

Elementos en la gestión de cuencas en condiciones de sequía¹

Cuando el agua disponible en la naturaleza no alcanza a satisfacer las necesidades humanas, siempre crecientes, es cuando se aprecia su valor intrínseco. La sequía, como fenómeno natural, es de duración finita aun cuando se prolongue por varios años, pero la secuela de la sequía se extiende más allá de su duración. Un severo riesgo que trae consigo es la desertificación, fenómeno inducido y progresivo, prácticamente irreversible, que magnifica los impactos del déficit de agua, afectando a todo el ambiente y al entorno de desarrollo social y económico.

Aunque las regiones húmedas no escapan al riesgo de las sequías, tienen una mayor capacidad de recuperación; en estas áreas, los impactos más severos son la erosión y el desequilibrio ecológico. En las regiones subhúmedas, semiáridas y áridas, la recurrencia y persistencia de la sequía representan mayor riesgo de alteración ambiental. La creciente demanda de recursos naturales para satisfacer las necesidades humanas y la menor disponibilidad relativa de agua propician severas presiones sobre los recursos naturales y, en ocasiones, conflictos entre los usuarios. Además, por otra parte, el creciente y acelerado uso del agua conduce a la sobreexplotación, cuya inevitable salida es la desertificación y posteriormente la aridez o estado de permanente déficit de agua.

Para enfrentar la sequía, es necesario generar planes y estrategias para superar y mitigar sus impactos e intensificar y comprometer igualmente la participación social. La adaptación y prevención a un evento inevitable es la mejor estrategia y, sin estos elementos, difícilmente se puede salir bien librado.

* Israel Velasco y José Luis Montesillo-Cedillo son investigadores del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Jiutepec, Mor., 62550 México. Correos electrónicos: ivelasco@tlaloc.imta.mx y jlmonte@tlaloc.imta.mx.

¹ Artículo recibido el 21 de febrero de 2005 y aceptado el 21 de septiembre de 2006.

Este trabajo propone algunas ideas que es conveniente realizar sobre la sequía y la gestión integral del agua en el ámbito de cuenca hidrológica; el objetivo es aportar criterios para lograr la sustentabilidad del recurso hídrico y mitigar los impactos negativos de la sequía, cuyos efectos se dejan sentir en todos los ámbitos y en gran escala.

Palabras clave: sequía, déficit de agua, gestión del agua.

Elements of Basin Management under Drought Condition

When the available water is not enough to satisfy the human necessities, is when its intrinsic value is appreciated. Drought, as natural phenomenon, has a finite duration, even though it is prolonged for several years, but the sequel of the drought extends beyond its duration, and a severe risk that it brings is desertification, an induced and progressive phenomenon, practically irreversible which magnifies the impacts of water deficit, affecting the whole natural environment as well as the social and economic development.

Although the humid regions do not escape to this risk, they have a bigger capacity of prompt recovery; in these areas, the most severe impacts are erosion and ecological imbalance. In the sub-humid, semi-arid and arid regions, the recurrence and persistence of drought represent a bigger risk of environmental alteration. The growing demand of natural resources to satisfy the human necessities, and the smaller relative readiness of water, are two factors that propitiate severe pressures on environment, and conflicts among water users, and the immoderate use of water leads to overexploitation; then, the unavoidable result is desertification, later aridity, or a state of permanent water deficit.

To face drought with success it is necessary to improve planning and to generate strategies to overcome and mitigate its impacts, and to consider the widest social participation. Adaptation and prevention to an unavoidable event are the best strategy; but without these elements it is difficult to come out well of the problem.

This work suggests some ideas related to drought and water management; their implementation is convenient in the environment of hydrological basins. The objective is to contribute approaches to achieve water sustainability as the axis of the whole natural resources and to mitigate the negative impacts of the phenomenon whose effects are potentially serious for all the environments and in great spatial scale.

Keywords: drought, water deficit, water management.

