



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**ELEMENTOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA
TEMPRANA ANTE SEQUÍAS**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

P R E S E N T A:

CAROLINA NERI VIDAURRI

JURADO EXAMINADOR:

Dr. Víctor O. Magaña Rueda (Director de tesis)

Dra. Laura E. Maderey Rascón (Presidente)

Dr. Armando Leyva Contreras (Vocal)

Dr. David Novelo Casanova (Suplente)

Dr. Carlos A. Escalante Sandoval (Suplente)



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos:

Este estudio es resultado del esfuerzo conjunto con el Dr. Víctor Magaña, a quien agradezco la oportunidad para desarrollar la propuesta presentada en esta tesis. A lo largo de mi estancia en su grupo he aprendido la extraordinariedad de las ciencias atmosféricas y sobre todo que aún queda mucho trabajo por realizar en relación a los usos de la información climática. Gracias por la confianza y sobre todo por su amistad.

Por sus valiosas aportaciones durante el proceso de desarrollo de este trabajo y por su tiempo y dedicación al producto final, agradezco al Dr. David Novelo y al Dr. Carlos Escalante. Así mismo, agradezco a la Dra. Laura Maderey y al Dr. Armando Leyva por sus enriquecedores comentarios con los cuales se nutrió esta tesis.

De manera muy especial quiero agradecer al Dr. Cuauhtemoc León por sus ideas y sugerencias que hicieron que esta propuesta tomara forma, procurando ser como una receta a seguir.

Agradezco a la Dra. Rosalva Landa por la revisión de este trabajo; muchas de las ideas plasmadas aquí tuvieron origen durante mi colaboración en el PAMAS y en proyectos posteriores.

Al M.C. y próximamente Dr. Matías Méndez y al Geógrafo y futuro M.G. Luis Galván por compartir sus experiencias y resultados de sus estudios relacionados con la sequía.

Mis sinceros agradecimientos a la Dra. Leticia Gómez, al Dr. Ernesto Caetano y al Dr. Baldemar Méndez por su apoyo y sus consejos. A mis compañeros de grupo: Violeta, Gustavo, David, Eduardo, Rubén, Emmanuel y Daniela.

Al Dr. Fernando Briones investigador del CIESAS, con quien he compartido experiencias antropológicas de gran valor, que han marcado mi perspectiva de los desastres.

A la Dra. Megan Melamed y al Dr. Wolfgang Stremme, con quienes compartimos experiencias maravillosas. Gracias por aparecer y ser parte de nuestras vidas.

Al final y no por ser menos importantes a quienes hacen llevaderos mis días; mis padres Fede y Lupita, a la Reyna, Pedro y sus palomitos, que le han dado un nuevo sentido a mi vida. Y a mi nueva familia por su cariño y confianza.

NOTA: Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo económico de la beca CONACYT, el apoyo del Posgrado en Ciencias de la Tierra y del Fomento a la Graduación de la UNAM. Me faltan palabras para agradecer la oportunidad que me otorgaron.

*A Ivan,
por darme el Sí*

El 3 de mayo, sí, ponen la cruz, es cierto, pero hacen ofrenda. Hacen ofrenda para adorar al dios agua, para que el dios del agua no se vaya, para que el dios del agua no cambie de lugar, porque el dios del agua, sí se puede ir. Si tú lo ofendes, si le echas “los cupes”, si tú le echas basura, el dios del agua se puede ofender, sentirse dañado, y se puede ir, y nosotros vamos a quedarnos sin agua. Sí, tienen que cuidar bastante, porque el agua tiene vida. Si tú lo ofendes, siente, si tú le haces “perezas”, siente y si tú lo amas, siente. Entonces al agua hay que amarla para que siga viviendo contigo. Y para nosotros, la tierra, el agua, sí son seres vivos.

Don Antonio (informante totonaca)*

* Lammel A., M. Goloubinoff y E. Katz. 2008. Aires y lluvias. Antropología del clima en México. CIESAS. México. D.F.

Índice

	Pág.
I. Índice de figuras y tablas	6
II. Acrónimos	7
III. Resumen	8
IV. Estructura de la tesis	10
Capítulo 1. Introducción	
1.1 Definición y tipos de sequía	11
1.2 Las sequías en México	20
1.3 Daños y costos de las sequías	23
1.4 La gestión para la reducción del riesgo ante sequías	29
1.5 La necesidad de un Sistema de Alerta Temprana ante Sequías para México	34
1.6 Objetivos	36
Capítulo 2. Caracterización de las sequías en México	
2.1 Distribución de las sequías en México	38
2.2 Vulnerabilidad socioeconómica ante sequías	41
2.3 Respuestas gubernamentales en el manejo de las sequías en México	49
Capítulo 3. Prevención y reducción del riesgo ante sequías	
3.1 Lecciones por aprender del manejo de las sequías en otros países	58
3.2 Los Sistemas de Alerta Temprana ante Sequías	64

Capítulo 4. Propuesta de un Centro Nacional de Prevención ante Sequías (CNPS) donde se implemente el Sistema de Alerta Temprana ante Sequías (SIATS)	71
Capítulo 5. Análisis de viabilidad y factibilidad del Sistema de Alerta Temprana contra Sequías en el contexto gubernamental actual	87
Referencias	96

I. Índice de figuras y tablas

	Pág.
Figura 1. Proporción de desastres ocurridos por tipo y continente entre 1970-2008	11
Figura 2. Proporción de personas afectadas por tipo de desastres ocurridos por continente	11
Tabla 1. Índices de sequía que han sido utilizados en México	16
Figura 3. Dimensiones del análisis entre los tipos de sequías	17
Figura 4. Secuencia de los impactos de la sequía	19
Figura 5. Serie de tiempo del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para el norte de México	20
Tabla 2. Afectaciones por sequías en el periodo de 1979-1988 en diferentes estados del país	24
Tabla 3. Resumen de daños totales por concepto de sequías en el año 2000	26
Tabla 4. Principales estados afectados por el fenómeno de sequía en el año 2002	27
Tabla 5. Áreas y componentes de la gestión del riesgo	32
Figura 6. Elementos para la gestión del riesgo	33
Figura 7. Ciclo hidro-ilógico	35
Figura 8. Distribución espacial de áreas afectadas según el índice de severidad de la sequía	38
Figura 9. Climatología (1950-1998) de precipitación mensual (mm)	40
Figura 10. Elementos para el análisis de la sociedad vulnerable a la sequía	47
Figura 11. Elementos para el análisis de la sociedad resiliente a la sequía	48
Figura 12. Distribución de la precipitación en Ciudad Delicias Chihuahua	55
Tabla 6. Monto ejercido por tipo de contingencia en el país	57
Figura 13. Elementos principales del Marco para Reducir el Riesgo ante Sequía	65
Figura 14. Elementos principales de los sistemas de alerta temprana centrados en la población	66
Figura 15. Monitor de Sequía de América del Norte	69
Tabla 7. Categorías y combinación de indicadores	80
Figura 16. Esquema del funcionamiento del SIATS	83
Tabla 8. Resumen del proceso de políticas clave y participación de los actores	90

II. Acrónimos

CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAPRACC	Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas en México
FEWS NET	Famine Early Warning Systems Network
FONDEN	Fondo de Desastres Naturales
FOPREDEN	Fondo para la Prevención de Desastres Naturales
GIEWS	Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
NADM	North America Drought Monitor
NDMC	National Drought Mitigation Center
NIDIS	National Integrated Drought Information System
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PACC	Programa de Atención a Contingencias Climatológicas
PPAT	Plataforma para la Promoción de Alerta Temprana
PIARSE	Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente
SAC	Seguro Agropecuario Catastrófico
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SIAT-CT	Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
USAID	United States Agency for International Development
USDA	United States Department of Agriculture
USDM	US Drought Monitor
WMO	World Meteorological Organization

III. Resumen

A nivel mundial, la sequía es considerada uno de los eventos hidrometeorológicos extremos más complejos, que por razones de escala, magnitud y efectos indirectos puede afectar a más gente comparada con cualquier otro fenómeno de esta clase. Definir el concepto de sequía puede resultar una tarea difícil ya que ésta varía de región en región y sus impactos dependen de la frecuencia, intensidad y duración del fenómeno, de la condición económica de los afectados y del uso y manejo del recurso agua.

En México, anualmente se estiman pérdidas millonarias debido a los impactos de las sequías en los sectores agrícola, hídrico y eléctrico principalmente. También se presentan significativas consecuencias sobre el medio ambiente, aunque es difícil establecer un costo exacto debido a estos impactos. Uno de los sectores económicos más afectados por la sequía en el país es el agrícola, que sin lugar a dudas va de la mano con los impactos en el sector hídrico. Sin embargo, el tema de la gestión para la reducción del riesgo ante sequías en México, no se ha entendido apropiadamente en la agenda política del sector agrícola ni del hídrico. Hasta hoy, los esfuerzos gubernamentales se han enfocado más en la reparación de daños que en la prevención de los potenciales efectos de la sequía.

Recientemente, se han impulsado en distintos países medidas para disminuir la vulnerabilidad socioeconómica y así prevenir el riesgo ante sequías. Entre estas medidas destacan el desarrollo de sistemas de observación, análisis y monitoreo de la precipitación, así como los sistemas de alerta temprana. El objetivo de los sistemas de alerta temprana es proveer a los gobiernos nacionales y locales así como a las comunidades, información climática apropiada con tiempo suficiente para planear y ejecutar acciones adecuadas en respuesta a los posibles impactos.

El objetivo de esta investigación es desarrollar un plan de acción para reducir los riesgos causados por sequías centrado en un Sistema de Alerta Temprana ante

Sequías (SIATS) para México. Para ello, se analizó la distribución de la sequía meteorológica, sus impactos socioeconómicos, la vulnerabilidad socioeconómica del país ante sequías, particularmente en el sector agrícola, y los programas y acciones gubernamentales a nivel federal que existen para atender este tipo de riesgo. Se definieron los elementos estructurales y de información para diseñar un SIATS, incluyendo la propuesta preliminar de un Centro Nacional de Prevención ante Sequías para su implementación.

La propuesta desarrollada bajo esta investigación es valiosa en cuanto a que incluye los mecanismos, procedimientos y acciones institucionales que permitirán avanzar en la gestión para la reducción del riesgo ante sequías.

IV. Estructura de la tesis

En el primer capítulo se presenta la definición y tipos de sequía, una síntesis de las sequías históricas en México y los impactos socioeconómicos asociados a las sequías en años recientes. Se analiza el marco teórico bajo el cual se sustenta la propuesta de este trabajo, la gestión para la reducción de riesgos, y se describe la necesidad que existe en el país de contar con un Sistema de Alerta Temprana ante Sequías (SIATS). Se definen los objetivos de esta investigación.

En el segundo capítulo se caracteriza la sequía meteorológica en el país; se presenta su distribución en México y se definen los aspectos necesarios para comprender la vulnerabilidad del país ante sequías, con un enfoque particular en el sector agrícola.

En el tercer capítulo se retoman las lecciones aprendidas de la implementación de los planes de prevención ante las sequías en países como Australia y Estados Unidos de América. Se documentan y analizan los programas y acciones gubernamentales a nivel federal que existen para atender el riesgo ante sequías en México.

En el cuarto capítulo se presenta la propuesta del desarrollo de un Centro Nacional de Prevención ante Sequías, necesario para la implementación del SIATS para México. Se definen los elementos estructurales y de información para el diseño del SIATS.

Finalmente, en el quinto capítulo se analiza la viabilidad y factibilidad del SIATS en el contexto actual del país.

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición y tipos de sequía

La sequía es uno de los eventos hidrometeorológicos extremos más complejos que pueden afectar a más gente que cualquier otro (UN/ISDR 2007, 2009). Su período de ocurrencia es menor en comparación al de otras amenazas, sin embargo la proporción de personas que pueden ser afectadas es mayor que en otros tipos de desastres (Figuras 1 y 2).

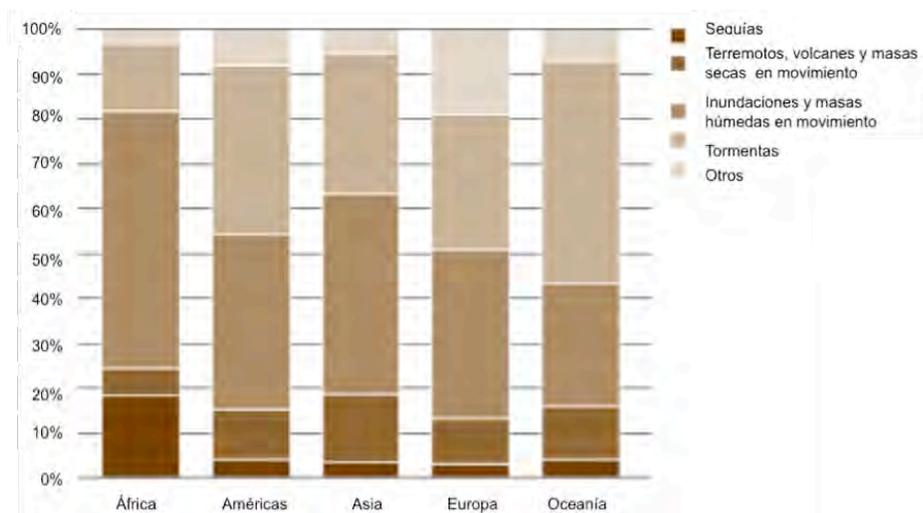


Figura 1. Proporción de desastres ocurridos por tipo y continente entre 1970-2008. Fuente: UN/ISDR, 2009.

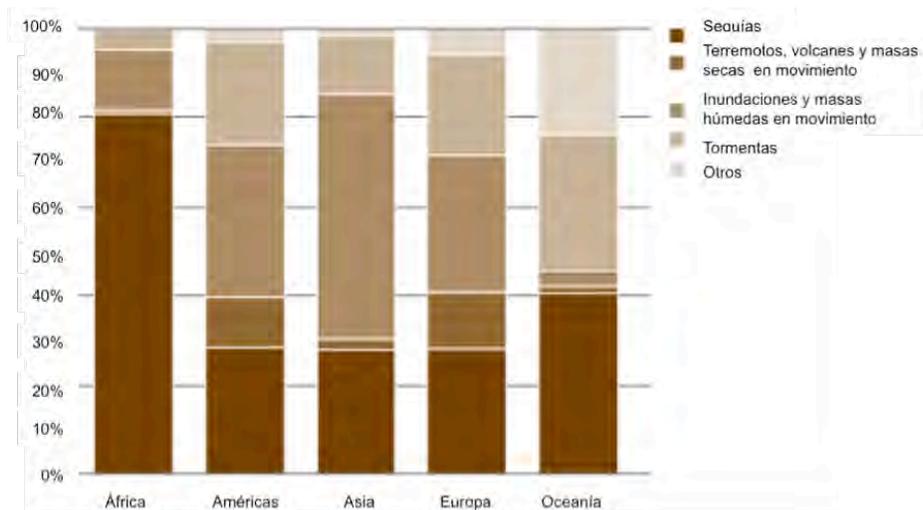


Figura 2. Proporción de personas afectadas por tipo de desastres ocurridos por continente entre 1970-2008. Fuente: UN/ISDR, 2009.

Se ha comprobado que las sequías son el fenómeno climático que mayor daño económico causa a la humanidad (Cody *et al.*, 1998). En México, la sequía ocurrida en 1997 por causas del fenómeno El Niño, se considera una de las más severas de que se tenga registro ya que afectó a la mayoría del territorio nacional, produciendo pérdidas del orden de 204 millones de dólares por concepto de cosechas siniestradas, así como importaciones adicionales de granos con un costo de 1,300 millones de dólares debido a la disminución de este producto registrada en la producción nacional (Magaña, 1999).

Entre 1998 y 2002, se presentó un período de sequía en el norte del país (Seager *et al.*, 2009), que combinado con aumentos en demanda de agua, impidió que México pudiera cumplir con sus compromisos pactados en el Tratado Transfronterizo de Agua de 1944 con los Estados Unidos de América (EUA), el cual menciona que México debe transferir una cantidad determinada de agua a través del Río Grande en ciclos de cinco años, lo que dio lugar a un conflicto diplomático serio.

A pesar de que desde el punto de vista meteorológico, la sequía es considerada una característica normal y recurrente del clima, erróneamente se le considera un acontecimiento raro y azaroso desde la visión del sector agrícola o en la percepción social y de los medios de comunicación, entre otras razones, debido a que su comienzo y fin no están al alcance de la percepción humana; a diferencia de otros fenómenos hidrometeorológicos como los huracanes. Las sequías tienen un proceso lento de desarrollo y fin. Su duración depende del tipo de sequía del que se trate: meteorológica, agrícola, hidrológica y socioeconómica, por lo que ésta puede ser de meses o años. Igualmente, su escala espacial es difícil de determinar, ya que los límites de sus efectos no se pueden precisar con exactitud. Los efectos de una sequía pueden continuar varios años después de que haya terminado.

Existen numerosas definiciones de sequía, sin embargo, la mayoría de ellas no establecen las características del fenómeno, lo que dificulta el entendimiento entre científicos, tomadores de decisiones y cualquier usuario de la información climática.

La dificultad del análisis del fenómeno también se ve reflejada en el número de índices que existen para su detección. La falta de una definición de sequía universalmente aceptada, provoca confusión sobre si existe o no en un lugar y tiempo determinado, así como su severidad, lo cual refleja la complejidad de este fenómeno climático (Wilhite, 1997).

En un sentido general, las sequías se definen como una relación convencional, derivada de la deficiencia de precipitación durante un período de tiempo largo, es por lo tanto, una anomalía establecida por diferencias numéricas por lo que puede denominarse un promedio, dando por resultado escasez de agua para el desarrollo de diversas actividades socioeconómicas. No obstante, para la evaluación de las afectaciones de esa falta de agua se requiere comprender que los impactos de las sequías son secuenciales, es decir, que resultan de la interacción de la frecuencia, severidad y del grado espacial de la sequía (la naturaleza física de la sequía) y del grado de vulnerabilidad socioeconómica de la población o sector afectado.

La falta de una definición de sequía universalmente aceptada, provoca confusión sobre si existe o no en un lugar y tiempo determinado, así como su severidad, lo cual refleja la complejidad de este fenómeno climático (Wilhite, 1997). Esto ha llevado a que cada usuario del agua tenga su propia idea o concepción de sequía y a que cada concepción cambie con las condiciones operativas del usuario (Dracup *et al.*, 1980). A continuación se mencionan las definiciones de sequía de mayor aceptación por la comunidad científica:

De acuerdo con el Centro Nacional de Mitigación de Sequías (NDMC, por sus siglas en inglés; 2002), la sequía es un rasgo normal y recurrente del clima, aunque con frecuencia se le considera como un evento raro y fortuito. Ocurre de forma implícita en todas las zonas climáticas, pero sus características varían de forma significativa de una región a otra. La sequía es una aberración temporal de la lluvia y difiere de la aridez, la cual está restringida a regiones con una baja precipitación y es un rasgo permanente del clima.

En México, el Centro de Investigación sobre Sequía define a este fenómeno climático de la siguiente manera: una sequía es un período considerado como anormalmente seco, el cual persiste a través del tiempo y puede producir graves desbalances hidrológicos en una determinada región. La severidad de una sequía, depende en gran medida del grado de deficiencia de humedad, de la duración del evento y de la superficie afectada.

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2002b) propone la siguiente definición: la sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación es menor que el promedio y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas.

Para diferenciar la sequía de la aridez, la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés; 1975) las define de la siguiente manera: la aridez se define generalmente en términos de baja precipitación y alta evapotranspiración (en promedio) y es una característica permanente de la región. La sequía por su parte, es una característica temporal en el sentido de que tiene presencia cuando la lluvia o humedad disponible se desvía apreciablemente por debajo de lo normal. La aridez está restringida a las regiones con baja precipitación y usualmente altas temperaturas, mientras que la sequía es posible que se presente virtualmente en cualquier régimen de temperatura y/o humedad.

Para distinguir la relación sequía-impactos socioeconómicos, el NDMC (2004) utiliza diferentes definiciones de sequía:

- *Sequía meteorológica*: se define generalmente en base al grado de sequedad (en la comparación a una cierta "cantidad normal" o media) y de la duración del período seco. La definición de sequía meteorológica debe considerar específicamente las condiciones atmosféricas de la región, ya que la cantidad y distribución de la precipitación varía de región en región.

- *Sequía agrícola*: la sequía agrícola relaciona varias características de la sequía meteorológica (o hidrológica) y los impactos en la agricultura. La demanda del agua de las plantaciones depende de las condiciones atmosféricas que prevalecen en la región, así como de las características biológicas de la planta específica, de su etapa del crecimiento y de las características físicas y biológicas del suelo. La sequía agrícola puede llegar a explicar la susceptibilidad de los cultivos durante las diversas etapas de su desarrollo. Una deficiente humedad en la tierra puede obstaculizar la etapa de germinación, resultando en una reducción de la producción final.
- *Sequía hidrológica*: se asocia a los efectos del déficit de precipitación en el abastecimiento de agua superficial o subterránea. Aunque todas las sequías se originan de la deficiencia de precipitación, los hidrólogos se refieren al papel de esta deficiencia fuera del sistema hidrológico. Las sequías hidrológicas se presentan generalmente fuera de fase de la ocurrencia de las sequías meteorológicas y agrícolas. Por ejemplo, una deficiencia de la precipitación puede dar lugar al agotamiento rápido de la humedad del suelo que es inmediatamente perceptible a los agricultores, pero el impacto de esta deficiencia en los niveles de agua subterránea puede no afectar la producción de energía hidroeléctrica en varios meses.
- *Sequía socioeconómica*: se produce cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños (económicos o personales) a la población de la zona afectada por la escasez de lluvia. Para hablar de sequía socioeconómica no es necesario que se produzca una restricción de agua, sino que basta con que algún sector económico se vea afectado por la escasez hídrica. La pujante presión antrópica sobre el recurso agua hace que cada vez sea mayor la incidencia de las sequías socioeconómicas, con pérdidas económicas crecientes, incluso en el caso de una sequía meteorológica breve.

La falta de una definición única para la sequía se ve reflejada en el número de índices que han sido desarrollados para monitorearla. La mayoría de los planificadores del abastecimiento de agua encuentran útil consultar más de un índice de sequía antes de tomar una decisión (Hayes *et al.*, 2000), ya que los datos derivados de distintos índices se pueden comparar. Resultados semejantes podrán dar las bases para determinar con precisión la duración, extensión e intensidad de la sequía, como es el caso del Centro Monitor de la Sequía de America del Norte (USDM, por sus siglas en inglés) del NDCM, que utiliza más de cinco indicadores (Palmer clásico, Palmer hidrológico, índice Z, Índice estandarizado de precipitación, Porcentaje de precipitación normal, etc.) Los índices de sequía de mayor uso en México son: el Índice de Palmer (PDSI), deciles, anomalías y el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) (Tabla 1).

Tabla 1. Índices de sequía que han sido utilizados en México. Fuente: Galván, 2007.

Índice	Autor	Concepto principal	Aplicación en México
Índice de Palmer (PDSI).	Palmer, 1968.	Índice retrospectivo basado en la entrada, almacenamiento y salida de humedad del suelo.	Alcántara, 2003 (Nacional). Herrera y Álvarez, 1999 (Nacional). Vázquez, 1999 (Chihuahua y norte de Durango). Vázquez y Arteaga, 1997 (Nacional). Douglas, 1996 (Nacional).
Deciles.	Gibbs y Maher 1967.	Divide la distribución de ocurrencia sobre un largo periodo de precipitación.	Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1977 (Nacional).
Anomalías.		Se determina la anomalía de la precipitación respecto a la moda estadística de largo periodo.	Hernández, 1994 (Nacional).
Índice estandarizado de precipitación (SPI).	McKee et al., 1993, 1995.	Conversión de la distribución gamma original a una distribución normal de la precipitación y evaluación en desviaciones estándar.	CEISS, 2002 (Estatal). Velasco, 2000; 2001 (Cuenca del río Conchos).

Las relaciones entre los diferentes tipos de sequía pueden apreciarse en la Figura 3 publicada por la WMO (2006). Las sequías agrícola, hidrológica y socioeconómica son menos frecuentes que la meteorológica ya que sus efectos están vinculados a la disponibilidad de agua en la superficie y en el subsuelo. Normalmente, transcurren varias semanas antes de que las deficiencias de precipitación comiencen a producir un déficit de humedad en el suelo que, a su vez, afectará negativamente a los cultivos, a los pastos y a los pastizales. La persistencia de un tiempo seco durante meses reduce el caudal de los ríos y el nivel de los embalses y lagos y, potencialmente, el nivel de las aguas freáticas. Cuando la sequía se prolonga sobrevienen las sequías agrícola, hidrológica y socioeconómica, con sus correspondientes efectos. Durante una sequía no sólo disminuye la tasa de reposición hídrica en la superficie y en el subsuelo, sino que aumenta también enormemente la demanda del recurso.

