanto, es crucial que tomemos medidas a nivel individual, nacional e internacional. Debemos implementar cambios en nuestra vida diaria, apoyar políticas públicas para mejorar la gestión de los recursos hídricos, utilizar energías más limpias y eficientes, y fomentar la investigación y divulgación para planificar mejor el futuro.

## Referencias

- ❖ AghaKouchak, A., Mirchi, A., Madani, K., Di Baldassarre, G., Nazemi, A., Alborzi, A., Anjileli, H., Azarderakhsh, M., Chiang, F., Hassanzadeh, E., Huning, L. S., Mallakpour, I., Martínez, A., Mazdiyasn, O., Moftakhari, H., Norouzi, H., Sadegh, M., Sadeqi, D., Van Loon, A. F., y Wanders, N. (2021). Anthropogenic Drought: Definition, Challenges, and Opportunities. *Reviews of Geophysics*, 59(2). <https://doi.org/10.1029/2019RG000683>
- ❖ Boos, W. R., y Pascale, S. (2021). Mechanical forcing of the North American monsoon by orography. *Nature*, 599(7886), 611-615. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03978-2>
- ❖ Di Carlo, E., Ruggieri, P., Davini, P., Tibaldi, S., y Corti, S. (2022). ENSO teleconnections and atmospheric mean state in idealized simulations. *Climate Dynamics*, 59(11-12), 3287-3304. <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06261-w>
- ❖ Haile, G. G., Tang, Q., Li, W., Liu, X., y Zhang, X. (2020). Drought: Progress in broadening its understanding. *WIREs Water*, 7(2). <https://doi.org/10.1002/wat2.1407>
- ❖ Heim, R. R., Bathke, D., Bonsal, B., Cooper, E. W. T., Hadwen, T., Kodama, K., McEvoy, D., Muth, M., Nielsen-Gammon, J. W., Prendeville, H. R., Ramirez, R. P., Rippey, B., Simeral, D. B., Thoman, R. L., Timlin, M. S., y Weight, E. (2023). A Review of User Perceptions of Drought Indices and Indicators Used in the Diverse Climates of North America. *Atmosphere*, 14(12), 1794. <https://doi.org/10.3390/atmos14121794>
- ❖ Kim, W., Park, E., Jo, H.-W., Roh, M., Kim, J., Song, C., y Lee, W. K. (2023). A meta-analytic review on the spatial and climatic distribution of meteorological drought indices. *Environmental Reviews*, 31(1), 95-110. <https://doi.org/10.1139/er-2021-0098>

- ❖ Minucci, G. (2021). Definition(s) and Impacts of Drought. En G. Minucci, *Enabling Adaptive Water Management to Face Drought Risk in a Changing Climate* (pp. 7-17). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-55137-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-55137-7_2)
- ❖ Satoh, Y., Yoshimura, K., Pokhrel, Y., Kim, H., Shiogama, H., Yokohata, T., Hanasaki, N., Wada, Y., Burek, P., Byers, E., Schmied, H. M., Gerten, D., Ostberg, S., Gosling, S. N., Boulange, J. E. S., y Oki, T. (2022). The timing of unprecedented hydrological drought under climate change. *Nature Communications*, 13(1), 3287. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30729-2>
- ❖ Sun, J., Bi, S., Bashir, B., Ge, Z., Wu, K., Alsalman, A., Ayugi, B. O., y Alsafadi, K. (2023). Historical Trends and Characteristics of Meteorological Drought Based on Standardized Precipitation Index and Standardized Precipitation Evapotranspiration Index over the Past 70 Years in China (1951-2020). *Sustainability*, 15(14), 10875. <https://doi.org/10.3390/su151410875>
- ❖ Svoboda, M., LeComte, D., Hayes, M., Heim, R., Gleason, K., Angel, J., Rippey, B., Tinker, R., Palecki, M., Stooksbury, D., Miskus, D., y Stephens, S. (2002). The drought monitor. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8), 1181-1190. <https://doi.org/10.1175/1520-0477-83.8.1181>
- ❖ Wang, T., Tu, X., Singh, V. P., Chen, X., y Lin, K. (2021). Global data assessment and analysis of drought characteristics based on CMIP6. *Journal of Hydrology*, 596, 126091. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126091>
- ❖ Wilhite, D. A., y Glantz, M. H. (1985). Understanding: The Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International*, 10(3), 111-120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>
- ❖ World Meteorological Organization. (2021). *WMO Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2019)*. World Meteorological Organization (WMO). <https://goo.su/ZpTbzyr>