



Sequía: causas y efectos de un fenómeno global



CIENCIAUANL

DAVID ORTEGA GAUCIN*

CIENCIA Y SOCIEDAD

La sequía es un fenómeno climático recurrente caracterizado por una reducción en la precipitación pluvial con respecto a la considerada como normal, que no presenta epicentro ni trayectorias definidas. Tiende a extenderse de manera irregular a través del tiempo y del espacio, y provoca que el agua disponible sea insuficiente para satisfacer las distintas necesidades humanas y de los ecosistemas.¹

Desde tiempos inmemoriales, la sequía ha sido una amenaza para la supervivencia de la humanidad. Con frecuencia ha sido la causa de migraciones masivas, hambrunas y guerras, e incluso ha llegado a alterar el curso de la historia misma. Hoy en día, la sequía sigue afectando a la población mundial de diferentes maneras, y se considera como el fenómeno natural que afec-

ta a más personas que cualquier otro desastre natural en el planeta.²

No obstante, la sequía es un fenómeno complejo y quizá el menos comprendido de todos los peligros naturales.^{3,4} De hecho, todavía se están descubriendo las complejas interrelaciones entre la sequía y la sociedad, y se implementan diversas estrategias de respuesta y mitigación que permitan reducir los impactos del fenómeno y, por lo tanto, la vulnerabilidad de las generaciones futuras.

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo proporcionar los elementos teóricos básicos que permitan conocer y comprender las causas y los efectos

* Instituto del Agua de Nuevo León (IANL)
Contacto: ortega.gaucin@ianl.org.mx

de la sequía a nivel mundial, así como dimensionar la magnitud de los impactos provocados por este fenómeno en la sociedad global y, específicamente, en México.

CAUSAS DE LA SEQUÍA

Las causas de la sequía comúnmente aceptadas se agrupan en dos grandes categorías: *a)* las de origen natural, representadas por las modificaciones en los patrones de la circulación atmosférica, las variaciones en la actividad solar y los fenómenos de interacción entre el océano y la atmósfera, como *El Niño/ Oscilación del Sur (ENOS)*, entre otros; *b)* las de origen antropogénico, constituidas por la quema de combustibles fósiles, la degradación ambiental (deforestación, degradación del suelo y desertificación) y la alteración de los sistemas ecológicos naturales. A continuación se analizan cada uno de estos grupos.

a) Causas de origen natural

Debido al desigual calentamiento de los mares y de las superficies continentales, se generan cambios de temperatura y presión en el aire, lo cual a su vez genera el conjunto de sistemas de vientos y corrientes de aire, que se conocen como *circulación general de la atmósfera*. De manera teórica e idealizada, esta circulación de los vientos se esquematiza en la figura 1.

La circulación general de la atmósfera está íntimamente ligada a las principales zonas de precipitación, y define las grandes regiones climáticas que conforman la Tierra. Un examen de los mapas climáticos revela que los desiertos del mundo se ubican en su mayor

parte en la franja de altas presiones que tienen su centro de acción a 30° de latitud Norte y Sur, aproximadamente. Por otra parte, los climas húmedos se encuentran en aquellas regiones en las que hay movimientos ascendentes de aire, como ocurre en el Ecuador y en los cinturones de latitudes medias (60° de latitud Norte y Sur, aproximadamente).

Este esquema de circulación general de la atmósfera sufre modificaciones al considerar la distribución y relación de continentes y mares, así como la orografía y otros factores del clima. Sin embargo, sirve para observar, en primera instancia, la ubicación de las zonas áridas y lluviosas en el mundo.

México tiene gran parte de su territorio en la franja de alta presión de latitud Norte, por lo que tiene zonas áridas y semiáridas que coinciden en latitud con las regiones de los grandes desiertos africanos, asiáticos y australianos. Además, por sus características orográficas, este tipo de zonas también se localizan en el altiplano central de la república mexicana. Las zonas áridas son lugares donde la humedad disponible normalmente es insuficiente para mantener el potencial vegetativo y de actividades económicas regionales o locales, y ello se explica en la ubicación geográfica, la influencia de la orografía, la altitud, etc.; todos estos factores conforman el paisaje característico de estas zonas. Por supuesto que estas áreas también están sujetas a la ocurrencia de las sequías, y de hecho son más vulnerables, lo que contribuye aún más a agravar la ya de por sí difícil situación hídrica.