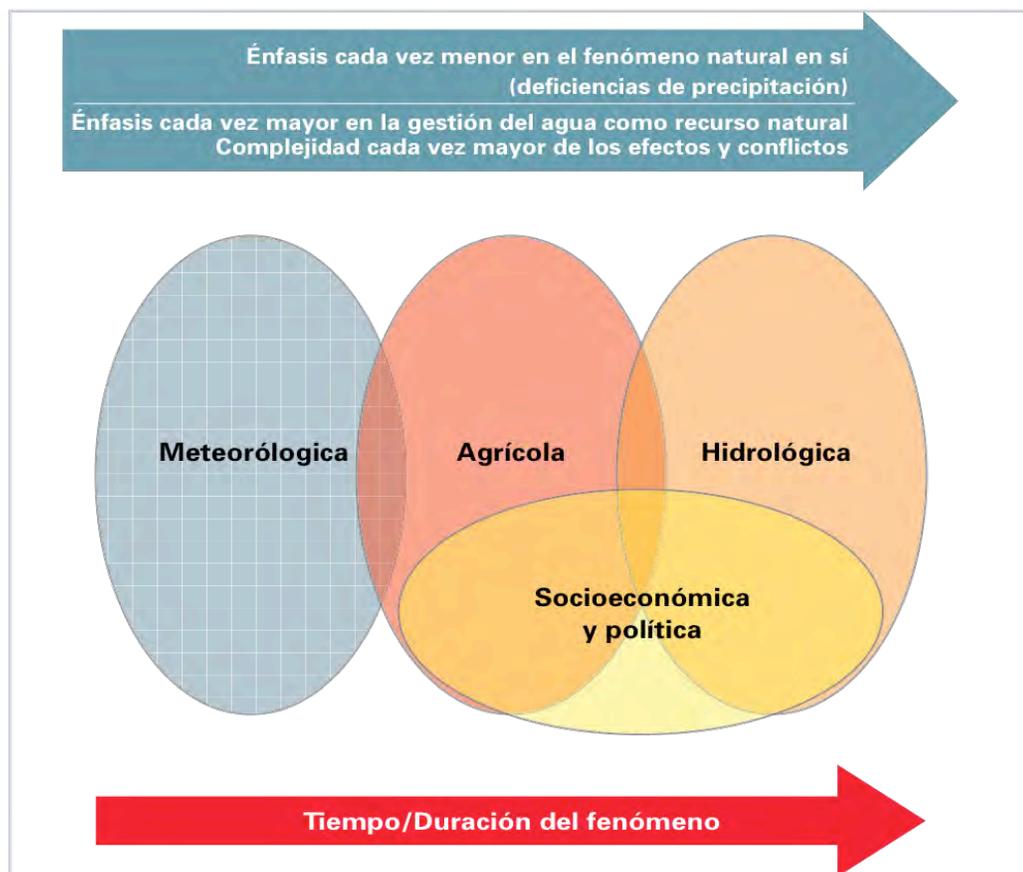


Figura 3. Dimensiones del análisis entre los tipos de sequías. Fuente: WMO, 2006.

La relación entre los principales tipos de sequía y el déficit de precipitación es menos directa debido a que la disponibilidad de agua en la superficie y en el subsuelo depende del manejo de esos sistemas. Un cambio en el abastecimiento de agua puede reducir o agravar los efectos de una sequía. Así, la adopción de prácticas de laboreo apropiadas y la plantación de variedades de cultivo más resistentes a la sequía pueden atenuar considerablemente los efectos de este fenómeno, conservando el agua de los suelos y reduciendo la transpiración (WMO, 2006).

La secuencia de impactos de las sequías

Las sequías no son solamente acontecimientos naturales. Sus impactos en la sociedad resultan de la interacción entre un acontecimiento natural (menos precipitación) y la demanda de agua para distintos usos (ciudades vs. actividades agrícolas). El riesgo ante las sequías es resultado de la combinación de la frecuencia, severidad y de la extensión espacial de las sequías (la naturaleza física de la sequía), con el nivel de vulnerabilidad de la población expuesta a sus efectos. El nivel de vulnerabilidad de una región depende de las características ambientales y sociales y puede ser medida con base en la capacidad de resistencia y/o la capacidad de recuperación de los impactos de las sequías. Entender el proceso de la vulnerabilidad es esencial para que la sociedad se prepare ante las sequías.

La evolución sigilosa de las sequías hace que en ocasiones, sus efectos tarden semanas o meses en hacerse patentes (WMO, 2006). Es por ello, que los impactos de las sequías en los diversos sectores se presentan de manera secuencial. Es decir, cuando la sequía inicia, el sector agrícola es generalmente el primero afectado, debido a su dependencia directa con el agua almacenada en el suelo (Figura 4). El agua del suelo se puede agotar rápidamente durante períodos secos extendidos. Si las deficiencias de la precipitación continúan, las fuentes de abastecimiento de agua a las poblaciones comenzarán a mermarse ante la escasez de lluvia, así como los depósitos superficiales (ríos y lagos) y subsecuentemente los reservorios

subterráneos. Una sequía de corto plazo, tres a seis meses, puede tener poco impacto en los depósitos de agua, esto depende de las demandas de agua. Cuando la precipitación regresa a condiciones normales se da la recuperación de las reservas de agua.

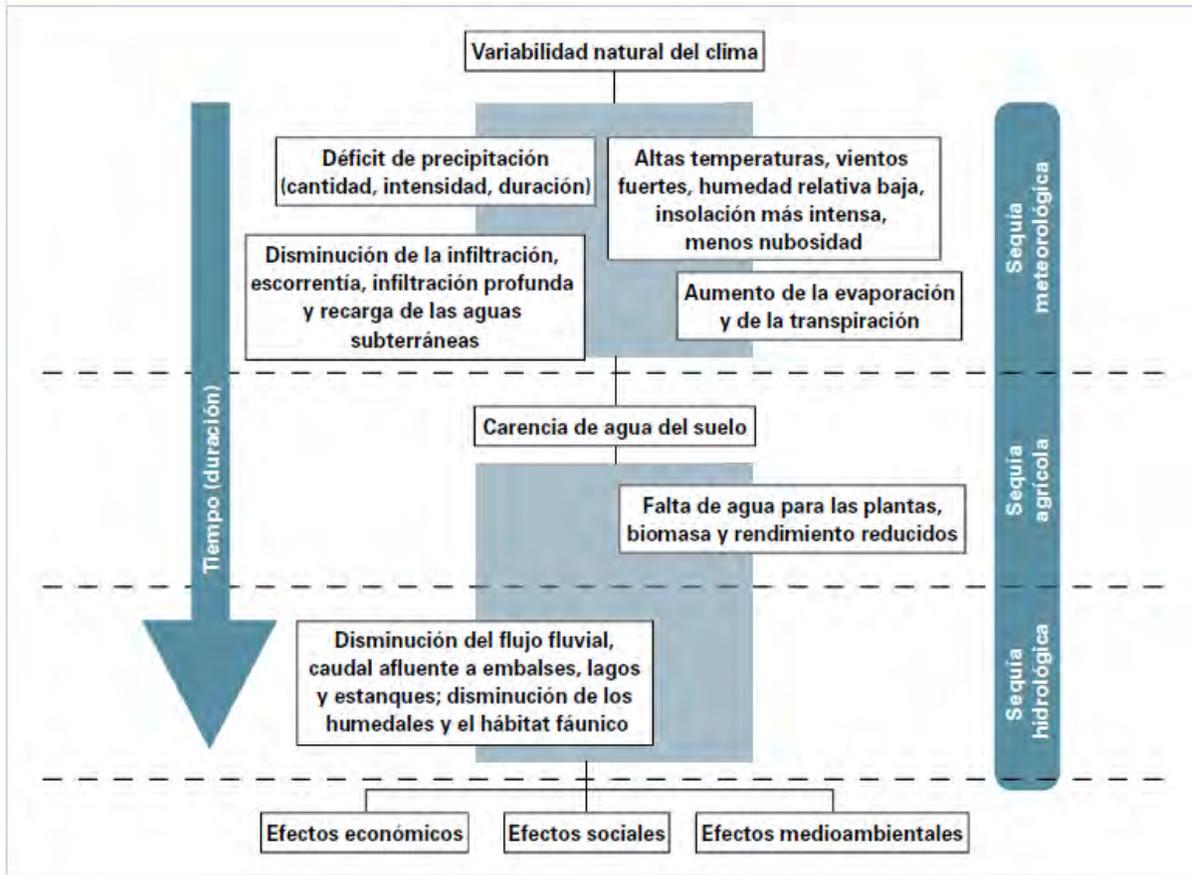


Figura 4. Secuencia de los impactos de la sequía. Fuente: WMO, 2006.

Los impactos de las sequías pueden ser menores en el sector agrícola, pero se pueden prolongar por meses o años en otros sectores dependientes de las reservas superficiales y subterráneas de agua. Los usuarios del agua subterránea, podrían experimentar severos impactos hasta el regreso de los niveles de agua normales. El período de recuperación es una función de la intensidad de la sequía, su duración y la cantidad de precipitación cuando el episodio termina.

1.2 Las sequías en México

Las sequías son parte de la historia misma del clima del país (Figura 5). Cuando la cantidad de precipitación durante la temporada de lluvias no es suficiente para cubrir las necesidades de un sector o una población, se origina un déficit de agua que da lugar a los diferentes tipos de sequía. Esta condición se puede prolongar por varios años, y terminará hasta que las lluvias satisfagan el déficit de agua. Las sequías de larga duración, dos ó más años, son las más dañinas y afectan gravemente a aquellos sectores que no están preparados.

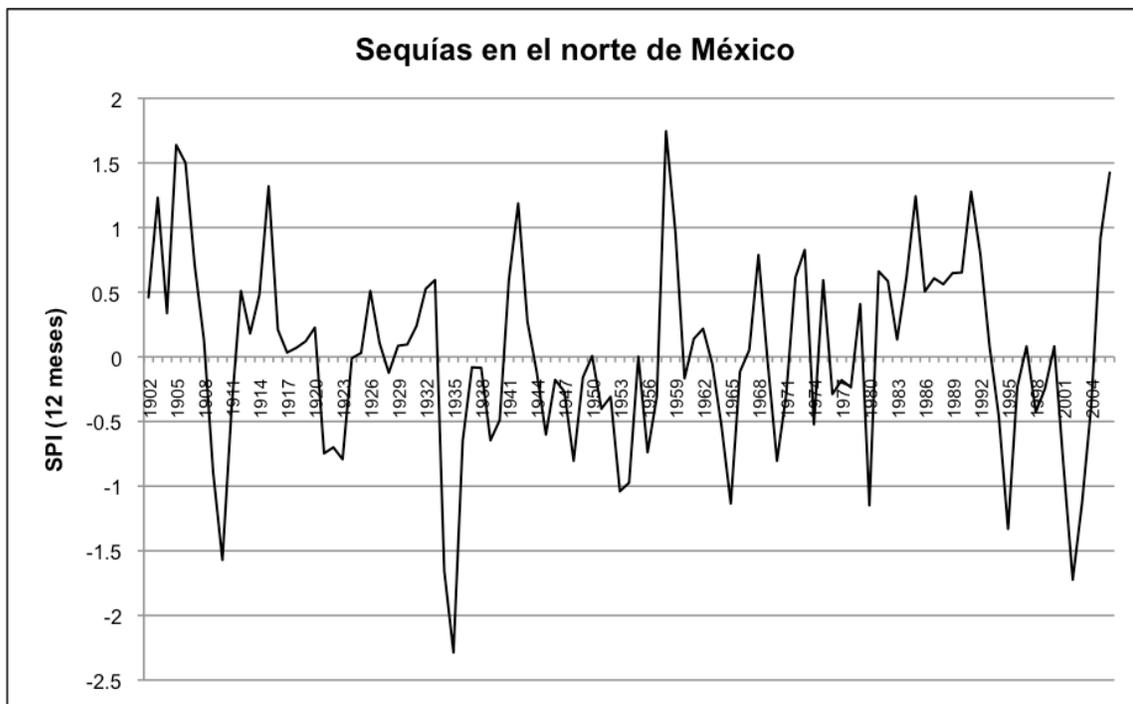


Figura 5. Serie de tiempo del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para el norte de México. El SPI representa el número de desviaciones estándar que cada registro de precipitación se desvía del promedio histórico. Los años con valores menores a -1 representan sequías severas. Datos: Base Nacional de Datos Climáticos (CLICOM), 2009.

Entre las referencias sobre sequías históricas en México, destacan los trabajos de García (1974), Sánchez (1980), Florescano y Swan (1995) y Contreras (2005), en los que se presenta una cronología de las sequías desde el año 1500 A. C hasta el siglo XX.

Se tienen registros antropológicos de sequías ocurridas en el país desde la época prehispánica. El colapso de los mayas se atribuye en parte a un periodo prolongado de sequía (Sabloff, 1995). Según el calendario azteca, el año *Uno Conejo* estaba asociado a la ocurrencia de eventos catastróficos, tales como hambruna y epidemias. Therrel *et al.* (2004), definen 13 eventos de año *Uno Conejo* (ocurridos entre los años 882 y 1558), de los cuales 10 fueron precedidos inmediatamente (año *Trece Casa*) por una sequía severa. En el centro de México, la zona más densamente poblada, los años más secos 1037, 1089, 1297 y 1157 se caracterizaron por una gran escasez de maíz (Therrel, 2003). Se tienen registros de un periodo de sequía en la zona de Tula y sus alrededores, el cual se ha relacionado con la caída de la civilización tolteca (Sánchez, 1980). En general los efectos asociados con las sequías van desde el descenso en el nivel de agua de los lagos, seca de ríos, disminución de la flora y la fauna, hasta pérdida de cosechas, escasez de agua, mortandad de hombres y animales, migraciones masivas e interrupción de ceremonias religiosas, entre otros.

Durante el periodo colonial, en un estudio realizado por García (1993) se detectaron 74 sequías. Por otra parte, para el mismo periodo, Florescano y Swan (1995) señalan que se presentaron 88 sequías. En ambas referencias se menciona que algunas de estas sequías llevaron a situaciones verdaderamente críticas. La falta de lluvias en los momentos claves del ciclo agrícola y sobre todo su prolongación a lo largo de semanas y meses consecutivos (especialmente de abril a junio) provocaba sequía, escasez, carestía y hambre. Además, se enfatiza que aunque el recuento histórico de las sequías muestra una creciente periodicidad en su ocurrencia, esto no debe llevar a la conclusión equívoca de que, con el paso del tiempo, las sequías fueron cada vez más frecuentes, ya que es producto de un registro cada vez mayor de acontecimientos.

En este periodo, destaca la sequía ocurrida en los años 1785-86 que abarcó casi todo el territorio novohispano. García (1993) relata:

“Una corta temporada de lluvias en el verano de 1785, que normalmente se presentaba de abril a junio, sucedió una terrible helada en agosto de ese mismo año, la cual se repitió al mes siguiente, antes de que la cosecha hubiera madurado. Los grandes productores ocultaron grandes cantidades de granos, especialmente de maíz, especulando para vender al mejor precio. Disminuyó entonces también la oferta de otros alimentos básicos como trigo, frijol y carne, aún cuando no fueron afectados de igual manera por la sequía y las heladas; los precios ascendieron vertiginosamente. Hubo hambre, a la que se agregaron epidemias, consecuencia frecuente en estos tiempos. A partir de ella, se desató una espiral inflacionaria que duraría 20 años, pues se encadenó con otra crisis ocurrida en la primera década del siglo XIX; estas dos catástrofes, aunadas a los descontentos sociales y a los problemas políticos existentes tanto en la Nueva España como en la metrópoli, se han visualizado como una de las variables explicativas de la guerra de independencia de principios del siglo XIX”.

Durante el periodo independiente, se tiene registro de 38 sequías (Florescano y Swan, 1995); algunas muy severas, como las de 1822-23 y 1934-35 ocurridas en la península de Yucatán. En 1877 en casi todo el país se experimentó escasez de lluvias. En 1880 la sequía afectó las regiones ganaderas del norte de México y la zona central del país. Más tarde las sequías más severas se presentaron en 1875, 1882, 1884-85, 1891-92, 1896, 1901 y 1908 (García, 1993).

Para el periodo de 1910-1977 se registraron 38 sequías (Castorena *et al.*, 1978), mientras que García *et al.* (2003) y Reyes (1997) presentan una reseña de las sequías acontecidas en 1948-54, 1960-64, 1970-78 y 1993-96. En general estos eventos provocaron pérdidas de cosechas y cabezas de ganado, problemas en el abastecimiento de agua potable, incendios forestales y en los peores casos, muertes de personas.

Se puede resumir que las sequías han provocado severas pérdidas e incluso están implicadas en hechos que marcaron pautas importantes en la transformación del sector agrícola. En una publicación reciente de Mendoza *et al.* (2006) se presenta el análisis de sequías prolongadas en el sureste de México a partir de datos meteorológicos y de registros de desastres agrícolas asociados con sequías.

1.3 Daños y costos de las sequías

Uno de los sectores económicos más afectados por las sequías en el país, es el agrícola. Los efectos de las sequías en la agricultura son de diversos grados, según su periodicidad e intensidad pueden alcanzar desde daños patrimoniales al productor y a la economía familiar por pérdida parcial o total de la inversión y del ingreso esperado, hasta daños a la economía regional y nacional por la interrupción del ciclo productivo, reducción del ingreso, desocupación productiva, desabasto de alimentos, pérdida del nivel de bienestar, desarraigo y migración (AGROASEMEX, 2006).

Los daños secundarios sobre la agricultura derivados de las sequías se relacionan con altas temperaturas, las cuales pueden causar 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 la sola presencia de una pequeña llama de fuego (natural o intencional) hace que se inicie un incendio forestal. 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. Por otra parte, las ondas de calor¹ pueden causar la muerte por deshidratación de seres humanos, sobre todo niños y ancianos; además, son motivo para que aumenten considerablemente las enfermedades gastrointestinales (CENAPRED, 2002b).

¹ La Organización Meteorológica Mundial define a una onda de calor cuando la temperatura máxima diaria de más de cinco días consecutivos supera la temperatura máxima media de una climatología en 5 grados centígrados.

Los registros oficiales que año con año publica el CENAPRED, muestran que entre los años 1979 y 1988 el estado de Coahuila sufrió 10 años de sequías. En número de años de ocurrencia le siguieron Guanajuato (10), Durango (9), y Zacatecas (9). Las pérdidas asociadas a este periodo de sequías ascienden a 1,200 millones de pesos (Tabla 2).

*Tabla 2. Afectaciones por sequías en el periodo de 1979-1988 en diferentes estados del país.
Fuente: CENAPRED (2001a).*

Estado	Ha (000) Pérdidas	Monto (millones de pesos corrientes)	Años de ocurrencia en el periodo
Coahuila	260	20	10
Durango	1,287	66	9
Guanajuato	4,525	234	10
Guerrero	741	32	8
Jalisco	1,973	175	7
Nuevo León	397	40	8
Querétaro	507	29	8
Tamaulipas	1,116	47	8
Zacatecas	2,627	150	9
Otros	6,979	419	
TOTAL	20,412	1,212	

En la década siguiente, se tiene referencia de sequías que tuvieron efectos devastadores en varios estados, como las de 1994, cuando fallecieron 54 personas por deshidratación en Chihuahua, se reportaron la muerte de 20 mil reses en Baja California Sur, se registraron pérdidas por 100 millones de pesos en la agricultura del estado de Guerrero, resultaron también dañadas 5,000 ha de cultivos en Tlaxcala y se perdieron 12 mil ha de maíz en Chiapas, estado que, sin embargo, tiene históricamente el mayor índice de precipitación del país (1,982 mm al año, siendo la media nacional de 777 mm).

El informe de los daños ocurridos por este concepto en 1995 fue similar al del año previo. Las sequías arrasaron 45 mil ha de cultivos, de las que casi la mitad correspondieron al estado de Durango; también se reportaron otras 31 mil ha. afectadas parcialmente. Este fenómeno repercutió en la pérdida de 98,700 cabezas

de ganado, principalmente de los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Jalisco, Nuevo León, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas y Yucatán. En el caso de Chihuahua, varias organizaciones sociales solicitaron al gobierno la declaración de zona de desastre, con el propósito de instaurar programas emergentes de ayuda a la población, ya que éste constituía el cuarto año consecutivo de sequía. El hato ganadero del estado se redujo un 50% y las pérdidas globales se estimaron en 600 millones de pesos. Entre los efectos colaterales de este fenómeno meteorológico, se incrementó la migración del campo a las ciudades y a los EUA.

Una de las sequías que ha sido considerada como una de las más excepcionales del siglo XX, fue la que se presentó en 1998. Se reportaron 14,445 incendios que afectaron 849,632 ha (Palacios *et al.*, 1999). Además, durante este año se incrementaron las ondas de calor que hicieron rebasar las temperaturas máximas históricas en muchos lugares del país.

Durante el año 2000 las principales entidades que resintieron los efectos de las sequías fueron Aguascalientes, Guanajuato y Coahuila. El Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) destinó cerca de 570 millones de pesos para enfrentar los impactos asociados a las sequía de ese año (Tabla 3).

Durante el año 2001, el total de las pérdidas por concepto de sequía ascendieron a 254 millones de pesos en el país. Chihuahua y Aguascalientes fueron los estados más afectados por este fenómeno que alcanzó su nivel crítico en los meses de mayo y junio. El primero de estos estados fue declarado zona de desastre el 6 de junio. El FONDEN destinó 160 millones de pesos para enfrentar el fenómeno mediante la perforación de pozos y su conexión a la red de agua potable. En Aguascalientes los recursos del FONDEN para atender los efectos de la sequía comenzaron a fluir en junio. Mediante ellos se apoyó a 14 mil agricultores de temporal y a 2,500 ganaderos que contaban con un total de 19 mil cabezas. En julio se entregaron 13.5 millones de pesos para obras de construcción de pozos y líneas de conducción para beneficio de más de 3 mil habitantes. Por su parte la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

contó con 25 millones de pesos para acondicionar la infraestructura de agua potable. Los estados de San Luis Potosí, Guerrero y Querétaro también sufrieron los efectos de las sequías durante 2001, aunque en cada uno de ellos fueron menores que en Aguascalientes y Chihuahua (CENAPRED, 2002).

*Tabla 3. Resumen de daños totales por concepto de sequías en el año 2000.
Fuente: CENAPRED (2001b).*

Estado	Fondo Revolvente (miles de pesos)
Sonora	56,080
Durango	45,000
Aguascalientes	25,112
Chihuahua	120,000
Nuevo León	51,825
San Luis Potosí	16,280
Sinaloa	53,441
Zacatecas	42,278
Coahuila	62,000
Guanajuato	73,994
Querétaro	10,860
Jalisco	-
Tamaulipas	-
Recursos no autorizados	
Querétaro	3,333
Michoacán	9,320
Guanajuato	-
TOTAL	569,532

En el 2002, el fenómeno de la sequía tuvo incidencias importantes en el territorio nacional ya que estos superaron en un 41% las pérdidas registradas por este concepto en el 2001 que ascendieron a 254 millones muy por debajo de las registradas en el 2002 que fueron de 359 millones de pesos. Los estados más afectados fueron Sonora, Sinaloa, Tlaxcala, Veracruz y San Luis Potosí entre otros. El nivel más crítico llegó en los meses de abril, mayo y junio ocasionando la pérdida de 11,600 cabezas de ganado aproximadamente, así como la afectación de 145,000 ha de cultivos. El FONDEN destinó recursos para apoyar a los grupos afectados por la sequía por 370 millones de pesos, los montos fueron de particular importancia en los estados de Chihuahua, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Tlaxcala, Veracruz (Tabla 4).

Tabla 4. Principales estados afectados por el fenómeno de sequía en el año 2002.
Fuente: CENAPRED (2003).

Localización	Área de cultivo dañada y/o pastizales (ha)	Número de cabezas de ganado pérdidas	Total de daños (millones de pesos)
Sonora	80,000	-	32
Veracruz	-	1,000	110
Tlaxcala	-	-	20
Coahuila	-	4,000	5.5
Zacatecas	-	6,000	100
Tamaulipas	-	400	1.8
Puebla	-	-	12.7
San Luis Potosí	-	-	12
Sinaloa	65,000	190	65

En el 2003, las pérdidas cuantificadas por sequía ascendieron a un total de 630 millones de pesos, casi el doble que en el año anterior. Los estados afectados fueron Sinaloa, Chihuahua, Veracruz, Hidalgo y Sonora con un total de 806,421 ha y 1,500 cabezas de ganado pérdidas. En Sonora el cultivo que sufrió mayores afectaciones fue el trigo (CENAPRED, 2004).

