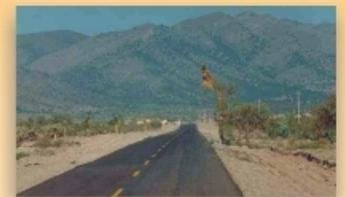
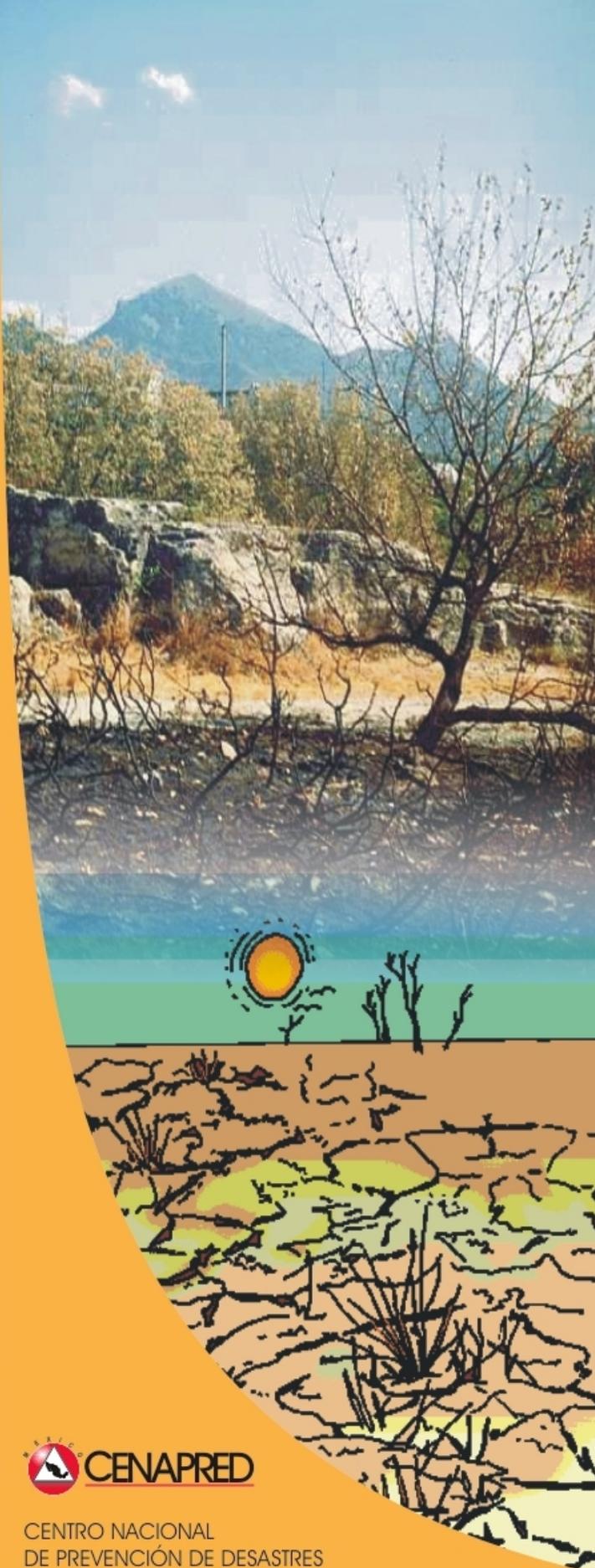


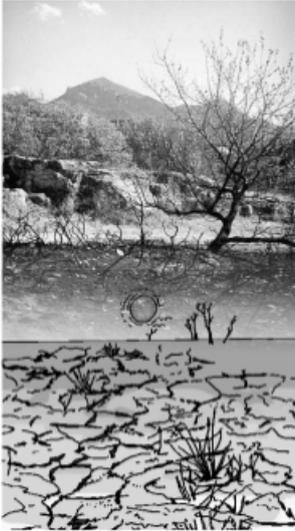
SERIE  
Fascículos

# SEQUIAS



CENAPRED  
CENTRO NACIONAL  
DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN



1ª edición, noviembre 2002  
1ª reimpression de la primera edición, mayo 2007

© SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN  
Abraham González Núm. 48,  
Col. Juárez, Deleg. Cuauhtémoc,  
C.P. 06699, México, D.F.

© CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES  
Av. Delfín Madrigal Núm. 665,  
Col. Pedregal de Santo Domingo,  
Deleg. Coyoacán, C.P.0 4360, México, D.F.  
Teléfonos:  
(55) 54 24 61 00  
(55) 56 06 98 37  
Fax: 56 06 16 08  
e-mail: [editor@cenapred.unam.mx](mailto:editor@cenapred.unam.mx)  
[www.cenapred.unam.mx](http://www.cenapred.unam.mx)

© Autores: Fermín García Jiménez, Óscar Fuentes Mariles y  
Lucía Guadalupe Matías Ramírez

Edición: Violeta Ramos Radilla  
Portada: Demetrio Vázquez

ISBN: 978-970-821-000-3  
Derechos reservados conforme a la ley  
IMPRESO EN MÉXICO. *PRINTED IN MEXICO*

Distribución Nacional e Internacional: Centro Nacional de Prevención de  
Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES EXCLUSIVA  
RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

# SERIE Fascículos

## SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

**Lic. Francisco Javier Ramírez Acuña**  
Secretario de Gobernación

**Lic. Laura Gurza Jaidar**  
Coordinadora General de Protección Civil

## CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

**M. en I. Roberto Quaas Weppen**  
Director General

**M. en C. Carlos A. Gutiérrez Martínez**  
Director de Investigación

**Ing. Enrique Guevara Ortiz**  
Director de Instrumentación y Cómputo

**Lic. Gloria Luz Ortiz Espejel**  
Directora de Capacitación

**M. en I. Tomás Alberto Sánchez Pérez**  
Director de Difusión

**Profa. Carmen Pimentel Amador**  
Directora de Servicios Técnicos

# Sequías

|           |   |
|-----------|---|
| <b>3</b>  | <b>Introducción</b>   |
| <b>5</b>  | <b>Definición de sequías</b>  |
|           | Desde el punto de vista meteorológico   |
|           | Desde el punto de vista hidrológico   |
|           | Desde el punto de vista agrícola  |
|           | Desde el punto de vista económico y social  |
|           | Definición sugerida de sequía   |
|           | Sequía intraestival   |
|           | Sequía acumulada de varios años   |
|           | Índices de sequías  |
|           | Índice de Palmer  |
| <b>8</b>  | <b>Características de la sequía</b>   |
|           | Causas de las sequías   |
|           | Efectos de la sequía  |
|           | Zonas afectables por la sequía  |
|           | Perspectiva de las sequías  |
| <b>12</b> | <b>Aridez</b>   |
| <b>13</b> | <b>Climas de México</b>   |
| <b>15</b> | <b>Reseña histórica de sequías en México y en otras partes del mundo</b>                  |
|           | Resumen de la información   |
|           | Estadísticas de sequías en otras partes del mundo   |
| <b>26</b> | <b>Medidas de mitigación contra sequías</b>   |
|           | Medidas estructurales   |
|           | Medidas no estructurales  |
|           | Medidas reactivas   |
|           | Medidas preventivas o prospectivas  |
|           | Medidas opcionales  |
|           | Obtener agua de sitios cada vez más alejados  |
|           | Desalinización del agua de mar  |
|           | Lluvia artificial   |
|           | Algunas acciones para combatir las sequías  |
|           | Modelos matemáticos para la planeación y manejo del agua en los Estados Unidos de América |
|           | Plan nacional contra sequías en Australia   |
|           | Plan de acción contra sequías en el oeste de los Estados Unidos de América                |
|           | Programa Hidráulico de Gran Visión para el estado de Chihuahua                            |
| <b>33</b> | <b>Conclusiones</b>   |
| <b>34</b> | <b>Glosario</b>   |
| <b>35</b> | <b>Bibliografía y referencias</b>   |

## Introducción

Las sequías se presentan en gran parte del mundo cada vez con mayor frecuencia (UNESCO, 1979). Las regiones que las padecen sufren fuertes pérdidas económicas y favorecen la migración de gran parte de su fuerza de trabajo hacia otras zonas. Las sequías afectan grandes extensiones de terreno de cultivo y pueden provocar la muerte de numerosas cabezas de ganado. Disminuyen la disponibilidad de agua para la producción industrial y pueden afectar el uso doméstico de los habitantes.

Las ondas de calor presentes en las sequías, pueden causar la muerte por deshidratación de seres humanos, sobre todo niños y ancianos; además, son motivo para que aumenten considerablemente las enfermedades gastrointestinales.

Algunos fenómenos meteorológicos, como las lluvias torrenciales y granizadas, suceden en forma impetuosa y suelen afectar regiones relativamente pequeñas durante algunas horas o días. En cambio, la sequía se presenta en forma lenta y es poco notoria, pero desgasta a la agricultura, la ganadería y la industria (figuras 1 a 4). Las sequías pueden llegar a afectar a amplias regiones y durar meses o inclusive años. Históricamente se ha comprobado que es el fenómeno meteorológico que mayor daño económico causa a la humanidad (Cody y otros, 1998).



Figura 1. El agua se agota durante una sequía



Figura 2. La sequía puede llegar a afectar amplias regiones y durar meses o años



Figura 3. El estado de Querétaro es afectado por la sequía



Figura 4. El ganado es afectado por las sequías

México es un país que padece sequías desde tiempos ancestrales. Recientemente se ha visto que la duración de las sequías y que sus áreas de afectación han ido en aumento (CNA, 2001a).

Aunque en parte del territorio nacional se tienen lluvias abundantes, existen regiones que no disponen del vital líquido en las cantidades requeridas como son los estados del norte y centro: Durango, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Aguascalientes y Zacatecas.

Las medidas de prevención para afrontar las sequías están orientadas, por un lado, a políticas de uso eficiente del agua en los hogares, la agricultura, la ganadería y en la industria y, por otro, a aumentar la infraestructura hidráulica para almacenar el agua y conducirla adecuadamente a su destino final; con algunas de estas medidas se pretende disminuir la demanda de agua e incrementar la oferta de la misma.

Otra actividad de prevención, es el reordenamiento territorial que implica ubicar a la población donde sea más conveniente. El artículo 3° de la Ley General de Asentamientos Humanos, publicada el 21 de julio de 1993 en el Diario Oficial de la Federación, establece que el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los centros de población tenderá a mejorar el nivel y calidad de vida de la población urbana y rural, teniendo en cuenta que los centros de población serán únicamente aquellas zonas que no atenten contra la preservación ecológica, que no estén en riesgo y que no alteren las actividades económicas.

Por otra parte, los estudios del comportamiento de las sequías pueden ayudar a disminuir sus efectos negativos. Son fundamentales para establecer las políticas adecuadas de uso del agua antes y durante los períodos de sequía.



Figura 5. Pequeña presa casera para uso agrícola, Nebraska, EUA

## Definición de sequía

No existe una definición de sequía que sea aceptada universalmente. Sus definiciones dependen del enfoque científico (meteorología, hidrología, geografía, etc.) o de la actividad económica que se afecta (agricultura, ganadería, industria, recreación, etc.). A continuación se escriben las más comunes.

### Desde un punto de vista meteorológico

La sequía se presenta cuando la precipitación acumulada, durante un cierto lapso, es significativamente más pequeña que el promedio de las precipitaciones registradas en dicho lapso o que un valor específico de la precipitación.

### Desde un punto de vista hidrológico

La sequía ocurre cuando existe un déficit de agua en los escurrimientos superficial y subterráneo con respecto a la media mensual (o anual) de los valores que se han presentado en la zona.

### Desde un punto de vista agrícola

La sequía se define como el período durante el cual la humedad en el suelo es insuficiente para que un cultivo dado pueda producir una cosecha (figuras 6 y 7).



Figura 6. Los campos de cultivo prácticamente no dan frutos durante una sequía



Figura 7. Cierta tipo de plantas se mueren por la ausencia de humedad en el suelo

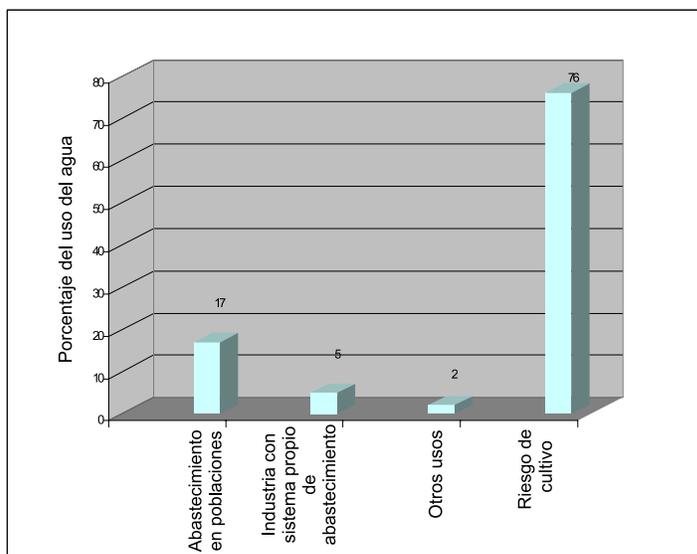


Figura 8. Usos del agua en México

### Desde un punto de vista económico y social

Una sequía es el tiempo durante el cual la disponibilidad del agua es menor a su demanda. La demanda depende del tipo de uso del agua (doméstico, industria, agrícola, ganadero, etc.), de la densidad y distribución de los usuarios; por ejemplo, en México más del 50% del agua se utiliza en la agricultura (CNA, 2001a), ver figura 8.

## Definición sugerida de sequía

Una definición conveniente de la sequía es la propuesta por la American Meteorological Society (Campos, 1996) la cual señala que: ***“La sequía es un lapso caracterizado por un prolongado y anormal déficit de humedad”***. Su magnitud, duración y severidad se consideran relativos, ya que sus efectos están directamente relacionados con las actividades humanas; es decir, si no hay requerimientos por satisfacer, aún habiendo carencia total del agua, la ocurrencia de la sequía es discutible.

Debido a que la sequía es un fenómeno hidrometeorológico complicado de describir y que tiene diferentes facetas, es necesario adoptar algún punto de referencia que permita acotar el estudio de este fenómeno. Para tal efecto, y considerando que la falta de lluvia es el factor determinante para la ocurrencia de las sequías, se puede aceptar la siguiente definición: ***“La sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación, en un lapso, es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas”***.