Por otro lado, la actividad solar tiene influencia en la alteración de los movimientos atmosféricos, y con ello en la ocurrencia de las sequías. Se ha observado una clara relación entre el número variable de manchas solares y la intensidad del flujo de radiación solar que incide en la Tierra. La presencia de manchas solares, que sucede alrededor de cada once años, podría ser más que circunstancial: la modificación de la tasa con que llega la energía solar a la Tierra influye en el cambio de temperatura y la presión atmosféricas, y con ello en que los patrones regulares de circulación se alteren.⁵ Además, en una investigación realizada en la península de Yucatán, para reconstruir la historia climática de la región en los últimos 2 mil 600 años, se encontró un patrón recurrente de la sequía con periodicidad de 208 años, que está directamente relacionado con las variaciones documentadas en la actividad



Fig.1. Esquema idealizado de la circulación general de la atmósfera.

solar en periodos de 206 años, por lo que se concluyó que un componente importante de las sequías en esta área geográfica es la variación de la actividad solar.⁶

Por otra parte, está demostrado que existe una interacción directa entre la atmósfera y el océano, que da origen a fenómenos como el llamado *El Niño/Oscilación del Sur (ENOS)*, el cual es responsable de las variaciones climáticas en varias partes del mundo, pues está íntimamente relacionado con los cambios que se presentan a gran escala en la circulación general de los vientos en el Océano Pacífico.

La corriente oceánica conocida como *El Niño* fue descubierta por pescadores peruanos hace cientos de años; la llamaron así porque aparece en forma irregular alrededor de Navidad, que tradicionalmente se acepta como la época del nacimiento del niño Jesús. Ésta es una corriente cálida que se inicia entre las islas de Papúa, Guinea y Micronesia, y fluye atravesando el Océano Pacífico hasta las costas de Perú. Se produce en intervalos de tres a ocho años, y se ha comprobado que está asociada a la *Oscilación del Sur*, que es la fluctuación de presión entre el centro de altas presiones del Pacífico suroriental (isla de Pascua) y el centro de bajas presiones situado entre Indonesia y Australia. Cuando se produce la corriente de *El Niño*, la diferencia de presión Este-Oeste disminuye tanto que los vientos alisios se colapsan en el Pacífico occidental, y el agua caliente allí acumulada, la cual los vientos ya no retienen, regresa al Este, como una corriente que se propaga a lo largo del Pacífico en forma de ondas, y llega hasta Sudamérica, donde eleva la temperatura del agua (figuras 2 y 3).

La corriente de *El Niño* ocasiona los mayores y más rápidos cambios en los patrones normales del clima. El flujo de la primera celda de circulación se invierte y desvía las masas de aire al Norte o al Sur de sus localizaciones acostumbradas. Su aparición va seguida de años calurosos y sequías en la India y en Australia, alteración del viento y lluvia en los trópicos; produce grandes temporales en el Pacífico medio y afecta la corriente fría del noroeste de Sudamérica (peruana), y con ello la capacidad de pesca de las costas de Perú.⁷

Así, este fenómeno es responsable de eventos climáticos extremos de diferentes tipos que se presentan en varias partes del mundo: fuertes inundaciones y lluvias ocurren en zonas que normalmente son secas y, al mismo tiempo, en otras regiones se presentan sequías severas. Por ejemplo, durante la ocurrencia de

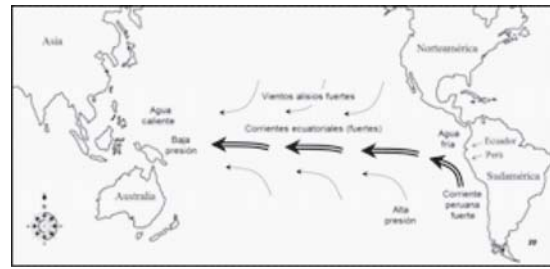


Fig. 2. Circulación normal del viento y de las corrientes oceánicas. Normalmente, los vientos alisios y el flujo de fuertes corrientes ecuatoriales del Pacífico van hacia el Oeste. Al mismo tiempo, una intensa corriente de agua fría brota desde las costas de Sudamérica y se dirige hacia las islas de Indonesia y Australia.