En el 2004 como estados afectados se destinaron 118 millones de pesos para Chihuahua y 29 millones de pesos para Sinaloa. En Chihuahua, la sequía afectó el abasto de agua de 18 municipios, mientras que en Sinaloa el sector más afectado fue el ganadero (CENAPRED, 2005).

En el 2005 la sequía impactó fuertemente a los estados de Durango y Zacatecas. Dichos estados acumularon más del 60% de los daños. En ambas entidades fue necesaria la instalación de mesas de trabajo por parte de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) con la participación de autoridades federales, estatales y municipales, así como asociaciones de productores con el fin de integrar un Programa Emergente de Combate a la Sequía para definir los apoyos económicos. En Durango se vieron afectados 12 mil productores ganaderos. Es importante mencionar que esta sequía fue clasificada como la tercera más fuerte de los últimos 10 años en el estado. En lo que se refiere al estado de Zacatecas, se perdió más del 40% de la superficie agrícola de temporal en

el ciclo primavera-verano, específicamente en los cultivos de maíz, frijol y avena. Asimismo, se requirió de una inversión de varios millones de pesos con el fin de rescatar casi medio millón de cabezas de ganado pertenecientes a 18 mil productores del estado. Puebla fue otro de los estados que sufrió afectaciones en más de 61 mil ha de diferentes cultivos y 224 cabezas de ganado; los daños se calcularon en poco más de 65 millones de pesos. El gobierno de dicho estado gestionó cinco solicitudes para acceder al Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC). En total, los daños por sequía se calcularon en 778.6 millones de pesos, afectando a 668 mil ha y a más de 550 mil cabezas de ganado. Es importante mencionar que la cuantificación se hizo con base en los apoyos otorgados por el FAPRACC, por lo que el monto real de los daños pudo ser mayor (CENAPRED, 2006).

En el 2006, las pérdidas por sequía rebasaron los 75 millones de pesos y afectaron más de 19 mil ha de diferentes cultivos, principalmente maíz. El número de productores afectados se estimó en poco más de 8 mil. El estado más afectado por este fenómeno fue Puebla, en donde se concentraron cerca del 60% de los daños; 11,880 ha de cultivo y 5074 productores afectados. En Querétaro y Michoacán se presentaron 5,226 y 2,524 ha y 2,333 y 1,057 productores afectados respectivamente (CENAPRED, 2007).

En el 2007, los efectos de la sequía se sintieron en seis estados del país, causando afectaciones a más de 124 mil ha de diferentes cultivos, principalmente maíz. Por tal motivo, el FAPRACC destino un monto de 100 millones de pesos para reincorporar a más de 73 mil productores a sus actividades habituales y apoyarlos para el siguiente ciclo agrícola. El estado más afectado fue Oaxaca, que acumuló el 52% del total de daños cuantificados, seguido de Campeche y Tabasco con el 19.6% y el 13.8% respectivamente (CENAPRED, 2008).

En el 2008, se presentaron pérdidas en más de 100 mil ha de diferentes cultivos, siendo el maíz el más afectado. Fue necesario que la SAGARPA, declarara

contingencia climatológica en Chiapas, Michoacán, Nayarit, Puebla, Yucatán y Zacatecas. Siendo Puebla el más afectado con cerca de 18 mil ha siniestradas y pérdidas estimadas por 50.6 millones de pesos. En comparación con lo ocurrido el año anterior, en 2008 fueron menos las hectáreas afectadas. Sin embargo, el monto de los daños ascendió, esto se debe a que el tipo de cultivos destruidos registraron rendimientos altos y su precio medio rural fue superior a los de 2007 (CENAPRED, 2009).

1.4 La gestión para la reducción del riesgo ante sequías

Cuando se habla de los daños o desastres que puede ocasionar la variabilidad del clima, en este caso particular las sequías, en un sector socioeconómico o en una región, en realidad se están expresando los altos niveles de riesgo de dicho sector o región. Un desastre puede ser entendido como la materialización del riesgo, y se debe aclarar que no existen los “desastres naturales”, pues no tienen nada de natural y sólo son reflejo de lo que los humanos pueden o dejan de hacer (Neri, 2004).

Durante siglos, las decisiones sobre el riesgo en un sentido general, estuvieron basadas en el sentido común, el saber tradicional, el ensayo y error, las creencias o el conocimiento no científico (Cardona, 2001). Un estudio realizado por Cardona (2001), resume que actualmente debido a la confianza en los desarrollos de la ciencia y la tecnología, la sociedad expresa cada vez más su preferencia por la planificación, el pronóstico, las alertas y la prevención-mitigación (reducción del riesgo), en contraste con las respuestas *ad hoc* tradicionales a las crisis.

Durante los últimos años ha habido un profundo cambio en la forma como la sociedad ha encarado los desastres, pasando de un esquema de actuación ante las consecuencias de eventos naturales, socio-naturales y antrópicos conocido como manejo o administración para desastres a un proceso centrado en la anticipación de las consecuencias para identificar y caracterizar amenazas de distinta índole.

También, los esfuerzos se han encaminado a determinar factores asociados a las condiciones de vulnerabilidad, creando escenarios probables de riesgo, bajo enfoques multi-amenaza, que permiten diseñar procesos de intervención dirigidos a modificar las condiciones de riesgo, enfoque conocido como gestión de riesgo de desastre (Sarmiento, 2008).

La gestión de reducción de riesgos se define como el conjunto de elementos, medidas y herramientas dirigidas a modificar las condiciones de vulnerabilidad, o a actuar sobre amenazas (donde esto sea posible), o ambas, para disminuir o mitigar los riesgos existentes. La gestión de reducción de riesgos es una alternativa que surge para romper el círculo vicioso en que cayó el manejo de desastres (Sarmiento, 2008).

Una de las definiciones de riesgo más conocidas es propuesta por la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres en América Latina y el Caribe (ISDR, por sus siglas en inglés, 2002):

“Riesgo es la probabilidad de que se produzcan consecuencias perjudiciales, o eventuales pérdidas de vidas, heridos, destrucción de propiedades y medios de vida, trastornos de la actividad económica (o daños al medio ambiente), como resultado de la interacción entre las amenazas naturales o provocadas por las actividades humanas y las condiciones de vulnerabilidad. El riesgo se expresa convencionalmente mediante la ecuación: $Riesgo = Amenaza \times Vulnerabilidad$ ”.

Cabe aclarar que la palabra de riesgo muchas veces se reduce a un sinónimo de probabilidad de ocurrencia. Para la mayoría de la gente el suceso representa la posibilidad de daño o efectos adversos (Stewart y Melchers, 1997). En acuerdo con Cardona (2001), el riesgo puede entenderse como el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros

modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada.

El enfoque de gestión para la reducción del riesgo de desastres considera al riesgo, en términos generales, como la relación de dos factores: la amenaza y la vulnerabilidad. La amenaza es un factor relacionado con la probabilidad de ocurrencia de un evento natural (sequía, inundaciones, etc.), con la intensidad suficiente para dañar a un sistema (social o natural). Mientras que la vulnerabilidad está referida al grado de exposición y fragilidad (o susceptibilidad) del sistema, a que se presenten daños o pérdidas a la economía, la vida humana y/o el ambiente del sistema bajo estudio. Es decir, al conjunto de condiciones que determinan si una sociedad puede o no anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza que se concreta. En tal sentido, el nivel del grado de vulnerabilidad determina la severidad de los efectos de un evento. El riesgo sería entonces la probabilidad combinada de estos dos factores.

A pesar de que en principio se haya tenido una percepción confusa del término vulnerabilidad, esta acepción ha contribuido a dar claridad a los conceptos de riesgo y desastre. En términos generales, es posible clasificar a la vulnerabilidad como física y social, siendo la primera más factible de medir o cuantificar, por ejemplo, en pérdidas potenciales referidas a los daños o la interrupción de los servicios. La segunda sólo puede valorarse cualitativamente y en forma relativa, debido a que está relacionada con diversos aspectos: sociales (e.g. condiciones de vida), económicos (acceso a recursos), políticos (falta de medidas preventivas) e institucionales (poca coordinación y comunicación entre instituciones) (Cardona, 2001).

Cardona (2001) señala que al tratar el tema del riesgo de desastres, se hace necesario reconocer que las amenazas, vulnerabilidades y capacidades no constituyen elementos aislados e independientes; por el contrario, están mutuamente condicionados y son interdependientes. En tanto que los elementos del riesgo de

desastre son dinámicos y cambiantes, el riesgo también lo es, por lo que se considera un proceso en permanente cambio.

Al ser entonces el riesgo un proceso en permanente construcción, el enfoque de gestión de reducción del riesgo de desastres considera que al intervenir sobre los elementos que lo componen, especialmente sobre las vulnerabilidades y las capacidades de las comunidades, es posible disminuir los niveles de riesgo. Ello significa que la intervención debe guiarse por una adecuada comprensión de la forma particular en que las vulnerabilidades y capacidades de las comunidades interactúan con el ambiente físico, natural o socialmente construido.

En términos generales, la gestión de reducción de riesgos está compuesta por *áreas* y *componentes* que mantienen una relación simbiótica y que no necesariamente tienen una secuencia temporal (Sarmiento, 2008) (Tabla 5).

Tabla 5. Áreas y componentes de la gestión del riesgo. Fuente: Sarmiento, 2008.

Áreas	Componentes
Análisis de riesgos	Estudio de amenazas y vulnerabilidades
Reducción y Transferencia de riesgos	Prevención, Mitigación, Financiación y Transferencia de riesgos
Manejo de eventos adversos	Preparación, Alerta y Respuesta
Recuperación	Rehabilitación, Reconstrucción

Sarmiento (2008) señala que existe una estrecha interrelación entre las cuatro áreas -análisis de riesgo, reducción del riesgo, manejo de desastres y recuperación- y por lo tanto, la implementación de una de ellas tendrá efecto en las demás y en todo el proceso de desarrollo de una comunidad. El proceso de desarrollo socioeconómico está íntima y recíprocamente ligado a todas las áreas y componentes. Lo anterior explica cómo el desarrollo puede influir decisivamente en la gestión de la reducción de riesgos, creando condiciones propicias de intervención o, por el contrario, puede generar condiciones nocivas que llevan a mayor vulnerabilidad y, por ende, incrementan el riesgo. Por otra parte, el proceso mismo de desarrollo puede

comprometerse cuando condiciones de riesgo existentes se concretan en situaciones de desastre.

Existen algunas metodologías para la gestión de reducción del riesgo, en su mayoría utilizadas en el área de las inundaciones (Figura 6), que pueden servir de referencia para el caso de las sequías. Se especifica, considerar el análisis y diagnóstico de cada una de las componentes del riesgo y se destacan los sistemas de alerta temprana como uno de los elementos esenciales para la preparación.

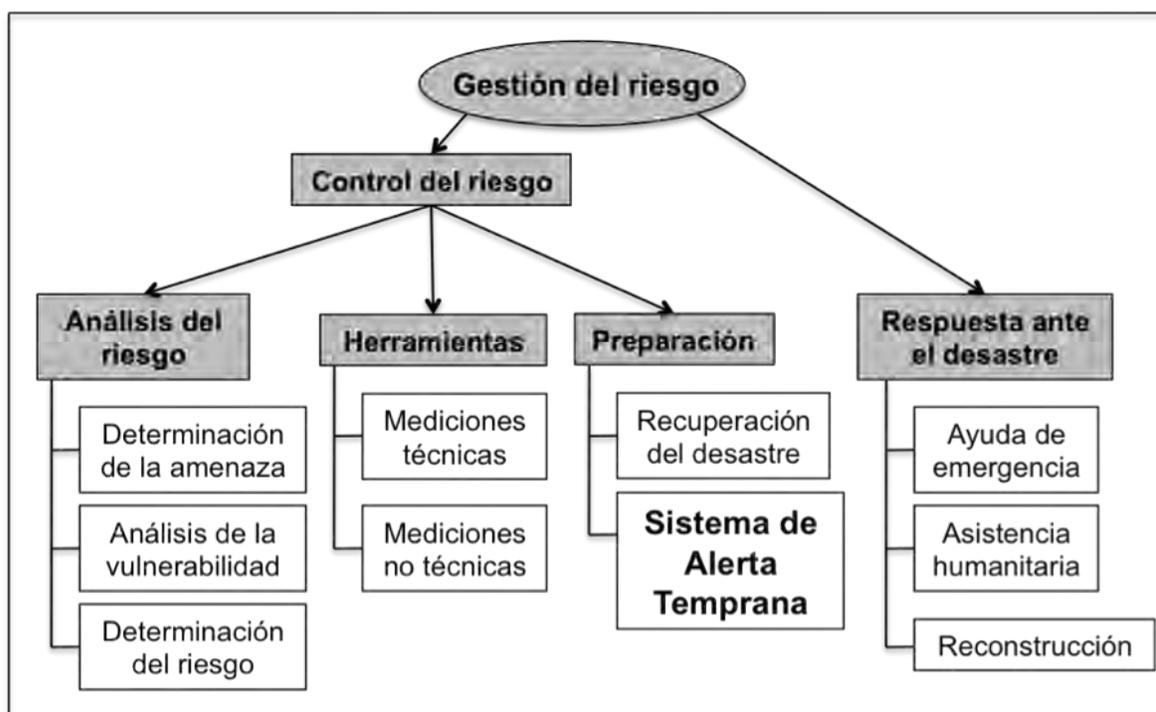


Figura 6. Elementos para la gestión del riesgo. Fuente: Plate, 2002.

El reaccionar a las sequías en "modo de crisis" puede aumentar la dependencia a los apoyos del gobierno o de otros donantes, por lo que la información climática en conjunto con un plan de acción ante las sequías puede reducir la vulnerabilidad ante la sequía. De esta manera la planeación (preparación) puede disminuir los costos de los impactos de las sequías.

Si bien se usan análisis cuantitativos, altamente técnicos, de evaluación de riesgos para beneficiar la gestión de reducción de riesgos, muchos de estos análisis, por su enfoque, no facilitan la toma de decisiones o no consideran aspectos multidisciplinarios, lo que podría significar un avance, en algunos casos, o incluso un retroceso en otros.

Lo que realmente importa para la reducción de la vulnerabilidad ante sequía es cómo utilizar la información obtenida para la toma de decisiones. De ahí la importancia de considerar el impacto potencial de las consecuencias. Una concepción holística, consistente y coherente, que tenga en cuenta no sólo variables geológicas y estructurales, sino también variables económicas, sociales, políticas, culturales o de otro tipo, podría facilitar y orientar la toma de decisiones. Un enfoque de este tipo podría contribuir a mejorar la efectividad de la gestión y a identificar y priorizar medidas factibles y eficientes de prevención-mitigación para la reducción del riesgo (Cardona, 2001).

1.5 La necesidad de Sistema de Alerta Temprana ante sequías para México

Los miembros de las comunidades científica y política han expresado, en todo el mundo, su preocupación por la incapacidad que tienen los gobiernos de responder de una forma oportuna y efectiva a las sequías y a sus efectos. El Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales ha anunciado una “llamada de atención” para mejorar la planificación y la gestión para la reducción del riesgo ante sequías. Sin embargo, la labor que hay que realizar para cambiar las ideas de los tomadores de decisión de todo el mundo sobre las sequías y el hacerles ver que existen otros métodos para la gestión de los problemas de la sequía, constituye un auténtico reto. Normalmente, los gobiernos consideran a las sequías fenómenos raros y casuales, intrínsecamente impredecibles, encontrándose, así, no preparados para afrontarlas cuando suceden. Una valoración y reacción eficaz a las

sequías requiere una planificación de gran alcance; un difícil cometido para la mayor parte de los gobiernos (Wilhite, 1992).

Los gobiernos de diferentes países han respondido, normalmente, a las sequías proporcionando (o solicitando a gobiernos y organizaciones donantes) una ayuda de emergencia para los sectores económicos y sociales afectados. Las acciones post-sequías han demostrado que esta reacción (gestión de crisis) lleva a menudo a respuestas poco coordinadas e ineficientes. Además, esta respuesta influye de manera limitada en la reducción de la vulnerabilidad a sequías posteriores, es más, puede aumentar esa vulnerabilidad (Figura 7).

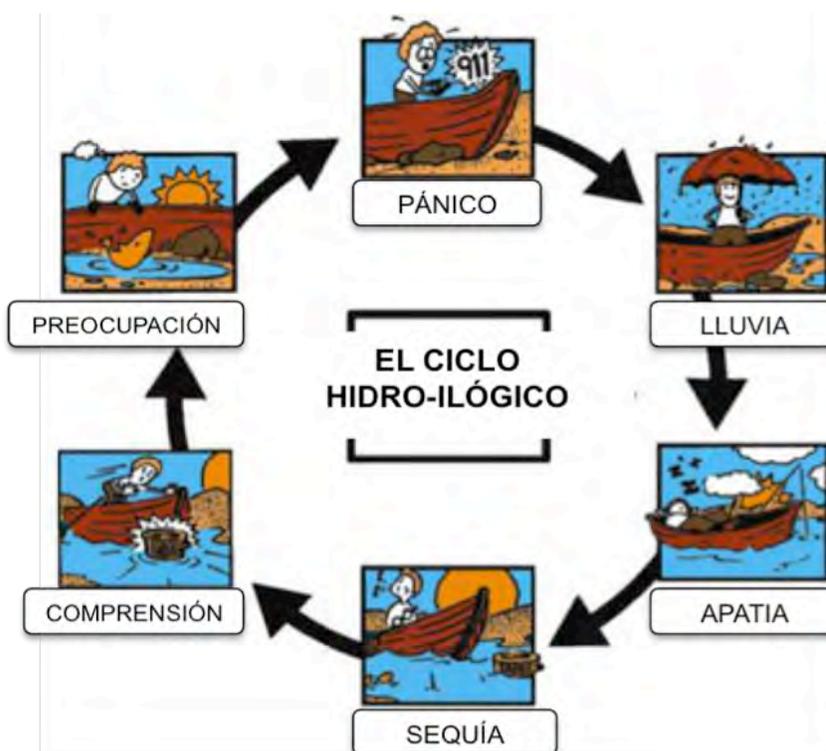


Figura 7. Ciclo hidro-ilógico. Fuente: Tannehill, 1947.

En este ciclo, la aparición de la sequía sigue una secuencia de estados que van desde el conocimiento a la preocupación y después al pánico. Generalmente, el interés por la sequía disminuye rápidamente con el retorno a una condición normal de precipitación.

Un método alternativo para la reducción del riesgo sería el iniciar una planificación entre períodos de sequía (por ejemplo, antes del estado de pánico); elaborando programas de valoración y de respuestas, y estudiando con mayor eficacia y a largo plazo los problemas específicos de cada región para así contribuir a eliminar el estado de pánico. Esto permitiría a los gobiernos, asignar sus limitados recursos para la mitigación de la sequía de una forma más benéfica. Sin embargo, debido a que la sequía no se considera como otros peligros naturales y que sus efectos no son estructurales y son menos cuantificables, la mayoría de los gobiernos se ven menos inclinados a invertir sus recursos en la elaboración de programas ideados para la mitigación y en medidas de prevención del impacto de los desastres.

El tema de riesgo ante sequías y su gestión en México no se ha elevado al más alto nivel de la agenda política del sector agrícola e incluso del hídrico. México es un país que padece sequías desde tiempos ancestrales. Recientemente se ha detectado que la duración de las sequías y que sus áreas de afectación han ido en aumento (CNA, 2001).

Hasta hoy, los esfuerzos gubernamentales se han enfocado más en la mitigación que en la prevención de los efectos de la sequía. A nivel gubernamental se subestima la capacidad institucional y social para enfrentar los impactos de eventos extremos como la sequía. Dicha capacidad debe integrarse por un conjunto de estrategias preventivas desarrolladas y adoptadas por la sociedad y el gobierno; lo que paulatinamente permitiría transitar al desarrollo de una sociedad mejor preparada y adaptada a las condiciones variantes del clima (Landa *et al.*, 2008).

1.6 Objetivos

Este trabajo tiene como objetivo principal sentar las bases estructurales y de información para diseñar un Sistema de Alerta Temprana ante Sequías para México, considerando aspectos como son: niveles de alerta y actores a involucrarse. Y como

objetivo secundario; definir una propuesta preliminar de un Centro Nacional de Prevención ante Sequías.

Capítulo 2. Caracterización de las sequías en México

2.1 Distribución de las sequías en México

México es muy vulnerable a condiciones climáticas extremas, principalmente a aquéllas relacionadas con la disponibilidad (exceso o falta) de agua. En un estudio realizado por Hernández *et al.* (2000), se determinaron las áreas de México vulnerables a la sequía meteorológica en el periodo de 1950-1980, mediante el cálculo de un índice de severidad, para las condiciones actuales y considerando dos escenarios de cambio climático, bajo los cuales las condiciones de sequía se agudizaran. En el mapa de la Figura 8 se muestra que el país no tiene zonas que no sean afectadas por la sequía.

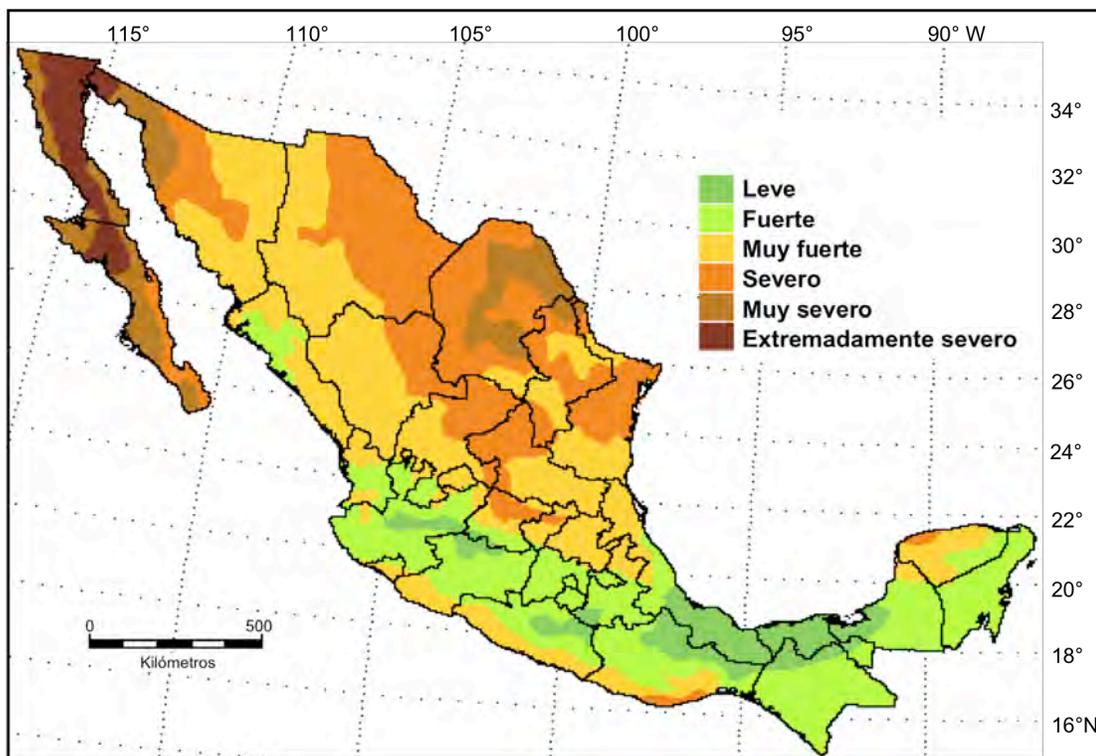


Figura 8. Distribución espacial de áreas afectadas según el índice de severidad de la sequía.
Fuente: Hernández, *et al.*, 2000.

Según Méndez (2003), un aspecto particular del ciclo hidrológico en México, es la relación entre la actividad de eventos extremos de tiempo severo, representada por

precipitación extrema y su reflejo en la condición climática dominante. Así, la falta de eventos de lluvia intensa en ciertas regiones podría resultar en sequía, pudiendo ser este factor más importante incluso que el número de días que llueve. Así, para comprender el porqué llueve o su contraparte, el porqué no llueve, se deben analizar los sistemas climáticos que afectan al país.