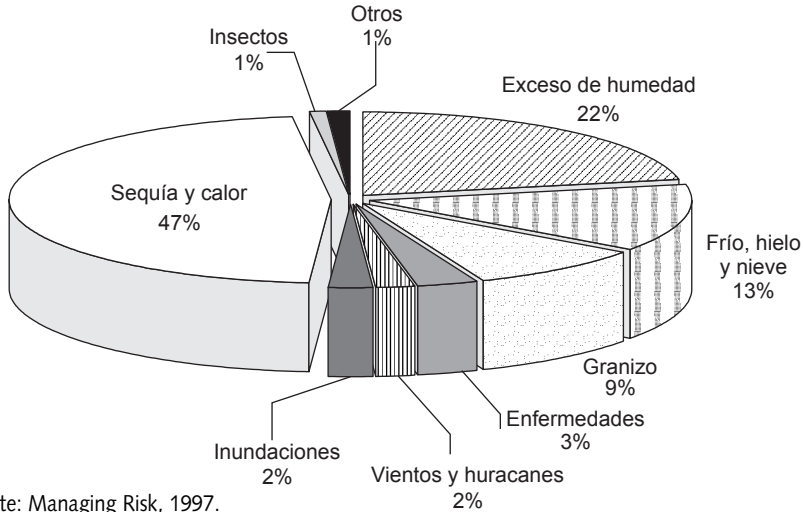
INTRODUCCIÓN

Las sequías son una de las grandes catástrofes naturales capaces de modificar en gran escala el ambiente de una región, y sus efectos se manifiestan en la alteración de las actividades económicas habituales de la zona o región afectada y en el deterioro del nivel y condiciones de vida de los habitantes. La complejidad del fenómeno propicia la creencia errónea de que después de una sequía no ocurrirá otra igual o de mayores proporciones y, por ende, sobre todo en los países menos desarrollados, con frecuencia no es usual prepararse para su ocurrencia futura, que es una certeza (Wilhite, 1993). Ésta es la paradoja que hace cada vez más vulnerable a la sociedad que no se prepara, porque no espera que ocurra lo mismo o algo peor.

La vulnerabilidad a los efectos de la sequía está en relación inversa al grado de desarrollo social y económico de las zonas afectadas: mientras que para los países más desarrollados la sequía rara vez representa una severa amenaza, porque disponen de los medios económicos, estructurales y de gestión para afrontarla, en los de menor desarrollo, una sequía es a menudo el detonante del círculo deterioro-hambre-desastre-pobreza, situaciones en las que los habitantes afectados difícilmente pueden tener elementos para mitigar los estragos. Desde luego, existen de manera natural zonas más vulnerables que otras a la sequía, en las que además de su situación geográfica, son muy importantes la densidad demográfica y la intensidad de la actividad económica dependiente del agua, es decir, por la relación oferta-demanda (Postel, 1991).

Las causas de la sequía no se conocen con precisión, pero se admite que, en general, se deben a alteraciones de los patrones de circulación atmosférica que, a su vez, están ocasionados por el desigual calentamiento de la corteza terrestre y de las masas de agua, manifestados en fenómenos como *El Niño* y las manchas solares (Acosta Godínez, 1988; Philander, 1990); la quema de combustibles fósiles, la deforestación, el cambio de uso del suelo y la actividad antropogénica también contribuyen a la modificación de la atmósfera y, con ello, también a los patrones de precipitación. Como consecuencia, la compleja interacción de todos estos factores da como resultado final que las sequías sean inevitables, poco predecibles todavía y de consecuencias cada vez más dramáticas, severas e impactantes, precisamente en

FIGURA 1. CAUSAS USUALES DE PÉRDIDAS EN LA AGRICULTURA POR FENÓMENOS NATURALES Y SU PROPORCIÓN EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA



Fuente: Managing Risk, 1997.

función de la vulnerabilidad de los sistemas económicos y sociales (Beran y Rodier, 1985).

Los efectos de la sequía en la agricultura son tan dramáticos y costosos como casi todos los demás fenómenos naturales *juntos*, y se magnifican en función del tiempo y la extensión geográfica (figura 1), con resultados progresivamente nefastos para casi todas las actividades humanas.

Al admitir la sequía como un hecho natural en el que el ser humano tiene poca influencia, adquiere mayor validez la idea de que la gestión integral en el manejo del recurso hídrico es el mejor método para que las fluctuaciones naturales de su disponibilidad tengan menos efectos en las actividades humanas y, por lo tanto, en el bienestar social. Según esta premisa, sólo con acciones organizadas, coherentes, apegadas a las leyes y reglamentos vigentes, así como a los usos y costumbres locales, se podrán mitigar los efectos nocivos del fenómeno, con estrategias *a priori*, anticipadas y expresadas en instrumentos de planeación. En este sentido, a pesar de los cuantiosos recursos de los que se pueda disponer para afrontar una crisis de

sequía, si no se tiene un esquema apropiado de previsión, los resultados en general serán pírricos, cuestionables y poco efectivos, además de obtener mínimos logros en términos de paliar sus efectos.