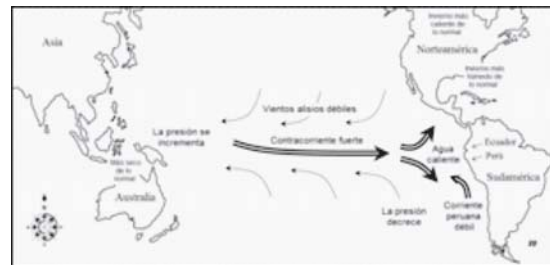


Fig. 3. Circulación alterada de las corrientes oceánicas, como consecuencia del fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS). Tras la llegada de un evento ENOS, la presión sobre el Pacífico oriental y occidental oscila. Esto hace que los vientos alisios disminuyan, dando lugar a un movimiento de agua caliente hacia el Este, a lo largo del Ecuador. Como resultado, las aguas superficiales de la zona central y del Pacífico oriental se calientan, con consecuencias de gran alcance en los patrones del clima.

ENOS, en 1982-83, se originaron severas sequías en Indonesia, sur de África y Australia, disminuyéndose la producción de trigo, cebada y avena a la mitad de lo que se había obtenido el año anterior; mientras tanto, las lluvias e inundaciones récord ocurrieron al este de Norteamérica, en el Ecuador y en Perú.⁸

Hasta 1957 se pensaba que *El Niño* solamente afectaba la costa oeste de América del Sur, pero a partir de la década de 1970 los científicos descubrieron que *El Niño* y la *Oscilación del Sur* son parte de un eslabonamiento global de eventos entre el océano y la atmósfera, y que los efectos de este fenómeno pueden tener consecuencias evidentes lejos de su lugar de origen y por un periodo prolongado de meses e incluso de años.

En México, el fenómeno de *El Niño* tiene grandes impactos en los patrones de variabilidad de la precipitación. De manera general, se puede decir que las lluvias de invierno se intensifican en los años en que ocurre *El Niño* (por ejemplo, los inviernos de 1982-83,



1986-87, 1991-92 y 1997-98) y se debilitan durante los veranos correspondientes. Lo opuesto ocurre aproximadamente durante los años en que se presenta *La Niña*, que es la fase fría de ENOS. En inviernos de *El Niño*, la corriente de chorro de latitudes medias se desplaza hacia el Sur, provocando una mayor incidencia de frentes fríos y lluvias en las zonas norte y centro de México. Durante veranos de *El Niño*, las lluvias en la mayor parte de México disminuyen, apareciendo incluso condiciones de sequía. Por el contrario, en los años en que sucede *La Niña* las lluvias parecen estar por encima de lo normal en la mayor parte del país.⁹

b) Causas de origen antropogénico

Es probable que, aún en pequeña escala, pero de manera creciente, las actividades humanas influyan en la ocurrencia de sequías y de otros fenómenos hidrometeorológicos extremos. A pesar de que el clima cambia de manera natural, los expertos señalan claras evidencias de que el calentamiento del planeta, registrado en los últimos 50 años, puede atribuirse a los efectos de las actividades humanas. Como resultado de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) y la destrucción de los bosques, ha aumentado considerablemente la emisión de gases de efecto invernade-

ro (bióxido de carbono, metano, óxido nitroso y ozono, principalmente), con lo cual se ha afectado el flujo natural que hay entre las fuentes naturales y la atmósfera y, por ende, se han alterado las condiciones climáticas del planeta.

La evidencia más contundente de que el cambio climático ocurre es el incremento de la temperatura promedio mundial (por ejemplo, los cinco años más calurosos desde 1890, en magnitud descendente, han sido 2005, 1998, 2002, 2003 y 2004), aunque también se han observado importantes alteraciones en otros elementos del clima, como la precipitación y la humedad, así como el deshielo de los glaciares y el aumento en el nivel del mar y en la frecuencia de las sequías, tornados y huracanes.¹⁰

Por otra parte, la deforestación y los cambios en el uso del suelo propician la desertificación de amplias zonas, haciéndolas más susceptibles y vulnerables a la falta de agua. Con estas acciones, el suelo pierde rápidamente su capacidad de atrapar y retener humedad. Esto genera microclimas áridos que terminan por alterar el patrón climático regional. Como resultado de ello, las zonas áridas pueden hacerse aún más secas y extenderse.¹¹