### Sequía intraestival

En la mayor parte de México, el régimen de precipitación presenta dos comportamientos durante el año, por lo que se tiene una época de lluvias y una época de estiaje (en este tiempo hay poca o ninguna lluvia). Durante la época de estiaje puede ocurrir una sequía por la escasez de agua (figura 9 y 10). Al iniciar la temporada de lluvias,



Figura 9. La falta de lluvia es un factor determinante para la ocurrencia de las sequías

las sequías pueden terminar, puesto que, se tienen las condiciones de humedad en el suelo necesarias para el desarrollo de la vegetación y aumenta la cantidad de agua en lagos y vasos de las presas, se recargan los mantos acuíferos, etc. Este tipo de sequía es la menos dañina, ya que dura algunos meses y la población suele prepararse para afrontarla. En México, se tienen dos regiones con diferentes épocas de lluvias. Mientras que en la mayoría de los estados del país la temporada de lluvias está comprendida entre los meses de mayo y octubre, en otra parte del país, sobre todo los estados del noroeste del país, las lluvias se presentan en el invierno.



Figura 10. Durante la sequía el suelo pierde humedad formándose las grietas que la caracterizan

## Sequía acumulada de varios años

Cuando la cantidad de precipitación durante la temporada de lluvias no fue suficiente para cubrir las necesidades de la población de la región, se origina un déficit de agua dando lugar a la sequía, la cual se puede prolongar por varios años, y que termina hasta que las lluvias satisfagan el déficit de agua. Este tipo de sequía es la más dañina y afecta severamente a aquellas poblaciones que no están suficientemente preparadas.

## Índices de sequías

Con el fin de comparar las diferentes sequías que se dan en una región se utilizan varios índices. La mayoría de estos índices se usan para identificar las características meteorológicas de una región. Entre otros se anotan los siguientes índices: de Lang, Martonne, Thornthwaite, Prescott, Capot-Rey, Bailley, Moral y Palmer. A pesar de sus limitaciones, el uso de estos índices proporciona una medida comparativa del impacto y de la severidad de las sequías de distintos sitios y épocas. El índice más utilizado es el de Palmer al cual se hace referencia con el término PDSI, derivado de sus siglas en inglés Palmer Drought Severity Index.

### Índice de Palmer

El índice de sequía de Palmer es usado en el campo de climatología y meteorología para señalar un prolongado déficit de humedad (Alley, 1984). Este índice se basa en el balance de humedad de agua mediante la precipitación (HP) y la humedad del suelo tomando en cuenta el suministro (HS), la evaporación (HE), la recarga del subsuelo (HR) y el escurrimiento ( E ).

$$PDSI = f (HP, HS, HE, HR, E)$$

En 1965, Palmer usó datos de sequías del centro del estado de Iowa y el este del estado de Kansas, en los Estados Unidos de América. El período seco fue definido como una sequía extrema y la condición cercana a la normal fue subdividida dentro de tres categorías:

|          |               |
|----------|---------------|
| Severa   | (PDSI = -3.0) |
| Moderada | (PDSI = -2.0) |
| Suave    | (PDSI = -1.0) |

Una clasificación completa se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Clasificación del PDSI en períodos húmedos y secos**

| PDSI          | CLASE                         |
|---------------|-------------------------------|
| > 4.0         | Humedad extrema               |
| 3.0 a 4.0     | Humedad severa                |
| 1.5 a 3.0     | Humedad moderada              |
| - 1.5 a 1.5   | Cercana a la normal           |
| - 3.0 a - 1.5 | Sequía entre suave a moderada |
| - 4.0 a - 3.0 | Sequía severa                 |
| < - 4.0       | Sequía extrema                |



Figura 11 y 12. Al iniciar la temporada de lluvias las sequías pueden terminar ya que el suelo tiene las condiciones de humedad necesarias para el desarrollo de la vegetación

## Características de la sequía

La sequía, como fenómeno natural asociado al ciclo hidrológico, ha sido poco estudiada y no precisamente por carecer de importancia, sino por lo complicado que resulta analizarla debido a los múltiples factores que son causa y efecto de la misma. De hecho, el reconocimiento de la sequía como fenómeno hidrológico extremo, dista mucho de tener las características de otros como son las grandes avenidas. Por ello, se ha llegado a mencionar que la sequía es un «no evento», debido a que su ocurrencia, sobre todo en su inicio, no es fácilmente detectable como tal, sino que se le reconoce por los efectos que causa después de un cierto tiempo (figura 13).

Para la caracterización de la sequía es muy importante determinar su duración, su intensidad o valor promedio del déficit de humedad y la severidad en términos del valor acumulado del déficit, de tal manera que estos parámetros ayudan en la difícil tarea de su catalogación.

La distribución temporal y espacial de la precipitación (en cualquiera de sus formas: lluvia, nieve, granizo, etc.) determina si se presenta o no la sequía en una región.

La severidad de la sequía radica en que es variable en el espacio ya que puede abarcar grandes extensiones de territorio, además de durar meses o años, por lo que sus efectos pueden ser catastróficos en comunidades que no se encuentran suficientemente preparados para afrontarlas.



Figura 13. Durante la sequía, los seres vivos se pueden morir de sed

## Causas de las sequías

Las principales causas de las sequías están relacionadas con cambios en las presiones atmosféricas y alteraciones en la circulación general de la atmósfera (variaciones de los vientos a escala planetaria), así como modificaciones en la cantidad de luz solar reflejada en la superficie de la Tierra, cambios en la temperatura de la superficie de los océanos e incrementos en las concentraciones de bióxido de carbono en la atmósfera, que a su vez ocasionan variaciones espacio-temporales de las precipitaciones.

### *Fenómeno de “El Niño”*

Una de las causas de las sequías se atribuye a los cambios en la circulación general atmosférica que son provocados por el fenómeno de El Niño. Básicamente, este fenómeno consiste en un incremento de la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial que provoca una disminución en el ascenso de aguas frías frente a las costas de Perú (sustento de una gran diversidad biológica) y que origina grandes cambios en los vientos y el transporte de humedad (figuras 14 y 15). La aparición de estas aguas cálidas fue identificada por los pescadores del Perú, quienes observaron una disminución en la cantidad de peces capturados y le dieron el nombre de “El Niño”, porque se presentaba a finales de diciembre, coincidiendo con la temporada de Navidad.

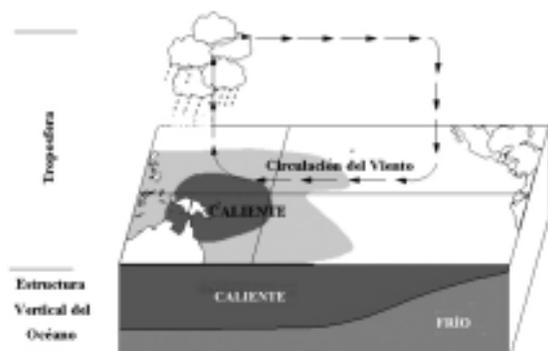


Figura 14. Condiciones normales del Pacífico tropical

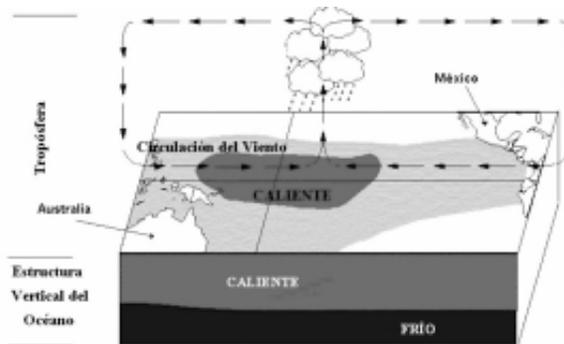


Figura 15. Condiciones del Pacífico tropical durante "El Niño"

El Niño está relacionado con la Oscilación del Sur, esta última es una disminución de la presión atmosférica entre el Pacífico tropical oriental y occidental y que trae aparejadas variaciones climáticas a escala global. El acoplamiento entre ambos se conoce con el nombre de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). El ciclo del ENSO es irregular y genera perturbaciones atmosféricas que resultan en impactos climáticos a escala regional y global tales como sequías, lluvias intensas, períodos de calor y frío. Se pueden mencionar las grandes sequías que han afectado a países como Australia, Indonesia, noreste de Brasil y sur de África a causa de El Niño. Existen lapsos durante los cuales las aguas marinas superficiales del Pacífico ecuatorial, en lugar de calentarse se enfrían por abajo de cierta temperatura que también tiene consecuencias en el clima, a este fenómeno se le conoce como "La Niña", por contraponerse a las condiciones del fenómeno de El Niño.

## Efectos de la sequía

El principal efecto de la sequía es hambre y sed, y en su última consecuencia, la muerte, tanto de animales y plantas, o inclusive, de seres humanos.

Los efectos de una sequía se dejan sentir en el aspecto económico y social, ya que las pérdidas en cosechas, animales, disminución de la producción industrial, y otros, ocasionan la reducción del poder adquisitivo de la población, la migración obligada de la fuerza laboral hacia otras regiones menos afectadas y cierto retroceso en el nivel de vida, figura 16.



Figura 16. Durante la sequía se reduce considerablemente la producción agrícola

Fuente. Protección Civil del estado de Tlaxcala

Como daños secundarios por las sequías se consideran a los incendios forestales y la aceleración de la erosión de los suelos. La falta de humedad en las plantas aumenta la materia orgánica potencialmente combustible y con la sola presencia de una pequeña llama de fuego (natural o intencional) hace que se forme un incendio forestal (CENAPRED, 1996). Una vez consumida por el fuego la capa vegetal, el suelo queda desprotegido ante los agentes climáticos como son el viento o la lluvia, acelerando el proceso de erosión (CENAPRED, 1994), ver las figuras 17 y 18.

## Zonas afectables por la sequía

Las sequías pueden presentarse en cualquier tiempo y lugar; sin embargo, existen áreas específicas de la Tierra con mayor susceptibilidad al fenómeno, determinadas básicamente por su localización geográfica, como lo es la latitud, ya que a partir de la línea del ecuador hacia los polos se presentan en forma alterna las franjas de baja y alta presión atmosférica. Las primeras franjas de baja presión atmosférica corresponden a las áreas lluviosas y húmedas en el planeta, desde el ecuador hacia los 60° de latitud norte y sur (Linsley, 1977); mientras que las de alta presión son zonas donde los vientos son secos y descendentes, no proporcionan lluvia y están alrededor de los 30° norte y sur, y en los polos.



Figura 17. Incendio forestal



Figura 18. Erosión de los suelos en Jajalpa, Esatado de México

México tiene gran parte de su territorio en la franja de alta presión de latitud norte, por lo que estas zonas son áridas y semiáridas, coincidiendo en latitud con las zonas de los grandes desiertos africanos y asiáticos (figura 19). Estos patrones, a su vez, están afectados por otros factores como lo es la orografía, la cercanía de las zonas de interés a los océanos, la cobertura vegetal y el uso del suelo por las actividades humanas.

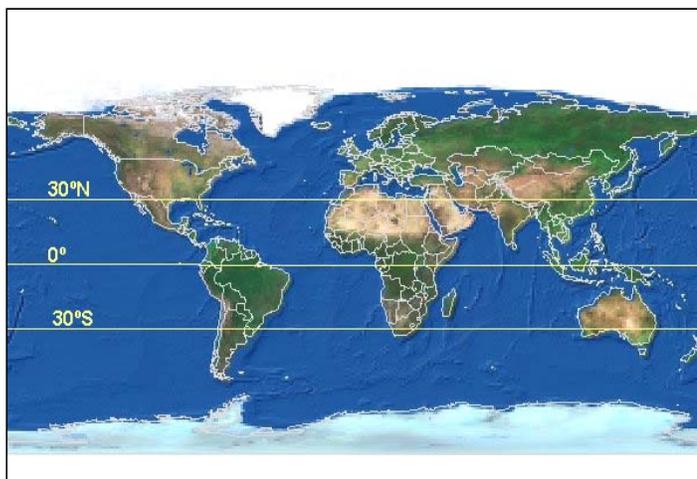


Figura 19. Líneas imaginarias de los trópicos norte y sur



## Perspectiva de las sequías

La Organización de las Naciones Unidas pronostica un crecimiento en la población mundial de mil millones de habitantes entre los años 2000 y 2010 y dos mil millones en las siguientes dos décadas (UNESCO, 1979). Con estos datos se espera una demanda muy grande de agua para sostener el desarrollo de las naciones. Este aumento, y la carencia de planificación para administrar el agua durante la presencia de una sequía, hace suponer un escenario en el que el mundo afrontará una seria crisis de agua. Las propuestas y las acciones que se han llevado a cabo hoy en día, brindan una cuestionable solución, ya que muchas están basadas sobre suposiciones incorrectas.

Existen razones para sospechar que las sequías se pueden autoperpetuar en cierto grado, ya que una vez que la superficie del suelo está libre de vegetación, una mayor cantidad de calor es devuelto a la atmósfera; además, la microturbulencia generada por un mayor calentamiento de la superficie, origina un mayor abastecimiento de núcleos cálidos procedentes del suelo hacia la atmósfera y esto conduce, finalmente, a un predominio de nubes de tipo cúmulus continentales sobre las marítimas, lo cual contribuye a la persistencia de la sequía por disminuir las lluvias.

La Comisión Nacional del Agua en el estudio “El agua en México: retos y avances” (CNA, 2001b), señala que si siguen los actuales patrones de baja eficiencia en el riego, la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación de los cuerpos superficiales, en 25 años, México padecerá escasez del recurso en varias ciudades, verá frenado su desarrollo, sufrirá el colapso de varios de sus ecosistemas y registrará problemas de salud pública.

## Aridez

La sequía y la aridez son dos fenómenos que frecuentemente se confunden, debido a que las regiones más secas son usualmente aquéllas donde la variabilidad de la precipitación es más alta y por tanto es más probable de presentarse una sequía. Es difícil realizar una separación conceptual de los parámetros que caracterizan a estos fenómenos.

La aridez se define como un estado climático permanente; limita seriamente la sobrevivencia o el crecimiento de una economía debido a las condiciones del uso del agua (figuras 20 y 21). La gran diferencia es que la sequía desaparece durante algunas temporadas.