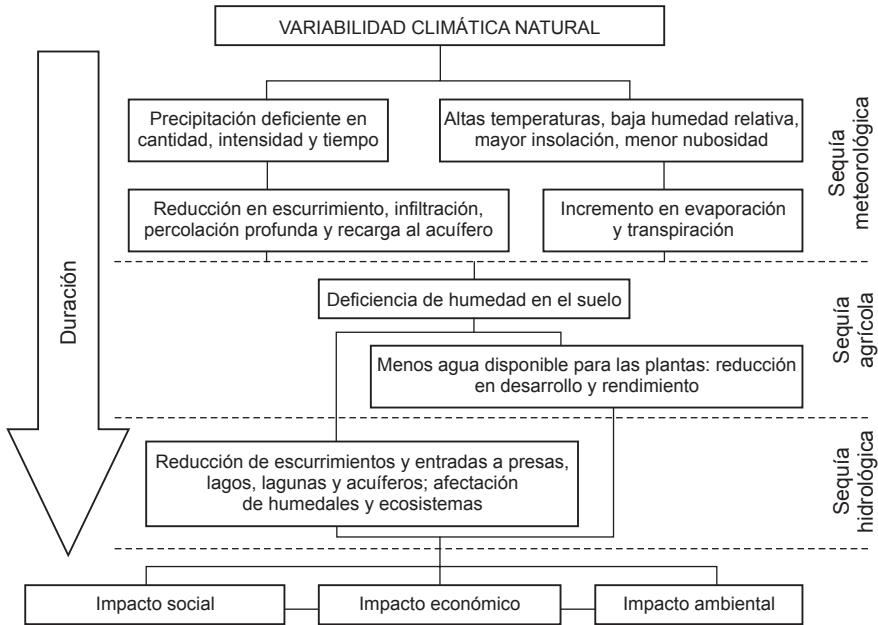
En países como México, donde la agricultura es una importante actividad económica y social, tanto de riego como de temporal, la vulnerabilidad de este sector implica un alto riesgo ante la presencia de las sequías, que han assolado grandes extensiones y propiciado severos desajustes en la economía regional y nacional. Esto es especialmente crítico para la agricultura de riego, que es, con mucho, el sector que demanda mayor volumen de agua. Por consiguiente, ante una sequía, en las regiones agrícolas de riego cualquier ahorro de agua en este sector influye decisivamente en la disponibilidad para los demás sectores de uso. La gran variedad fisiográfica y climática, así como su situación geográfica, también hacen que gran parte de la superficie tenga características áridas y semiáridas, por situarse en la franja desértica del Hemisferio Norte, por lo cual, la vulnerabilidad natural también es alta, además de la aparente mayor recurrencia y persistencia del fenómeno, presumiblemente por efectos adicionales de la actividad humana.

PLANEACIÓN PARA AFRONTAR LA SEQUÍA: MEDIDA NECESARIA

Puesto que es común creer y esperar que la sequía sea un evento “raro”, se tiene como consecuencia un círculo vicioso entre *pánico* y *apatía* —el llamado *ciclo hidrológico* (Wilhite, 1991)—: pánico directamente proporcional a su duración e intensidad (figura 2) cuando el evento se presenta; apatía, cuando ya ha pasado y se piensa que no volverá a ocurrir. Nada más lejos de la realidad; la sequía es inevitable y poco predecible, y ocurre o puede ocurrir virtualmente en todo el planeta (Jinno *et al.*, 1995).

Los impactos y riesgos de la sequía son mayores en la medida en la que lo son los requerimientos de agua; por ello, las expectativas poco realistas, más que optimistas, son temerarias y contribuyen sensiblemente a sobreestimar la capacidad de suministro. De aquí que una de las medidas elementales de mitigación sea cuidar y mantener el balance entre oferta y demanda del agua (Dziegielewsky *et al.*, 1992). A mayor población, mayor necesidad de agua para todos los usos; pero las fuentes de suministro son limitadas y, por tanto, la vulnerabilidad a la sequía y a la escasez

FIGURA 2. INTERRELACIONES ENTRE LOS DIVERSOS TIPOS DE SEQUÍA



Fuente: Adaptado de Velasco (2002).

del recurso hídrico crece en la misma medida. De aquí la importancia y conveniencia de planear, prepararse y actuar para afrontar la ocurrencia del fenómeno (Moreau, 1991), considerando su evolución.

La planeación para afrontar la sequía es esencial, pero difícilmente se da de manera natural, ya que hay múltiples obstáculos que lo impiden (Wilhite, 1991), a saber:

- La carencia de una definición del fenómeno ampliamente aceptada y aplicable a todos los casos y en todas partes.
- La incomprensión y desconocimiento de la ocurrencia y recurrencia de la sequía por parte de la población civil, que se dedica a la atención de las crisis y sus efectos, destinando tiempo y dinero para aliviar los daños; esto es, a *soportar la crisis*. Pero cuando ésta ha pasado, existe gran resistencia para

invertir recursos en planear y prepararse para afrontar la próxima sequía (NDMC, 1998; Griffiths, 1985).

- La delegación en gobiernos e instancias locales de atribuciones que son propias de una institución federal y, como consecuencia, la frecuente división de la responsabilidad del manejo de los recursos disponibles asignados en varias dependencias y entidades, lo que provoca indefinición, confusión y relajamiento.