Asimismo, hay razones de peso para afirmar que las sequías se autopropietúan en cierto grado, ya que una vez que la superficie del suelo está libre de vegetación, devuelve una mayor cantidad de calor a la atmósfera, favoreciendo el predominio de cierto tipo de nubes continentales (*cumulus*) sobre las marítimas, lo que propicia menores lluvias.¹²

Como resumen de este apartado, se podría decir que ahora es ampliamente aceptado que la acción del hombre ha comenzado a alterar el estado natural de nuestro planeta. Los cambios que los humanos imponemos al medio ambiente, como el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero, o cambios en el uso del suelo, modifican ciertos procesos meteorológicos relacionados con la lluvia y la temperatura. Dado que la Tierra es un sistema, todos los elementos del ambiente están interrelacionados entre sí, por lo que al alterar uno de éstos se originan cambios en los demás, algunas veces imperceptibles y otras muy evidentes. Por ello, las modificaciones ambientales de origen antropogénico, indudablemente han tenido un papel relevante en la presencia de anomalías hidrometeorológicas en los últimos años, entre las cuales se encuentran la mayor frecuencia y severidad de las sequías.

EFFECTOS DE LA SEQUÍA

Al fenómeno de la sequía se le conoce más por sus efectos que por sí mismo, pues los impactos ocasionados por la falta de lluvias y el déficit hídrico son similares en cualquier parte del orbe (con sus particularidades, obviamente). Si bien es cierto que la sequía no es un fenómeno espectacular como otros eventos naturales (un huracán o un tornado, por ejemplo), sus impactos a largo plazo suelen ser de mayor amplitud y más devastadores.

Los efectos de la sequía, en términos económicos y sociales, están en función de la afectación a los diversos sectores económicos y productivos, asociados con la oferta y demanda de bienes y servicios que ofrecen, y el desequilibrio debido a las condiciones naturales y de baja humedad, que se produce cuando la demanda supera a la oferta.¹³ Esto se debe, principalmente, al mayor crecimiento de la población y de sus necesidades de consumo con respecto a la capacidad de satisfacerlas, y aunque ambos conceptos aumenten, si la tasa

de crecimiento es mayor en el primero, también crece la vulnerabilidad y la incidencia del impacto del fenómeno.¹⁴

Las recientes sequías ocurridas en países desarrollados y en vías de desarrollo, así como sus efectos concomitantes y los impactos causados en la población, han hecho notoria la vulnerabilidad de las sociedades ante este riesgo natural. Las estadísticas recopiladas por el Comité Alemán para la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (IDNDR, por sus siglas en inglés) indican que la sequía fue la principal causante de víctimas de desastres naturales a nivel mundial durante el siglo XX (1900-1998), destacando las enormes pérdidas debidas a las sequías en Asia y África (figura 4).¹⁵

En términos de pérdidas económicas, debido a que los daños causados por la sequía no son estructurales, las pérdidas asociadas con este fenómeno ocuparon el quinto lugar en la relación de desastres naturales ocurridos a nivel mundial durante el periodo de 1976-1998, después de los sismos, las inundaciones, los huracanes y las tormentas invernales (figura 5).

Es importante tener en cuenta que las cifras derivadas de los daños económicos causados por la sequía incluyen únicamente la ayuda proporcionada por la comunidad internacional, a través de organismos internacionales, donaciones gubernamentales y organizaciones no gubernamentales. No se incluyen los fondos proporcionados por los gobiernos para el socorro y la recuperación de las zonas afectadas dentro de sus propias fronteras. Por ejemplo, el Gobierno Federal de los Estados Unidos de América (EUA) gastó cerca de

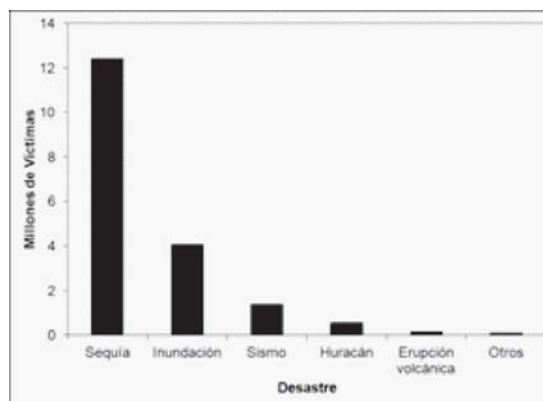


Fig. 4. Víctimas de desastres naturales a nivel mundial durante el siglo XX (1900-1998).