Figura 21. Zona árida



Figura 20. Población ambientada en una zona árida

En términos prácticos, una región es considerada árida, o semiárida, cuando la cantidad de agua disponible representa una variable crítica que limita la economía de la región, tanto en su planeación y desarrollo. Por lo que el concepto de aridez es distinto al de sequía.

Los ejemplos típicos de comunidades que se han adaptado a zonas áridas o desérticas son los habitantes de los grandes desiertos de África donde la supervivencia es común durante todos los días y sus aspiraciones de progreso están restringidas.

Las definiciones más comunes de aridez se basan en comparaciones de precipitación y algunas medidas de evaporación. Por ejemplo, la UNESCO (1979), establece a la aridez como el cociente de la altura de precipitación media anual (P) con respecto a la **evapotranspiración** potencial media anual (E). Con base en esta relación se definen tres grados de aridez:

|                 |    |                        |
|-----------------|----|------------------------|
| Zona hiperárida | si | $P/E < 0.03$           |
| Zona árida      | si | $0.03 \leq P/E < 0.20$ |
| Zona semiárida  | si | $0.20 \leq P/E < 0.50$ |

## Climas de México

La República Mexicana se encuentra en el hemisferio Norte, y se extiende desde el paralelo 14°30'N, hasta el 32°43'N; el trópico de Cáncer la atraviesa en su parte central, de manera que una parte se localiza dentro de la zona intertropical y otra en la subtropical. El país tiene un relieve heterogéneo que propicia diferentes climas.

La distribución de tierras y mares como el Golfo de México, el Mar de las Antillas, el océano Pacífico y el Golfo de California ejercen influencia en la distribución de climas; la temperatura del mar influye en la de los lugares costeros.

En México están representados los grupos climáticos A, B y C de Köppen; los climas D no existen en un país tropical y los climas E se localizan en áreas reducidas de las montañas, con una altitud superior de 4,000 m (García, 1989).



Figura 22. El País tiene un relieve heterogéneo que propicia diferentes climas

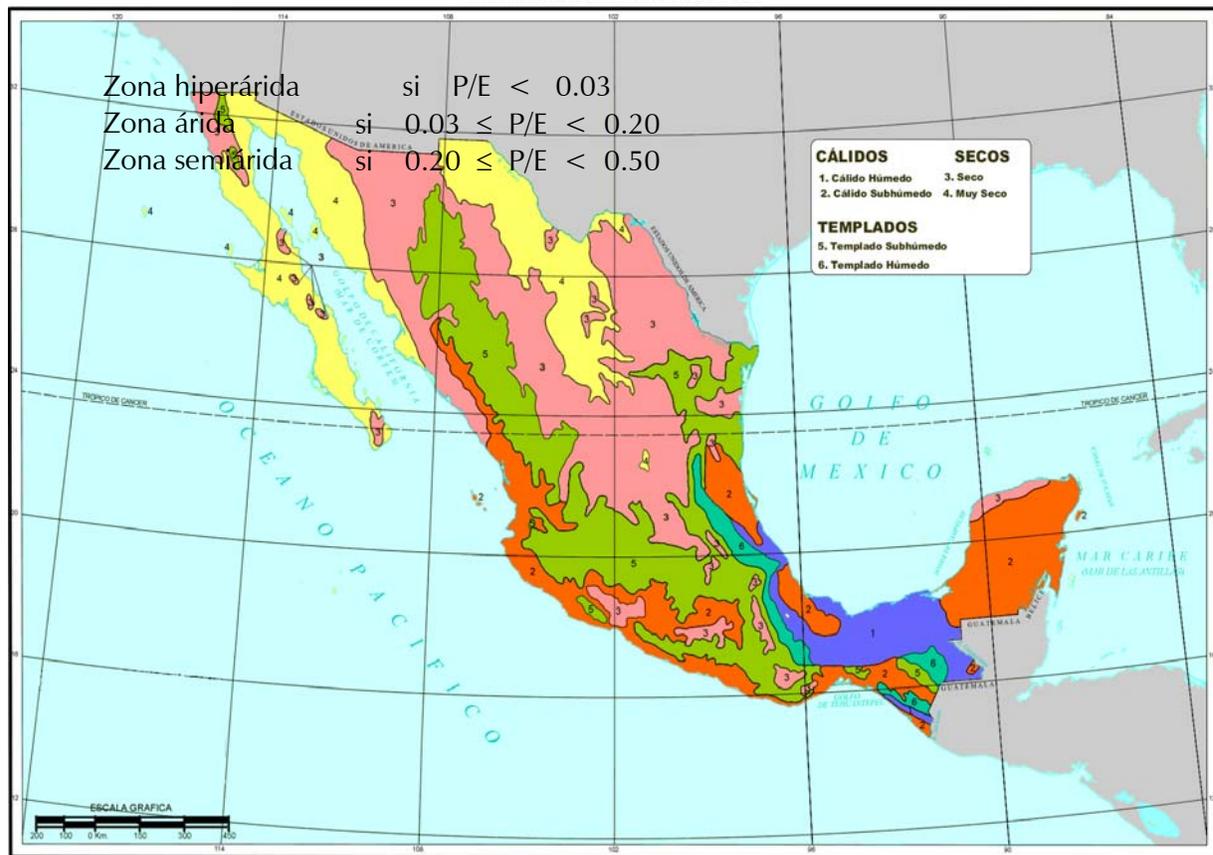


Figura 23. Climas en la República Mexicana (García, 1989)

El **grupo A** (cálidos húmedos), tienen una temperatura media del mes más frío mayor de 18°C. Se extiende a lo largo de las vertientes del Atlántico y Pacífico, que abarca desde el nivel del mar hasta una altitud de 1,000 m; la zona del clima **Af** (cálido húmedo con lluvias todo el año) se encuentra al sur del paralelo 20°N, a lo largo del declive Este de la Sierra Madre Oriental y al pie de las montañas del Norte de Chiapas; el tipo **Am** (cálido húmedo con lluvias en verano) es característico de los lugares húmedos situados al sur del trópico de Cáncer; se localizan en la llanura tabasqueña, en la base de la Sierra Madre Oriental y en la porción sureste de la Sierra Madre de Chiapas. La temporada de mayor precipitación es en verano y coincide con la temporada de los ciclones tropicales.

**Grupo B** (secos). Debido a la ubicación geográfica de este grupo, con respecto a la zona subtropical y la orientación general de las sierras, especialmente en el norte del país, se presentan amplias zonas con climas muy secos o desérticos **BW** y climas secos o esteparios **BS**.

Los climas muy secos **BW** se encuentran en la parte norte de la Altiplanicie mexicana a altitudes menores de 1,500 m, así como en la llanura costera del Pacífico y en las zonas de litoral de la Península de Baja California.

Los **BS** se localizan bordeando los anteriores en la parte Norte de la Altiplanicie, así como en los declives de la Sierra Madre Occidental, que llegan hasta la llanura costera del Golfo de California, en la porción central y noroeste de la Península de Baja California, y en la parte norte de la llanura costera del Golfo de México y una pequeña área del noroeste de la península de Yucatán.



Figura 24. Especialmente en el norte del país existen zonas con climas muy secos o desérticos

El **grupo C** (templados húmedos, con temperatura media del mes más frío entre -3 y 18°C y la del mes más caliente mayor de 10°C), se ubican en las áreas montañosas o mesetas con altitudes superiores a los 800 m, en lugares donde la temperatura media de un mes desciende por debajo de los 18°C. El tipo **Cw** (templado subhúmedo con lluvias en verano) se ubica en la mayor parte de las montañas del centro y sur de México y en la porción sur de la Altiplanicie mexicana, en donde la precipitación orográfica aumenta en verano por los movimientos convectivos del aire y por la influencia de los ciclones tropicales; también se localizan sobre la porción Norte y centro de la Sierra Madre Occidental y Norte de la Oriental. El tipo **Cs** (templado húmedo con lluvias en invierno o clima mediterráneo) solamente se encuentra en una pequeña área que se extiende de Norte a Sur sobre la parte más alta de las Sierras de la Baja California (Sierras de Juárez y San Pedro Mártir). Presenta vientos secos e inviernos húmedos debido a que se encuentra en una zona de transición entre los vientos del oeste, las calmas subtropicales y los vientos alisios.

Grupo de **climas fríos E** (temperatura media del mes más caliente menor que 10°C). Se localizan en la cima de las montañas con alturas superiores de 4,000 m. El tipo **Ef** (en la que la temperatura media de todos los meses se conserva por debajo de 0°C) se encuentra en la parte más elevada de las montañas de 5,000 m, donde dominan los hielos y la nieve en el Pico de Orizaba. En la figura 23 se muestra la distribución de los climas en México.

## Reseña histórica de sequías en México y en otras partes del mundo

Desde tiempos antiguos han ocurrido sequías de gran magnitud en México; desgraciadamente no se cuenta con suficiente información para hacer un recuento de los daños. En el siglo XX se registraron en México cuatro grandes períodos de sequías (Reyes, 1996), estos períodos son: 1948-1954, 1960-1964, 1970 -1978 y 1993-1996.

En las tablas 2, 3 y 4 aparece una reseña histórica realizada a partir de información de la Comisión Nacional del Agua sobre los principales acontecimientos debidos a las sequías de los períodos 48-54, 60-64 y 70-78 y en la tabla 5 se presenta una reseña de acontecimientos sobre sequías en el período 93-96 a partir de una búsqueda hemerográfica.

**Tabla 2. Efectos de la sequía de 1948 -1954**

| Año  | Mes       | Área Geográfica Afectada                              | Efectos Económicos y Sociales  |
|------|-----------|---|--|
| 1949 | agosto    | Norte y Centro del país.                              | Escasez de agua en las presas, como en Necaxa, que tiene 17 millones de metros cúbicos en lugar de 170 que debería tener.          |
| 1950 | agosto    | Noreste y Norte del país: Tamaulipas y Nuevo León.    | Las presas están secas, excepto la de "La Copa". El ganado muere de sed.   |
| 1951 | febrero   | Norte y Golfo de México: Huasteca.                    | En la Huasteca, el ganado carece de agua. En el norte lo prefieren vender a los empacadores.                                       |
| 1951 | diciembre | Sonora, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas. | La Secretaría de Recursos Hidráulicos dispuso utilizar las reservas de la presa "La Boquilla", para regar los campos de Chihuahua. |
| 1953 | junio     | Norte, Noreste y Centro del país.                     | Doscientas cincuenta mil hectáreas sembradas de algodón, en Matamoros, se perdieron.   |

**Tabla 3 Efectos de la sequía de 1960 - 1964**

| Año  | Mes     | Área Geográfica Afectada  | Efectos Económicos y Sociales   |
|------|---------|---|---|
| 1960 | junio   | Noreste y Norte : Tamaulipas, Durango.  | Las siembras de maíz y algodón se perdieron; cientos de animales murieron. En Durango se perdieron más de un millón de árboles en todo el Estado por los incendios forestales.                                      |
| 1960 | junio   | Nacional.   | En el Norte llovió poco, en el resto del país ha empezado a llover.   |
| 1960 | junio   | Centro Occidente: Michoacán.  | Miles de cabezas de ganado perdidas; afectado el maíz, especialmente en Huetamo, Apatzingán y Arteaga.  |
| 1960 | junio   | Norte y Centro.   | Aumento de los precios de los artículos de primera necesidad.   |
| 1960 | junio   | Centro Sur y Norte: Hidalgo y Durango   | Temor de que este año sea igual al de 1957.   |
| 1960 | agosto  | Norte: Chihuahua.   | Cambios bruscos de temperatura.   |
| 1962 | junio   | Nacional.   | Las precipitaciones pluviales disminuyeron año con año.   |
| 1962 | junio   | Golfo de México, Tamaulipas (Huasteca), Tampico e Hidalgo.  | Pérdidas en la ganadería superiores a 15 mil cabezas de ganado vacuno. Los pescadores en Tamaulipas ven destruidos los bancos de ostiones. No hay agua en Hidalgo, las labores agrícolas se encuentran paralizadas. |
| 1962 | junio   | Nacional.   | A pesar de esto, el país cuenta con el almacenamiento de agua suficiente para afrontar la situación.  |
| 1962 | junio   | Centro Occidente: Aguascalientes.   | Los ríos están secos  |
| 1962 | agosto  | Norte y Noreste: Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila.   | 81 muertes en Monterrey y pérdidas de centenares de millones de pesos en la ganadería en Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.   |
| 1962 | agosto  | Norte, Noreste : Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nayarit, Sinaloa, Baja California, Nuevo León, Durango, (Comarca Lagunera) y Zacatecas. | Miles de animales muertos por falta de agua. Pérdidas superiores a 100 millones de pesos en algodón, maíz, frijol, etc.   |
| 1962 | sep.    | Norte.  | El almacenamiento de agua en el Noreste del país debería de ser de 4 mil 200 millones de metros cúbicos y apenas llega a 800 millones.  |
| 1962 | octubre | Norte, Noreste : Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.   | Disminuyen los mantos acuíferos.  |