No obstante, también hay razones de peso para planear contra la sequía, planear para el *manejo del riesgo*:

- La sequía es un fenómeno persistente y de alta incertidumbre, pero sus efectos potenciales son más drásticos que los de fenómenos más puntuales y momentáneos, como inundaciones, terremotos, huracanes, etc. Posiblemente la sequía es el fenómeno natural más costoso en los países desarrollados y puede alcanzar efectos devastadores entre la población de los países y regiones en vías de desarrollo y subdesarrollados (Biswas, 1996; Harding *et al.*, 1995; Kiros, 1991).
- Planear *a priori* para mitigar los efectos de la sequía es, con seguridad, la mejor opción para soportar los daños causados al menor costo (Wilhite, 1991; Krannich *et al.*, 1995).

Comparado con otros fenómenos naturales, el impacto de las sequías por lo general es *no* estructural, en el sentido de que no daña o destruye la infraestructura. Los impactos directos incluyen el daño a los cultivos y a las actividades que dependen de los almacenamientos o de la disponibilidad de agua; los indirectos se reflejan en los altos precios de los alimentos, bienes y servicios.

Los impactos de la sequía son de carácter ambiental y económico, pero en los países desarrollados la afectación al bienestar general de la población es baja. En los países atrasados o poco desarrollados, los impactos son de carácter altamente social, amén de los ambientales (figura 1): hambre, migración y reducción en el bienestar general de la población, principalmente asociados con otros efectos colaterales (Sangoyomi y Harding, 1995), como puede apreciarse en el cuadro 1.

Mitigar es generar y aplicar las iniciativas y estrategias para reducir el riesgo debido a los peligros naturales o inducidos por el ser humano. En el caso de la sequía, básicamente son los sistemas de alerta temprana, el aumento de la capacidad de almacenamiento y suministro de agua, y la conservación del recurso hídrico. En con-

CUADRO 1. FASES PROGRESIVAS DE UNA SEQUÍA: ACCIONES Y RECOMENDACIONES BÁSICAS PARA AFRONTARLA

<i>Fase</i>	<i>Acciones de las autoridades</i>	<i>Acciones de los usuarios sectoriales e individuales</i>	<i>Recomendaciones</i>
1. Incipiente Comienza la sequía; la reducción en la oferta de agua es de 5 a 10% respecto de la demanda.	Campaña inicial de información: alerta para disminuir los usos no esenciales y difusión de pronósticos y acciones necesarias si la situación empeora. Levantamiento de censos y elaboración de estadísticas para conocer el uso y asignación del agua. Formulación de una propuesta para disminuir la asignación a los usos secundarios.	Los usuarios deben moderar su consumo de agua y restringir los usos no prioritarios voluntariamente. Los grandes usuarios deben revisar sus planes de contingencia.	Campaña educativa para evitar el desperdicio del agua. Revisión de las instalaciones y dispositivos de medición y control hidráulico.
2. Moderada La oferta de agua es de 10 a 20% inferior respecto de la demanda. Algunas medidas son voluntarias, pero otras ya son obligatorias.	La campaña de información se intensifica e incluye aspectos técnicos del problema. Se formula y se da a conocer la etapa inicial de racionamiento. La aplicación del riego sólo se permite en las horas de menor insolación. Prohibición total de usos no prioritarios. Instrumentación de las primeras medidas de multas por exceso o uso indebido del agua, según leyes y reglamentos. Prohibido lavar vehículos, banquetas y calles con manguera.	Los usuarios comerciales e industriales instrumentan sus planes de acción, destacan entre ellos el reuso o recirculación del agua para sus procesos. Todos los usuarios se sujetan a las restricciones y prohibiciones.	Se intensifica la campaña informativa y educativa. Se instalan dispositivos ahorradores de agua y se mejoran los de control. Inicia la aplicación de sanciones por uso excesivo o indebido; en reincidencias, se suspende temporalmente el servicio.
3. Severa El déficit de agua es de 20 a 35% en relación con la demanda. Las medidas de reducción y restricción en el uso del agua son obligatorias.	Se aplican las medidas y programas de racionamiento y las sanciones por su no observancia. Los usos domésticos deben disponer de equipos de bajo consumo. El suministro se realiza sólo para los usos esenciales, con estricto tandeo y restricciones en volumen. La campaña de información es in-	Los usuarios son conminados a apegarse totalmente a las restricciones y racionamientos del plan de emergencia. La vigilancia entre sectores y usuarios es continua para evitar desperdicios y conflictos, tomas clandestinas y usos no autorizados. Los grandes usuarios operan de acuerdo con sus planes de	Se incrementan las sanciones y se restringe más el consumo. Sólo se autorizan usos prioritarios con volúmenes mínimos. Si se detectan y persisten usos indebidos, se suspende el suministro, se aplican las sanciones y se disminuye la dotación. Es obligatorio mejorar las instalaciones y dispositivos hídricos.