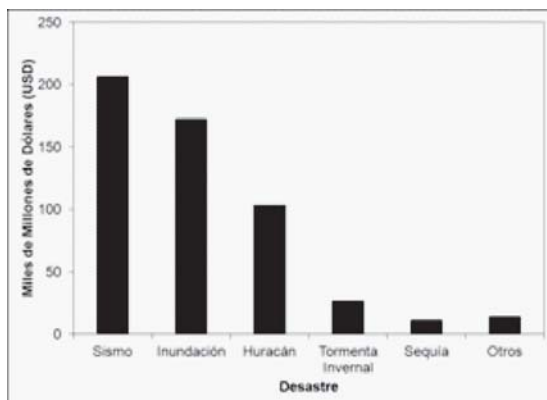


Fig. 5. Pérdidas económicas estimadas por grandes desastres en el mundo (1976-1998).

ocho billones de dólares para auxiliar a las zonas severamente afectadas por la sequía entre 1974 y 1977. Otros seis billones de dólares fueron erogados por el mismo gobierno en 1988-89. Por su parte, el gobierno de Australia proporcionó asistencia para las áreas afectadas por la sequía, con un gasto total de 940 millones de dólares australianos, entre 1970 y 1984; y el gobierno de Sudáfrica erogó cerca de 450 millones de dólares para paliar los efectos de la sequía en los años de 1984-85.¹⁶

Finalmente, hay que hacer notar que las sequías ocuparon el primer lugar, en cuanto al número de desastres que afectaron a 1% o más de la población mundial durante el periodo de 1963-1992 (figura 6). En este aspecto, el número de desastres causados por sequía rebasa con mucho al número de desastres originados por otro tipo de fenómenos naturales (inundaciones, tormentas tropicales, terremotos, etc.). De hecho, según el *Global Drought Monitor*, en los últi-

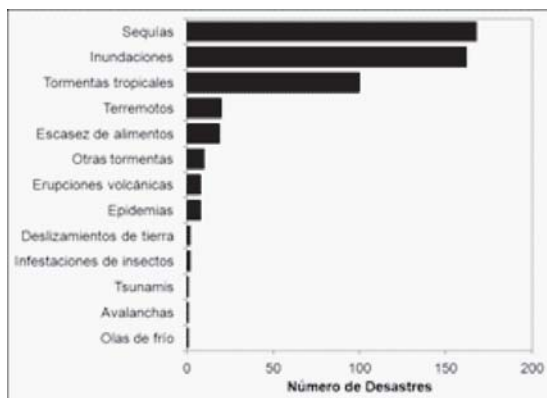


Fig. 6. Número de desastres, por tipo, que afectaron a 1% o más de la población mundial (1963-1992).

mos dos años (junio 2010 a junio de 2012), más de 35 millones de personas en todo el mundo padecieron sequía con algún grado de severidad.¹⁷

La vulnerabilidad a la sequía está en relación inversa al grado de desarrollo social y económico de las áreas afectadas: en tanto que para los países más desarrollados la sequía rara vez representa una severa amenaza, por disponer de los medios económicos y estructurales para afrontarla, en los de menor desarrollo, una sequía es frecuentemente sinónimo de hambre, desastre y más pobreza, situaciones en las que los habitantes difícilmente tienen elementos para mitigar los estragos.¹⁸

En los países desarrollados, los impactos de la sequía son principalmente de carácter económico y ambiental, y el fenómeno rara vez afecta o amenaza al bienestar general de la población. Sin embargo, las pérdidas económicas pueden ser sumamente cuantiosas. Por ejemplo, en EUA, el país más desarrollado del mundo, se estima que las pérdidas por sequía en la agricultura pueden alcanzar una proporción hasta de 47% del total de pérdidas en valor de las cosechas ocasionadas por fenómenos naturales.¹⁹