**Tabla 4. Efectos de la sequía de 1970 -1978**

| Año  | Mes     | Área Geográfica Afectada                                      | Efectos Económicos y Sociales   |
|------|---------|---|---|
| 1970 | mayo    | Nacional  | Se busca dar empleo a los desempleados en las zonas de desastre.  |
| 1971 | mayo    | Norte: Durango  | El ganado muere diariamente. La población exige a la SRH la perforación de nuevos pozos, el agua escasea.   |
| 1972 | julio   | Norte: Nuevo León (Monterrey).                                | Mueren cien niños deshidratados a causa de las altas temperaturas y hay más de dos mil internados.  |
| 1972 | octubre | Centro Occidente, Centro Sur: Querétaro Bajío.                | Perdidas la mayor parte de las cosechas en Querétaro.   |
| 1974 | julio   | Norte: Coahuila.  | El ganado perece y se estiman las pérdidas en 800 mil cabezas. Daños en las siembras de maíz y frijol.  |
| 1974 | agosto  | Norte: Coahuila.  | Las pérdidas pasan ya de 30 millones de pesos.  |
| 1975 | abril   | Norte, Noreste: Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila, Saltillo.   | En Nuevo León han muerto cerca de 40 mil reses. En Coahuila si no llueve, morirán 600 mil cabezas de ganado vacuno y en Tamaulipas 140 mil. Las pérdidas ascienden a 100 millones de pesos. |
| 1976 | abril   | Norte: Durango.   | Mil millones de pesos se perdieron en el último ciclo agrícola debido a las sequías y heladas. Se dejaron de cosechar 180 mil toneladas de frijol y 75 mil de maíz.                         |
| 1976 | mayo    | Norte: Durango, Coahuila, Comarca Lagunera.                   | En la Comarca Lagunera las presas tienen volúmenes bajísimos de agua. Durango carece de agua potable.   |
| 1977 | agosto  | Nuevo León, Norte y Centro. Límites de Tamaulipas y Coahuila. | 70 por ciento de las cosechas perdidas. El precio del ganado se ha desplomado. Se han dejado de sembrar cerca de 50 mil hectáreas.  |
| 1977 | agosto  | Centro Sur: Puebla, Acatlán, Matamoros.                       | Pérdidas por más de 20 millones de pesos en la agricultura. El 90% de los cultivos de maíz y frijol en la zona sur se perdieron.  |
| 1977 | agosto  | Golfo de México: Veracruz.                                    | Pérdidas en 39 mil hectáreas de cultivo de maíz, aumentarán los problemas si no llueve.   |
| 1977 | agosto  | Norte: Coahuila, Márgenes del río Bravo.                      | Fuertes pérdidas en la agricultura. Han muerto 24 niños por deshidratación. Hay incendios forestales.   |
| 1977 | sep.    | Centro Sur: Puebla, Zacatlán, Ciudad Cerdán.                  | 43 mil hectáreas perdidas donde se cultivaba maíz, frijol y cebada.   |
| 1977 | sep.    | Norte: Zacatecas.   | 69 mil hectáreas afectadas. Pérdidas de 10 mil toneladas de frijol y 20 mil toneladas de maíz. Las lluvias en los últimos días probablemente cambiarán el panorama.                         |
| 1977 | sep.    | Centro Occidente: Aguascalientes.                             | Se provocarán lluvias artificiales para mitigar la intensa sequía. 50% de los cultivos están perdidos. La situación es desesperante.  |
| 1977 | octubre | Pacífico Sur: Colima, Manzanillo, Ixtlahuacán y la capital.   | Pérdidas cuantiosas. Sólo se cosecharán 35 mil toneladas de maíz en vez de 66 mil que se habían programado.   |



Figura 25. Las sequías disminuyen la disponibilidad de agua para la producción industrial y pueden afectar el uso doméstico de los habitantes

**Tabla 5. Efectos de la sequía de 1993 – 1996**

| Año  | Mes   | Área Geográfica Afectada                     | Efectos Económicos y Sociales   |
|------|-------|--|---|
| 1993 | abril | Norte: Coahuila.                             | La sequía provoca pérdidas totales de 7 mil hectáreas de trigo. 11,500 cabezas de ganado han muerto. Piden declarar al estado de Coahuila como zona de emergencia, es la sequía más grave en los últimos 40 años. 2 mil hectáreas de sorgo y maíz perdidas. |
| 1993 | mayo  | Norte: Nuevo León.                           | Alarma por la escasez de lluvia. Problemas para abastecer de agua potable a 5 mil habitantes. 3 mil cabezas de ganado han muerto.   |
| 1993 | mayo  | Norte y Centro: Zacatecas, Estado de México. | Mueren más de 5 mil reses por la sequía en Zacatecas. En el Estado de México, la sequía provocó la pérdida de mil hectáreas sembradas de maíz y se quedarán sin cultivar 5 mil hectáreas más. La sequía ha propiciado 2,235 incendios forestales.           |
| 1993 | junio | Norte: Chihuahua.                            | Mueren 16 personas por el calor. Perece en los últimos meses el 60% del hato ganadero por falta de agua.  |
| 1994 | marzo | Noroeste: Baja California Sur.               | Han muerto 20 mil reses por falta de lluvias.   |
| 1994 | Abril | Norte: Chihuahua.                            | Fallecieron 54 personas por deshidratación en territorio chihuahuense en lo que va de 1994.   |
| 1994 | mayo  | Sur: Chiapas.                                | Se perdieron 12 mil hectáreas de maíz por la sequía en Chiapas.   |
| 1995 | marzo | Norte: Chihuahua.                            | Han muerto por lo menos 135 mil reses en chihuahua en los últimos 10 meses.   |
| 1995 | abril | Norte: Chihuahua.                            | Debido a la sequía han muerto hasta el momento 140 mil cabezas de ganado con pérdidas de 750 millones de pesos. En el campo agrícola se tienen pérdidas por dejarse de sembrar 100 mil hectáreas.   |
| 1995 | abril | Norte y Centro del país.                     | Piden declarar zonas de desastre por la sequía en cuatro estados (Durango, Tamaulipas, Hidalgo y Puebla) la sequía ha ocasionado la muerte de miles de cabezas de ganado.   |
| 1995 | julio | Norte: Sinaloa.                              | Más de 5 mil reses muertas ha dejado la sequía y el 40% de siembras siniestradas en el estado de Sinaloa.   |
| 1996 | mayo  | Norte: Coahuila.                             | Unas 60 mil cabezas de ganado han muerto en Coahuila en los últimos 6 meses debido a la sequía que afecta al estado, sobre todo la parte norte y fronteriza.  |
| 1996 | julio | Noroeste: Sonora.                            | Pérdidas por \$200 millones de pesos en la ganadería debido a la escasez de lluvia en el estado de Sonora.  |

A pesar de que el último gran período de sequías en México fue de 1993 a 1996 se tienen registrados daños por sequía en los años subsecuentes, por tal razón se hace un recuento de daños por sequía para los años posteriores a los de 1996.

El año de 1998 fue crítico en casi todo el territorio nacional en lo que respecta a sequías, ondas de calor e incendios forestales. Por ejemplo, a principios del mes de mayo de este año se presentó en la Ciudad de México la temperatura más alta que se haya observado con un valor de 34.7°C, rebasando en más de 1° C la máxima histórica. Aunado a esto también en la periferia de la Ciudad de México se tuvo el mayor número de incendios forestales ocasionando un valor alto de contaminación. En la tabla 6 se presenta una reseña, producto de una investigación hemerográfica, de los efectos más sobresalientes de la sequía de 1998.

**Tabla 6. Daños por la sequía severa de 1998**

| Año  | Mes   | Área geográfica afectada  | Efectos económicos y sociales  |
|------|-------|---|--|
| 1998 | marzo | Norte, centro y Sur: Chihuahua, Edo. de México, Tabasco, Guanajuato y Campeche. | Chihuahua: mueren 1 millón de cabezas de ganado y 40 mil hectáreas de cultivo siniestradas.  |
|      |       |   | Edo. de México: más de 4 millones de habitantes afectados en 7 municipios.   |
|      |       |   | Tabasco: se encuentran en riesgo de perderse 20 mil hectáreas de cultivos básicos.   |
|      |       |   | Guanajuato: no se produjo el 45% de trigo respecto a la misma fecha del año pasado, sólo hay agua para 70 días en el campo.  |
|      |       |   | Campeche: sufren más de 6500 familias la falta total de agua.  |
| 1998 | abril | Norte, Centro y Sur.  | Campeche, Tabasco y Yucatán: es la peor sequía desde hace 20 años, 291 mil hectáreas de pastizales afectadas y 51 mil hectáreas de maíz, frijol y sorgo; dejarán de producirse más de 630 mil litros de leche y 1800 toneladas de carne. |
|      |       |   | Guanajuato: las presas se encuentran al 10% de su capacidad.   |
|      |       |   | Coahuila: los habitantes ingieren el agua que pasa por los canales de riego agrícola, mueren más de 15 mil cabezas de ganado.  |
|      |       |   | Tamaulipas: dañadas 300 mil hectáreas de sorgo (50% de la producción total) que representan pérdidas por más de \$400 millones, las presas se encuentran al 30% de su nivel.   |
|      |       |   | Zacatecas: 13 mil hectáreas de nopal afectadas.  |
|      |       |   | Durango: mueren 22 personas por sed y hambre.  |
|      |       |   | San Luis Potosí: las temperaturas se acercan a los 50°C, hay 330 comunidades afectadas   |
|      |       |   | Jalisco: afecta la sequía a productores de trigo y las pérdidas ascienden a más de \$170 millones.   |
|      |       |   | Sinaloa: se necesita invertir cerca de \$170 millones para mejorar la red hidráulica, disminuye la producción de granos básicos en un 50%.   |
|      |       |   | Nuevo León: 9000 ejidatarios afectados, ventas de pánico de ganado.  |
|      |       |   | Distrito Federal: en la periferia sólo se han sembrado el 7.5% de los cultivos básicos.  |
| 1998 | mayo  | Norte, Centro y Sur.  | San Luis Potosí: muere el ganado, 20 mil habitantes son afectados en 98 comunidades, la gente se "deshace" de sus animales.  |
|      |       |   | Edo. de México: se perdieron más de 300 mil hectáreas de cultivo.  |
|      |       |   | Tabasco: dañado el 90% de cultivos básicos y cítricos.   |
|      |       |   | Coahuila: 100 mil cabezas de ganado han muerto y el 50% de los cultivos se han perdido.  |
|      |       |   | Guerrero: la gente reza, ofrece ofrendas que arrojan a cañadas y crateres para que la lluvia regrese.  |
|      |       |   | Querétaro: 800 hectáreas de bosque viejo afectadas y en riesgo de perderse, 300 cabezas de ganado han muerto.  |
|      |       |   | Veracruz: 8 municipios afectados, 21 mil hectáreas de cultivos dañados perjudicando a 6500 campesinos.   |
|      |       |   | Nuevo León: 300 mil cabezas de ganado han muerto, no se sembraron más de 80 mil hectáreas de cultivos básicos.   |
|      |       |   | Michoacán: afectados más de 600 mil habitantes en Morelia por la escasez de agua.  |
|      |       |   | Durango: la iglesia donará el 40% del diezmo recaudado para ayudar a los agricultores, 20 mil cabezas de ganado han muerto, 640 mil hectáreas no se sembraron de cultivos básicos.   |
| 1998 | junio | Norte, Noroeste, Centro y la Península de Yucatán.                              | Sonora: los ganaderos han invertido más de \$30 millones para mantener su ganado.  |
|      |       |   | D. F.: en San Miguel Topilejo, se han perdido más de 700 hectáreas de frijol y chícharo.   |
|      |       |   | Nuevo León: hay 500 mil campesinos afectados, se perdieron más de 33 mil hectáreas de maíz. Se han registrado 7 mil casos de deshidratación y 65 mil de diarrea.   |
|      |       |   | Aguascalientes: 40 mil habitantes no tienen agua ya que se secó el bordo de donde se abastecían.   |
|      |       |   | Yucatán: pérdidas en unas 5 mil hectáreas de pastizales y maíz.  |

Continúa....

**Tabla 6. (Continuación) Daños por la sequía severa de 1998**

| Año  | Mes    | Área geográfica afectada | Efectos económicos y sociales   |
|------|--------|--------------------------|---|
| 1998 | junio  |                          | Veracruz: 4 muertos por las altas temperaturas y la escasez de agua, 10 mil cabezas de ganado perecieron, se afectaron 200 mil hectáreas de cultivos de temporal. Se redujo en un 15% la producción de leche.                 |
|      |        |                          | Tamaulipas: las presas se encuentran a menos del 14% de su capacidad, a la fecha se han reportado 13 decesos a causa de la escasez de agua.   |
|      |        |                          | Jalisco: El lago de Chapala está casi seco, la arquidiócesis pide a la gente que rece para que llueva.  |
|      |        |                          | San Luis Potosí: se dejarán de producir 70 mil quintales de café, 200 mil toneladas de naranja perdidas, afectando a 150 mil trabajadores. Se han distribuido más de 15 millones de litros de agua potable a 183 comunidades. |
|      |        |                          | Edo. de México: se dejaron de sembrar 300 mil hectáreas de cultivos de temporal.  |
|      |        |                          | Chihuahua: un nuevo récord estatal en la temperatura registrándose valores de hasta 52 °C.  |
|      |        |                          | Zacatecas: 10 mil cabezas de ganado murieron, 30 mil productores resultaron afectados, 700 mil hectáreas de cultivos de granos básicos y pastizales se sinistraron.   |
|      |        |                          | Tabasco: 10 mil cabezas de ganado han muerto hasta la fecha, descendió el 80% de la producción de leche.  |
|      |        |                          | Yucatán: mueren semanalmente 20 mil aves de corral.   |
| 1998 | julio  | Noroeste del país.       | Coahuila: 22 mil campesinos han emigrado hasta la fecha hacia los Estados Unidos.   |
|      |        |                          | Durango: 80 mil familias han sido perjudicadas por la sequía, más de 8 mil cabezas de ganado han muerto.  |
|      |        |                          | San Luis Potosí: el 25% de la población del estado está en riesgo de padecer hambruna. Se pierden 200 mil hectáreas de cultivos de temporal.  |
|      |        |                          | Coahuila: por el calor 13 muertos se reportaron y se presentaron 48 mil casos de diarrea.   |
| 1998 | agosto | Noroeste del país.       | Nuevo León: 70 mil hectáreas de maíz, sorgo y trigo se perdieron.   |
|      |        |                          | Baja California: 10 muertos por la falta de agua y las altas temperaturas, 300 casos de deshidratación en Mexicali.   |
|      |        |                          | Durango: el gobierno federal ha brindado apoyo por \$31 millones contra la sequía.  |
|      |        |                          | Nuevo León: la presas se encuentran al 30% de su capacidad.   |
|      |        |                          | Edo. de México: más de mil millones de pesos de pérdidas en el campo, afectadas 200 mil familias.   |



Con base en una investigación hemerográfica se recabó información sobre daños por sequía, para los años de 1999 y 2000, de los cuales en la tabla 7 se presenta un resumen.