CUADRO 1. CONCLUSIÓN

	<p>tensa y detallada, se apoya en todos los medios. La evolución del estado de emergencia se registra permanentemente, y los pronósticos y evaluaciones se realizan todos los días para detectar cualquier variación.</p>	<p>contingencia y se sujetan sólo a los volúmenes autorizados.</p>	
<p>4. Crítica El déficit de agua está entre 35 y 50% respecto de la demanda. Se aplican y sancionan rigurosamente las reducciones de consumo, restricciones y la observancia de los planes de contingencia.</p>	<p>Todas las restricciones y racionamientos alcanzan su máxima intensidad; las dotaciones son mínimas y acordes con los esquemas de prioridad, exclusivamente para los usos más elementales, sin excepción. Se observan rigurosamente los tandeos. La vigilancia es extrema y continua sobre el funcionamiento de los sistemas de conducción, distribución y medición; cualquier anomalía se atiende de inmediato. Todos los usuarios se ajustan a su dotación y se resuelven los conflictos entre ellos. Las contingencias ambientales se atienden de acuerdo con los ordenamientos de ley y entran en función los planes de emergencia apoyados por todos los niveles de gobierno. La campaña de información, seguimiento y educación alcanza su mayor intensidad y es permanente.</p>	<p>Los usuarios deben cumplir estrictamente con el plan de racionamiento. Todo ahorro de agua es crucial, por lo que no debe haber desviaciones ni desperdicios. Los dispositivos de medición, control y uso deben funcionar en estado óptimo. Los usos no residenciales se reducen al mínimo o se suspenden. La recirculación, tratamiento y reuso de agua son importantes como opciones para elevar la disponibilidad.</p>	<p>Se aplican las sanciones y penas más severas. Por faltas, la suspensión del servicio puede ser indefinida. La participación de los usuarios en el manejo, cuidado y vigilancia en el uso del agua es determinante para evitar el aumento del problema y el eventual colapso.</p>
<p>5. Catastrófica El déficit de agua es superior a 50% de la demanda. Son las condiciones más severas de sobrevivencia.</p>	<p>El agua disponible se asigna únicamente para los usos más prioritarios y en cantidades muy limitadas. La asistencia social y los planes de emergencia son constantes con el apoyo de las autoridades de todos los niveles. El agua se distribuye con el máximo de precaución para evitar pérdidas y conflictos. Es una etapa de espera hasta que las condiciones mejoren.</p>	<p>Usan el agua sólo para lo estrictamente autorizado y con el mínimo de volumen. No se permite ningún exceso. Los usos más prioritarios con la menor dotación. Los excedentes se redistribuyen a los demás usuarios.</p>	<p>Cero desperdicio y cero tolerancia. Los mecanismos de medida y control funcionan correctamente y se supervisan con frecuencia.</p>

Fuente: Velasco, 2002.

secuencia, un plan de preparación o de contingencia significa el desarrollo de la capacidad institucional y la organización de la población civil para reaccionar consecuentemente ante la crisis provocada por la sequía. Esto sucede a través de planes de emergencia, sistemas de alerta, centros operativos de emergencia, redes de comunicación para emergencias, información frecuente al público, acuerdos institucionales de acción, planes de manejo de recursos, así como entrenamientos y simulacros para preparar y capacitar al personal adecuado que actúe eficientemente en casos de emergencia. La capacidad de respuesta social e institucional constituye un aspecto importante de estos planes de contingencia, que está orientada principalmente a la mitigación.

PARÁMETROS DE LA SEQUÍA Y SUS EFECTOS

El déficit hídrico, fenómeno inducido producto de la sequía, se define como la parte de la demanda no suministrada, y sus características son:

Duración: periodo continuo en el que la disponibilidad es inferior a la demanda usual.

Severidad: valor acumulado total del déficit en el periodo de duración.

Magnitud: valor promedio del déficit; severidad entre duración.

Extensión: área geográfica en que se presenta el fenómeno.

El riesgo total por efectos de la sequía puede expresarse como:

$$\text{Riesgo natural} \times \text{vulnerabilidad} = \text{Riesgo total}$$

Los componentes de la sequía pueden caracterizarse como (Wilhite, 1993):

Riesgo natural (hazard): es intrínseco a la marcha climática y ocurre sin intervención ni control humano.

Vulnerabilidad: comprende los factores sociales, así como las características ambientales inducidas que son susceptibles a las condiciones adversas de la sequía.

La vulnerabilidad está determinada por la habilidad para anticiparse, resistir y recobrar de la presencia de la sequía (resiliencia).

Riesgo total (risk): es el efecto potencial adverso de la sequía como producto de la frecuencia y severidad de ésta, así como de su duración y extensión espacial.

Los impactos de primer orden, en general, se limitan a los de carácter biológico, como son daños en plantas y animales; mientras que los de orden superior se asocian con el daño socioeconómico, los grados de responsabilidad y los cambios o efectos de largo plazo. Por cada uno de los rubros de daño, se clasifican en:

Económicos:

- pérdida de producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera;
- reducción en la tasa de crecimiento económico en la zona o región afectada por la sequía;
- pérdida de ingreso de productores, comerciantes, transportistas, etcétera;
- aumento en la demanda de energía eléctrica y combustibles;
- decremento en industrias y actividades asociadas o complementarias;
- desempleo y reducción de créditos y actividad bancaria; menor flujo de activos;
- disminución de ingresos y de subvenciones vía impuestos.