Por su parte, en los países subdesarrollados o en vías de desarrollo, los impactos de las sequías tienen un carácter altamente social: hambre, migración, reducción en el bienestar y calidad de vida, principalmente, asociados con otros efectos colaterales. Por ejemplo, el espectro de la sequía apareció en África en la década de 1980, cuando las lluvias escasearon durante años sucesivos y, por el número total de personas afectadas, fue el peor desastre en la historia moderna del continente. En 1984, 27 países necesitaron ayuda alimentaria, y ni uno solo de los países africanos produjo superávit de alimentos. Hacia 1985, la hambruna se había desatado en el continente africano: hasta 35 millones de personas tuvieron escasez de alimentos, y ya habían muerto más de un millón. La hambruna no sólo fue grave sino extensa.²⁰

En México, país en vías de desarrollo, donde la agricultura de riego y de temporal es una fuente importante de empleo y de ingreso económico, el problema de la sequía ha sido una cuestión recurrente y persistente a lo largo de su historia, tal como lo muestran los registros documentados de las sequías ocurridas incluso desde antes de la colonización española.²¹ Y aun cuando no se conocen con exactitud las fechas en que acontecieron las sequías en la antigüedad, se sabe



que sus efectos fueron hambre, migración y muerte, que alteraban no sólo la actividad agrícola, sino la vida misma de las comunidades.²²

En las últimas décadas, ante la presencia de varios años deficitarios de lluvias, las sequías han asolado grandes extensiones agrícolas y comunidades rurales, propician severos desajustes en la economía regional y nacional, como ocurrió durante la sequía de 2011-2012, la más severa de los últimos 70 años, la cual generó pérdidas económicas en la producción agrícola que superaron los 16 mil millones de pesos (1 mil 300 millones de dólares). Se estima que las pérdidas totales provocadas por esta sequía, en los diferentes sectores económicos, equivalen a 10% del PIB nacional, y se calcula que alrededor de 48 millones de mexicanos padecieron las consecuencias del fenómeno en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, siendo un problema que afectó a dos de cada tres hectáreas cultivadas y ocasionó la muerte de miles de cabezas de ganado.²³

No obstante, aunque paradójico, durante una sequía también hay sectores, empresas e individuos para quienes el fenómeno significa ganancias; es decir, no todo son pérdidas ni efectos negativos. Entre los sectores que obtienen beneficios por la presencia del fenómeno figuran: los productores agrícolas de otras

áreas, que sacan al mercado sus excedentes a precios significativamente mayores; los transportistas y comerciantes, que aumentan sus actividades y precios, para movilizar y vender alimentos, maquinaria, herramientas, animales, etc.; los industriales y constructores relacionados con el agua: productores de motores, bombas y accesorios, tuberías, equipo eléctrico y de control y medición, así como las compañías perforadoras, estimuladoras de lluvia, de tratamiento de agua, etc.; empresas suministradoras de energía eléctrica y combustible, por el aumento en la producción y consumo de energía para refrigeración; empresas farmacéuticas y de servicios de salud, por el aumento de los padecimientos.²⁴

La tecnología, en general, tiene un desarrollo más acelerado y vigoroso en tiempos de sequía, impulsada por la necesidad de aprovechar mejor la poca agua disponible; así, la sequía es el gran motor del desarrollo tecnológico relacionado con el sector hídrico.

Es de esperarse que a futuro tengan más peso las empresas aseguradoras, en la medida en que se entienda y extienda la socialización de los riesgos relativos a la sequía, lo cual generaría flujos adicionales de recursos para mitigar los impactos a menor costo. Actualmente, los elevados costos del riesgo en com-



paración con el beneficio, cuando el fenómeno no se presenta, limitan la actividad, pero sus posibilidades son amplias y atractivas.

CONCLUSIONES

La sequía es un riesgo insidioso de la naturaleza, caracterizado básicamente por una deficiente precipitación en periodos prolongados de tiempo, cuyas causas involucran factores naturales y antropogénicos, y cuyos efectos son desastrosos.

Por ello, la sequía va más allá de ser un simple fenómeno físico y tiene severos impactos negativos al afectar los diversos sectores productivos y económicos de una región o país, siendo capaz de alterar trágicamente el desarrollo social y las actividades económicas, así como al medio ambiente, de lo cual ninguna nación, por avanzada que sea, es capaz de librarse completamente.