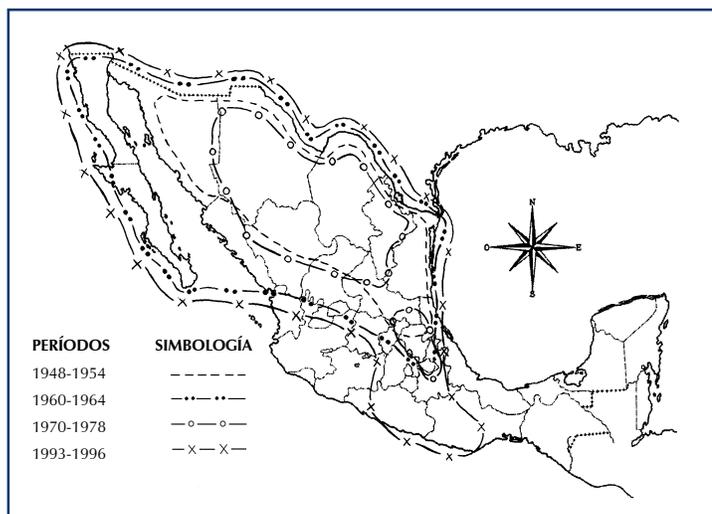
**Tabla 7. Resumen de daños por sequía para los años de 1999-2000**

| Año  | Mes    | Área Geográfica Afectada     | Efectos Económicos y Sociales   |
|------|--------|------------------------------|---|
| 1999 | marzo  | Durango                      | El 20% de las áreas frutícolas afectadas, agotados los mantos freáticos obligó a las autoridades a provocar lluvia con bombardeo de nubes.  |
|      |        | Nuevo León                   | Se perdieron los cultivos de 3,500 ha.  |
|      |        | Sinaloa                      | Tras 5 años de sequía se perdieron 4 mil ha de árboles frutales en el municipio de Nuevo Leal.  |
|      |        | Sonora                       | Grandes estragos en agricultura y ganadería, la peor en 30 años; las presas del sur del estado al 20% de su capacidad.  |
| 1999 | abril  | Sinaloa                      | El estado fue declarado zona de Desastre al dejar de sembrarse 120 mil ha, las presas se encontraron al 10% de su capacidad y sólo se garantiza abastecimiento para 30 días.  |
|      |        | Sonora                       | Cuarta sequía consecutiva, 60 mil cabezas de ganado pérdidas, en el pueblo de Batuc y de San Pedro de la Cueva.   |
|      |        | Sureste de Coahuila          | Se han perdido 4 mil ha de tierras de temporal.   |
| 1999 | mayo   | Aguascalientes               | El estado fue declarado como zona de Desastre.  |
|      |        | Coahuila                     | Mueren 4500 reses y 1500 ha permanecen sin cultivo.   |
|      |        | San Luis Potosí              | El 80% de los problemas por sequía se encuentra en 15 municipios.   |
|      |        | Sinaloa                      | Plan emergente para reducir horas de servicio de agua a 25 mil usuarios.  |
|      |        | Sonora                       | Emergen las ruinas de un pueblo en San José de Gracia que en 1928 quedó sumergido en las aguas de la presa Plutarco Elías Calles por la sequía.   |
| 1999 | junio  | Sonora                       | Han muerto por la sequía 10 mil reses en Hermosillo, 15 ganaderos afectados, 200 millones de pesos en pérdidas. Presa La Amistad al 23% de su capacidad. La sequía ha provocado un brote de hepatitis en la periferia del Estado.   |
| 1999 | agosto | Sureste y Norte de Zacatecas | 182 mil ha de frijol y maíz destruidas, así como 150 cabezas de ganado muertas. 28 municipios abandonados por la sequía y 80 mil campesinos en la mayor pobreza.  |
| 1999 | oct.   | Coahuila                     | Pérdidas en 30 mil ha de cultivos de maíz y frijol.   |
| 1999 | nov.   | Nayarit                      | Cuando menos el 25% de la superficie cultivada de maíz en la zona serrana del municipio de El Nayar se perdió   |
| 1999 | nov.   | Durango                      | El sector ganadero perdió \$50 millones de pesos y la muerte de 1000 cabezas de ganado.   |
| 2000 | feb.   | Baja California              | En BC se perdieron 50 mil cabezas de ganado.  |
|      |        | San Luis Potosí              | Mueren 250 cabezas de ganado caballar y bovino en Villa de Ramos y Salinas de Hidalgo.  |
| 2000 | marzo  | Noreste de Guanajuato        | Decenas de ganaderos han perdido 10 mil reses. 13 Municipios afectados.   |
| 2000 | abril  | Aguascalientes               | Afectados 6 municipios de Aguascalientes: Pabellón de Arteaga, San José de Gracia, Rincón de Ramos, Tepezalá, Asientos y El Liano.  |
|      |        | Baja California              | Despedidos casi 7 mil jornaleros en el valle de San Quintín, al sur de Ensenada.  |
|      |        | Baja California Sur          | La Paz afectada, la sequía afecta a la ganadería de los cabos y Loreto.   |
|      |        | Coahuila                     | Migraron 2 millones de jornaleros   |
|      |        | Chihuahua                    | Graves daños económicos a 80 familias por la sequía.  |
|      |        | Durango                      | Mueren 10 mil cabezas de ganado.  |
|      |        | Guanajuato                   | 13 municipios afectados, 12 ha se dejaron de sembrar  |
|      |        | Morelos                      | 834 ha de cultivo afectadas.  |
|      |        | Nuevo León                   | Migraron familias porque la fibra de lechuguilla ya no se recolecta. 127 mil ha de cultivo afectadas, 40 °C en Dr. Arroyo, Aramberri, Mier y Noriega al sur de estado. Al norte Anáhuac, Vallecillo, China, General Bravo la ganadería se vino abajo y con ello la industria lechera. |
|      |        | Sinaloa                      | Se han registrado 35 incendios forestales en 4 municipios, destruidos 600 ha de bosque, 262 poblados de la zona serrana agobiados.  |
|      |        | Sonora                       | 100 poblados sin agua, 800 mil reses en peligro de morir, 25 mil ha de cultivos de temporales siniestradas. 11 presas al 28% de su capacidad.   |
|      |        | Zacatecas                    | 64 de 72 municipios están en emergencia por la escasez de agua potable, se dejaron de sembrar 70 mil ha de cultivo, en los valles del Yaqui y Mayo.   |
| 2000 | mayo   | Aguascalientes               | 33 municipios afectados, 40 mil familia perjudicadas y pérdidas por 2 mil millones de pesos.  |
|      |        | Durango                      | En San José de Gracia, al N del Estado, 8 mil habitantes sin agua. La presa Plutarco Elías Calles, vacía.   |
|      |        | Tabasco                      | Más de 600 mil afectados por la sequía. La presa Miguel Hidalgo y Costilla al 9 % de su capacidad, la Adolfo López Mateos y José López Portillo al 5 % de su capacidad.   |
|      |        | Zacatecas                    | Crisis ganadera provoca la sequía, afectando a 500 mil ha de pastizales en Jonuta, Balancán y Tenosique registraron 39 °C.  |
| 2000 | junio  | Sonora                       | 215 mil cabezas de ganado morirán a causa de la sequía.   |
|      |        | Baja California              | En Hermosillo, brote de hepatitis por sequía y por falta de agua potable se reduce el horario de clases. Se racionaliza el agua por escasez. En Tijuana se rematan 300 reses, 16 y 20 pesos el kilogramo.   |
|      |        | Tamaulipas                   | En Ensenada, la escasez de lluvia provocó pérdidas en el sector agrícola de 23,600 ha.  |
| 2000 | julio  | Aguascalientes               | La sequía provocó pérdidas de 17 mil ha. de sorgo y 20 mil ha más de otros cultivos. Se perderán por la sequía 7 mil ha de guayaba en Calvillo. Siniestradas 109 mil 700 ha de temporal en la capital de Aguascalientes.  |

## Resumen de la información

La figura 26 muestra un mapa del territorio nacional con la extensión que abarcó cada uno de los cuatro períodos de sequía; este mapa se elaboró con base en los datos de las tablas anteriores.

Figura 26. Zonificación de la sequía por período



En la figura 27 se muestran las zonas que históricamente han sido afectadas por las sequías donde se indica el grado de severidad con que se han presentado, este mapa se elaboró con base en el mapa de la figura 26. En la tabla 8 se presenta un resumen de las sequías en comparación con el número de habitantes afectados, número de municipios y área de afectación.

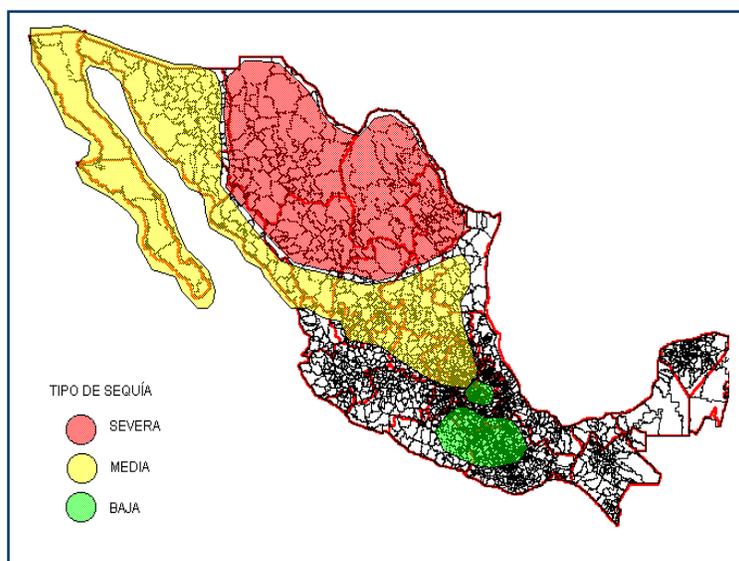


Figura 27. Zonas de afectación por grado de severidad de la sequía

**Tabla 8. Afectación de la sequía en México**

| Tipo de Sequía | No. de Municipios | Area afectada   |    | Población afectada |    |
|----------------|-------------------|-----------------|----|--------------------|----|
|                |                   | km <sup>2</sup> | %  | No. Hab.           | %  |
| SEVERA         | 195               | 573,300         | 29 | 9,913,699          | 10 |
| MEDIA          | 408               | 712,800         | 37 | 21,478,004         | 22 |
| BAJA           | 572               | 81,620          | 4  | 6,764,556          | 7  |

En resumen: los 10 estados más afectados por sequías durante el período 1988-1994 (Escalante y Reyes, 1998) tanto en los sectores agrícola, ganadero y forestal, fueron:

| Agricultura |                   | Ganadería           |                   |
|-------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Estado      | Hectáreas dañadas | Estado              | Cabezas de ganado |
| Chihuahua   | 857,778           | Chihuahua           | 100,070           |
| México      | 556,059           | Sinaloa             | 35,559            |
| Zacatecas   | 530,752           | Baja California Sur | 34,980            |
| Oaxaca      | 522,496           | Sonora              | 32,985            |
| Durango     | 482,581           | Coahuila            | 28,796            |
| Guanajuato  | 470,164           | Zacatecas           | 19,088            |
| Jalisco     | 249,093           | San Luis Potosí     | 14,840            |
| Puebla      | 207,740           | Hidalgo             | 10,431            |
| Guerrero    | 204,427           | Nuevo León          | 8,560             |
| Tamaulipas  | 141,322           | Veracruz            | 7,129             |
| TOTAL       | 4,222,412         | TOTAL               | 292,438           |

| Forestal         |                     |                   |
|------------------|---------------------|-------------------|
| Estado           | Número de incendios | Hectáreas dañadas |
| Chihuahua        | 780                 | 59,561            |
| México           | 4,845               | 51,363            |
| Durango          | 1,370               | 125,998           |
| Jalisco          | 759                 | 63,140            |
| Guerrero         | 1,258               | 82,620            |
| Chiapas          | 615                 | 117,237           |
| Quintana Roo     | 251                 | 153,411           |
| Coahuila         | 182                 | 171,681           |
| Michoacán        | 2,912               | 60,853            |
| Distrito Federal | 1,279               | 11,099            |
| TOTAL            | 14,251              | 896,963           |

## Estadísticas de sequías en otras partes del mundo

En la tabla 9 se presenta un resumen de algunos daños por las sequías ocurridas en otras partes del mundo.

**Tabla 9. Daños por sequía en otras partes del mundo**

| Fecha         | Lugar   | Observaciones   |
|---------------|---|---|
| 1965-67       | India   | Un millón y medio de muertos debido a la hambruna que dejó la sequía.   |
| 1971          | Gran parte de Europa                              | Fue un año excepcionalmente seco. En España, la precipitación de invierno fue muy baja en los últimos 30 años, así como una intensa sequía durante el verano en Polonia. El río Rhin presentó su nivel más bajo desde 1818.   |
| 1975-76       | Norte y Este de Europa                            | Inviernos secos en el Este de Europa; además, el nivel de los ríos fue muy bajo. Entre febrero y agosto no se presentaron precipitaciones en Irlanda, mientras que la lluvia en Suecia y Bélgica ha sido la más baja del siglo XX.  |
| 1976-1977     | Estados Unidos                                    | California y áreas vecinas fueron afectadas por una extrema sequía, aunque de corta duración. Fue necesario utilizar las reservas de las presas.  |
| 1977          | Reino Unido                                       | Verano seco durante mayo y agosto. En el centro de Escocia, el verano ha sido el más seco desde 1868. En el norte de Irlanda la situación es similar.   |
| 1986-1993     | Estados Unidos                                    | Extensa sequía en California durante siete años; la duración de este evento ocasionó problemas con las reservas de agua, impactando en la calidad de la misma y en los sectores agrícolas, uso público, recreación, pesca, entre otros.   |
| Junio de 1988 | Canadá  | La sequía generó pérdidas económicas de \$18,000 millones de dólares en la industria agrícola, además de devastar con tierras fértiles y provocar incendios forestales en Columbia Británica y Alberta.   |
| 1988-1992     | Gran parte de Europa                              | El déficit en la precipitación causó prolongada sequía sobre grandes áreas, además de temperaturas altas durante el verano. Severa sequía en el noreste de Alemania en 1992, donde la producción agrícola se redujo en un 22%. Asimismo, se presentó una precipitación por debajo del promedio en Escocia.  |
| 1990-1995     | España y Portugal                                 | Prolongada sequía afectó gran parte de España excepto la costa norte; ha sido la más intensa entre septiembre de 1994 y agosto de 1995.   |
| 1991-1995     | Australia   | Se reduce la producción de las cosechas de invierno en un 50%, incluyendo trigo, cebada, avena y legumbres. Los daños económicos fueron estimados en \$590 millones de dólares, entre septiembre de 1992 y diciembre de 1995.   |
| 1992-1993     | Bulgaria, Hungría                                 | El verano de 1992 fue muy cálido, la precipitación continuó por debajo de lo normal hasta octubre de 1993. Severas pérdidas en la producción agrícola en Bulgaria, así como, la peor sequía en una de las repúblicas de la antigua URSS.  |
| 1995          | Argentina   | El déficit de agua provocó que el ciclo agrícola del trigo fuera suspendido. En la Pampa las pérdidas de las cosechas llegaron al 82%.  |
| 1995-1996     | Estados Unidos de América                         | Sequía en el suroeste y sur de las grandes planicies de los estados de Arizona, Nuevo México, Oklahoma, Texas, y algunas partes de Colorado y Utah, causó serios impactos en la agricultura y medio ambiente. En Texas, se perdieron \$2,100 millones de dólares en la industria agrícola.  |
| 1997          | Francia, Reino Unido, Irlanda, Portugal, Alemania | Se presentó una precipitación muy baja  |
| 1997          | China   | Sequía en el norte, debido a que la precipitación fue inferior a la media del verano, en algunas regiones se presentaron los niveles más bajos de lluvias en 47 años.   |
| 1997          | Filipinas   | Las cosechas de arroz y maíz descendieron en más del 40 y 25%, respectivamente.   |
| 1998          | Mongolia  | Severas sequías ocasionaron miles de decesos por hambruna.  |
| 2000          | Etiopía   | Condiciones de sequía en el sur, sureste y norte del país; pérdidas de \$7.7 millones de dólares.   |
| 2000          | Estados Unidos de América                         | La peor sequía en el suroeste de los EUA; las condiciones de sequía empeoraron en algunas regiones de moderada a severa. En algunas localidades, incluyendo a Greenville Spartanburg, en Carolina del Sur, se registraron ausencia de lluvias durante el mes de octubre. La sequía afectó regiones agrícolas del sur y sureste del país, los daños económicos se estimaron en cerca de 2,000 millones de dólares; éstas incluyen pérdidas significativas en las cosechas de algodón y soya. |

Continúa....