Ambientales:

- daño a los ecosistemas;
- erosión y pérdida de suelos;
- degradación de la calidad del agua y del aire;
- degradación del paisaje.

Sociales:

- escasez de cantidad y calidad de alimentos;
- problemas de salud y aumento de morbilidad en sectores vulnerables;

- conflictos entre usuarios y sectores del agua;
- desigualdad en la absorción del impacto;
- baja de la calidad de vida e incremento de la pobreza;
- inestabilidad social, marginación y migración hacia zonas urbanas o al extranjero.

CRITERIOS Y PRINCIPIOS EN LA ATENCIÓN DE LA SEQUÍA Y LA MITIGACIÓN DEL DÉFICIT HÍDRICO

Asignar cantidades de agua al margen del mercado a los diversos sectores de uso no es una tarea fácil en condiciones “normales” de disponibilidad, y esta complejidad aumenta considerablemente cuando hay escasez. La política hídrica, como tradicionalmente se ha entendido, trata de dar solución al problema de la escasez de agua en general, y, particularmente, en condiciones de escasez, con intentos de incrementar la capacidad de almacenamiento y la disponibilidad del recurso hídrico para responder a la demanda. No obstante, el concepto resulta obsoleto, pues usualmente sólo se asocia al proceso de incrementar la oferta de agua. En vez de esto, cada vez adquiere mayor significado y dimensión el concepto “política de gestión de aguas” (Sumpsi *et al.*, 1998) o bien “gestión integral de manejo del agua” (Martínez, 2001), entendidos ambos como aquellas actuaciones y medidas que tienen por objeto corregir los desequilibrios entre la oferta y la demanda de los recursos hídricos, tanto en los aspectos cuantitativos como cualitativos.

Los siguientes son algunos de los principios fundamentales para una gestión moderna del agua (Donzier, 2000, citado por Martínez, 2001):

- tener una visión global e integrada del recurso;
- clarificar las responsabilidades;
- organizar adecuadamente a escala de las grandes cuencas hidrográficas y de los acuíferos;
- participación directa y activa de las diferentes administraciones y colectividades territoriales a través de consejos y parlamentos del agua;
- luchar contra el despilfarro y prevenir la contaminación permanente o accidental;

- aplicar el principio “usuario contaminador-usuario pagador”;
- crear nuevas capacidades de formación de recursos humanos;
- mejorar el conocimiento sobre el problema.

Las tensiones y conflictos inherentes a la falta temporal de agua son inevitables entre sectores de uso y usuarios de un mismo sector. Por ello, el proceso de mitigación del déficit hídrico es en general arduo y complicado, pues dadas las características de la sequía, no es posible suministrar a todos toda el agua requerida: es necesario un procedimiento persuasivo en el que los responsables institucionales y sectoriales del manejo del recurso actúen con cautela y espíritu conciliador.

El reparto sectorial del agua en una cuenca es tarea de la administración institucional que aplica criterios de carácter básicamente político y social; entre grupos de usuarios de un mismo sector, un mecanismo de asignación puede ser el mercado del agua. Razonablemente, la asignación del déficit debería contemplar un periodo no mayor de un año, con el supuesto de que la insuficiencia es temporal, aunque simultáneamente debe tomar las previsiones de que la sequía se prolongue por varios periodos consecutivos, en particular para los sectores más prioritarios o vulnerables. Para ello, la prioridad sectorial debe mantenerse actualizada, y en ello debe considerarse la tendencia del desarrollo demográfico con sus respectivos aumentos en la demanda para usos urbanos municipales y domésticos en general, sector de máxima prioridad.

La planeación hídrica de largo plazo contempla por lo general horizontes de 10, 20 o más años, y se basa en tendencias en el consumo, usualmente crecientes, mientras que la disponibilidad en el mejor de los casos se mantiene constante, y cada vez con mayor frecuencia muestra una tendencia a disminuir ligeramente o a tener más variación debido a los cambios naturales y a la influencia humana (Velasco y Collado, 1998a; Martínez, 2001). La realidad de este hecho es que no se contemplan con detalle los casos extremos, tales como las inundaciones y las sequías y, cuando se presentan, no se dispone o son insuficientes los lineamientos, reglamentos o normas en los cuales hay que basar la actuación de autoridades y usuarios. No obstante, debe considerarse que estos eventos naturales no son tan raros como parecen y su persistencia afecta sensiblemente a los planes basados en promedios y

tendencias. Aun hecha con las mejores herramientas e información, la planeación tiene un mayor grado de incertidumbre, porque los cambios esperados o previsibles pueden ser más drásticos, con lo que se alteran las expectativas; por esto sería más conveniente hacer planes de mediano plazo, por ejemplo, a cinco años (Sumpsi *et al.*, 1998; Krinner, 1995), de manera tal que al fin de este periodo se hagan revisiones y actualizaciones más acordes con lo observado.