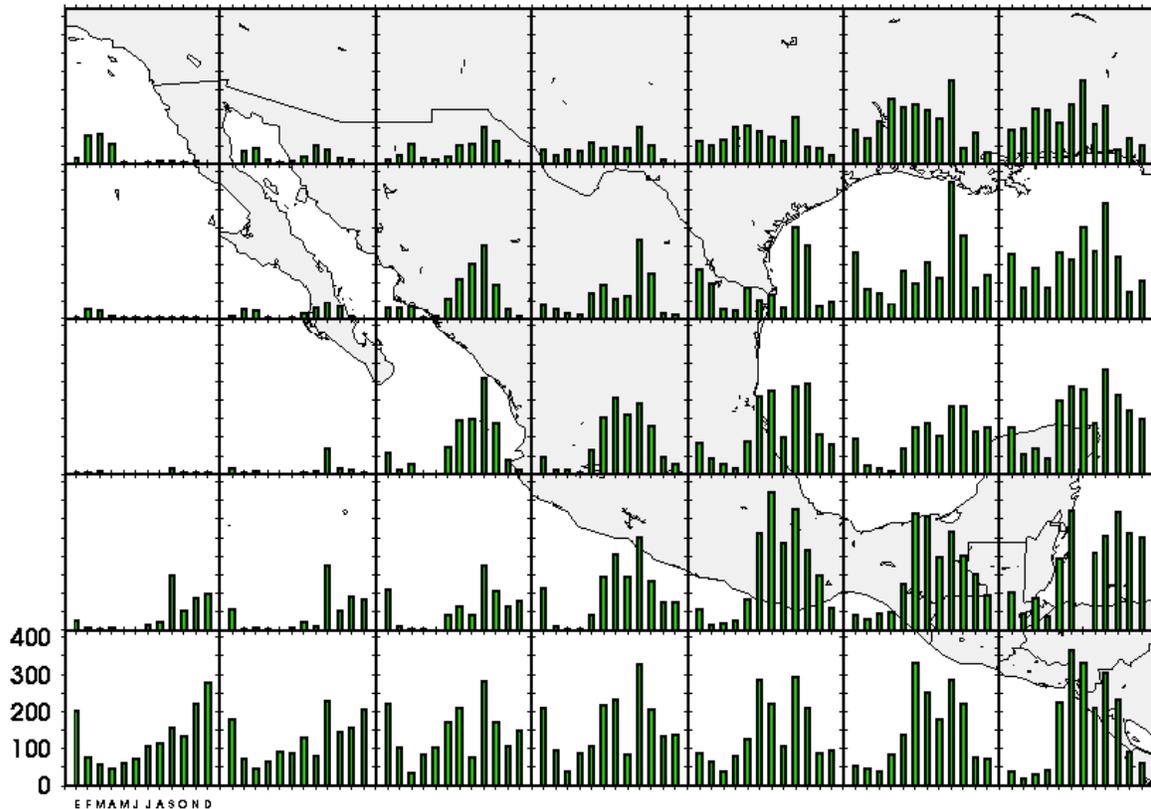
Dada su situación geográfica, México tiene un clima caracterizado por tener un régimen de lluvias de verano en la mayor parte del territorio nacional, en comparación con el invierno relativamente seco. En verano, el clima es modulado principalmente por la actividad de sistemas tropicales tales como huracanes y ondas del este. Mientras que en el invierno, el clima es regulado por sistemas extratropicales, tales como frentes fríos.

Desde la parte centro-sur y sur de México hasta Centroamérica, la temporada de lluvias de verano presenta dos máximos (Figura 9). El primer máximo ocurre en junio y el segundo en septiembre. Durante los meses de julio y agosto se observa un mínimo relativo, conocido como la sequía intraestival, sequía de medio verano, "canícula" o veranillo (Magaña, 1999). Este tipo de sequía es la menos dañina, ya que dura algunos meses y la población suele prepararse para afrontarla.

Al iniciar la temporada de lluvias, 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 ríos, lagos y presas, se recargan los mantos acuíferos, etc.

En el verano, la precipitación está modulada por algunos sistemas, como:

- La posición de la Zona Inter-Tropical de Convergencia (ZITC).
- El monzón mexicano.
- Las ondas del este.
- Huracanes en el Pacífico, Golfo de México y el Caribe.



*Figura 9. Climatología (1950-1998) de precipitación mensual (mm).
Fuente: Magaña (1999).*

La ZITC juega un papel importante en la dinámica de la atmósfera en México durante el verano. La posición, intensidad y densidad de nubes profundas sobre esta región pueden resultar en periodos de lluvias intensas o débiles en el país.

Existen factores climáticos que agravan la severidad de la sequía y que están asociados con ella como altas temperaturas, fuertes vientos y baja humedad relativa. Por ejemplo, la presencia de El Niño provoca un incremento en la intensidad de las sequías. El Niño y su contraparte La Niña son condiciones anómalas en la temperatura del océano en el Pacífico tropical del este, en verano de años El Niño, en la mayor parte del territorio mexicano se observa una disminución en la precipitación, que puede considerarse sequía. Esta disminución de precipitación de verano se refleja en una menor humedad en el suelo para la primavera del año siguiente, resultando en una mayor incidencia de incendios forestales asociados a prácticas agrícolas. Durante años La Niña, las lluvias de verano se encuentran cerca de lo

normal e incluso pueden estar por arriba de la media. Esta anomalía positiva de precipitación en verano durante La Niña se debe a una mayor actividad de ondas del este y huracanes en el Caribe y el golfo de México (Magaña, 1999).

En el caso de las sequías prolongadas (más de 1-2 años), algunos estudios demuestran que están relacionadas con las fases de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés) y con la Oscilación Muldecadal del Atlántico (AMO, por sus siglas en inglés). Ejemplos de esto, son los periodos de sequías prolongadas que ocurrieron en los 30's, 50's y 90's (Schubert *et al.*, 2004, Cook *et al.*, 2007, Méndez y Magaña, 2009).

2.2 Vulnerabilidad ante sequías

Considerando la definición de riesgo como la combinación de la probabilidad de que ocurra una sequía meteorológica y de sus consecuencias negativas; el riesgo asociado a las sequías puede ser definido como las pérdidas potenciales relacionadas con la disponibilidad de agua necesaria para el desarrollo de diferentes actividades socioeconómicas.

En otras palabras, el riesgo ante sequía para cualquier región o sector es producto de la exposición a la sequía y de la vulnerabilidad del sector o de la sociedad ante su acontecimiento (UN/ISDR, 2009). La ISDR (2009) define vulnerabilidad como: "las características y circunstancias de una comunidad o sistema que las hacen susceptibles a los efectos perjudiciales de un peligro". La sequía meteorológica por sí misma no debe ser considerada como un estado de emergencia. Lo que hace que se convierta en un estado de emergencia o no, depende de sus efectos sobre la sociedad, y éstos, a su vez dependen de su vulnerabilidad ante una sequía meteorológica.

Definir la vulnerabilidad de una población o sector puede resultar muy complejo (Andulce *et al.*, 2008). La vulnerabilidad es considerada por la comunidad científica como un proceso de largo plazo, socialmente construido a partir de condiciones culturales y económicas, resultado de la distribución social y territorial de ingresos, inversión, poder, explotación y transformación ambiental. En la medida que la sociedad es vulnerable a una amenaza se definen los efectos negativos que tendrá el fenómeno natural. De esta forma, una sequía se convierte en un desastre cuando la gestión para la reducción del riesgo es insuficiente para que la sociedad prevenga, atienda y se recupere de una situación que perturba su subsistencia, de tal manera que la recuperación es improbable sin ayuda externa (Blaikie *et al.*, 1995).

Como se mencionó anteriormente cuando ocurre una sequía meteorológica, los primeros impactos se resienten en sectores como el agrícola y el ganadero, sectores que dependen casi totalmente del agua de lluvia; posteriormente otros sectores se ven afectados a partir de que las fuentes almacenadoras de agua bajan. Este proceso se presenta inevitablemente cuando ocurre escasez de lluvia, sin embargo, se presentan casos en los que la lluvia desciende hasta cierto rango que se puede decir que es normal y ocurren daños en ciertos sectores por la falta de agua o bien, no ocurre una sequía meteorológica y también se presentan daños. Esto nos lleva a deducir que las acciones que desarrolla el hombre en relación a los usos y almacenaje del agua, es decir, la propia administración y distribución del recurso, son un elemento esencial para la declaración de sequía.

En el caso de México, Liverman (1996) desarrolló un estudio para responder la siguiente pregunta: ¿La misma sequía puede tener diferentes impactos en distintos sitios debido a que algunas personas y lugares son mas vulnerables a eventos extremos que otros? La respuesta es si, los cambios en la vulnerabilidad de individuos y regiones son la clave para comprender cómo los riesgos afectan a la sociedad. En el contexto de las prácticas agrícolas en el país, Liverman concluyó (1996, 2000) que sequías de idéntica intensidad física pueden tener impactos muchos menos severos en grandes terrenos comerciales irrigados y asegurados, con buenas tierras y

precios subsidiados que en pequeñas parcelas de temporal sin soporte institucional. A lo largo del tiempo, los sistemas agrícolas se han protegido contra el clima adverso con sistemas de irrigación, diversidad de las cosechas, usos del suelo y estrategias de manejo flexibles. Sin embargo, se han vuelto más sensibles ante las nuevas políticas económicas, las implicaciones de la tenencia de la tierra y la disponibilidad de recursos, esto ha restringido las opciones para establecer patrones de uso del suelo, sistemas de irrigación y elección de cosechas.

Para analizar la vulnerabilidad del sector agrícola del país ante la ocurrencia de sequías, se debe considerar que del total del territorio nacional, solamente 24 millones de ha tienen potencial agrícola. La complejidad orográfica, climática y geológica del país ha delimitado a lo largo del tiempo las actividades agrícolas. Alrededor del 52% del territorio nacional lo abarcan las tierras áridas, desérticas o semidesérticas (principalmente norte y centro del país), en donde la agricultura sólo es posible mediante la construcción de obras de riego. Las lluvias son insuficientes en otro 30.5% de la superficie total, por lo que se requiere, en muchas ocasiones del riego, en tanto que el 10.5% está integrado por el conjunto de regiones semihúmedas, en las cuales las lluvias, casi siempre, son suficientes para obtener cosechas de temporal (sería necesario regar las tierras cada año a pesar de que las sequías serias ocurren sólo cada 5 o 6 años, impidiendo que se recoja el volumen normal). Finalmente, un 7% del país se encuentra ocupado por zonas donde la lluvia es suficiente para que las cosechas de temporal sean siempre seguras; pero donde el riego ayuda en la época de sequía a subsanar las diferencias de precipitación (Bassols, 1995).

De acuerdo con datos de la SAGARPA², se siembran anualmente cerca de 16.1 millones de hectáreas, de las cuales el 87%, es decir, 10.8 millones de ha se siembran durante la temporada de lluvias, esto es de mayo a octubre, y generan el 70% de la producción agrícola anual. Año con año, las variaciones en el clima pueden determinar el éxito o el fracaso de la producción agrícola; una buena temporada de

² <http://www.siap.gob.mx/>

lluvias, aunada a condiciones adecuadas de temperatura y ausencia de eventos extremos son elementos que garantizan el éxito de las cosechas.

Quienes practican la agricultura tradicional, tienen cierto conocimiento de su medio, obtenido a través de la observación constante del entorno. Tal conocimiento los ha llevado a elaborar pronósticos del clima basándose en la presencia de fenómenos, como la forma y color de las nubes o el comportamiento de algunos animales. Esto se refleja en dichos o expresiones populares referentes a la temporada de lluvias. Por ejemplo, en el Estado de Tlaxcala se usan dichos tales como “marzo florido, año perdido”, se entiende que para los agricultores las lluvias en marzo no indican un buen inicio para las siembras, mientras que en el dicho “lluvias de abril, granos mil”, significa que un buen inicio de la temporada de lluvias es fundamental para el desarrollo del cultivo (Magaña, 1999).

Para reducir la vulnerabilidad a las fluctuaciones del clima, los agricultores han diseñado algunas medidas de adaptación como son el riego por goteo, las cortinas rompevientos, la producción de humo de combustión o las capas protectoras de paja y estiércol. Por otra parte, se han desarrollado numerosas tecnologías, como la hibridación y la selección de semillas mejoradas que han ampliado los límites fenológicos de los cultivos. Actualmente, se cultivan variedades más resistentes a sequías o nevadas y se utilizan grandes cantidades de fertilizantes y productos químicos. Sin embargo, muchas de estas opciones representan una inversión que no están al alcance del presupuesto de la mayoría de los campesinos y no garantizan el éxito ante la ocurrencia de eventos climáticos extremos.

La escasez de agua ha sido, es y seguirá siendo uno de los principales determinantes para la producción agrícola tanto para las regiones temporaleras como para las de riego. Por ejemplo, en el norte del país, donde el clima es seco, no se utilizan grandes extensiones de tierra para el cultivo por la escasa precipitación. Ante esta situación, las obras de riego han sido uno de los principales problemas que ha enfrentado el gobierno. A pesar de que existen cerca de unas 196 presas de almacenamiento y

989 derivadoras, así como obras de riego en el país, es decir, el 75% del agua del país es destinada para este sector, no son suficientes para la irrigación que se requiere, esto se refleja en las cifras de producción y el valor de las cosechas, así como en la introducción de maquinarias modernas y fertilizantes (Téllez, 1994).

Es importante destacar que actualmente el sector agrícola mexicano se encuentra en crisis. Reflejo de ello es su baja contribución al Producto Interno Bruto (PIB) del país. A lo largo del siglo pasado el peso del sector agropecuario disminuyó en relación al total de la economía, en 1900 representaba el 30% del PIB y en la actualidad solamente llega al 5% (INEGI, 2000). Actualmente alrededor del 65% del valor de la producción agropecuaria se debe a la agricultura, similar a la proporción que existía a principios del siglo XX. La ganadería ocupa una cuarta parte de la producción y debe considerarse que parte importante de la producción agrícola se destina a la alimentación de ganado y que la producción de forrajes compite por las mejores tierras cultivables y bosques del país (Mendoza, 2007).

Existe un descontento en la mayoría de los campesinos por sus condiciones de vida. En el siglo XX, la población rural³ aunque creció 2.5 veces, en comparación con la urbana que lo hizo 20 veces, en términos de habitantes las zonas rurales disminuyeron drásticamente. La migración fue el factor más importante en el comportamiento demográfico del campo: más de la mitad de los nacidos en comunidades rurales no permanecieron en ellas. El modesto crecimiento de la población rural es resultado de la restricción, la falta de oportunidades de permanecer y la incapacidad de retener a la población (Mendoza, 2007). Según el INEGI (2010), sólo una de cada cinco personas siguen viviendo en la entidad federativa que nació.

Por otra parte, la falta de inversión gubernamental en el sector agrícola de subsistencia, aunada a políticas de apoyo inadecuadas y problemas políticos y sociales han hecho que la producción de temporal pierda importancia en la

³ El INEGI (2010) define población rural como aquella comunidad en donde viven menos de 2,500 habitantes.

economía nacional, que sea alta la migración y que el país sea dependiente en el sector alimentario. Pese a todo, la agricultura es la actividad económica que ocupa la mayor superficie en el territorio nacional y emplea a un mayor número de personas, aunque uno de cada cuatro mexicanos vive del campo con elevados niveles de pobreza (Neri, 2004).

Se puede concluir que la vulnerabilidad de los agricultores es reflejo de la combinación de los impactos del clima y las oportunidades asociadas a factores históricos, políticos, económicos y la disposición de recursos antes, durante y después del momento de crisis (Eakin, 2006).

En el análisis de la vulnerabilidad resulta fundamental marcar la diferencia entre la sequía meteorológica, la sequía agrícola y la sequía hidrológica, ya que no es lo mismo que no haya agua porque llovió poco que porque ésta no se repartió bien. Briones (1997) realizó un estudio donde se analiza la estrategia de reducción del impacto de sequía en el Estado de Ceará, Brasil, la cual se ha desarrollado alrededor del almacenamiento de agua y de manera paralela se han puesto en marcha instituciones de administración de recursos hidrológicos. En dicho estudio se concluye que sin duda las estructuras actuales (físicas y sociales) son indispensables para reducir un gran desastre en la población rural del Estado, lejos de reducir la vulnerabilidad, ésta sólo se acumula en la medida que las estrategias actuales atraviesan un periodo de crisis representado por: la falta de credibilidad en las instituciones, falta de opciones de los agricultores para usar el agua de manera más racional, el desmantelamiento de las organizaciones sociales y las formas tradicionales de producción sin mecanismos de integración a las nuevas dinámicas comerciales.

La ISDR (2009) ha propuesto un nuevo paradigma para mejorar el estado de preparación y mitigación, y con ello reducir la vulnerabilidad ante las sequías en los todos grupos o sectores a nivel local o nacional. Las Figuras 10 y 11, respectivamente, representan el acercamiento teórico-conceptual usual o actual a las

sequías y la nueva visión para su manejo. Se puede observar que en términos de manejo del riesgo, los impactos de las sequías difieren substancialmente en países que tienen capacidad para enfrentarlas (manejo de reducción del riesgo) de aquellos que no. El análisis de la vulnerabilidad por regiones o sectores resulta ser una herramienta inestimable en la determinación y planeación de la reducción del riesgo ante sequías.

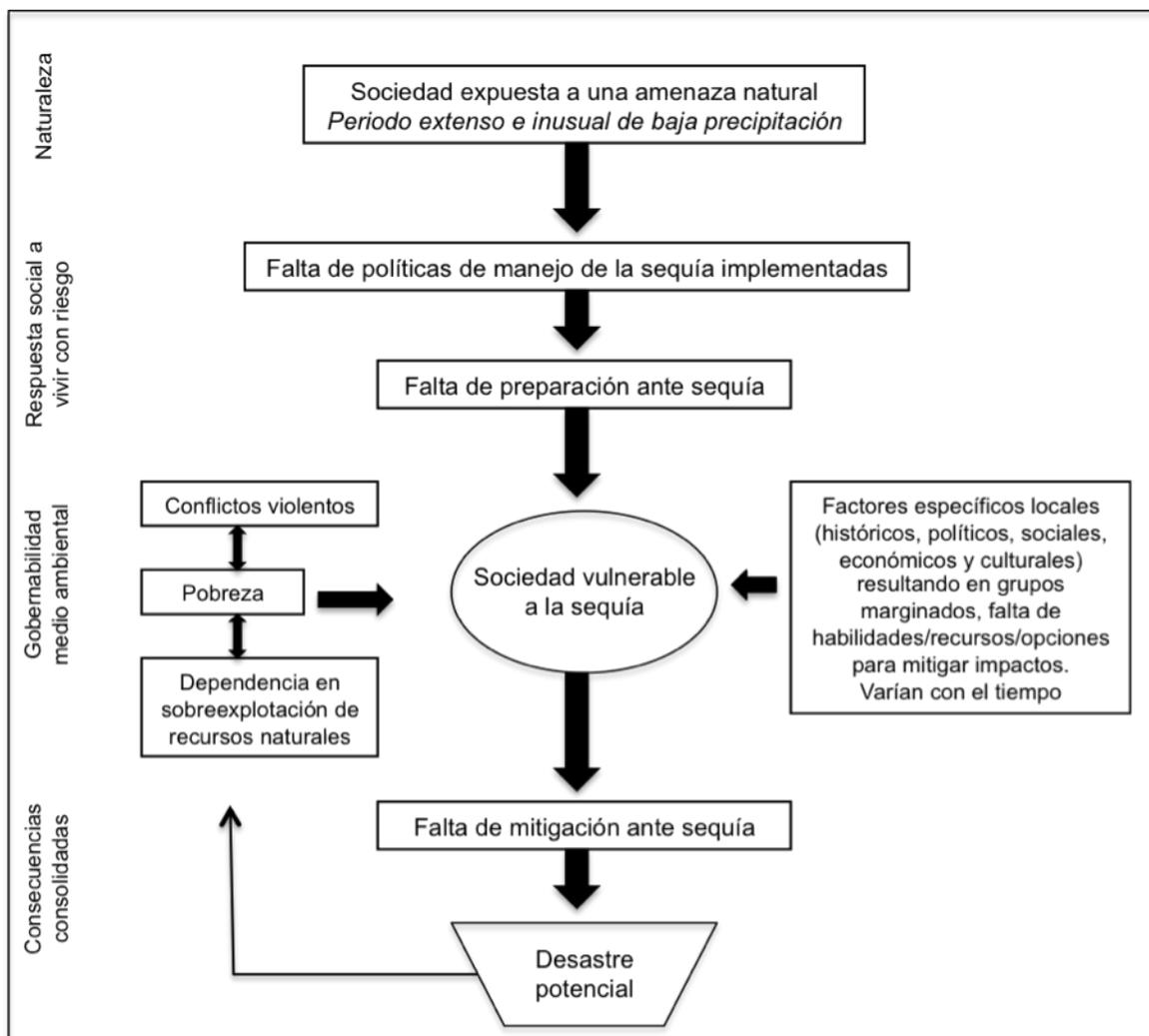


Figura 10. Elementos para el análisis de la sociedad vulnerable a la sequía.
Fuente: ISDR, 2009.

Se ha utilizado el término resiliente, adaptándolo de la definición de la ecología de comunidades y ecosistemas, como la capacidad de las comunidades y ecosistemas de absorber perturbaciones, sin alterar significativamente sus características de

estructura y funcionalidad, es decir, pudiendo regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado (Holling, 1973). En su acepción mas reciente, dentro de los sistemas ecológicos sociales (SESs) ante el deseo común de disminuir riesgo, se sugieren dos maneras, por un lado disminuyendo la vulnerabilidad y por el otro, aumentando la resiliencia (Figura 11).

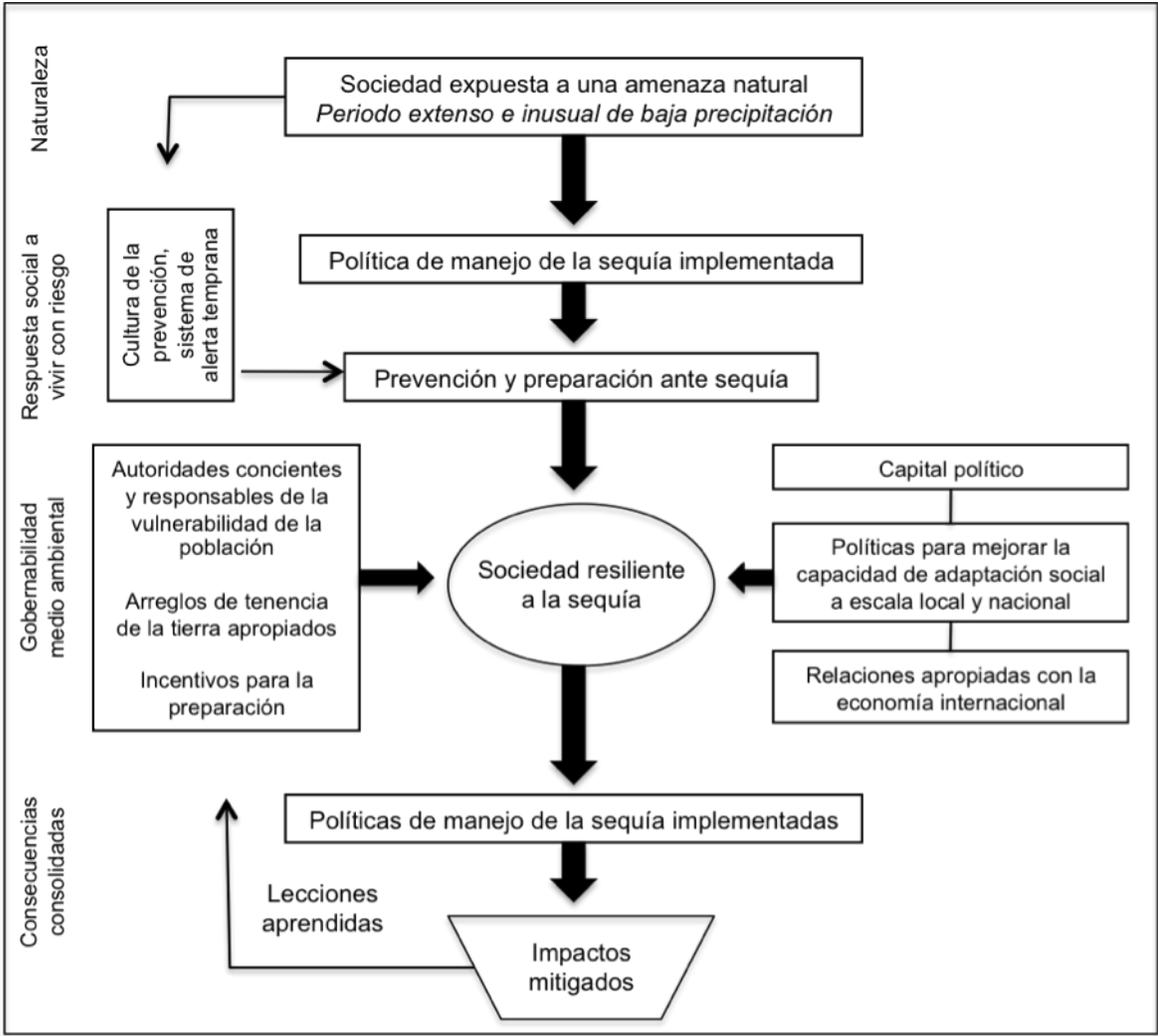


Figura 11. Elementos para el análisis de la sociedad resiliente a la sequía. Fuente: ISDR, 2009.