**Tabla 9. (Continuación) Daños por sequía en otras partes del mundo**

| Fecha        | Lugar                     | Observaciones   |
|--------------|---------------------------|---|
| 2001         | Sudán                     | Severa sequía en la región oeste y sur del país; ha causado al menos 900,000 casos de hambruna; además, hay un déficit de la precipitación en el norte de Darfur.   |
| 2001         | Afganistán                | La peor sequía en los últimos 30 años. Se registra una migración de aproximadamente 100,000 personas hacia Pakistán durante cinco meses.  |
| 2001         | Cuba                      | La región este y centro ha sufrido una de las peores sequías durante meses. Las reservas de agua potable en la provincia de Camagüey han presentado los niveles más bajos en cinco años, mientras que en las provincias de Tunas y Guantánamo se han registrado precipitaciones por debajo de lo normal y sólo se cultivó el 9% de las tierras fértiles que podrían ser irrigadas.  |
| Jul-Sep 2001 | Canadá                    | En la provincia de Alberta, sólo el 10% de las cosechas de trigo fue rescatado, debido a la intensa sequía.   |
| 2001         | Estados Unidos de América | La peor sequía del siglo en Florida ha presentado pérdidas económicas de 574 millones de dólares en los últimos cuatro años.  |
| 2001         | Irán                      | Se presenta una severa sequía desde hace tres años causando un fuerte decremento en las reservas de agua. El gobierno de Irán reportó una crisis de agua que afecta a 18 de las 28 provincias que conforman al país. Los niveles en las reservas de la capital reportaron un almacenamiento de 200 millones de metros cúbicos, mientras que tres reservas cerca de Teherán presentaron el nivel más bajo durante el último año. Los daños económicos en la agricultura fueron estimados en 2,600 millones de dólares. El parlamento de Irán declaró a los meses de junio a diciembre como el "periodo de crisis del agua" |
| 2001         | Corea                     | En la región norte del país se presentó una sequía, reportándose como la segunda más grande que ha ocurrido en la historia de Corea. Según información del Instituto de Pronóstico Central de Hidrometeorología, la sequía más grande se presentó del 11 de julio al 11 de octubre de 1727.   |
| 2001 - 2002  | Australia                 | Sequía intensa en el sureste del país, la cual generó más de 100 incendios en el estado de Nueva Gales del Sur.   |
| 2002         | China                     | Al menos 16 millones de personas sufren las consecuencias de la sequía, debido a cortes de agua potable. El nivel de la precipitación en regiones del suroeste y noreste de China ha descendido hasta en un 90%, por lo que se espera la pérdida de grandes áreas de cultivo.   |

Fuente: Vogt Jurgen y Francesca Osma, 2000 y varios sitios en Internet, ver referencias.



Figura 28. Afectaciones provocadas a la agricultura por la sequía

Una de las sequías más recientes y que provocaron daños significativos fue la ocurrida en Australia entre los años del 2001 a 2002, ver figura 29.

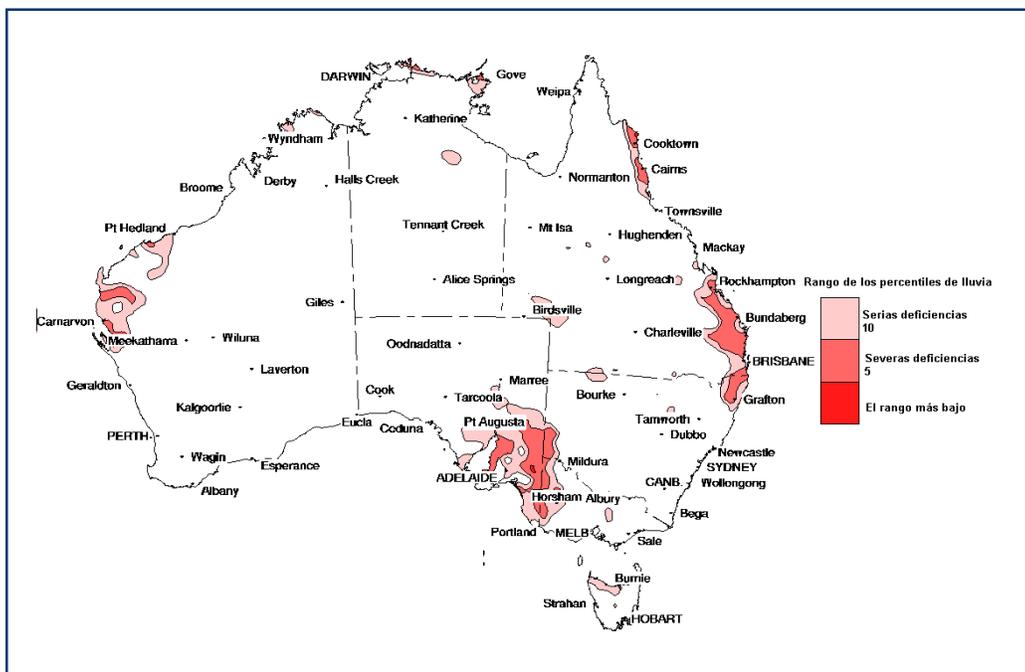


Figura 29. Área de afectación de la sequía en el periodo 2001- 2002 en Australia

Esta sequía fue el detonante de uno de los incendios más devastadores que se tienen registrados en este país, y en general en todo el mundo, ver figura 30.



Figura 30. Incendios en las montañas bajas en los suburbios alejados de Sydney, Australia



Figura 31. Incendios en la costa este de Australia, diciembre del 2001

Las pérdidas económicas de los incendios registrados en el centro comercial de Sydney, Australia fueron de \$25 millones de dólares, según las grandes aseguradoras de ese país (CNN, 2001). Cerca de 170 casas fueron destruidas y 250, 000 ha se consumieron por el fuego en las tierras agrícolas del estado de Nueva Gales del Sur, donde se presentaron cerca de 100 incendios, figura 31. Algunas pérdidas en el sector ganadero incluyeron 500 ovejas y algunas cabezas de ganado.

## Medidas de mitigación contra Sequías

Las medidas de mitigación para disminuir los efectos negativos de las sequías se pueden dividir en dos grandes ramas: estructurales y no estructurales.

### Medidas estructurales

Son las construcciones y obras de ingeniería que ayudan a controlar, almacenar, extraer y distribuir el agua, con el fin de optimar el uso del vital recurso en época de sequía. Entre estas obras de ingeniería están: presas, tanques de almacenamiento, sistemas de abastecimiento de agua potable, plantas de tratamiento de aguas negras, perforación de pozos, canales revestidos y sistemas de irrigación.

Las presas son las obras de ingeniería de mayor importancia para almacenar agua, figuras 32 y 33. El diseño de estas obras debe estar en función de la hidrología del lugar y su topografía, así como de las actividades humanas cercanas a esta obra, como es la ganadería, la agricultura y la industria.

Otra obra de ingeniería, de igual importancia que las presas, son las plantas de tratamiento de aguas negras, figuras 34 y 35. Un gran recurso que se puede usar en cierta clase de industria, riego, sanitario y en la jardinería son las aguas negras después de ser tratadas. En la ciudad de México, se desalojan alrededor de 40 m<sup>3</sup>/s de aguas negras y 4.5 m<sup>3</sup>/s de ellas son tratadas en plantas, de ellas, 2.5 m<sup>3</sup>/s se obtienen de la planta de tratamiento “La

Estrella” y los restantes 2 m<sup>3</sup>/s de otras plantas de menor tamaño.

Debe mencionarse que un sistema de drenaje doble, uno sanitario (aguas negras) y otro pluvial (agua de lluvia), es lo más recomendable ya que un buen porcentaje del agua que se va por el drenaje es agua de lluvia, y ésta no necesita un tratamiento tan complicado como el de las aguas negras para depurarla, es más, en algunas ocasiones sin tratamiento se podrían inyectar al subsuelo para recargar los mantos acuíferos.

En general, todas las obras de ingeniería para mitigar las sequías son costosas y por sí solas no son la solución que evite las sequías, más bien son el complemento de otras medidas que en conjunto ayuden a contrarrestar los efectos negativos de este fenómeno.



Figura 32. Presa de tierra y roca

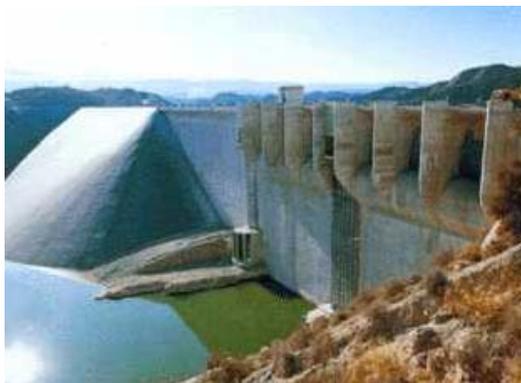


Figura 33. Presa de concreto

## Medidas no estructurales

Las medidas no estructurales o institucionales son aquellas acciones que se adoptan antes y durante la sequía para disminuir sus efectos negativos, sin involucrar la construcción de obra alguna. Estas medidas son socioeconómicas, legales, de planeación y se refieren principalmente a reglamentos sobre uso del agua.

Las medidas institucionales se pueden clasificar a su vez en dos grandes ramas, las cuales son: reactivas y preventivas, o prospectivas.

### *Medidas reactivas*

Son aquéllas que se adoptan durante el evento e implican que la comunidad actúe haciendo algo al respecto. Como ejemplo de este tipo de medidas son: limitar la dotación de agua a la población y a la agricultura, implantar programas de emergencia que ayuden a los agricultores y



Figura 34. Planta de tratamiento pequeña



Figura 35. Planta de tratamiento a gran escala

ganaderos a disminuir las pérdidas económicas dentro de sus actividades, redistribuir el agua entre las diferentes actividades económicas dando prioridad a aquéllos de mayor importancia, teniendo en cuenta que en el escalafón de importancia, debe estar como primer lugar, el uso del agua para consumo doméstico de la población.

### *Medidas preventivas o prospectivas*

Son aquéllas que se implantan mucho antes de que suceda una sequía, como es crear una cultura en la población para cuidar el agua. Por ejemplo, se recomienda que en las escuelas de nivel básico se impartan clases sobre el uso adecuado de los recursos naturales; repartir folletos en los mercados, en la calle, en los centros de trabajo, en los lugares recreativos, etc., que hablen sobre el uso adecuado del agua. Otras medidas son la implantación de técnicas de irrigación para reducir la cantidad de agua en la agricultura y que las cosechas sean satisfactorias; introducir en el campo algún tipo de ganado o de cultivo que se adapte mejor al clima; poner en marcha programas de supervisión continua en las industrias para que no viertan desechos a los ríos, y cuidar que éstos no se contaminen, entre otras.

El trabajo conjunto entre los diferentes sectores económicos (agricultura, ganadería e industria), así como con los centros de investigación, la Comisión Nacional del Agua, la población en general y los sectores gubernamentales será la clave del éxito de las acciones.

## Medidas opcionales

Existen otras medidas para contrarrestar los efectos negativos de las sequías, éstas son:

### **Obtener agua de sitios cada vez más alejados**

En muchas áreas geográficas del país se están agotando los recursos hidráulicos de las cuencas y algunas poblaciones, como la ciudad de México, deben obtener el vital líquido de lugares cada vez más alejados; esto implica problemas tanto económicos como sociales, ya que el transporte del agua, debido a las distancias, es cada vez más caro y el agua de donde se obtiene es un recurso de los lugareños y, por tanto, se tienen disputas políticas por saber quién y cómo debe usarse.

### **Desalinización del agua de mar**

Otra de las medidas opcionales para mitigar los efectos negativos de las sequías es la desalinización del agua de mar, ver figura 36. Debido a que más del 70% de la superficie de nuestro planeta es agua, se cuenta con un recurso a gran escala, pero desgraciadamente es agua salada no apta para el consumo humano; por tal motivo es necesario separar la sal del agua de mar. Esta técnica ha sido investigada en casi todo el mundo por más de cinco décadas, siendo costoso el proceso, pero a la vez, representa una de las mejores opciones para la obtención de agua potable. En Israel, esta técnica se utiliza con buenos resultados debido a que las fuentes de abastecimiento son escasas, lo que ha provocado que la desalinización sea más económica que cualquiera de las otras alternativas. En México, ya se han hecho algunos estudios sobre la desalinización del agua de mar, pero aún no es aplicable a gran escala.