Aunque la sequía se considera como el riesgo natural que ocasiona más daños a la población mundial, paradójicamente ha recibido la menor atención científica y política, lo cual se debe a las características tan particulares del fenómeno que han obstaculizado la realización de cálculos exactos, confiables y oportunos de sus efectos y de la gravedad de los mismos y, en última instancia, han impedido o limitado en gran manera la formulación de planes de contingencia por la mayoría de los gobiernos de los países afectados.

REFERENCIAS

- Ortega-Gaucin, D. (2012). Sequía en Nuevo León: vulnerabilidad, impactos y estrategias de mitigación. Instituto del Agua de Nuevo León (IANL). Apodaca, N.L., 222 p.
- Wilhite, D.A. y Vanyarkho, O. (2000). Drought: Pervasive Impacts of a Creeping Phenomenon. In: Wilhite, D. A. (Ed.), Drought: a Global Assessment. Volume I. Routledge. New York, N.Y. pp. 245-255.
- Hagman, G. (1984). Prevention Better than Cure. Report on Human and Environmental Disasters in the Third World. Prepared for the Swedish Red Cross, Stockholm.
- Wilhite, D.A. (2000). Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions. In: Wilhite, D. A. (Ed.), Drought: a Global Assessment. Volume I. Routledge. New York, N.Y. pp. 3-18.
- Lean, J. y Rind, D. (2001). Earth's Response to a Variable Sun. Science, Vol. 292, No. 5515, pp. 234-236.
- Hodell, D.A.; Brenner, M.; Curtis, J.H.; Guilderson, T. (2001). Solar Forcing of Drought Frequency in the Maya Lowlands. Science, Vol. 292, No. 5520. pp. 1367-1370.
- Ayllón, T. (1996). Elementos de meteorología y climatología. Trillas. México, D.F., 197 p.
- Castro Z., R. y Arteaga R., R. (1993). Introducción a la meteorología. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Texcoco, México. 275 p.
- Magaña R., V. (Ed.) (2004). Los impactos del Niño en México. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Secretaría de Gobernación. México, D.F. 229 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2009). Cambio Climático. Ciencia, Evidencia y Acciones. México, D.F. 81 p.
- Moreno, P. (2004). Nubes ausentes: las sequías. Editorial Planeta Mexicana. México, D.F., 16 p.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2001). Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Secretaría de Gobernación. México, D.F. 226 p.
- Fisher, A.; Fullerton, D.; Hatch, N.; y Reinelt, P. (1995). Alternatives for Managing Droughts: a Comparative Cost Analysis. J. Environmental Economics and Management. No. 29. p. 304-320.
- Moreau, D.H. (1990). Water Supplies and National Drought of 1998. Water Resources Planning and Management. Vol. 17, No. 1, pp. 117-123.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2001). Idem.
- Wilhite, D.A. y Vanyarkho, O. (2000). Idem.
- Global Drought Monitor (GDM) (2012). Sitio Web Oficial del GDM, consultado en línea desde: <http://drought.mssl.ucl.ac.uk/>
- Postel, S. (1991). Administración del Agua en Épocas de Escasez. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Traducción de Virginia Ugalde. Jiutepec, Morelos. Mexico. 71 p.
- Managing Risk (1997). Guide to Crop Insurance. Being Prepared. National Crop Insurance Services. USA.
- Genzmer, H.; Kershner, S.; y Schütz, Ch. (2007). Grandes Catástrofes de la Historia. Parragon Books Ltd. Reino Unido. 320 p.
- Florescano, E. (2000). Breve historia de la sequía en México. 2ª edición. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA). México, D.F. 252 p.
- Gill, R.B. 2008. Las grandes sequías mayas. Agua, vida y muerte. 1ª edición en español. Fondo de Cultura Económica (FCE). México, D.F. 562 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2011). Estadísticas a Propósito del Día Mundial contra la Desertificación y la Sequía. Consultado en línea desde: www.inegi.org.mx/
- National Drought Mitigation Center (NDMC). (2012). Sitio Web Oficial del NDMC, consultado en línea desde: <http://drought.unl.edu/>