El concepto de resiliencia es fundamental para comprender la vulnerabilidad de una comunidad o de una sociedad. El Banco Mundial (2008) define resiliencia como la capacidad de una sociedad de adaptarse o regresar a su estado previo cuando está expuesta a un peligro. Una sociedad resiliente es aquella que puede resistir o cambiar

para alcanzar un nivel aceptable en su funcionamiento y estructura, mediante sus propios medios, ocupándose de los acontecimientos que la amenazan, dañan, o la intentan destruir. Se destacan dos aspectos de la resiliencia: 1) en los sistemas sociales la resiliencia tiene la capacidad humana de anticipar y planear el futuro y, 2) la resiliencia se ve influenciada por las acciones del gobierno, así como por el nivel de infraestructura y servicios proporcionados por el mismo.

Una forma de identificar si una comunidad o un sector es resiliente ante las sequías es mediante la caracterización de la comunidad o del sector y el desarrollo de una matriz de riesgo. Para ello se utilizan datos de localización, población, político-administrativos, climáticos, etc. Este método ha sido desarrollado por el Banco Mundial (2008). A través de su uso se pueden identificar las áreas de mayor riesgo y priorizar las acciones a seguir para ser menos vulnerable ante fenómenos como las sequías o ante cualquier otra amenaza natural.

2.3. Respuestas gubernamentales ante las sequías en México

Ante la ocurrencia de un evento hidrometeorológico extremo, la Secretaría de Gobernación, por medio del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), como instancia de coordinación, es la encargada de salvaguardar a la población, a sus bienes y a su entorno. De este Sistema surge el CENAPRED como el órgano técnico de apoyo al SINAPROC. El CENAPRED se constituye como la instancia encargada de coordinar las acciones para la prevención y la mitigación de desastres, así como de apoyar la difusión de medidas de preparación y autoprotección a la población ante una contingencia (Landa *et al.*, 2008).

Entre los instrumentos del SINAPROC para atender los desastres se encuentra el FONDEN, el cual tiene como objetivo apoyar en la atención de los desastres cuya magnitud supere la capacidad organizativa y financiera de los estados y de las dependencias y entidades paraestatales. Por otra parte, contempla acciones de

reducción de vulnerabilidad y riesgo ante fenómenos naturales mediante el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN); éste tiene como finalidad proporcionar recursos tanto a las dependencias de la Administración Pública Federal, como a las Entidades Federativas, para la realización de acciones y el desarrollo de mecanismos tendientes a reducir riesgos, así como para evitar o disminuir los efectos del impacto destructivo de los fenómenos naturales sobre la vida y bienes de la población, los servicios públicos y el medio ambiente.

Como se presentó anteriormente, los efectos de las sequías constituyen una línea de acción estratégica del sector hídrico. La CONAGUA tiene entre sus funciones formular planes de prevención que permitan enfrentar en mejores condiciones los periodos de sequía y apoyar su implementación (CONAGUA, 2008).

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. En México, la CONAGUA (CNA, 2001) divide en dos grandes ramas las medidas de mitigación para disminuir los efectos negativos de las sequías: estructurales y no estructurales.

Son estructurales, las construcciones y obras de ingeniería que ayudan a controlar, almacenar, extraer y distribuir el agua, con el fin de optimizar 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. En general, todas las obras de ingeniería para mitigar las sequías son costosas y por sí solas no son la solución que evite daños por las sequías, más bien son el complemento de otras medidas, que en conjunto, ayuden a contrarrestar los efectos negativos de este fenómeno.

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: reactivas y preventivas o prospectivas.

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

Las medidas preventivas o prospectivas son aquéllas que se implantan mucho antes de que suceda una sequía, como la creación de una cultura en la población para cuidar el agua. Acciones educativas ambientales enfocadas al 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.

Como parte de las acciones más importantes que se han implantado en México para la prevención de los desastres de origen hidrometeorológico, donde se incluyen las sequías, son las enfocadas al monitoreo de los fenómenos naturales, en cuyo caso participa el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) dependiente de la CONAGUA. El SMN es la instancia oficial encargada de generar información meteorológica y climática. Entre sus funciones está la de mantener informado al SINAPROC de las

condiciones meteorológicas que puedan afectar a la población y a sus actividades económicas, y ha desarrollado sus propios métodos de análisis y generación de información meteorológica, como es el caso del Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales (SIAT-CT)⁴ (Landa *et al.*, 2008).

A pesar de las acciones que realizan el SMN, las dependencias y organismos asociados al SINAPROC y al CENAPRED, las experiencias recientes de desastres han puesto en evidencia que no obstante la creciente organización gubernamental, los impactos de los desastres han aumentado sensiblemente. Cada ocurrencia de un fenómeno natural (huracán, exceso de precipitaciones, etc.) amenaza con ser el origen de un desastre. El SINAPROC no ha alcanzado niveles de eficiencia satisfactorios y se ha enfocado a responder a las emergencias más que a prevenirlas (Macías, 1999; Carabias y Landa, 2005).

Las acciones para el sector agrícola

Ante la alta vulnerabilidad que enfrenta el sector agrícola, el gobierno federal ha impulsado mecanismos para atender los impactos de eventos climáticos extremos que resultan en daños o pérdidas. Debido a los altos montos requeridos al FONDEN año tras año para mitigar las pérdidas agrícolas, en el 2003 se crea el FAPRACC⁵, ahora llamado Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC), como un nuevo instrumento financiero, que tiene dos formas de apoyo:

1. Atiende las necesidades de los productores de bajos ingresos ante la ocurrencia de eventos climáticos catastróficos, que no cuentan con ningún tipo de aseguramiento público y/o privado, y que realicen preponderantemente

⁴ El SIAT surge en el 2000 y se actualiza en el 2003 como una herramienta de coordinación en el alertamiento a la población y en la acción institucional, ante la amenaza ciclónica, que se sustenta en la interacción de los principales autores del Sistema Nacional de Protección Civil: la sociedad civil y sus organizaciones; las instituciones de investigación de los fenómenos hidrometeorológicos, los generadores de conocimiento, los medios de comunicación masiva y la estructura gubernamental del mismo sistema. Fuente: <http://www.empalme.gob.mx/siat.pdf>

⁵ Para más información véase: <http://www.sagarpa.gob.mx/fapracc/>

actividades de tipo agrícola de temporal, pecuarias, acuícolas y pesqueras, esto mediante la entrega de recursos de forma directa a los productores.

2. Apoyo económico a los gobiernos estatales para la contratación de seguros agropecuarios, para evitar utilizar recursos presupuestales de manera directa en desastres de alto impacto en las actividades agropecuarias, a lo que se denomina Seguro Agropecuario Catastrófico (SAC) siendo éste un instrumento de administración de riesgos que permite adoptar estrategias financieras para el manejo y transferencia del riesgo catastrófico, enfrentar con mayor eficiencia las consecuencias económicas y sociales que generan los eventos climáticos extremos en la actividad agropecuaria y disminuir la presión sobre las finanzas públicas por la ocurrencia de dichos eventos.

Un apoyo más es el Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente⁶ (PIARSE). Mediante este programa se pretende fomentar el desarrollo sustentable en regiones frecuentemente afectadas por fenómenos climatológicos adversos que inciden en la disminución de productividad. Con el surgimiento del PACC, el FONDEN se desliga del sector rural y el PIARSE y FAPRACC se complementan junto con PROCAMPO⁷ y Alianza para el Campo⁸, para impulsar al sector productivo agropecuario. Es importante hacer notar que una diferencia entre el PACC y el PIARSE es que este último también atiende obras de carácter social. El PACC puede ser ejecutado en aquellos lugares que no estén recibiendo apoyo de PIARSE.

Al igual que el FONDEN, el PACC cuenta con ciertas reglas para hacer la llamada Declaratoria por Contingencia Climatológica. Cuando ocurre una sequía (o helada), los gobiernos de los estados deben dirigirse a la SAGARPA para solicitar la emisión de la Declaratoria. Este proceso cuenta con varias etapas para que los campesinos obtengan finalmente los apoyos. Como primer requisito la SAGARPA debe comprobar

⁶ Para más información véase: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/programas/piasre.htm>

⁷ Para más información véase: <http://www.sagarpa.gob.mx/infhome/procampo.htm>

⁸ Para más información véase: <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/pages/sagri/pfa.htm>

que efectivamente se presentó una sequía meteorológica en la región, en este punto se puede hacer la siguiente pregunta ¿cómo el PACC define una sequía?, a continuación se transcribe la definición usada en las Reglas de Operación del PACC⁹:

Se especifica como “sequía atípica e impredecible al desbalance temporal de la disponibilidad hídrica producido por la naturaleza, consistiendo en precipitaciones persistentes menores que el promedio, de frecuencia, duración y severidad incierta y de ocurrencia atípica e impredecible.

.....Por su parte, en la agricultura, las bajas precipitaciones afectan a cultivos de ciclo corto; en este caso, la determinación de la sequía estará íntimamente ligada a la etapa fenológica en que se encuentren los cultivos de la cuenca hidrológica en donde se presenten las anomalías de la precipitación, por lo que la disminución en la cantidad de lluvia puede ocurrir en al menos un mes. Para determinar si la sequía es atípica e impredecible se deberá, con la mejor información cuantitativa y cualitativa disponible, calcular las medias históricas del fenómeno en cuestión para la región de que se trate, así como las desviaciones estándares respectivas, determinándose como indicio de imprevisibilidad, una diferencia mayor a una desviación estándar de los valores medios observados”.

De esta definición se deduce que una sequía es determinada cuando la precipitación disminuye más de una desviación estándar por debajo del promedio. Esto supone que la precipitación se comporta como una distribución Normal (Gaussiana), cuando los análisis muestran que en la mayoría de los sitios el ajuste debe ser de tipo Gamma. Por ejemplo, utilizando el criterio del FONDEN, la sequía se declararía en Ciudad Delicias, Chihuahua, cuando la precipitación sea menor a 162 mm, mientras que con el criterio propuesto en el estudio de Méndez (2003), la sequía ocurriría una vez que la precipitación sea menor a 124 mm, como lo muestra la Figura 12.

⁹ Véase REGLAS de Operación de los Programas de la SAGARPA vigentes (DOF- 31/12/07) en: http://pacc.sagarpa.gob.mx/info/formatos/rop_sagarpa2008.pdf

Comparando ambos criterios, para este sitio, se observa que utilizar el ajuste normal hace que en algunas ocasiones sea declarada la sequía cuando en realidad no lo es.

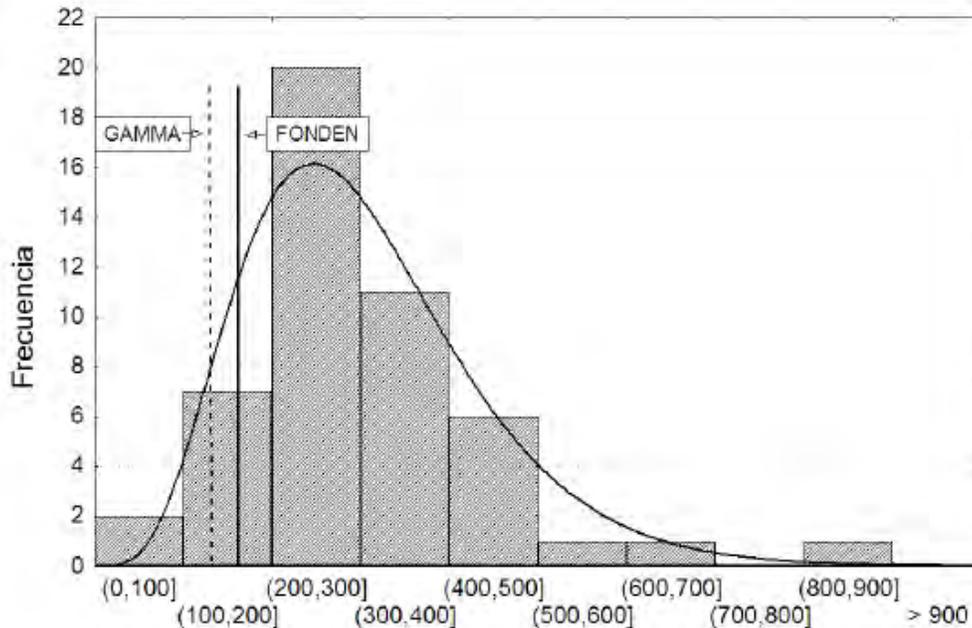


Figura 12. Distribución de la precipitación en Ciudad Delicias Chihuahua.
Fuente: Méndez, 2003.

Para la declaratoria de desastre por sequía (y para cualquier otro desastre asociado con eventos hidrometeorológicos extremos), la instancia oficial encargada de la emisión del diagnóstico es la CONAGUA a través del SMN, entre sus funciones está la de mantener informadas a las distintas instituciones gubernamentales, como SAGARPA y el SINAPROC de las condiciones meteorológicas que puedan afectar a la población y a sus actividades económicas.

Sin embargo, la falta de sinergia entre las instituciones se ejemplifica con la una nota que se presenta en la pagina del SMN que aclara lo siguiente: "Los criterios utilizados para delimitar las zonas y severidad de la sequía no son iguales a los que se aplican para el FONDEN o PACC. Por ello, no debe ser utilizado como diagnóstico oficial en asuntos relacionados con el FONDEN o el PACC". Se ha comprobado, que en diversos casos la tardanza en la emisión de las declaratorias de contingencia

climatológica en el Diario Oficial de la Federación, representan un retraso significativo en el proceso de gestión de recursos (SAGARPA, 2008).

Por otra parte, resulta contradictorio que sea en mayo cuando comienzan a aparecer las primeras solicitudes de apoyo contra “la sequía”. Se argumenta que hasta esa fecha en cierto estado de la República no ha llovido durante 5 meses y que por lo tanto están sufriendo una sequía desastrosa. Sin embargo, dadas las condiciones normales del clima en México durante invierno llueve muy poco. Es decir, no se puede hablar de sequía donde generalmente llueve poco, en este caso se debería hablar de aridez.

Un aspecto importante a considerar, es el tiempo que tardan en llegar los apoyos a los campesinos, según una Evaluación Externa al PACC realizada para el periodo de 2006-2007 (SAGARPA, 2008), el tiempo promedio del proceso de gestión de los recursos es de 47 días, en contra de los 45 días establecidos en las Reglas de Operación, sin embargo, la entrega del dinero a los campesinos tarda en promedio de 4 a 6 meses. Ante esta larga espera, primeramente el campesino debe hacer frente a sus pérdidas por sí mismo y además, si el apoyo llega muchos meses después de que pasó el evento, el campesino ya no lo asocia con el siniestro si no con manipulaciones políticas.

Otros retrasos en el proceso de gestión de los apoyos se presentan en la etapa de integración del padrón de beneficiarios y la cuantificación de los daños (con base en esto se realiza la solicitud de recursos), esto es debido principalmente al exceso de normatividad, a la falta de personal y recursos insuficientes para llevar a cabo la integración del padrón, así como al difícil acceso a gran número de localidades después del siniestro. En la etapa final, la falta de coordinación entre dependencias provoca que los documentos oficiales se demoren, tal es el caso de la firma de los convenios de coordinación entre la SAGARPA y los gobiernos estatales.

Conforme a estadísticas de la SAGARPA (2008), entre el 2003 y 2007 se han ejercido recursos por aproximadamente 1,846 millones de pesos (Tabla 6) para enfrentar contingencias climatológicas que han afectado los sectores agrícola, pecuario, pesquero, acuícola y jornales. De esta cantidad, el Gobierno Federal ha aportado 1,292 millones y los Gobiernos Estatales 553 millones. La contingencia a la que más recursos se le han asignado es la sequía atípica, la cual ha gastado el 48% del total, siendo ésta la más recurrente. Si bien, estos montos ayudan de alguna manera a superar los daños causados por la sequía, resultan insignificantes comparados con los montos reales que pueden superar los miles de millones de pesos.

Tabla 6. Monto ejercido por tipo de contingencia en el país. Fuente: SAGARPA, 2008.

Contingencia	Montos por año (millones de pesos)					Total (millones de pesos)
	2003	2004	2005	2006	2007	
Huracán	0.77	0	355.16	41.25	0	397.18
Granizada	0.36	36.37	28.24	4.99	0	69.96
Helada	31.3	0	14.64	13.56	12.95	72.45
Inundación	18.44	0	7.81	2.78	0.51	29.54
Lluvia torrencial	1.7	46.17	45.79	8.59	0	102.25
SAC	0	30.17	24.47	143	53.96	251.6
Sequía atípica	37.39	188.48	304.75	341.68	12.08	884.39
Tormenta tropical	3.3	7.96	0	2.95	0	14.21
Vientos fuertes	9.03	0	0	15.16	0	24.19
Total	102.29	309.15	780.86	573.96	79.5	1,845.77

A pesar de las acciones que se realizan, las experiencias recientes han puesto en evidencia que no obstante la “creciente organización gubernamental”, las pérdidas en el sector agrícola han aumentado sensiblemente. Cada temporada de lluvias amenaza con ser el origen de un desastre. Si bien, programas como el FAPRACC han avanzado en la atención a las necesidades urgentes de los agricultores, aun se trabaja con altos niveles de riesgo. Tal es el caso de que se presente una sequía cuya magnitud demande recursos en monto que rebasen las asignaciones presupuestales específicas y obligue a la reducción de otros programas gubernamentales.

Capítulo 3. Prevención y reducción del riesgo ante sequías

3.1. Lecciones por aprender del manejo de las sequías en otros países

La implementación de medidas para reducir las pérdidas ante sequías inició a principios de la década de los ochenta, se han desarrollado sistemas de observación, análisis y monitoreo de las fluctuaciones y cambios en la frecuencia de la precipitación y la caracterización de la sequía, incluyendo pronósticos de su ocurrencia y severidad. Recientemente, el problema de la sequía comienza a analizarse de forma sistemática como un problema de gestión de reducción del riesgo. Destaca el que se comiencen a desarrollar e implementar planes de acción preventivos frente a la sequía que incluyen la aplicación de sistemas de alerta temprana. Este proceso se ha dado esencialmente a través del ensayo y error, de ahí que aún es confuso, lo que hace pensar a algunos que las perspectivas de la planeación pueden ser desalentadoras (Wilhite *et al.*, 2000). Esta percepción debe cambiar pues hay avances en materia de pronóstico del clima y uso de información climática que brindan una perspectiva más prometedora que hace una década (<http://portal.iri.columbia.edu/portal/server.pt>).

Como un ejemplo a seguir hacia el manejo efectivo de las sequías, se presentan a continuación las lecciones aprendidas en dos países donde las sequías pueden tener un impacto negativo severo: Australia y los EUA. Por su localización, ambos países tienen amplias zonas áridas y semi-áridas por lo que largos periodos de sequías los afectan en diversas actividades socioeconómicas. Lo anterior los ha llevado a desarrollar esquemas de manejo de sequía por lo que cuentan con una significativa historia de intervención gubernamental en asistencia a este tipo de desastre.

La experiencia adquirida a lo largo de la aplicación de diversas medidas para reducir los impactos de las sequías dejan en claro que actuar de manera reactiva, es decir enfocándose en el manejo de la crisis, resulta inefectivo ya que por un lado promueve la dependencia del gobierno y por el otro incrementa la vulnerabilidad de la sociedad para actuar ante episodios subsecuentes. En décadas recientes, la recurrencia de

periodos de sequías hidrológicas prolongadas ha colocado a países como EUA, Australia o Brasil en el camino del desarrollo de una política nacional ante sequías que promueve reducir la vulnerabilidad de la sociedad ante este fenómeno, haciendo énfasis en el monitoreo y en la alerta temprana, exaltando el manejo del riesgo. Aunque cada nación presenta procesos diferenciales de manejo de riesgo, el objetivo es el mismo, reducir la vulnerabilidad de la sociedad ante la sequía minimizando la intervención del gobierno (Wilhite *et al.*, 2000).

Las lecciones por aprender en cada uno de estos casos pueden ser útiles para un país como México, en búsqueda de un acercamiento proactivo hacia el manejo de la sequía y un mejoramiento de sus niveles de preparación para reducir sus efectos.

a) El caso de Australia

Después del periodo de sequías severas ocurridas en Australia en la década de los 70, en 1989 la Confederación Australiana fundó el Grupo de Trabajo Revisor de la Política de la Sequía (*Drought Policy Review Task Force*) con la finalidad de identificar que acciones ayudarían a los productores agrícolas y a otros segmentos rurales a adoptar esquemas para el manejo de las sequías. Dichas acciones deberían considerar la integración de una política enfocada especialmente a las sequías en conjunto con otras políticas relevantes, así como la implementación de medidas ante los avisos de sequía realizados por el gobierno.

En un primer reporte, se recomendó el establecimiento de una Política Nacional ante Sequía (*National Drought Policy*) basada en los principios de independencia del Gobierno Australiano y manejo del riesgo, y se estableció la posibilidad de contar con asistencia a través de la otorgación de créditos y subsidios a los trabajadores rurales ante “situaciones extremas”. En 1992 se estableció de manera oficial la Política Nacional ante Sequía.

En 1997, después de la ocurrencia de una de las sequías más severas en 1994, las bases de la Política Nacional ante Sequía fueron revisadas. La Confederación aprobó fundamentar las acciones en el manejo del riesgo, pero se recomendaron algunos cambios en el proceso de otorgación de créditos y subsidios. Particularmente, se debía modificar el concepto de “sequía meteorológica excepcional”. En el 2002, se ajustaron las definiciones de la caracterización de la sequía. Los resultados se hicieron evidentes durante la sequía del 2002-2003. Sin embargo, en el 2004 se presentó un nuevo debate; para efectos de la distribución de apoyos el proceso dependía de la declaración de circunstancias excepcionales de sequía por el gobierno, por lo que dicho proceso se politizó debido a que la Confederación y el Gobierno Australiano pertenecen a diferentes partidos políticos, lo que ha creado una oportunidad para los políticos de usar la declaración para obtener puntos políticos.

El caso australiano es considerado como un ejemplo exitoso ya que fue uno de los primeros países en implementar una Política Nacional ante sequía basada en el reconocimiento de la realidad de la región y haciendo énfasis en la prevención en lugar de responder ante el desastre (Wilhite *et al.*, 2000). En resumen, las lecciones por aprender de este caso son:

1. Resulta altamente problemático introducir una política de sequía basada en el manejo del riesgo, al mismo tiempo en que se presenta un evento de sequía extrema.
2. La declaración de sequía representa dos retos: definir las circunstancias bajo las cuales los recursos van a ser distribuidos y la delimitación de las áreas elegibles.
3. Una Política Nacional ante sequía debe tener como fundamento principal ofrecer ayuda al sector rural, más que satisfacer criterios políticos.

b) El caso de los Estados Unidos de América

La sequía es una parte normal del clima en EUA, es recurrente y su presencia está asociada con pérdidas económicas, ambientales y sociales. La Agencia Federal del Manejo a la Emergencia (*Federal Emergency Management Agency (FEMA)*) estima pérdidas promedio anuales debido a la sequía de entre 6 y 8 billones de dólares, más que cualquier otra amenaza natural (Wilhite *et al.*, 2000).

En los EUA, los planes estatales ante sequía se han incrementado significativamente durante las dos décadas pasadas. En 1982, únicamente tres estados contaban con un plan de sequía. Para 2004, 36 estados ya habían desarrollado planes ante sequía y 4 estaban en proceso de desarrollo. Inicialmente, los planes estatales estaban enfocados en la respuesta de emergencia. Sin embargo, hoy en día la tendencia es dar énfasis en la prevención como objetivo fundamental. De manera general, el principio básico de los planes estatales es mejorar la efectividad de la preparación y optimizar los esfuerzos orientados a las acciones de respuesta utilizando el monitoreo, el pronóstico y la alerta temprana, evaluando el riesgo y los impactos, para disminuir la magnitud del desastre y aumentar la resiliencia. De acuerdo con Wilhite *et al.*, (2000), el incremento en el número de estados con planes ante sequía sugiere que se ha alcanzado un nivel considerable de conocimiento sobre los impactos potenciales ante escasez de agua y en las acciones encaminadas a reducir esos impactos a través de la planeación.

Un hecho fundamental que marcó la pauta en la historia de las acciones ante sequía en EUA sucedió en 1998, después de los efectos de la sequía de 1996, cuando se implementó el Acta de la Política Nacional ante Sequías (*National Drought Policy Act*). A través de esta iniciativa se creó la Comisión Nacional de Política ante Sequías (*National Drought Policy Commission, (NDPC)*) con la finalidad de dar recomendaciones encaminadas al desarrollo de una política federal integrada y coordinada para preparar y responder ante emergencias serias de sequía. En su primer reporte, la NDPC recomendó restablecer la Política Nacional de Sequía

haciendo énfasis en la preparación. En 2003, se aprobó el Acta Nacional de Preparación ante Sequía (*National Drought Preparedness Act*), los fundamentos de esta iniciativa se basaban en mejorar los esfuerzos nacionales de preparación, mitigación y respuesta ante sequía.