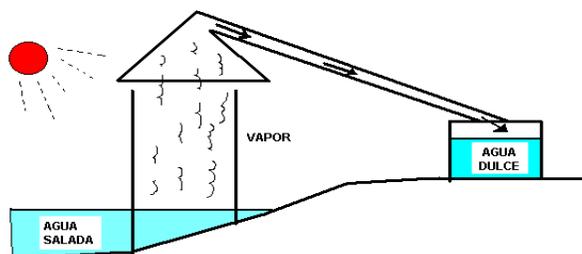


Figura 36. Desalinización del agua de mar

### **Lluvia artificial**

Algunas veces la generación de lluvia artificial puede mitigar los efectos de las sequías; esta técnica consiste en esparcir sobre las nubes, por medio de avionetas, yoduro de plata (figura 37), para provocar la condensación de las partículas de agua en suspensión en gotas suficientemente grandes para caer por su propio peso y, en su movimiento, dan lugar a una especie de reacción en cadena que causa la unión de más gotas. Esta medida es poco exitosa y no es aún un método firmemente establecido, puesto que se requieren de condiciones ambientales especiales para tener resultados satisfactorios; además, la lluvia obtenida puede causar la disminución de la precipitación en otra región.

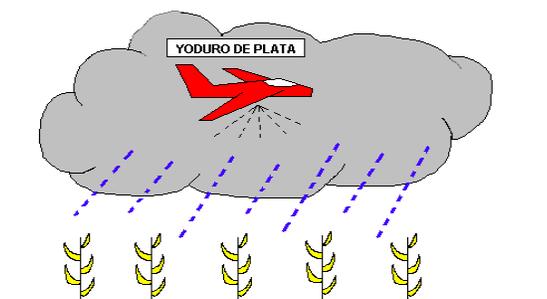


Figura 37. Generación de lluvia artificial

Los estados con mayores problemas por sequías son los del norte del país, Chihuahua, Durango y Coahuila, entre otros. En estas regiones, por ser zonas de alta presión, predominan los cielos despejados en la mayor parte del año, y como no hay nubes, esta técnica no sería útil.

## Acciones para combatir las sequías

Para conocer algunas acciones que se llevan a cabo en otros países y en algunas partes de México para combatir las sequías se hace la descripción de varias de ellas.



Figura 38. Paisaje árido en el sureste de EUA

### ***Modelos matemáticos para la planeación y manejo del agua en los Estados Unidos de América***

Desde hace más de tres décadas se han elaborado modelos matemáticos aplicados por medio de programas de cómputo para la planeación y manejo del agua en varias partes de los Estados Unidos de América; éstos han sido complicados y costosos, además de tener un uso limitado. Con el avance de la tecnología, se podrá contar con modelos más accesibles y económicos, además de ser más sencillos en su manejo.

Un amplio número de modelos sobre el manejo del agua son desarrollados y analizados en centros de investigación, universidades y empresas particulares.

Los modelos existentes se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- ◆ Modelos para el pronóstico de la demanda de agua y el balance entre la oferta y la demanda
- ◆ Modelos para los sistemas de distribución del agua
- ◆ Modelos para la planeación del uso del agua
- ◆ Modelos de escurrimientos en cuencas
- ◆ Modelos de flujos hidráulicos
- ◆ Modelos de la calidad del agua en ríos y embalses

El papel de los modelos en el manejo del agua involucra diferentes aspectos desde el desarrollo, control, protección, regulación y uso de este recurso. Los servicios y resultados de los modelos pueden ser utilizados en diferentes sectores como son: el municipal, el agrícola y el industrial. También los resultados pueden servir para proteger el medio ambiente, en la generación de energía eléctrica, para el control de la erosión y la sedimentación, así como para el control de avenidas y, por lo tanto, para la disminución de daños por inundaciones. Las actividades en el manejo y planeación del agua están orientadas a crear políticas a escala nacional, regional y local, del uso adecuado de este recurso, así como a la creación de estrategias, planeación, diseño, construcción, mantenimiento y operación de las obras hidráulicas.

Los modelos matemáticos, desde una perspectiva científica, contribuyen a un mejor entendimiento del proceso real del fenómeno, así como a brindar información cuantitativa para la toma de decisiones.

En México, no es común el uso de estos modelos matemáticos con este fin. Es indispensable trabajar en la elaboración de ellos, por lo que se requiere de una participación más activa tanto de instituciones de investigación como un mayor apoyo de los sectores gubernamentales y sociales que en general conlleven a un mejor aprovechamiento del recurso agua.



Figura 39. Una de las medidas para combatir las sequías es la planeación y manejo del agua

### ***Plan Nacional contra sequías en Australia***

Australia es un país que padece año con año de las sequías. Debido a su posición geográfica, es común encontrar regiones donde las lluvias son escasas y en la mayor parte del año el cielo está despejado. Debido a ello, desde 1992, se ha implantado un programa para combatir a las sequías. Este programa está orientado a tres objetivos fundamentales:

- 1) Se pretende motivar a los productores del sector agrícola y otros sectores rurales a la autoprotección ante el eminente riesgo por la presencia de una variabilidad climática.
- 2) El gobierno busca las formas de mantener y proteger el sector agrícola, así como los recursos naturales y el medio ambiente durante la presencia de una sequía implantando programas y políticas.
- 3) El gobierno apoya las políticas que faciliten la recuperación de la industria agrícola consistente en una producción sustentable a largo plazo.

Bajo estos objetivos, los agricultores australianos deben asumir la gran responsabilidad de manejar sus acciones de autoprotección ante el eminente riesgo por la presencia de un cambio climático. Para ello se requiere de un manejo integral de las áreas de financiamiento, de comercio, de producción y los recursos en el sector agrícola, de tal manera que, el uso del agua sea el más eficiente.

El plan nacional contra las sequías también contempla otras actividades, entre ellas:

- ◆ Implantar campañas nacionales de planeación y manejo de las sequías, haciendo énfasis en la educación sobre el control efectivo del riesgo ante la presencia de una sequía, así como en una actividad sustentable en la agricultura.
- ◆ Dar subsidios a las empresas transportadoras de carga, principalmente a las de forraje, agua y ganado.
- ◆ Dar asistencia financiera a través de un esquema de ajuste rural a los campesinos que están más expuestos a condiciones severas de sequías.
- ◆ Desarrollar estudios científicos referentes a las sequías haciendo énfasis en la predicción, vigilancia y manejo de este fenómeno.

En Australia, para hacer una declaratoria de emergencia por sequía, es necesario apoyarse en un criterio científico, además de contar con la opinión de un comité extraído de la misma comunidad llamado “Rural Adjustment Scheme Advisory Council”. En el comité también participan personas del estado, de la federación nacional de campesinos, así como miembros con experiencia en las áreas de economía, administración financiera, bancaria y manejo del campo.

### ***Plan de acción contra sequías en el oeste de los Estados Unidos de América***

Los gobiernos de los estados del oeste de los Estados Unidos de América crearon un plan de acción para contrarrestar los efectos negativos de las sequías. El plan se basa en una respuesta integral para combatirlos, además de trabajar juntos para implantar medidas de control y manejo del agua en situaciones de emergencia. El plan contempla tres grandes acciones:

- ◆ Coordinar, a nivel federal, las acciones sobre las necesidades de los estados para identificar rápidamente los problemas que se tienen por sequías y darles una solución efectiva.
- ◆ Trabajar en conjunto tanto las entidades federativas como las asociaciones privadas para el establecimiento de criterios que indiquen las medidas de emergencia que se deben de adoptar para diferentes niveles de sequía, así como establecer convenios de ayuda mutua.
- ◆ Compartir las soluciones y formas de ayuda que puedan ser implantadas dentro de sus propios estados y localidades.

Cada estado del oeste de EUA tiene también algunas reglas internas sobre el uso del agua, y cada uno de ellos es responsable del uso adecuado de este recurso. En general, estos estados tienen que buscar oportunidades para incrementar o garantizar el uso adecuado del agua. Además, algunos de ellos, tienen estatutos o autoridades administrativas que reglamentan su uso, e incluso, se puede transferir agua a otros lugares afectados durante la duración de la sequía.

En conclusión, algunas recomendaciones que la asociación de gobiernos del oeste de los Estados Unidos de América da como una ayuda para mejorar el uso y control del agua, son:

- ◆ Desarrollar una estructura o sistema nacional para combatir a las sequías, el cual debe integrar las acciones y responsabilidades de todos los niveles del gobierno (federal, estatal, regional o local). Este sistema debe contar, por escrito, con un plan sobre las medidas de planeación y mitigación contra las sequías el cual debe de repartirse entre cada entidad.
- ◆ Procurar que cada estado desarrolle su propio plan de contingencias contra las sequías; éste debe incluir metodologías para una rápida detección del fenómeno así como su vigilancia y un criterio para la toma de decisiones en un corto y largo plazo sobre la planificación y mitigación del fenómeno.
- ◆ El gobierno federal debe crear un Centro Nacional de Mitigación contra Sequías el cual debe apoyar a los estados sobre medidas de planeación y mitigación, además de ser un lugar donde se cuente y se de información sobre las actividades de preparación, planeación y mitigación contra las sequías, así como contar con un sistema de vigilancia climática a nivel regional y nacional. También se debe desarrollar en este centro una base de datos sobre los recursos para combatir una sequía.
- ◆ Hacer énfasis de que la sequía es un tema esencial en cualquier discusión a escala nacional sobre el

manejo del agua. En realidad, para los estados del oeste de los EUA esto es verdad, ya que el agua es una parte crítica para la sustentabilidad de esta región.

- ◆ En lo que respecta a la agricultura, se deben establecer métodos de riego que incrementen la eficiencia en la producción.

### ***Programa Hidráulico de Gran Visión para el estado de Chihuahua, México***

La Comisión Nacional del Agua, a través de la Subdirección General de Programación, Gerencia Regional Norte y el gobierno del estado de Chihuahua crearon, en junio de 1997, un Programa Hidráulico de Gran Visión para dicho estado. Este programa consta de dos grandes partes, la primera es una introducción sobre las características fisiográficas, económicas y sociales del estado de Chihuahua. En la segunda parte se desarrolla dicho programa.

#### **Primera parte**

Cuenta con un estudio socioeconómico donde se hace una reseña histórica del crecimiento de la población, indicando la distribución espacial de la población dentro

del estado, así como el desarrollo económico del lugar y sus principales actividades económicas. Posteriormente, se presenta la climatología del estado, incluyendo el régimen de lluvias, la distribución espacial de la temperatura, y el clima en general. Es importante resaltar que el estado de Chihuahua es uno de los más áridos del país, (figura 40) y, debido a que la lluvia es escasa, es vulnerable a las sequías. Además, se presenta la hidrología del estado, indicando los ríos principales, los lagos y las corrientes subterráneas con las que cuenta, al igual que la infraestructura hidráulica para el aprovechamiento y distribución del agua. Por último, se muestra el uso del agua en la agricultura, en la industria y en los hogares, así como la calidad del agua en los mantos acuíferos y en las corrientes superficiales.

#### **Segunda parte**

El objetivo principal, de este programa, es definir las metas, la estrategia y las

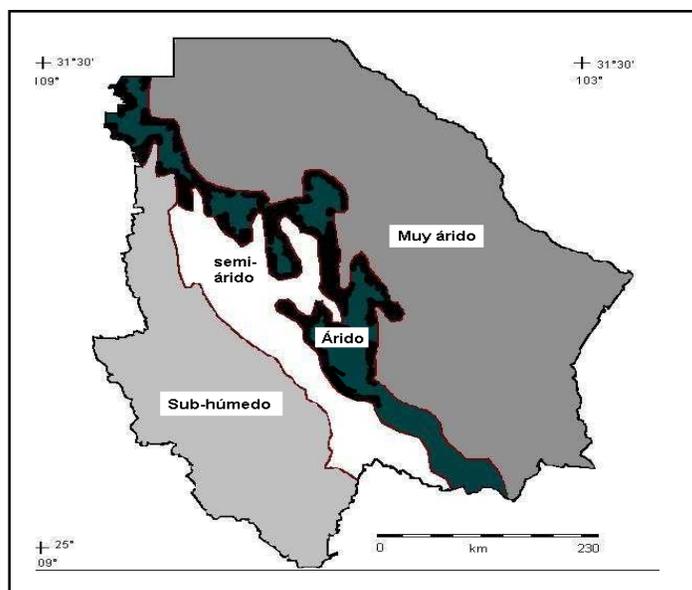


Figura 40. Clima en el estado de Chihuahua

acciones que permitan la explotación, el uso, distribución, control, administración y preservación de los recursos hidráulicos, en su cantidad y calidad, para lograr que, mediante su aprovechamiento integral y sustentable, se satisfagan los requerimientos actuales y futuros de la población y de la actividad económica. En el estudio se distinguen dos tipos de objetivos.

#### Objetivos básicos

- ◆ Satisfacer la demanda actual y futura de agua potable de la población.
- ◆ Contribuir al mejoramiento de la salud pública.
- ◆ Proteger y conservar el agua y el ambiente.
- ◆ Contribuir al desarrollo económico y a la producción de alimentos, atendiendo la demanda de agua del sector industrial y de servicios, así como mantener o incrementar la producción agrícola y ganadera.

#### Objetivos específicos

Éstos se plantean para lograr los objetivos básicos anteriores, y consisten en:

- ◆ Incrementar la cobertura de servicios de agua potable, prestando atención especial a las zonas donde hay grupos sociales desprotegidos.
- ◆ Conservar los acuíferos y la calidad de sus aguas para su aprovechamiento.
- ◆ Mejorar el suministro de agua para la agricultura y el resto de los sectores.
- ◆ Prevenir situaciones de emergencia.
- ◆ Usar eficientemente el agua, induciendo patrones de utilización del agua que mejoren su aprovechamiento en riego, uso doméstico, uso industrial a fin de preservar la disponibilidad y la calidad futuras del recurso.
- ◆ Desarrollar un mercado del agua con criterios económicos y ambientales, apoyando el proceso con seguridad jurídica a los usuarios.

La estrategia general para la planeación, administración y asignación de los recursos hidráulicos consiste en aplicar políticas más firmes, mayores incentivos económicos para conseguir eficiencias y para proporcionar servicios de agua a la población que carece de ella y una participación mayor de la sociedad. Se basa en un cambio de percepción respecto al agua, en la que no sólo es una necesidad básica humana, sino también una parte integral de los ecosistemas, un recurso natural y un bien social y económico.