Desde el ángulo de la planeación de mediano plazo, el nivel de gestión y administración del recurso hídrico con responsabilidad institucional debe considerar el entorno económico-social-ambiental de la cuenca o región afectada por la sequía. Esto implica conocer a detalle las demandas sectoriales, la vulnerabilidad de cada sector y sus posibilidades alternas de sostener o superar el estado de sequía.

Para definir y aplicar una política integral de gestión del agua, algunos criterios básicos que hay que tener presentes son (Sumpsi *et al.*, 1998):

- *Flexibilidad*: capacidad de la política de gestión para modificar el uso del agua con arreglo a los cambios climáticos, demográficos y económicos.
- *Seguridad de tenencia entre los titulares de derechos de uso*: cuanto mayor sea la solidez jurídica en el ejercicio y disfrute del derecho, mayor será el cuidado con el que se mantiene el equipamiento de su titular para almacenar, distribuir o aplicar el agua.
- *Repercusión a los titulares de derechos de tarifas iguales*, o al menos parecidas, al costo real de oportunidad del agua; esto induce a los usuarios a emplear el agua con mayor eficiencia al tener en cuenta su costo social.
- *Predicción de los resultados de la política de gestión*: si una política es funcional, con resultados previsibles y cercanos a lo esperado, es conveniente mantenerla, aunque haya aparentes signos de obsolescencia.
- *Percepción de equidad*: la aceptación de una política de gestión está en razón directa a la percepción en términos de la justedad económica que sobre ella tengan los diversos agentes participantes.
- *Capacidad de reflejar valores sociales o públicos*: que cada sociedad o comunidad construye en torno a sus recursos hídricos, pues ignorarlos o deformarlos provocaría un rechazo a la política de gestión que se desee implantar.

Los usos no domésticos tienen una prioridad acorde a su importancia relativa, en la que se reflejan las condiciones socioeconómicas, el impacto de corto, mediano y largo plazos, el daño ambiental y la fragilidad de los ecosistemas, así como las posibilidades de resistir y superar la emergencia por falta de agua (nivel de resiliencia). En particular, la sequía ocasiona en muchos casos la movilización *masiva* de la población en busca de condiciones que le permitan sostener o mejorar su nivel de vida. Con frecuencia, estos cambios se hacen hacia las grandes ciudades o hacia las fronteras internacionales, lo cual no implica la solución del problema, sino su traslado hacia otros lugares y, en muchos casos, con inconvenientes adicionales.

Un objetivo adicional de la asignación, no siempre apreciado como tal o en toda su dimensión, debe ser propiciar que la población permanezca arraigada en su lugar de origen. Ello implica la necesidad de que el agua disponible y asignada tenga la productividad mínima para mantener el empleo y la actividad económica. En este proceso, además del carácter eminentemente técnico, también debe contemplarse al *carácter social* que adquiere el agua en estos casos y que se refleja en lograr la justicia social, la equidad, y la eficiencia, vista esta última como el conjunto de indicadores del buen uso del recurso (Collado, 1998).

En la asignación del agua debe tenerse presente la opinión y participación de las diversas dependencias e instituciones relacionadas o responsables de la administración del recurso en todos los niveles de gobierno, y conciliar los intereses de los distintos usuarios para encontrar el punto de acuerdo entre ellos, sobre todo cuando la cuenca es compleja y existen múltiples usuarios muy distribuidos espacialmente. Más todavía, este aspecto adquiere especial importancia cuando la cuenca es o forma parte de un complejo fisiográfico internacional, cuando las cuencas son compartidas entre países y están sujetas a tratados internacionales respecto del agua.

De esta manera, definir la mitigación del déficit se convierte, en cierto modo, en una negociación entre la oferta y la demanda en el ámbito de las fuentes de abastecimiento y de existencia total, y se busca un balance en el que se minimicen los daños y se obtenga el máximo beneficio económico, técnico, ambiental y social del agua.

Ante la sequía, lo usual es que el sector agrícola sea el primero en sufrir las consecuencias; es el primer sector al que se le recorta la asignación. Esto lleva a restric-

ciones que se traducen en disminución de superficies de riego o de láminas, a cambios de cultivos por los que requieran menor cantidad de agua o de menor ciclo vegetativo, o los que tengan mayor valor comercial, o los que tengan más beneficio social, como la generación de empleos directos e indirectos. Cada sistema o distrito de riego, como máximo órgano de gestión del sistema en su jurisdicción, debe acatar la proporción de déficit que haya resultado de este balance y con ello proceder a sus programas de uso del agua.

Análogamente, los demás sectores también tendrán una reducción en sus asignaciones de volúmenes, absorbiendo una parte del déficit, que deberá estar de acuerdo con su vulnerabilidad y las opciones o alternativas que tenga para cumplir con sus metas y compromisos (Velasco y Collado, 1998b).