Wilhite *et al.* (2000) menciona que las lecciones por aprender de este caso son:

1. La inercia institucional de los programas de respuesta federal enfocados en la emergencia, en conjunto con la expectativa de recibir apoyos bajo programas asistencialistas, alientan un manejo de la sequía de manera reactiva o manejo de la crisis.
2. Cuando las condiciones de sequía se presentan en tiempos de elecciones, la distribución de apoyos económicos es uno de los métodos usados por los miembros del Congreso para mandar dinero a sus constituyentes.
3. La ayuda asistencialista ante sequía resulta insignificante si no existen medidas que reduzcan la vulnerabilidad ante futuros eventos. Existen evidencias que muestran que la ayuda asistencialista incrementa la vulnerabilidad hacia futuros eventos ya que incrementa la dependencia gubernamental.

De las experiencias de estos dos ejemplos, se puede concluir que una política para México ante sequías debe incluir una serie de principios políticos, así como una guía de operación para regir el manejo de las sequías y sus impactos. Se sugiere, que la política debe ser consistente con las metas del desarrollo sustentable en todas las regiones, grupos sociales y sectores. El principio básico de la política ante sequía debe hacer énfasis en el manejo del riesgo a través de la aplicación de la prevención y medidas de mitigación (planes, programas y leyes).

O'Meagher *et al.* (2000), señalan que la política debe estar dirigida hacia la reducción del riesgo a sequías a través del desarrollo de una mejor prevención y entendimiento

del peligro, así como las causas de la vulnerabilidad de la sociedad. El principio para el manejo del riesgo debe ser promover el mejoramiento y la aplicación del pronóstico estacional y mensual, desarrollando un monitoreo integrado y un sistema de alerta temprana, asociados a un sistema de información en conjunto con un plan de preparación en varios niveles del gobierno, adoptando acciones y programas de mitigación.

Generalmente, cuando ocurre una amenaza natural y resulta en desastre, los gobiernos y agencias, tanto en México como en otros países, realizan una evaluación de los impactos, acciones de respuesta, recuperación y reconstrucción para mejorar su condición inicial o al menos regresar al estado de pre-desastre, dependiendo de su nivel de resiliencia. Históricamente, se le ha dado poca atención a la preparación, mitigación y a las acciones de predicción y alerta temprana (manejo del riesgo) que podría reducir los impactos futuros y disminuir la necesidad de intervención del gobierno, es decir reduciendo el nivel de vulnerabilidad. El énfasis en el manejo de la crisis se ha movido generalmente de un desastre a otro, sin ninguna reducción del riesgo: en una región seca se presenta frecuentemente otra sequía antes de que la región se recupere de la sequía pasada, pues su resiliencia no es adecuada.

La vulnerabilidad ante sequías en países como México es diferente en comparación con países desarrollados. En países en desarrollo o con economías en transición la preocupación gubernamental se enfoca principalmente en los problemas de seguridad, alimentación y en el retraso en el proceso de desarrollo. En estos países es común que los fenómenos naturales se enfrenten de manera reactiva. Sin embargo, ante las severas pérdidas que se presentan año con año ante sequías, México deberían considerarse los ejemplos de países que canalizan recursos significativos para la investigación y la planeación, antes, durante y después de un evento de sequía, lo que deriva en una menor vulnerabilidad de la población.

3.2. Los Sistemas de Alerta Temprana ante Sequías

Los sistemas de alerta temprana son considerados uno de los principales elementos de la reducción del riesgo de desastres. En 1991, el Comité Científico de la Asamblea General de Naciones Unidas, promovió que todos los países tengan acceso a los sistemas de alarma globales, regionales, nacionales y locales como parte de sus objetivos nacionales para alcanzar el desarrollo sostenible. En enero del 2005, en la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres se aprobó el Marco de Acción de Hyogo para el 2005-2015, con el tema de “Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres”, en donde se destacó la importancia de los sistemas de alerta temprana y se exhortó a su desarrollo (ISDR, 2005). En la publicación *Living with Risk* (ISDR, 2002), se presentan casos exitosos de la aplicación de sistemas de alerta temprana para diferentes amenazas.

Los primeros logros de la aplicación de sistemas de alerta temprana ante sequías a nivel internacional, nacional y regional fueron a consecuencia de la crisis alimentaria del mundo presentada a principios de los 70. La Agencia Internacional de Desarrollo de Estados Unidos (USAID, por sus siglas en inglés) en cooperación con instituciones americanas y africanas desarrollaron la Red del Sistema de Alerta Temprana del Hambre (FEWS NET, por sus siglas en inglés) mediante la cual se proporciona una gama completa de productos y servicios que consolidan las capacidades de los países africanos y de organizaciones regionales para manejar amenazas (sequía) para la seguridad alimentaria a través de la disposición oportuna y analítica de la alerta temprana ante sequía y del manejo de la información de la vulnerabilidad (Glantz, 2007).

Posteriormente, la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) desarrolló el Sistema de Alerta Temprana para la Alimentación y la Agricultura (GIEWS, por sus siglas en inglés) enfocado en la región de América Latina para proporcionar un marco de acción con acuerdos institucionales para el acceso a

la información entre la Organización de las Naciones Unidas, gobiernos, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, organizaciones de comercio, investigación y los medios de comunicación. El GIEWS monitorea las condiciones de oferta y demanda de alimento y proporciona alertas oportunas de escasez alimentaria, sequías y hambrunas a nivel nacional y regional ocasionadas por fenómenos como El Niño, sequías, huracanes y otras amenazas climáticas (FAO, 2000).

Para reducir el riesgo ante sequías se requieren cinco elementos, donde se incluyen los sistemas de alerta temprana, todos ellos considerados como prioridades para la ISDR y el Marco de Acción de Hyogo (Figura 13).

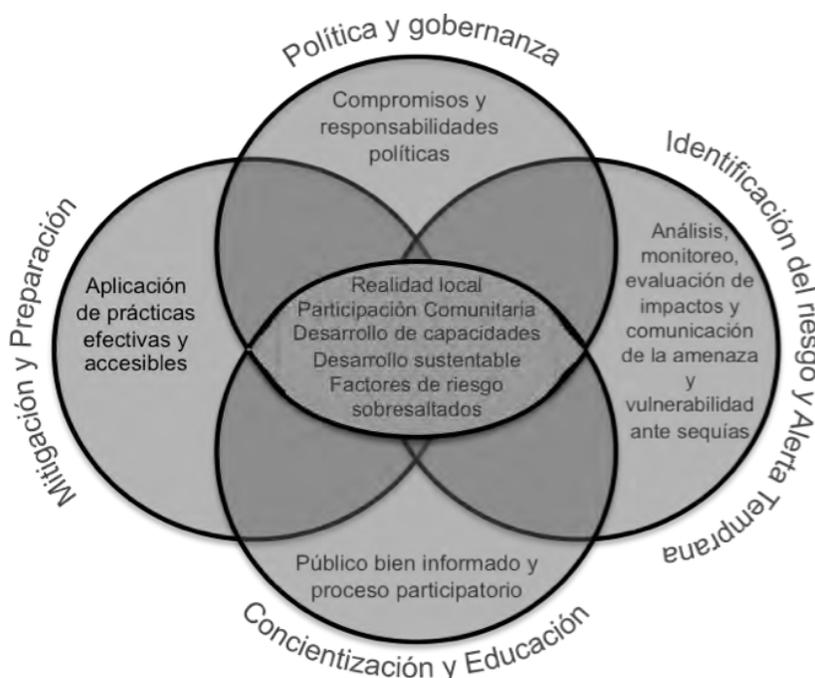


Figura 13. Elementos principales del Marco para Reducir el Riesgo ante Sequía.
Fuente: UN/ISDR, 2009.

La Plataforma para la Promoción de Alerta Temprana (PPAT) creada por la ISDR, define que el objetivo de los sistemas de alerta temprana es:

“facultar a los tomadores de decisión, individuos y comunidades que enfrentan una amenaza, a que actúen con suficiente tiempo y de modo

adecuado para reducir la posibilidad de que se produzcan lesiones personales, pérdidas de vidas y daños a los bienes y al medio ambiente” (UN/ISDR, 2007).

La PPAT considera que un sistema de alerta temprana completo y efectivo se compone de cuatro elementos (Figura 14). Así mismo, los sistemas de alerta temprana basados en las mejores prácticas también establecen sólidos vínculos internos y ofrecen canales eficaces de comunicación entre todos estos elementos:

CONOCIMIENTO DE LOS RIESGOS	SERVICIO DE ALERTA	DIFUSIÓN Y COMUNICACIÓN	CAPACIDAD DE RESPUESTA
<i>Recopilación sistemática de información y evaluación del riesgo</i>	<i>Desarrollo de servicios de seguimiento y alerta temprana</i>	<i>Comunicación de la información sobre riesgos y alertas tempranas</i>	<i>Desarrollo de las capacidades de respuesta de los ámbitos nacional y comunitario</i>

Figura 14. Elementos principales de los sistemas de alerta temprana centrados en la población. Fuente: UN/ISDR (2007).

Las medidas y acciones incorporadas en los sistemas de alerta temprana están orientadas a la prevención de desastres, es decir, son acciones dispuestas con anticipación para reducir los efectos de un fenómeno natural, en este caso de las sequías, sobre los sectores socioeconómicos, los bienes, servicios y el medio ambiente. En este sentido, se puede hacer la siguiente pregunta ¿cuánto tiempo se necesita para anticiparse a los efectos de una sequía?. Como su nombre lo indica, la alerta temprana, consiste en avisar de un peligro y sobre todo mantener la vigilancia y atención en el desarrollo del fenómeno. Por sus características físicas, las sequías meteorológicas tienen un proceso lento de desarrollo, por lo que según sea el sector a ser afectado, se deben planificar y aplicar medidas integrales, de ahí la definición de sistema, orientadas a impedir o reducir los efectos de las sequías. Por ejemplo, en el caso de las actividades agrícolas, el aviso puede ser de meses y en el caso del sector hídrico de años.

En particular, los sistemas de alerta temprana ante sequía han sido creados para identificar tendencias en el clima y en el abastecimiento de agua y así detectar el

inicio de una sequía o la probabilidad de ocurrencia y su posible gravedad. En la publicación “Vigilancia y alerta temprana de la sequía: conceptos, progresos y desafíos futuros” (WMO, 2006), se presentan casos particulares de las actividades de vigilancia de las sequías en el mundo.

La Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2006) menciona que dadas sus características peculiares del fenómeno, el monitoreo de las sequías plantea problemas específicos, algunos de los más importantes son:

- Las redes de datos meteorológicos e hidrológicos suelen tener una densidad de estaciones inadecuada para medir de los principales parámetros climáticos y de abastecimiento de agua. La calidad de los datos es también un problema, debido a las lagunas de que adolecen o a la inadecuada longitud de los registros;
- El intercambio de datos entre los organismos estatales y las instituciones de investigación es inadecuado y el alto costo de los datos limita su aplicación a la vigilancia de las sequías y a las actividades de preparación, mitigación y respuesta;
- La información proporcionada mediante los sistemas de alerta temprana suele ser demasiado técnica y detallada de manera que los responsables de decisiones ven limitadas sus posibilidades de aplicarla;
- Las predicciones suelen ser poco fiables a escala estacional y no son suficientemente específicas, lo cual reduce su utilidad para la agricultura y otros sectores;
- Los índices de sequía suelen ser inadecuados para detectar los primeros síntomas de aquella y de su desaparición;
- Los sistemas de vigilancia de la sequía deberían ser integrales, combinando múltiples parámetros climáticos, hídricos y edafológicos e indicadores socioeconómicos para caracterizar completamente la magnitud potencial de la sequía, su extensión geográfica y sus posibles consecuencias;

- No se dispone de metodologías normalizadas para las evaluaciones de impacto, que son un elemento esencial de todo sistema de vigilancia y alerta temprana de la sequía, lo cual dificulta las estimaciones de impacto y la creación de programas apropiados de mitigación y respuesta a nivel regional;
- No existen aún sistemas adecuadamente desarrollados para la difusión oportuna de datos entre los usuarios, lo cual limita sus posibilidades de apoyar la toma de decisiones.

Hasta hace poco tiempo no existía un sistema integrado y completo de vigilancia, alerta temprana y análisis de información relacionada con la sequía. Gracias a los esfuerzos por mejorar la vigilancia y alerta temprana de la sequía que se han hecho en EUA y en otros países, se han elaborado nuevas herramientas y metodologías de apoyo a las decisiones, para planificar las medidas de preparación y la elaboración de políticas en relación con la sequía. Por ejemplo, en 1999 la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA, por sus siglas en inglés), el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA, por sus siglas en inglés) y el Centro Nacional de Mitigación de Sequías de la Universidad de Nebraska–Lincoln crearon “El Monitor de la Sequía” (USDM, por sus siglas en inglés) (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/monitoring/drought/nad>). El USDM integra información obtenida de diversas fuentes y parámetros (índices e indicadores climáticos) para evaluar cada semana la gravedad y extensión de las sequías en EUA. A través de su difusión por Internet, periódicos, locales y nacionales, y en la televisión se presentan una serie de productos gráficos que han tenido amplia aceptación y son utilizados para determinar el derecho a recibir asistencia en caso de sequía.

A partir del 2002, con base en el USDM se produjo el Sistema de Vigilancia de Sequías de América del Norte (NADM, por sus siglas en inglés), como un proyecto de colaboración entre EUA, México (a través de la Comisión Nacional del Agua de México) y Canadá (Figura 15). Al igual que el USDM, hace uso de diversos índices e indicadores para representar gráficamente las sequías.

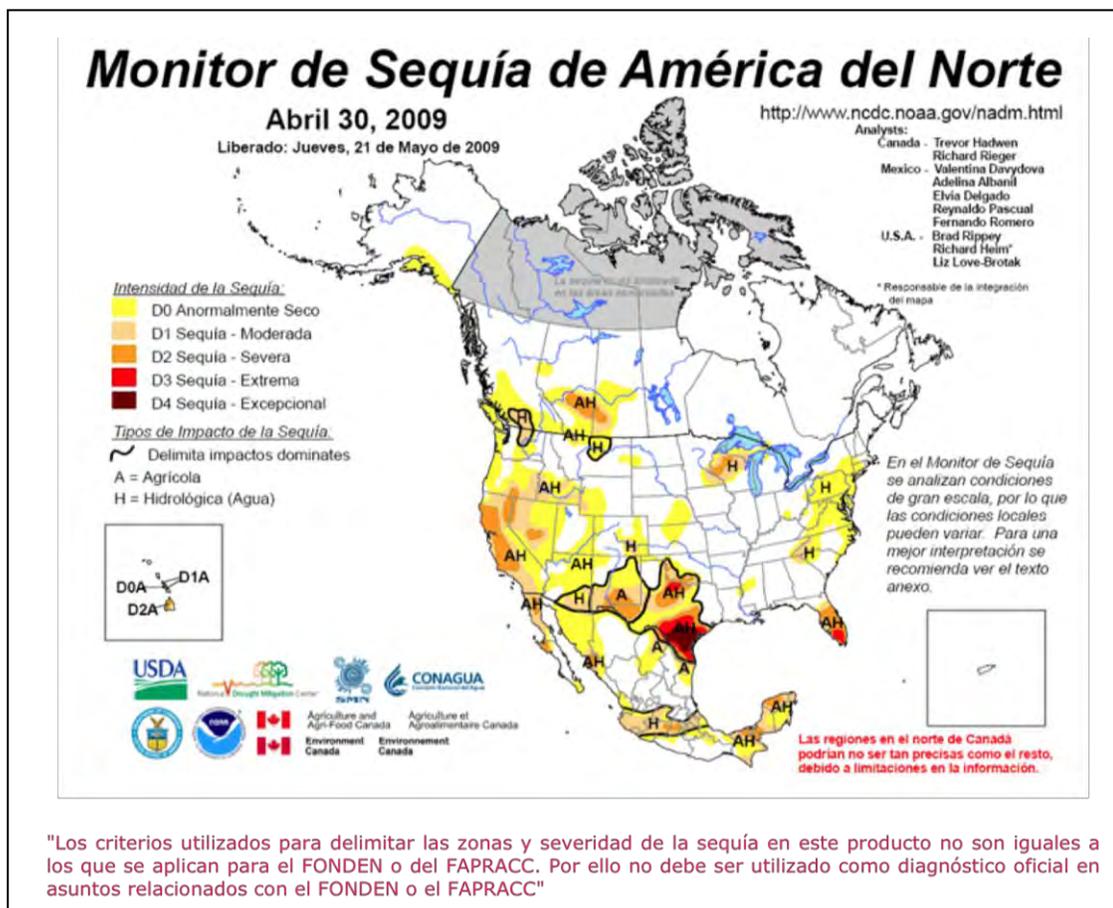


Figura 15. Monitor de Sequía de América del Norte.
Fuente: <http://smn.cna.gob.mx/productos/sequia/sequia.html>

Un esfuerzo reciente es la introducción al Congreso de EUA del Sistema Nacional de Información Integrada para Sequía (NIDIS, por sus siglas en inglés) en el 2006. NIDIS presenta en su Portal el monitoreo y pronóstico de la sequía a niveles local, estatal y federal como parte del sistema de alerta temprana de sequías e investigación enfocada en la evaluación y manejo del riesgo ante sequía. Especialmente, NIDIS proporciona un marco para incentivar la concientización pública y la educación acerca de las sequías (<http://www.drought.gov/portal/server.pt/community/drought.gov/202>).

Considerando los elementos que sugiere la PPAT, los ejemplos existentes en sistemas de alerta temprana ante sequía en otros países, los componentes presentados para implementar una estrategia efectiva de reducción del riesgo ante

sequías, el plan de 10 pasos para planificar las acciones para combatir la sequía recomendado por el USDM¹⁰, así como las condiciones institucionales particulares de México, se definen a continuación los elementos esenciales a ser considerados en un Programa de Acción ante Sequías y de manera particular en el diseño de un Sistema de Alerta Temprana ante Sequías en México (SIATS).

¹⁰ Véase: Wilhite, 1996; 1997; 2000.

Capítulo 4. Propuesta de un Centro Nacional de Prevención ante Sequías (CNPS) donde se implemente el Sistema de Alerta Temprana ante Sequías (SIATS)

Aunque sectores como el de la agricultura o el de la protección civil cuentan con programas para apoyar a los sectores afectados ante la sequía, las acciones son por lo general sólo de respuesta a la emergencia. La visión gubernamental de la sequía se limita a la descripción de sus efectos. El diagnóstico y análisis de la dinámica de la sequía, de la vulnerabilidad socioeconómica, del potencial de predicción y de los esquemas de preparación son prácticamente inexistentes.

Para pasar de estrategias de respuesta al desastre a formas de prevención, es necesario contar con organismos que puedan generar información climática oportuna y confiable para la toma de decisiones. México no cuenta con un centro de investigación enfocado en la sequía, tal como el USDM. Los que se ha implementado son apenas esfuerzos puntuales con escasa infraestructura y capacidad humana para dar una respuesta nacional. Si bien, ya se tienen ciertos arreglos de cooperación internacional, la información generada por el NADM pocas veces se utiliza para la toma de decisiones y menos aún para la planeación, ya que sirve para saber que ya se está en condición de sequía y rara vez para establecer si se aproxima un evento severo, por cuanto tiempo continuará o si se está por terminar el evento.

Las costosas pérdidas asociadas a las sequías en la agricultura y ganadería, así como los severos impactos en los sectores hídrico, urbano, forestal, entre otros; deja en claro que los programas y acciones dirigidos para enfrentar la sequía son insuficientes y que el camino de la burocracia gubernamental no ha sido el mejor para enfrentar el fenómeno. La falta de acuerdos en el uso y definición de los conceptos sequía, vulnerabilidad, desastre, riesgo, prevención, etc., y de articulación de los sectores generadores de conocimiento con las instituciones, así como la poca o nula confianza en la precisión de los pronósticos climáticos, aunado a la demora de los procedimientos operativos, factores técnicos y presupuestales, la escasa modernización de infraestructura, y en particular la permanencia por periodos cortos

de tiempo del personal, limitan la gestión para la reducción del riesgo y por tanto la toma de decisiones.

Ante este panorama y considerando que la meta final es la implementación de un Sistema de Alerta Temprana ante Sequías (SIATS), se sugiere crear un Centro Nacional de Prevención ante Sequías (CNPS) con la participación directa del sector académico y de manera puntual del sector gubernamental. Cabe mencionar que durante el desarrollo de la investigación, esta propuesta llamó la atención de un grupo de senadores de la LX Legislatura del Honorable Congreso de la Unión, quienes la presentaron como una iniciativa con proyecto de decreto en septiembre del 2009. A continuación, se describen los elementos que forman parte de la iniciativa.

Con la finalidad de descentralizar la gestión para la reducción del riesgo ante sequías y fomentar la participación de la comunidad universitaria y que a su vez se propague a la comunidad en general, se propone al CNPS como un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propios, con autonomía técnica y de gestión, y con responsabilidades transectoriales para coordinar permanentemente acciones de adaptación ante sequía. Su ubicación física deberá ser de preferencia en una región con alto riesgo ante sequía, como lo son los estados del centro-norte del país e incorporado a una institución académica. Para el cumplimiento de su objetivo, podrá establecer coordinaciones regionales o estatales en el país.

Bajo este concepto, el CNPS no se reduce a un ejercicio universitario, al contrario, la integración del CNPS debe ser al más alto nivel jerárquico de la administración pública para garantizar que las decisiones que se tomen se lleven a la práctica. Por otro lado, la incorporación del CNPS a una institución académica de reconocido nivel superior (e.g., una Universidad) permitirá que los investigadores puedan desempeñar labores de docencia y formación de estudiantes en temas relacionados con la sequía.

El primer paso para desarrollar el CNPS es establecer un marco jurídico y político a nivel nacional que brinde una base institucional para la implementación del SIATS. Dicha política debe definir las funciones y responsabilidades claras para todas las secretarías gubernamentales y no gubernamentales involucradas en el SIATS, así como las responsabilidades y autoridad en una sola agencia nacional, el CNPS. Se deben institucionalizar las relaciones y alianzas de trabajo de todas las secretarías que participan en el SIATS y el establecimiento obligatorio de mecanismos de coordinación. Así mismo, es conveniente garantizar los recursos financieros a través de la institucionalización de un mecanismo de financiamiento público. A mediano plazo, se esperaría que en conjunto con el desarrollo de planes estatales de gestión para la reducción del riesgo ante sequía, el SIATS se convierta en prioridad nacional y local.

Uno de los objetivos primordiales del CNPS es generar conocimientos sobre la sequía y sus impactos que permitan diseñar estrategias de reducción de vulnerabilidad ante dicho fenómeno y que lleven a la toma de decisiones oportunas sustentadas sobre bases científicas sólidas. En particular, el CNPS debe desarrollarse en un ambiente interdisciplinario para que con base en la generación de diagnósticos y pronósticos de condiciones de sequía a nivel regional, en conjunto con escenarios de impactos con y sin acciones de prevención, permita la toma de decisiones oportunas con un sentido de prevención del desastre en diversos sectores socioeconómicos, pero principalmente en los sectores agrícola, hídrico y de la protección civil.

Las metas a ser alcanzadas por el CNPS deben ser:

1. Establecer los procesos físicos del clima que resultan en sequía meteorológica y eventualmente en sequía hidrológica, agrícola y social.
2. Desarrollar esquemas de pronóstico que permitan predecir la ocurrencia de eventos de sequía a escala regional.

3. En colaboración con instituciones académicas y de gobierno, mantener un programa de monitoreo de condiciones del clima en México, con especial interés en la sequía.
4. Desarrollar estudios que permitan establecer las causas de la alta vulnerabilidad de México ante la sequía y lleven a proponer estrategias de prevención de sus impactos negativos.
5. Realizar evaluaciones sobre el manejo del agua en distintos sectores productivos e identificar estrategias de adaptación del recurso ante cambios en el clima.
6. Promover investigaciones encaminadas a resolver problemas específicos que enfrentan diversos sectores socioeconómicos en relación con la sequía, considerando los impactos sociales, económicos y ambientales que dicho fenómeno puede tener.
7. Desarrollar e implementar un sistema de alerta temprana ante sequías.
8. Formular estrategias de comunicación de información climática, particularmente cuando se trate de sequía, que lleven a implementar acciones de preparación.
9. Incrementar la cultura de la prevención del desastre en comparación con la estrategia de responder a éste.

El CNPS debe responder a una necesidad de conocimiento científico de relevancia en sectores de gran importancia para México, reconociendo el hecho de que la mayor parte del país posee un clima semiárido en donde pequeñas variaciones naturales en las lluvias pueden resultar en condiciones de sequía.