La estrategia anterior se agrupa en nueve programas de mediano y largo plazo que permiten alcanzar las metas y los objetivos planteados, estos son:

- 1.- Administración de los recursos del agua.
- 2.-Concientización pública y participación.
- 3.-Sistemas de medición e información.
- 4.-Uso sustentable del agua subterránea.
- 5.- Uso y manejo eficiente del agua en la agricultura.
- 6.- Uso y manejo eficiente del agua doméstica, industrial y otros sectores.
- 7.- Calidad del agua y salud pública.
- 8.- Conservación de los ecosistemas.
- 9.- Prevención y protección frente a condiciones extremas.

## Conclusiones

Las sequías se están presentando, cada vez con mayor frecuencia, en gran parte del mundo. Esto se debe a los cambios climáticos globales que están sucediendo en el planeta. Así pues, el agua podría convertirse, en un futuro próximo, en un recurso de poder que podría llevar a disputas internacionales y nacionales por poseerla.

El estudio, comprensión y acciones para afrontar las sequías es esencial para su combate y mitigación. El trabajo conjunto de todos los sectores de una sociedad, con un objetivo en común, es la clave para el éxito en esta tarea, así como el apoyo de las autoridades para realizar los estudios de investigación y mitigación por medio de las acciones que se deriven de dichos estudios.

Las medidas de control de sequías están orientadas en dos sentidos: por una parte, aumentar la oferta de agua aumentando la infraestructura hidráulica, y por otra, reducir o limitar la demanda de ésta para sus diferentes usos. Las medidas están encaminadas a minimizar los impactos y los daños de las sequías y están regidas, tanto por la magnitud, como por la distribución temporal y espacial de ellas.

El reordenamiento territorial de la población, como se plantea en la Ley General de Asentamientos Humanos, es otra medida de mitigación contra las sequías. Esta ley,

contempla que la población y sus bienes deben ubicarse en aquellas zonas donde se minimicen los riesgos naturales.

En lo que respecta al uso del agua subterránea para el suministro a la población, en muchos países éste se encuentra cercano a los límites de sobre explotación, y en un futuro próximo habrán problemas serios de disponibilidad de agua subterránea, tal es el caso de la ciudad de México, donde la extracción del agua de los mantos acuíferos se hace cada vez a mayor profundidad, lo cual ha generado hundimientos y agrietamientos que se están presentando en gran parte de la ciudad. Por otra parte, las corrientes naturales superficiales están en su mayoría contaminadas y requieren de procesos de tratamiento para ser utilizadas y así, aumentar la oferta de agua de buena calidad.

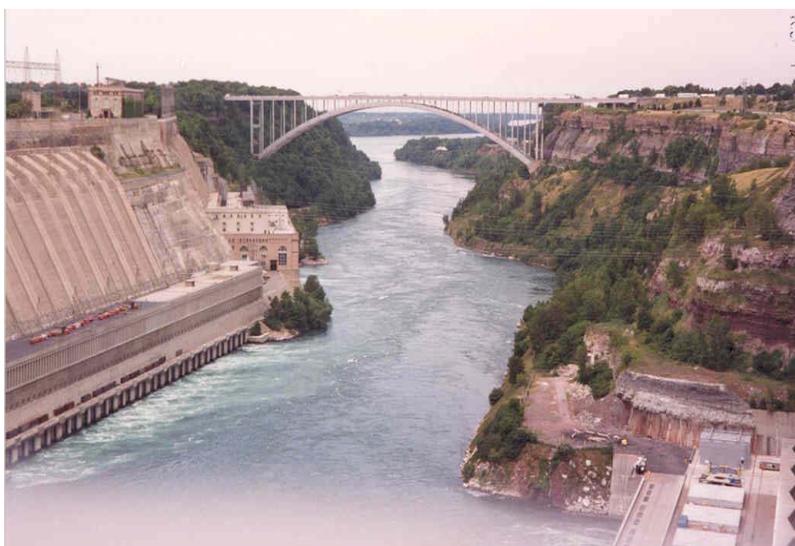


Figura 41. Obra hidráulica para almacenamiento de agua y para la generación de energía eléctrica

## Glosario

**Alta presión.** Área donde las masas de aire circulan en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte, y a la inversa en el hemisferio sur. Se trata de centros de dispersión de vientos. Dan lugar a tiempo seco y soleado, en ocasiones apenas existe viento.

**Aridez.** Estado climático caracterizado por la escasez permanente de agua.

**Atmósfera.** Capa de gases que rodea a la Tierra.

**Baja presión.** Sistema atmosférico en el que la presión desciende hacia el centro. Suele ser consecuencia de una masa de aire caliente que es forzada a subir por el aire frío. Dicho sistema suele ir asociado a tiempo inestable.

**Ciclo hidrológico.** Describe el movimiento del agua en la atmósfera y la tierra. Si se toma como origen el agua de lluvia que cae sobre la superficie del suelo, una parte se infiltra, otra escurre superficialmente y otra se evapora, volviendo a la atmósfera para formar nubes que los vientos desplazan y que al condensarse dan lugar a la lluvia, iniciándose de nuevo el ciclo.

**Clima.** Es el estado más frecuente de la atmósfera en un lugar determinado; conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar o región, determinadas por los valores medios de los elementos del clima que son: temperatura, humedad, presión, vientos, ambos modificados por los factores del clima como son la latitud, la altitud, el relieve, las corrientes marinas, etc.

**Condensación.** Proceso por el cual el vapor de agua se convierte en agua líquida, producido por el enfriamiento, que da lugar a nubosidad o precipitaciones.

**Déficit.-** Falta o escasez de algo que se considera necesario.

**Desertificación, también Desertización.** Avance de las condiciones desérticas fuera de los límites del desierto.

**Desierto.** Gran extensión de terreno ocupada en general por arenas y desprovistas de vegetación.

**El Niño.** Corriente cálida de agua ecuatorial que fluye hacia el sur a lo largo de la costa noroeste de América del Sur. Cuando es pronunciada y persistente provoca anomalías en el volumen de las precipitaciones y en la temperatura de ciertas áreas del Globo.

**Erosión.** Conjunto de procesos que producen el desgaste del sustrato original (suelo).

**Estiaje.** Período con lluvias escasas o nulas.

**Evaporación.** Proceso que cambia del estado líquido a gaseoso.

**Evapotranspiración.** Pérdida de agua por la atmósfera como resultado de los efectos combinados de la evaporación y la transpiración de las plantas.

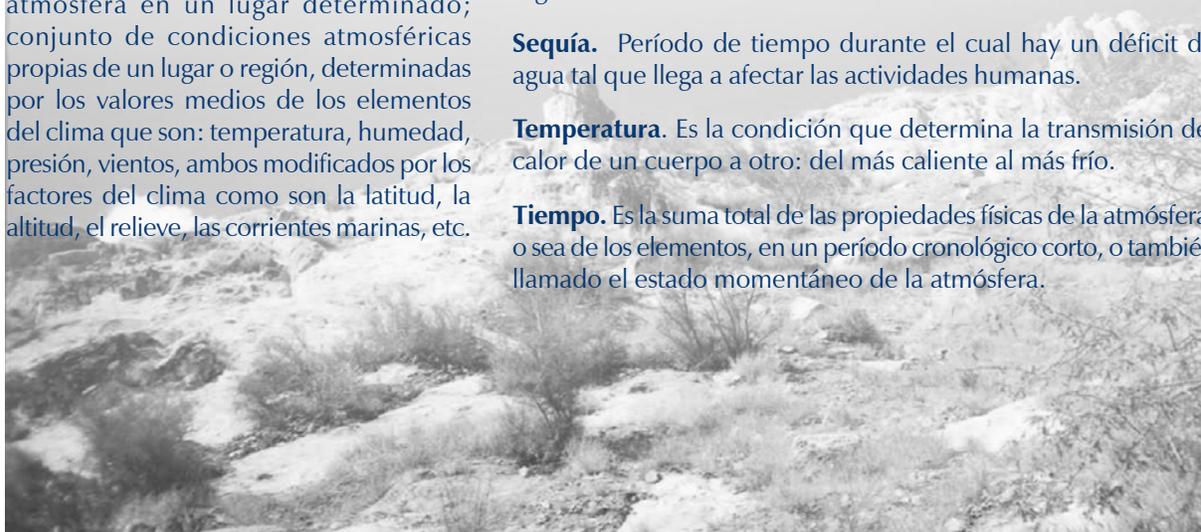
**Índice.** Número utilizado para señalar una determinada escala.

**Intemperismo.** Proceso de transformación y destrucción de los minerales y las rocas en la superficie de la Tierra, a poca profundidad, debido a la acción de agentes físicos, químicos y orgánicos.

**Sequía.** Período de tiempo durante el cual hay un déficit de agua tal que llega a afectar las actividades humanas.

**Temperatura.** Es la condición que determina la transmisión del calor de un cuerpo a otro: del más caliente al más frío.

**Tiempo.** Es la suma total de las propiedades físicas de la atmósfera, o sea de los elementos, en un período cronológico corto, o también llamado el estado momentáneo de la atmósfera.



## Bibliografía y referencias

- Aboites A. L. y Camacho P. G., "Aproximación al estudio de una sequía en México: el caso de Chapala-Guadalajara (1949-1958)", *Historia y Desastres en América Latina*, Volumen I, LA RED, CIESAS. 1986.
- Alley W. M., "The Palmer drought severity index: Limitacions and assumptions", *Climate Appl. Meteorology*, 27(7), 1984.
- Campos A. D., "Crecientes y sequías", *Revista Ciencia y Desarrollo*, No. 127, México, marzo/abril 1996.
- CNN (2001), Nota informativa en internet, [www.cnn.com](http://www.cnn.com), 31 de diciembre de 2002.
- Cody K., Hayes y M. Philips T., "How to reduce drought risk", Ed. Western Drought Coordination Council, USA, 1998.
- Comisión Nacional del Agua, "Situación del agua en México", pag 29, México 2001a.
- Comisión Nacional del Agua, "El agua en México; retos y avances", México 2001b.
- Dracup, A. J., et al, "On the definition of droughts", *Water Resources Research*, Vol. 16, No. 2, april 1980.
- Escalante C. y Reyes L., "Identificación y análisis de las sequías en la región hidrológica No. 10, Sinaloa", *Revista Ingeniería Hidráulica en México*, 13(2), 1998.
- Frick D. M., Dennis B. y Salas J.D., "Effect of drought on urban water supplies: Drought analysis", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 116, No. 6, 1990.
- García E., "Apuntes de climatología", 6a. edición, pp 135, México D.F., 1989.
- García J. F. y Fuentes M. O., "Análisis de sequías en México", *Cuaderno de Investigación* No. 46, CENAPRED, México, julio 1999.
- CENAPRED, "Erosión", Fascículo No. 8, México 1994.
- Gumbel E. J., "On the plotting of flood discharges", *Transactions of the American Geophysical Union*, Vol. 25, 1944.
- Harald D. F., "Water crisis in developing world : misconceptions about solutions", *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 122, No. 2, april, 1996.
- Jarrett D. R., "Paleohydrology and its value in analyzing floods and droughts", *National Water Summary 1988-89; Floods and Droughts: HYDROLOGY*, USA, 1989.
- Jensen D. T., "Vulnerability of water supply systems to drought", *Utah State University Engineering Dissertation*, Logan, 1978.
- Linsley, R. K. y Jr. M. A. Kohler, "Hydrology for engineers", 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1977.
- Little W. K. y Moreau H. D., "Estimating the effects of conservation on demand during droughts", *Journal of the American Water Works Association*, october 1991.
- Miraglia M. y Gentile E., "Aspectos socioeconómicos de las sequías en la República de Argentina", *Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Ambiente*, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 1996.
- Morello J., "Sequía extrema en el altiplano Boliviano", *FLACSO*, Buenos Aires, Argentina, septiembre 1983.
- Reyes Ch. L., "Identificación y análisis de sequías", *Tesis de Maestría*, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM, México 1996.
- CENAPRED, "Incendios forestales", Fascículo No. 10, México 1996.
- UNESCO, "Map of the world distribution of arid regions", *MAB. tech. Notes 7*, UNESCO, Paris 1979.
- Velasco V. I., "El fenómeno de la sequía", *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*, Jiutepec, Morelos, México 1991.
- Yevjevich, V. M., "An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts", *Hydrol. Pap. 23*, Colo. State Univ., Fort Collins, 1967.
- Vogt, Jurgen and Francesca Somma. Editors. 2000, "Drought and mitigation in Europe", *The Netherlands*, pp. 10-15.

---

### Páginas en internet consultadas

<http://www.cnn.com/2001/WORLD/asiapcf/gallery/sydney.fire/frameset.exclude.html>

<http://members.ozemail.com.au/~sjhop/prayer.htm>

<http://www.disasterrelief.org/Disasters/010109disasters2000/>

<http://www.cnn.com/WEATHER/9712/03/australia.fires/>

---

# SERIE Fascículos

| No. | Título   |
|-----|--|
| 1   | La Prevención de Desastres y la Protección Civil en México |
| 2   | Sismos   |
| 3   | Inundaciones   |
| 4   | Volcanes   |
| 5   | Huracanes  |
| 6   | Riesgos Químicos   |
| 7   | Incendios  |
| 8   | Erosión  |
| 9   | Residuos Peligrosos  |
| 10  | Incendios Forestales                                       |
| 11  | Inestabilidad de Laderas                                   |
| 12  | Tsunamis   |
| 13  | Heladas  |
| 14  | Sequías  |

#### "Fascículo Sequías"

Se terminó de imprimir en julio de 2007, en los Talleres Gráficos de México, Av. Canal del Norte N°80, Col. Felipe Pescador, Del. Cuauhtémoc, CP 06280, México, D.F. La edición en papel bond de 90 grs. en interiores y cartulina sulfatada de 14 puntos para portada, consta de 20,000 ejemplares más sobrantes para reposición.



**Coordinación General de Protección Civil  
Centro Nacional de Prevención de Desastres**

Av. Delfín Madrigal No.665,  
Col. Pedregal de Sto. Domingo,  
Deleg. Coyoacán,  
México D.F., C.P. 04360

**[www.cenapred.unam.mx](http://www.cenapred.unam.mx)**