Estructura y funcionamiento del CNPS

El CNPS contará con:

1. Junta de Gobierno;
2. Un Comité Técnico;
3. Un Comité de investigadores especialistas en sequía;

4. Un Director General; y
5. Un Comité de Vigilancia.

Las funciones de la Junta de Gobierno son aprobar y evaluar los programas y proyectos del CNPS, así como seleccionar a los integrantes del Comité de Investigadores. La Junta se integrará por los titulares de:

- I) La Secretaría de Gobernación;
- II) La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales;
- III) La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación;
- IV) El Director General del CNPS, quien la presidirá;
- V) El Rector de la Universidad.

El Consejo Técnico, estará constituido por los titulares de las secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Desarrollo Social; Energía; Economía; Salud; por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, del Instituto Nacional de Ecología, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, y por la Comisión Nacional Forestal, así como, por los Presidentes de las Comisiones Legislativas del Congreso de la Unión relativas a la materia, por dos representantes de los gobiernos de los estados y un representante de una organización ciudadana de prestigio y experiencia en materia de clima y agua.

El Comité de investigadores especialistas en sequía tiene por objeto generar, integrar y difundir conocimiento e información sobre la sequía a través de investigación científica aplicada y el fortalecimiento de capacidades, para apoyar la toma de decisiones para la prevención y mitigación de los impactos de la sequía, y estará integrado por:

- I. Dos especialistas en Climatología, encargados de estudios sobre las causas físicas de la sequía, de mantener el monitoreo de condiciones

climáticas que puedan resultar en sequía, desarrollar e implementar esquemas de pronóstico del clima, que lleven a establecer la posible ocurrencia de sequía a escala regional;

- II. Un especialista en Agricultura, encargado de generar escenarios de impactos de la sequía en la producción agrícola que lleven a generar recomendaciones a los tomadores de decisiones del sector;
- III. Un especialista en Hidrología, que genere escenarios de impactos de la sequía en el sector agua y que emita recomendaciones en cuestiones de manejo de agua;
- IV. Un Especialista en Ecología, que genere escenarios de los potenciales impactos de la sequía en el sector ambiental, que lleven a recomendaciones a los tomadores de decisiones; y
- V. Un Especialista en Veterinaria y Zootecnia, que genere escenarios de los impactos de la sequía en el sector pecuario que lleven a generar recomendaciones a los tomadores de decisiones del sector.

Cada investigador contará con el apoyo de un técnico-científico que lo auxiliará en las labores de monitoreo, investigación y comunicación de información sobre la sequía. Por ello se contará con: cinco Técnicos – científicos de apoyo.

Adicionalmente, se contará con: cinco Investigadores Invitados, que en esquemas de contratos anuales, estancias post-doctorales, profesores visitantes, o académicos en estancias cortas trabajarán en el CNPS en proyectos específicos recomendados y apoyados financieramente mediante algún esquema de proyecto de investigación. Los investigadores invitados mantendrán un estatus académico y laboral equivalente al de un investigador de planta.

El Director General del CNPS durará en su cargo un periodo de cuatro años y sólo podrá ser electo para un periodo igual. Uno de los requerimientos para ser Director es poseer grado académico de Doctor. Algunas de las facultades y atribuciones del Director son:

- Formar parte de la Junta de Gobierno, con derecho a voz y voto;
- Administrar y representar legalmente al CNPS;
- Convocar a las sesiones de la Junta del CNPS;
- Celebrar y concertar toda clase de convenios de cooperación inherentes al objeto y fines del CNPS;
- Formular los programas del CNPS de corto, mediano y largo plazos;
- Ejercer el presupuesto del CNPS;

La vigilancia y control del CNPS recaerá sobre el Comité de Vigilancia, el que estará integrado por un comisario nombrado por la Junta de Gobierno y otro designado por la Secretaría de la Función Pública.

Una vez que exista un marco institucional enfocado en el tema de la sequía, el siguiente paso es el desarrollo e implementación de SIATS, que debe estar basado por una parte en el análisis del riesgo y en la información climática. El conocimiento previo del riesgo permite identificar el comportamiento histórico de la amenaza y la dinámica de la vulnerabilidad en un lugar determinado. Por su parte, la generación y uso de diagnósticos climáticos, del pronóstico climático, así como el monitoreo de la sequía marcarán la pauta para declarar la alerta ante sequía. Los elementos que definen si hay o no una sequía deben ser identificados dependiendo del sector o región en riesgo y de cómo éste ha ido evolucionando, de ahí la importancia de realizar previamente el análisis del riesgo.

A continuación, siguiendo las recomendaciones del PPAT, se detallan los componentes del SIATS y las acciones sugeridas para cada uno ellos:

1. Evaluación del riesgo ante sequía

El análisis de riesgos pasó de ser una función aislada a convertirse en un área esencial de la gestión de reducción de riesgos que permite, mediante un uso sistemático de la información disponible, determinar la probabilidad de ocurrencia de la sequía así como la magnitud de sus posibles consecuencias.

La evaluación del riesgo ante sequías requiere tener en cuenta el carácter dinámico de la amenaza y la vulnerabilidad que generan procesos tales como la urbanización, cambios en el uso de la tierra en zonas rurales, la degradación del medio ambiente y el cambio climático. Se deben definir a través de estudios, los valores umbrales a partir de los cuales un cierto sector socioeconómico puede verse impactado por el déficit de agua. Por ejemplo, en el caso del sector forestal, para evaluar el riesgo de incendios asociados a la ocurrencia de un periodo de sequía y la presencia de altas temperaturas, los indicadores y valores umbrales por arriba o por debajo de los cuales la cobertura vegetal entra en un rango de estrés, pueden estar dados a partir de la anomalía del Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI, por sus siglas en inglés).

Las evaluaciones y los mapas de riesgo ayudan a establecer prioridades para las necesidades de los sistemas de alerta temprana y sirven de guía para los preparativos de prevención de desastres y respuesta ante los mismos. Además, se sugieren otras actividades como son:

i. Evaluación de impactos:

- Análisis y evaluación histórica de los impactos de las sequías.
- Cuantificación de los impactos por sectores socioeconómicos.
- Elaboración de mapas de riesgo ante sequías para identificar las zonas geográficas y comunidades que han sido y podrían verse afectadas por ellas.

- Elaboración de mapas integrados con otras amenazas (temperaturas altas) para evaluar la interacción con diversas amenazas.
- Identificación de otras amenazas no climáticas que influyen bajo condiciones de sequía (conflictos sociales; migraciones y manifestaciones, conflictos económicos; alteraciones en la balanza comercial, en el gasto frente a desastres, etc.).

ii. Análisis de la vulnerabilidad socioeconómica:

- Evaluación cualitativa y cuantitativa de la vulnerabilidad en sectores socioeconómicos, comunidades o regiones ante sequías.
- Consideración de las fuentes de datos históricos y del conocimiento tradicional en las evaluaciones de vulnerabilidad.
- Documentación y elaboración de mapas de vulnerabilidad.
- Evaluación y fomento a las capacidades institucionales para el uso de la información climática.
- Identificación de estrategias de adaptación para disminuir los costos y daños del déficit de agua.

2. Generación de información climática

Debido a que no existe una definición única de la sequía, es por ello que los tomadores de decisiones de los sectores agrícola e hídrico, entre otros, tienen que hacer uso de diversos tipos de datos o de índices expresados espacial o gráficamente.

Los autores del NADM han utilizado varios indicadores e índices clave, como el índice de sequía Palmer, el índice de precipitación normalizado, el caudal fluvial, la salud de la vegetación, la humedad del suelo y los efectos concomitantes. El USDM clasifica las sequías según una escala de 1 a 4 (D1–D4), en la que D4 se refiere a un episodio excepcional de sequía (por ejemplo, una vez cada 50 años). Una quinta categoría,

D0, indica las áreas anormalmente secas, son aquellas en que la sequía está comenzando o terminando, pero en las que todavía no se notan sus efectos. Las categorías de la intensidad de la sequía se basan en cinco indicadores principales y numerosos indicadores suplementarios. En la Tabla 7 de clasificación de la severidad de la sequía se muestran los valores para cada indicador y para cada nivel de sequía. La categoría de la sequía es resultado de los valores de la mayoría de los indicadores. En la elaboración del mapa final se integran también otros indicadores auxiliares obtenidos de diferentes organismos como los niveles de agua embalsada, el índice de flujo de agua superficial, el equivalente en agua de nieve de las cuencas fluviales o el estado de los pastos y de los pastizales. La distribución electrónica de primeras versiones del mapa a expertos de todo el país que trabajan in situ proporciona cada semana un acervo excelente de datos verdaderos sobre las condiciones y la gravedad de las sequías.

Tabla 7. Categorías y combinación de indicadores.
Fuente: Monitor de la Sequía: <http://drought.unl.edu/DM/classify.htm>

Clasificación de la severidad de la sequía						
Categoría	Descripción (Grado de la sequía)	Índice de Sequía Palmer	Modelo de humedad del suelo CPC (Percentiles)	USGS Ecurrimientos semanales (Percentiles)	Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)	Indicador mezclado de sequías cortas y largas (Percentiles)
D0	Anormal	-1.0 a -1.9	21-30	21-30	-0.5 a -0.7	21-30
D1	Moderada	-2.0 a -2.9	11-20	11-20	-0.8 a -1.2	11-20
D2	Severa	-3.0 a -3.9	6-10	6-10	-1.3 a -1.5	6-10
D3	Extrema	-4.0 a -4.9	3-5	3-5	-1.6 a -1.9	3-5
D4	Excepcional	-5.0 o >	0-2	0-2	-2.0 o >	0-2

El pronóstico de la sequía

Méndez y Magaña (2009) señalan en su investigación que aunque se ha avanzado en el entendimiento sobre los mecanismos que modulan la variabilidad del clima de México, es difícil establecer cuándo se presentará una sequía de larga duración. Aún más, el reto de diagnosticar y pronosticar una sequía meteorológica incluye saber cuándo inició, cuánto durará y cuándo acabará. En dicho estudio se examina la estructura espacial de sequías prolongadas en México y los mecanismos que conducen a un patrón dominante de sube-baja (“see-saw”) entre el norte y sur del país. Al examinar los registros históricos de lluvias en diferentes lugares del país, se puede percibir que en algunas regiones (norte y centro-oeste) se han presentado periodos de lluvias por debajo del promedio con duración de años o décadas, mientras que en otras regiones (sur y península de Yucatán) se presentan sequías de corta duración (meses). Es por ello, que resulta de mayor utilidad realizar los pronósticos de sequía en escala interanual y decadal.

Para generar información climática de diagnóstico y pronóstico, las actividades sugeridas son:

- Desarrollo del sistema de monitoreo y pronóstico de la sequía basado en modelos del clima, determinando la predecibilidad del clima por región, por plazo de pronóstico y por detalle en cuanto a la magnitud de la sequía. En este sentido, los alcances y limitaciones del pronóstico climático con modelos debe quedar establecida de antemano.
- Identificación y generación de información climática que requieren los distintos usuarios.
- Evaluación continua de las capacidades del monitoreo y pronóstico.
- Uso de herramientas de percepción remota para el monitoreo de la sequía.

3. Servicio de Alerta

El servicio de alerta constituye el componente fundamental del SIATS. Es necesario contar con una base científica sólida para prever y prevenir la sequía con un sistema fiable de pronósticos. Un seguimiento continuo de los parámetros y los aspectos que antecedieron la sequía es indispensable para elaborar alertas precisas y oportunas. El servicio de alerta para la sequía debe coordinarse en la medida de lo posible con las redes institucionales, de procedimientos y de comunicaciones. Para el establecimiento de la alerta se sugieren las siguientes actividades:

- Análisis de información, predicción y generación de alerta, basados en métodos científicos y técnicos aceptados.
- Generación y difusión de alertas de forma eficiente y oportuna, en un formato adaptado a las necesidades de los usuarios.
- Implementación de un plan para el seguimiento rutinario y para la evaluación de los procesos operativos, incluyendo la calidad de la información y la efectividad de la alerta.

Considerando las categorías de la severidad de la sequía usadas por el USDM, se proponen cuatro niveles integrados al sistema de alerta:

- Nivel I. No hay indicadores de problemas asociados con sequía, se hace uso del diagnóstico y pronóstico climático. **NO ALERTA**. Se emiten boletines dirigidos a las diversas secretarías.
- ⇒ Nivel II. Monitoreo de las primeras señales de sequía, se hace uso del diagnóstico y pronóstico climático. Se reúnen el Director General del CNPS, el Consejo Técnico y el Comité de Investigadores, y se emite un **AVISO** a las diversas secretarías para comenzar con acciones de control del agua y medidas necesarias para enfrentar la sequía.

- ⇒ Nivel III. Se desarrollan condiciones de sequía. Continúa y se intensifica el monitoreo y pronóstico. Se reúnen el Director General del CNPS, el Consejo Técnico y el Comité de Investigadores, y se emite una **ALERTA**. Se intensifica la participación de las Dependencias Federales, coordinación y comunicación con usuarios, público y medios de comunicación. Se identifican las necesidades prioritarias y acciones para el uso más benéfico de los recursos disponibles.

- ⇒ Nivel IV. Se presentan impactos en sectores prioritarios asociados a la sequía. Se reúnen el Director General del CNPS, el Consejo Técnico y el Comité de Investigadores, y se emite una **ALARMA**. Se identifican las zonas donde se ven amenazadas las necesidades básicas humanas. Los tomadores de decisiones dan prioridad para responder a la situación.

En la Figura 16 se muestra el proceso y funcionamiento del SIATS. Un aspecto de gran relevancia dentro del Sistema es definir cuándo se debe emitir la alerta, es decir, con cuánto tiempo de anticipación se debe alertar a los posibles actores afectados para que puedan realizar acciones de preparación y prevención ante una sequía.

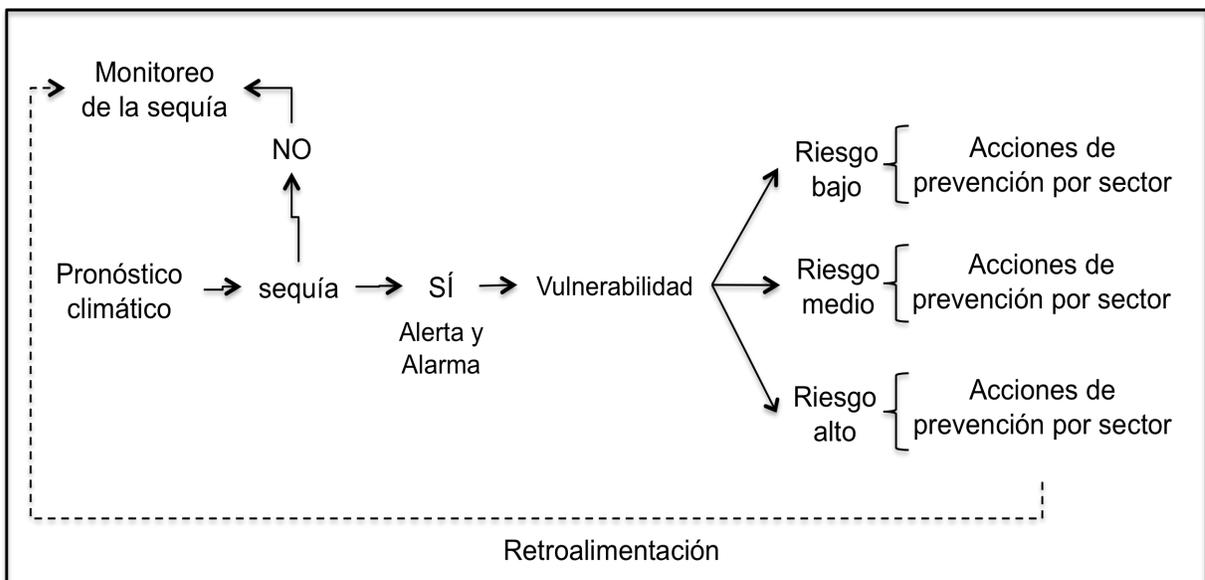


Figura 16. Esquema del funcionamiento del SIATS.

Las alertas deben ser emitidas considerando el proceso de toma de decisiones por sector. Por ejemplo, en el caso de la agricultura se deben regir por los periodos de siembra y cosecha, tanto en verano como en invierno. En el caso del sector hídrico se requiere conocer si el inicio y duración de la temporada de lluvias se verá afectado por un periodo de sequía. En el caso del sector forestal, para prevenir los incendios se necesita conocer si habrá un periodo largo sin lluvias diarias (una o dos semanas) durante los primeros meses del año, así como la presencia de altas temperaturas. Este proceso debe ser establecido con base en la evaluación de impactos y el análisis del riesgo por sector, considerando el monitoreo y pronóstico de la sequía.

Una vez definidas las componentes del SIATS, así como los niveles de alerta, se deben considerar otras componentes de gran importancia para que la alerta funcione en el proceso de la toma de decisiones:

1. La comunicación de la información:

En esencia los boletines, avisos, alertas y alarmas deben llegar a las personas que se encuentran en riesgo ante la presencia de una sequía. Para generar respuestas adecuadas que ayuden a minimizar los daños y pérdidas se requieren de mensajes claros que ofrezcan información sencilla y útil. Un ejemplo a seguir, es el boletín mensual titulado “Perspectiva del clima en el Suroeste” que publica el proyecto Evaluación Climatológica para el Suroeste de los Estados Unidos y el Noroeste de México (CLIMAS, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Arizona, disponible en: <http://www.climas.arizona.edu/forecasts/swoutlook.html>.

Para el proceso de comunicación de la información es necesario definir previamente un sistema de comunicación a nivel nacional y designar portavoces autorizados. Considerando la estructura del SIATS, el portavoz de la alerta debe ser el Director del SIATS, este debe ponerse en contacto directo con el Consejo Directivo y Técnico transmitir los avisos, alertas o alarmas. Dicha comunicación debe ser institucionalizada en un proceso organizativo y de toma de decisiones para ello se

debe establecer una cadena de difusión mediante una política gubernamental (e.g., transmisión de mensajes de las autoridades públicas a extensionistas agrícolas, dependencias, etc.). Para reconocer y comprender la alerta y/o boletín se debe:

- Adaptar los boletines, avisos, alerta y alarmas a las necesidades concretas del sector, comunidad o región en riesgo.
- Emisión de los boletines, avisos, alerta y alarmas específicos para cada región geográfica, a fin de que las alertas se dirijan sólo al sector, comunidad o región en riesgo.
- Inclusión en los boletines, avisos, alerta y alarmas de recomendaciones a quienes deberán tomar decisiones (e.g., acciones para optimizar la producción o proteger el ganado).
- Emisión de avisos, alerta y alarmas específicas sobre el carácter de la sequía y sus consecuencias.
- Establecimiento de mecanismos para informarle a la comunidad que la sequía ha pasado.

Una vez emitidos el aviso, alerta y alarma el proceso de toma de decisiones debe considerar escenarios de riesgo, el análisis de los grupos de interés involucrados o tomadores de decisiones, el análisis de costo-beneficio y árboles de decisión. Un ejemplo de esto último, se trabajó previamente por la misma autora de esta investigación (véase Neri, 2004).

2. Capacidad de respuesta:

Es de suma importancia que los tomadores de decisión comprendan el riesgo ante sequía con los costos socioeconómicos que ésta puede tener, respeten el servicio de alerta y sepan cómo reaccionar. Es por ello, que se debe preparar y desarrollar las capacidades administrativas en los ámbitos nacional y regional. Asimismo, es indispensable que existan planes de gestión de riesgo ante sequía que hayan sido objeto de prácticas y sometidos a prueba. La población debe estar muy bien

informada sobre las opciones en cuanto a las acciones a desarrollar y la mejor forma de evitar daños y pérdidas de bienes, según sea el caso.

El desarrollo y la implementación de un sistema eficaz de alerta temprana requieren de la contribución y la coordinación de una gran variedad de grupos y personas. Es necesario que las comunidades, en particular las más vulnerables, participen activamente en todos los aspectos del establecimiento y el funcionamiento de tales sistemas, que conozcan las amenazas y posibles impactos a los que están expuestas y que puedan adoptar medidas para reducir al mínimo la posibilidad de sufrir pérdidas o daños.

La comunidad científica y académica también juega un papel crucial al ofrecer insumos científicos y técnicos especializados para ayudar a los gobiernos y a las comunidades a desarrollar sistemas de alerta temprana. Sus competencias son fundamentales para analizar los riesgos de las amenazas naturales que enfrentan las comunidades, contribuir a la elaboración de servicios científicos y sistemáticos de seguimiento y alerta, fomentar el intercambio de información, traducir la información científica o técnica en mensajes comprensibles y difundir alertas que puedan entender las personas en riesgo.

Capítulo 5. Análisis de viabilidad y factibilidad del Sistema de Alerta Temprana contra Sequías (SIATS) en el contexto gubernamental actual

Este último capítulo tiene como finalidad presentar una reflexión a manera de conclusión de la viabilidad y la factibilidad de la implementación del SIATS considerando el funcionamiento y estructura del sistema gubernamental del país. Para ello, se retoman las ideas principales expuestas a lo largo de los tres capítulos que componen este estudio y se presentan aquellos elementos considerados como requisitos mínimos necesarios para la ejecución del SIATS.

Cada usuario del agua tiene su propia relación, necesidad y dependencia con este recurso que conlleva una idea o concepción de sequía que, por lo tanto, cambia con las condiciones operativas o requerimientos del usuario. Sin embargo, una particularidad cuando se habla de sequía meteorológica, es que su caracterización depende esencialmente de los aspectos físicos de la región donde se presenta. No es lo mismo hablar de sequía en lugares donde llueve mucho, como el sureste de México, o en lugares donde lo normal es que no llueva, como el norte.

Bajo cambio climático y el crecimiento de la población, la disponibilidad de agua por habitante se verá reducida y la competencia por dicho recurso podría provocar problemas sociales. Los conflictos recientes entre estados por el acceso al agua de ciertas presas compartidas comienzan a mostrar algunos de los problemas. Incluso, uno de los problemas fronterizos con EUA que mayor preocupación causan es el relacionado con el agua. La región fronteriza de México es muy vulnerable a periodos prolongados de sequías, por lo que el cambio climático representa una amenaza y un riesgo importante para millones de gente (Coles *et al.*, 2009).

A partir de la información climática, específicamente los diagnósticos y pronósticos estacionales del clima, se pueden proponer estrategias de mitigación y prevención de los impactos negativos de las sequías. Las experiencias que podrían adquirir a través

de un sistema de alerta como el propuesto bien pueden incorporarse y extrapolarse a estrategias de adaptación ante el cambio climático.

Las sequías se presentan de manera recurrente, con periodicidad variable, pero con posibilidades de preverse, estudiarse y monitorearse, por lo que deben ser atendidas de manera preventiva e institucional. Para esto, es conveniente contar con un plan de preparación para enfrentarlas. Los planes de acción ante las sequías deben contener tres componentes esenciales: análisis de impactos y de riesgo, plan de prevención que incluya un sistema de alerta temprana y esquemas de toma de decisiones donde se consideren las acciones a seguir una vez emitida la alerta.

Una metodología a seguir para el análisis de impactos y evaluación del riesgo climático, que incluye las sequías, en el caso del sector agrícola, se presenta en un estudio realizado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM para AGROASEMEX. Este estudio se realizó para los estados de Querétaro y Guanajuato y se estimó el riesgo climático que permite determinar valores umbral de riesgo intolerable y ante los cuales se deben desplegar acciones de respuesta en cultivos de maíz de temporal. Este trabajo constituye uno de los primeros ejemplos de cómo utilizar la información del riesgo climático, aprovechando pronósticos climáticos probabilísticos, en un sector como el de los seguros agrícolas (e.g. AGROASEMEX) (Landa *et al.*, 2008).

Una vez caracterizado el riesgo climático para un sector en particular, en este caso el agrícola, es importante reconocer las necesidades de los productores en materia de información climática. Por ejemplo, la fecha en la que se debería presentar el pronóstico de sequías al personal correspondiente de la SAGARPA. Las fechas de inicio de siembra para cultivos básicos (e.g. maíz, frijol y sorgo), y que generalmente es en el mes de mayo, por lo que debido a esto se podría suponer que el agricultor o extensionista requiere conocer al menos en el mes de marzo (dos meses previos) cuáles podrían ser las condiciones de temperatura y precipitación para esa temporada de lluvias. El país cuenta con ejemplos exitosos del uso de pronósticos anuales y

mensuales en las actividades agrícolas. Los resultados de un estudio realizado en el estado de Tlaxcala por Gay *et al.* (2004), muestran que existe un amplio conocimiento acerca del clima regional, lo cual se refleja en la habilidad científica del país para realizar pronósticos meteorológicos y climáticos.

El uso de la información climática es clave en materia de prevención de desastres. En el país, la información climática a la que tienen acceso los tomadores de decisiones es insuficiente para instrumentar acciones de prevención en el corto y largo plazo. Es por ello que resulta fundamental mejorar las capacidades de generar información climática de calidad para el país. Los avances científicos y tecnológicos existen y por lo mismo constituyen una oportunidad de mejorar diagnósticos y pronósticos del clima que permitirán pasar de la respuesta a la situación de emergencia a la planeación, mediante el desarrollo y aplicación de sistemas de alerta temprana.

Un SIATS para México debe componerse de mecanismos, procedimientos y acciones que siendo coordinadas por una instancia, tal como el Centro Nacional de Prevención ante Sequías (CNPS), permitan reducir sus impactos socioeconómicos. En resumen, las acciones del CNPS deben estar enfocadas a:

- Caracterización de las sequías en el país.
- Sistema de diagnóstico y seguimiento de las condiciones climáticas.
- Pronóstico de la sequía.
- Disponibilidad de información a tiempo y confiable en la cual se basarán las decisiones.
- Investigación en materia de impactos y evaluación del riesgo ante sequías para diferentes sectores socioeconómicos.
- Capacitación al personal de las dependencias gubernamentales, así como a los potenciales usuarios de la información climática.
- Establecer acuerdos institucionales y políticos para mejorar la evaluación, comunicación y aplicación de la información.

- Identificar medidas generales y específicas de adaptación y mitigación ante sequías para los tomadores de decisión.

En los sectores identificados como muy vulnerables a las sequías, existen grandes oportunidades de que mediante políticas y estrategias, sea factible reducir substancialmente la vulnerabilidad. Es por tanto necesario, que el SIATS involucre mediante trabajo conjunto, al sector gubernamental, académico, productivo, sociedad civil, organismos no gubernamentales y medios de comunicación.

La declaración de sequía y sus niveles de alerta deben estar coordinados y consensuados por la Dirección General, el Comité de Investigación y Comité Técnico del CNPS. En el Consejo Técnico quedan representadas todas Secretarías Gubernamentales, en particular la SAGARPA, CONAGUA y SEMARNAT que de una u otra forma se ven afectadas directamente por las sequías. Los arreglos institucionales podrían mantener el intercambio de información climática útil en la planeación de actividades. En la Tabla 8 se integran los sectores prioritarios y actores clave en la implementación del SIATS.

Tabla 8. Resumen del proceso de políticas clave y participación de los actores

Sistema prioritario	Actores directamente afectados por sequías	Tomadores de decisiones
Agua	Zonas urbanas y rurales. Administradores de acuíferos (CONAGUA)	Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional, Protección Civil Sector Académico, Gobiernos Estatales y Municipales, Medios de Comunicación, IMTA, ONGs.
Agricultura	Agricultores Comerciantes	SAGARPA, Servicio Meteorológico Nacional, Sector Académico, INIFAP, Seguros, Gobiernos Estatales y Municipales, Medios de Comunicación, ONGs
Bosques	Campesinos Comerciantes	SAGARPA, SEMARNAT, Servicio Meteorológico Nacional, Sector Académico, Gobiernos Estatales y Municipales, Medios de Comunicación CONABIO, CONAM, ONGs

Ante los impactos de las sequías y considerando su recurrencia, se han impulsado programas y políticas nacionales que promueven ciertas acciones de prevención en los sectores más perjudicados ante la escasez de lluvia, como es el caso del sector agrícola e hídrico. Dichas acciones pueden ser desarrolladas dependiendo el nivel de alerta emitido (I, II, III o IV). El siguiente listado permite visualizar las medidas genéricas que pueden ser recomendadas para reducir los efectos de las sequías por sector. Las siguientes acciones son resultado de la recopilación de varios estudios entre los que se incluyen León *et al.* (2009) y Jiménez (2009):

Sector agrícola:

- Captura y almacenamiento de agua de lluvia con métodos tradicionales (pequeños embalses, jagüeyes, sistemas de canales, terrazas y semi-terrazas, etcétera).
- Riego por goteo y sistemas tecnificados similares.
- Uso de especies de raíces profundas, perennes, con bajos requerimientos de agua y tolerantes a la sal, etc.
- Rotación de cultivos y otros métodos relacionados.
- Desarrollo de semillas mejor adaptadas a los cambios en las condiciones del suelo y clima.
- Almacenamiento preventivo de granos y alimentos para compensar cosechas magras.
- Cultivo de conservación (sin uso del arado)
- Diversificación de especies y variedades de cultivos.
- Mejorar prácticas agrícolas (fechas de siembra, técnicas de arado, riego, fertilización, rotación de cultivos, intensidad de producción, etcétera) para ajustarse a las nuevas condiciones de las temporadas de producción.
- Remover incentivos económicos que distorsionan el mercado de insumos y productos, o que frenan los cambios estructurales requeridos
- Estrategias eficaces de riesgo compartido (políticas públicas de seguridad ante siniestros, respaldadas por aseguradoras y re-aseguradoras privadas y públicas, nacionales o internacionales).

- Desarrollo tecnológico para producir nacionalmente sistemas de riego de bajo consumo de agua y de energía así como de bajo costo de inversión.
- Desarrollo tecnológico para mejorar los sistemas de drenaje agrícola.
- Estudios sociales y económicos así como de participación ciudadana para reubicar sitios agrícolas en zonas con disponibilidad de agua en términos de cantidad y confiabilidad.
- Investigaciones para establecer indicadores razonados basados en información de tipo técnico, social y económico que permitan un buen establecimiento de estrategias para el mejor manejo del agua en la agricultura.
- Investigaciones sobre el impacto de la agricultura en acuíferos de uso para consumo humano.
- Investigaciones para conocer en dónde se pierde el agua que se fuga.

Sector hídrico:

- Manejo integral de cuencas hidrográficas.
- Restauración de ecosistemas prioritarios para dar soporte al manejo integral de cuencas.
- Incrementar la capacidad de almacenamiento en presas de cuencas altas y medianas con el propósito de mejorar el abasto para uso humano y de riego; controlar el volumen del agua en los ríos y reducir los riesgos de escurrimientos destructivos e inundaciones cuenca abajo.
- Construir infraestructuras para potenciar la recarga de acuíferos.
- Determinar la disponibilidad de agua del país y a nivel de regiones hidrológicas y por estado, a partir de un método uniforme.
- Definir cómo afectará social y económicamente la variación en la disponibilidad del agua.
- Determinar para las cuencas transfronterizas la disponibilidad del agua bajo los escenarios de cambio climático.
- Definir las afectaciones en los usos por la variabilidad en cantidad, calidad y temporalidad de la disponibilidad del agua.

- Conocer con mayor detalle cómo variará la demanda de agua de uso urbano a nivel de estado y ciudades y relacionarlos con la oferta de agua.
- Definir y evaluar en términos técnicos, sociales y económicos, medidas de ahorro, reúso y reciclado de agua.
- Dimensionar el suministro de agua urbano de acuerdo con un mayor número de indicadores, en especial lo referente a la calidad del agua, la calidad del servicio y sus afectaciones en un entorno de variabilidad climática.
- Desarrollar estudios de vulnerabilidad del sector hidráulico ante el cambio climático para las principales ciudades del país, en especial aquellas con más de un millón de habitantes.

Desarrollar un análisis del costo-beneficio de la implementación del SIATS permitiría dar una medida de la rentabilidad del proyecto ante las serias pérdidas económicas que año con año se relacionan con la ocurrencia de sequías meteorológicas en el país. Este aspecto queda fuera del alcance de los objetivos de este estudio. Sin embargo, si se consideran como referencia los costos de ciertas componentes de la propuesta del Sistema Hidrometeorológico Metropolitano para el Valle de México (*en comunicación personal con Víctor Magaña*), los costos del SIATS ascenderían: para la etapa de ejecución (1 año), se requeriría de una inversión en el rubro de personal, \$4.5 millones de pesos; para el desarrollo de: sistemas de monitoreo y pronóstico a corto, mediano y largo plazo con énfasis en productos para la toma de decisiones, \$2.5 millones de pesos; un sistema de visualización y generación de información para toma de decisiones, \$2 millones de pesos; módulos de capacitación de personal especializado en materia de información climática, \$1 millones de pesos. En total se requeriría de un total aproximado de \$10 millones de pesos. Para el caso de un SIATS a nivel nacional, se estima una versión inicial de \$30 millones de pesos. Lo cual, representa una inversión rentable en comparación con la suma gastada por los programas asistencialistas de SAGARPA.

Reflexiones finales

La implementación del SIATS requiere fundamentalmente de corregir los actuales procedimientos operativos de prevención y atención ante sequías. Un programa incorporado a una dependencia gubernamental generalmente se ve limitado por factores técnicos y presupuestales, y por la ausencia de una visión estratégica de largo plazo. Técnicamente, la poca o nula confianza de las autoridades y en la precisión de los pronósticos climáticos, no permite tomar decisiones firmes. Esto se debe, en parte, a la falta de articulación de los sectores generadores de conocimiento con las instituciones encargadas de la gestión de riesgos. Por ello, un pronóstico climático rara vez se utiliza en la toma de decisiones (Landa *et al.*, 2008).

Por otra parte, la falta de coordinación entre instituciones dificulta la distribución y el manejo de la información. La fragmentación institucional también obstaculiza el tratamiento y la solución de problemas complejos como son los desastres asociados a eventos hidrometeorológicos extremos. La mayoría de las veces los esfuerzos son individuales y no institucionales; a esto se debe agregar la falta de capacitación y de planeación eficiente. Además, la falta de una cultura de prevención ante sequías en todos los niveles, en especial en el gubernamental, da lugar a que se responda a estados de emergencia y se improvisen procedimientos ante sus efectos inminentes.

El SIATS precisa de una visión estratégica en conjunto y de largo plazo, por lo que instancias como el SMN y el CENAPRED tienen serias limitaciones como son, entre otras, que el personal no tiene permanencia por largos periodos, las bases de datos cambian con cada gobierno, la escasa modernización de infraestructura e inadecuadas inversiones que no consideran la formación de personal especializado, por ejemplo, en el uso y la aplicación del pronóstico meteorológico.

Si bien es cierto, el país cuenta con dos sistemas de alerta temprana para ciclones tropicales; uno a nivel nacional¹¹ y otro a nivel local “Sistema de Alerta Temprana

¹¹ http://geografica.cenapred.unam.mx/DocumentosSIAT/SIAT_CT.pdf

Contra Eventos Meteorológicos Extremos”¹² (SATEME) que funciona en el Estado de Tamaulipas, y el Monitoreo de sequía en Chihuahua¹³ con sede en el Centro de Investigación sobre Sequía, es evidente que aún no existe una estructura institucional que permita desarrollar acciones de prevención y planificación ante los impactos de las sequías.

Una institución con origen y sede en el sector académico, como lo sería la creación del Centro Nacional de Prevención ante Sequías, donde se inserta el SIATS, otorgaría una voto más de confianza a la credibilidad tanto de la información climática como de la generación de capacidades en diferentes niveles y sectores de la sociedad.

Trabajo futuro

La efectividad de la gestión del riesgo ante sequías depende del uso eficiente de la información climática para la toma de decisiones, así como de la identificación y priorización de medidas factibles de prevención-mitigación. El desarrollo de un SIATS requiere de capacidad, tanto de los generadores de la información, como en aquellos que la usan e interpretan. Por ello, es necesario que la parte científico-académica trabaje arduamente con los diversos sectores para transmitir el mensaje sobre el valor de la información climática o de tiempo, principalmente en el ámbito de la Protección Civil, de forma que se promueva una cultura preventiva ante sequías.

En un futuro, se requiere estimar la calidad de la información climática, en particular de la capacidad de monitorear y pronosticar la sequía, de forma tal que lleve a generar confianza en esquemas objetivos de toma de decisiones como son los sistemas de alerta temprana.

¹² http://proteccioncivil.tamaulipas.gob.mx/sateme/def_objetivos.htm

¹³ http://www.sequia.edu.mx/Portal/proyectos/lineas_investigacion/linea_sequia.htm

Referencias

AGROASEMEX. (2006). La Experiencia Mexicana en el Desarrollo y Operación de Seguros Paramétricos Aplicados a la Agricultura. Querétaro, México. 60 pp. Disponible en: www.agroasemex.gob.mx/publicaciones

Andulce, P.; C. Neri; y C. Szlafsztein. (2008). Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante la variabilidad y el cambio climático. IAI/NSF. Pará, Brasil. 105 pp.

Banco Mundial. (2008). Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters. Washington, D. C. P. 157.

Bassols, B. Á. (1995). Geografía económica de México teoría, fenómenos generales, análisis regional. Trillas. México. 448 pp.

Blaikie, P.; T. Cannon; I. Davis; y B. Wisner. (1995). Vulnerabilidad: El Entorno Social, Político y Económico de los Desastres. LA RED; ITDG, Tercer Mundo Editores. Colombia. 290 pp.

Briones, F. (2007). Social Distribution of Risk: A Case Study in Tehuantepec, Mexico. In: *Perspectives on Social Vulnerability*. Pp. 84-91. Edited by Koko Warner. United Nations University and The Munich Re Foundation. Bonn Germany.

Carabias, J. y R. Landa. (2005). Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. El Colegio de México, UNAM, Fundación Gonzalo Río-Arronte. México. 219 pp.

Cardona, O. D. (2001). Estimación Holística del Riesgo Sísmico Utilizando Sistemas Dinámicos Complejos. Tesis de Doctorado. Universidad de Politécnica de Cataluña, UPC, Barcelona. España. 322 pp. Disponible en:

<http://www.desenredando.org/public/varios/2001/ehrisusd/index.html>

Castorena, G.; M. E. Sánchez; M. E. Florescano; R. G. Padilla; y U. L. Rodríguez. (1980). Análisis histórico de las sequías en México. Comisión del Plan Nacional Hidráulico, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 137 pp.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2001a). Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. México, CENAPRED - Secretaría de Gobernación. 225 pp.

_____. (2001b). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2000. México, Serie Impacto socioeconómico de los desastres en México nro. 2.

_____. (2002a). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2001. México, Serie Impacto socioeconómico de los desastres en México nro. 3.

_____. (2002b). Sequías Fascículo No. 14. Autores: Fermín García Jiménez, Óscar Fuentes Mariles y Lucía G. Matías. México. 36 pp.

_____. (2003). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2002. México, Serie Impacto socioeconómico de los desastres en México nro. 4.

_____. (2004). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2003. México, Serie Impacto socioeconómico de los desastres en México nro. 5.

_____. (2005) Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2004. México, Serie Impacto socioeconómico de los desastres en México nro 6.

_____. (2006). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2005. México, Serie Impacto socioeconómico de los desastres en México nro 7.

_____. (2007). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2006. México, Serie Impacto socioeconómico de los desastres en México nro 8.

_____. (2008). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2007. México, Serie Impacto socioeconómico de los desastres en México nro 9.

_____. (2009). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2008. México, Serie Impacto socioeconómico de los desastres en México nro 10.

Cody K., Hayes y M. Philips T. (1998). How to reduce drought risk. Ed. Western Drought Coordination Council, USA. 43 pp.

Coles, A.R.; C.A. Scott and G.M. Garfin (2009). Weather, climate, and water: an assessment of risk, vulnerability, and communication on the U.S.-Mexico border. In *Proceedings of the 89th Annual Meeting of the American Meteorological Society, Phoenix, Arizona*. 1-11 pp.

Contreras, C. (2005). Las sequías en México durante el siglo XIX. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. Núm. 56. Pp. 118-133

Comisión Nacional del Agua (CNA). (2001). Situación del agua en México. México. 29 pp.

CONAGUA (2008). Programa Nacional Hídrico 2007-2012. Comisión Nacional del Agua, Plan Nacional de Desarrollo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 163 pp.

Cook; R. Seager; M. A. Cane and D. W. Stahle (2007). North American droughts: Reconstructions, causes and consequences. *Earth Sci. Rev.*, 81, 93-134 pp.

Dracup, J.A.; K. S. Lee; y E. G. Paulson. (1980). On the definition of droughts. *Water Resources Research*. Vol.16 No. 2. Pp. 297-302.

Eakin, H. (2006). *Weathering Risk in Rural Mexico. Climatic, Institutional and Economic Change*. University of Arizona. USA. 288 pp.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2000). Report of the 26th FAO Regional Conference for Latin America and the Caribbean. Conference held in Mérida, México 10-14 April 2000. Disponible en:
<http://www.rlc.fao.org/es/larc/larc00/PDFing/00INF5e.pdf>

Florescano, E. y S. Saw. 1995. Breve historia de la sequia en México. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México. 246 pp.

Galván, L. (2007). Aplicación del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) en la detección de sequías históricas en México (1920-2000). Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México. 82 pp.

García, E. (1974). Situaciones climáticas durante el auge y la caída de la cultura teotihuacana. *Boletín*, núm. 5, Instituto de Geografía, UNAM, México. Pp. 35-69.

García, A. V. (1993). Las sequias históricas de México. *Desastres y sociedad*, Red de estudios sociales en Prevención de Desastres en América Latina, año 1, núm. 1. Pp. 83-96.

García, A. V.; J. M. Pérez; y A. Molina. (2003). *Desastres Agrícolas en México. Catálogo Histórico. Tomo I. Épocas prehispánica y colonial 958-1822*. CIESAS-FCE. México. 506 pp.

Gay, G. C.; M. Hernández; J. Jiménez; J. Lezama; V. Magaña; T. Morales; y S. Orozco. (2004). Evaluation of climatic forecast of rainfall for the Tlaxcala State (México): 1998-2002. *Revista Atmósfera. Centro de Ciencias de la Atmosfera. UNAM*. México. Pp. 127-150.

Glantz, M. H. (2007). *Heads Up; Early Warning Systems for Climate, Water and Weather*. Tsinghua University Press. Beijing, China. 173 pp.

Hayes, M., M., Svoboda, y D. A., Wilhite. (2000). Monitoring drought using the Standardized Precipitation Index. In: D. A. Wilhite (ed.). *Drought: A Global Assessment*. Chapter 12. Pp. 168–180. Natural Hazards and Disasters Series. Routledge Publishers, London.

Hernández, M. E.; L. A. Torres; y G. Valdez. (2000). Sequía Meteorológica. En: C. Gay (comp.). *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país*. Pp. 25-40. INE, SEMARNAP, UNAM, U.S. Country Studies Program. México.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematic*. Vol. 4. Pp. 1-23.

International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). (2002). *Living with risk. A global review of disaster reduction initiatives*. Genève, Switzerland. 400 pp.

_____ (ISDR). (2005). *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters*. Report of the World

conference on disaster Reduction. 18-22 January 2005, Kobe, Hyogo, Japan.
Disponibile en:

<http://www.unisdr.org/eng/hfa/docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf>

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). (2000, 2010).
Estadísticas históricas de México. Disponible en: www.inegi.gob.mx

Jiménez, B. (2009). Cambio climático y recursos hídricos: desarrollo de una política nacional de investigación y desarrollo tecnológico. Estudio desarrollado por: Jiménez B., del Instituto de Ingeniería de la UNAM, para el Instituto Nacional de Ecología. 182 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>.

Landa, R.; V. Magaña; y C. Neri. (2008). Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. SEMARNAT- UNAM, México. 133 pp.

León, C., *et al.* (2009). Capítulo 2: Las medidas de adaptación: acciones para “ganar-ganar”. En: J. Buenfil (ed.). *Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México*. Vol. I. Pp. 105-202. Instituto Nacional de Ecología, México.

Liverman, D. M. (1996). Variación ambiental y transformación económica: cambios de la vulnerabilidad a amenazas naturales en el México Rural. En: E. Mansilla (ed.). *Desastres: Modelo para armar. “Colección de piezas de un rompecabezas social”*. 125-142 pp. La Red. Lima, Perú.

Liverman, D. M. (2000). Adaptation to drought in Mexico. In: D. Wilhite (ed.). *Drought: A Global Assessment*. Routledge Publishers. London, U. K. Vol. 2. Chapter 31. Pp. 35-45.

Macías, J. M. (1999). Legislar para reducir desastres. Centro de Investigaciones y Estudios Sobre Antropología Social (CIESAS). México. 103 pp.

Magaña, V. O. (ed.) (1999). Los impactos de El Niño en México. Dirección General de Protección Civil-Secretaría de Gobernación, México. 219 pp.

Méndez, J. M. (2003). Un estudio de eventos hidrometeorológicos extremos en la República Mexicana. Tesis de Maestría. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

Méndez, J. M. y V. Magaña. (2009). Regional Aspects of Prolonged Meteorological Droughts over Mexico and Central America. *Journal of Climate*. Vol. 23. No. 5. 1175-1188 pp.

Mendoza, B.; Velasco, V. and Jáuregui, E. (2006). A study of historical droughts in northeastern Mexico. *Jour. of Clim.* 19, 2916-2934.

Mendoza, F. E. (2007). Situación actual de los programas de apoyo al sector agrícola. Tesis de Licenciatura en Economía. Facultad de Economía. UNAM. 148 pp.

National Drought Mitigation Center (NDMC). (2002). What is Drought?. University of Nebraska-Lincoln. Disponible en: <http://drought.unl.edu/>

_____ (NDCM). (2004). Spotting Drought Before It's Too Late. University of Nebraska–Lincoln. Disponible en: <http://drought.unl.edu/>

Neri, C. (2004). Evaluación del riesgo en el sector agrícola ante la variabilidad climática. Tesis de licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México. 70 pp.

O’Meagher, B.; M. Stafford; y D. H. White. (2000). Approaches to integrate drought risk management. In: D. Wilhite (ed.). *Drought: A Global Assessment*. Vol. 2. Routledge Publishers. London, U. K.

Organización Meteorológica Mundial, (OMM). (1975). Drought and Agriculture. WMO Publ. 392, Tech. Note 138, Genève, Switzerland. 127 pp.

Organización Meteorológica Mundial, (OMM). (2006). Vigilancia y alerta temprana de la sequía: conceptos, progresos y desafíos futuros. No. 1006. Genova, Suiza. 27 pp.

Palacios, P. J.; L. Luna; y M. Macías. (1999). Detección de incendios en México utilizando imágenes AVHRR (temporada 1998). Investigaciones Geográficas. Boletín, núm. 38. Instituto de Geografía, UNAM. México. Pp. 7-14.

Plate, E. J. (2002). Flood risk and flood management. Journal of Hydrology. Elsevier. Vol. 267. Pp. 2-11.

Reyes, L. (1997). Identificación y análisis de sequías. Tesis de Maestría. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM. México. 208 pp.

Sánchez, M. (1980). Las sequias en el México antiguo. En Sancho y Cervera, J. (coord.), Análisis Histórico de las sequias en México. Documentación de la Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, núm. 22. México. Pp. 15-20.

Sarmiento, J. P. Gestión del riesgo ante la variabilidad y cambio climático. En: Andulce, P. *et al. Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante la variabilidad y el cambio climático*. Capítulo 3. Pp. 31-42. IAI/NSF. Pará, Brasil.

Schubert, S. D.; M. J. Suarez; P. J. Region; R. D. Koster, and J. T. Bacmeister. (2004). Causes of long-term drought in the United States Great Plains. J. Climate, 17, 485–503 pp.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2008). Informe Final. Evaluación Externa de Consistencia y resultados 2007. Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC). Realizado por la Universidad Autónoma de Chapingo. 141 pp.

Stewart, M.G. y R. E. Melchers. (1997). Probabilistic risk assessment of engineering systems. Chapman and Hall, London. U.K. 274 pp.

Tannehill, I. R. (1947). Drought: Its Causes and Effects, Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 264 pp.

Téllez, K. L. (1994). La modernización del sector agropecuario y forestal. Una visión de la modernización de México. 1ª ed. FCE, México. 307 pp.

United Nations and International Strategy for Disaster Reduction. (UN/ISDR). (2007). Drought Risk Reduction Framework and Practices: Contributing to the Implementation of the Hyogo Framework for Action. Geneva, Switzerland. 97 pp.

_____. (UN/ISDR). (2009). Drought Risk Reduction Framework and Practices: Contributing to the Implementation of the Hyogo Framework for Action. Geneva, Switzerland. 197 pp.

Wilhite, D. A. (1992). Planificación de la sequía: interrumpir el ciclo hidro-ilógico. STOP Disasters. Num. 9. Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales.

Wilhite, D. A. (1996). A Methodology for Drought Preparedness. Natural Hazards. Vol. 13. Pp. 229-252.

Wilhite D. A. (1997). Improving Drought Management in the West: The Role of Mitigation and Preparedness. National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska. USA. 48 pp.

Wilhite, D. A.; L. Botterill; and K. Monnik. (2000). National Drought Policy: Lessons Learned from Australia, South Africa, and the United States. In: D. A. Wilhite (ed.) *Drought: A Global Assessment*. Vol. 2. Routledge Publishers. London, U. K.