En la mayoría de los casos, el sector ambiental es el que resulta más afectado, ya que según aumente la gravedad de la sequía, puede llegar a tener asignación nula antes que los demás sectores; es el gran ausente, pues carece de voz y voto. Esto es comprensible, pero no aceptable, pues preservar las condiciones naturales de flora y fauna tiene un alto valor en términos ecológicos y paisajísticos. Si estos factores se alteran más allá de cierto nivel, es alto el riesgo de desaparición de especies y cambios drásticos e irreversibles en el entorno natural. Para ello, cumplir y hacer cumplir los ordenamientos vigentes será de especial importancia, y los grupos ecológicos y asociaciones no gubernamentales deben desempeñar un papel preponderante para hacer valer el derecho que asiste al sector ambiental como medio y sostén de todo el entorno natural.

La mitigación del déficit hídrico involucra la participación de instituciones y representantes sectoriales de primer nivel. Por tanto, la asignación de volúmenes se hace *en bloque*: cantidades volumétricas tales que su distribución en el tiempo de las fuentes de abastecimiento esté plasmada en un programa de extracciones, tanto mejor si son cantidades óptimas, y así se tendrá una buena política de operación del embalse o acuífero o ambos, según sea el caso. Esto es especialmente importante ya que, como indican ciertos estudios y autores (Martínez, 2001, por ejemplo), los datos en las tendencias hidrológicas y ambientales más actuales revelan que, en un futuro cercano, algunas regiones de México, en particular, y de América Latina, en general, podrían enfrentar un estrés hídrico muy alto, y se estima que

las condiciones podrían ser semejantes a las imperantes últimamente en el norte de África y en el Medio Oriente. El estrés hídrico es la relación entre las extracciones y la capacidad total de las fuentes renovables en una cuenca determinada, y es muy alto si se usa más de 80% de los recursos disponibles, ya que ello aumenta significativamente la vulnerabilidad del área y pone en alto riesgo la infraestructura física y la estabilidad social y económica.

Aun cuando es un hecho que, en situaciones de estrés hídrico, disponer de agua subterránea significa un valioso alivio —“el agua subterránea continúa siendo la más efectiva respuesta unitaria contra la sequía” (Brumbaugh *et al.*, 1994, citado por Sumpsi *et al.*, 1998)—, debe tenerse siempre presente que los acuíferos son una fuente *no renovable* a corto plazo y que su uso excesivo conduce inexorablemente a situaciones de mayor riesgo. Aunque momentáneamente esta agua es la solución al problema, una penosa realidad a un futuro inmediato o mediano es que el uso, sin suficiente planeación, de las aguas subterráneas sólo agrava los problemas de disponibilidad, tanto por cantidad y calidad como por costo (Moore *et al.*, 1995). Las técnicas de recarga artificial, aunque bien estudiadas y técnicamente viables, en general se vuelven tan lejanas y poco factibles, que los acuíferos están sufriendo un progresivo deterioro en el que no se avizoran remedios prácticos que les devuelvan sus características de origen y, por ello, parecen estar condenados a su degradación total.

La segunda fase en el proceso de asignación de volúmenes disponibles corresponde a cada uso o sector hacia sus propios usuarios. Ésta es probablemente la parte más difícil, ya que es donde se asigna a cada usuario el volumen que dejará de suministrársele y, en consecuencia, los efectos que ello tendrá en su bienestar y su economía.

De estas consideraciones, cada vez adquiere mayor certeza el principio de considerar el agua como un bien económico, lo que exige evaluar la demanda económica para los distintos usos: no se deben realizar estimaciones de las necesidades futuras de agua sobre la base de determinados escenarios de crecimiento sin tener en cuenta el valor económico del agua en los distintos sectores (Sumpsi *et al.*, 1998). No obstante, la atribución de un valor monetario al agua es un tópico muy complejo, ya que dicho valor depende de las características y situación del recurso:

régimen de propiedad, volumen, calidad, potencial energético, posibilidades de control y regulación, etc., que son elementos que varían en tiempo y espacio. Sin embargo, es un hecho que, ante escasez extraordinaria derivada de una sequía, aumenta el valor relativo del agua, lo cual se refleja en el incremento de su costo de oportunidad y, con ello, también el de su valor intrínseco.

La gestión de los sistemas de uso del agua está evolucionando continuamente y la participación directa y activa de los propios usuarios le está confiriendo características de *bien social* que, en otras condiciones, no le son comunes: su valor económico y de mercado, las opciones de transferirla y utilizarla en los usos que se consideren más eficientes o utilitarios y otras variantes como conferir el costo de oportunidad, más alto en la medida en que es más escaso. De esta manera, cuanto mayores sean las restricciones y el déficit hídrico, más se incrementa el valor intrínseco del agua. Esto propicia, a su vez, que la gestión mejore y evolucionen las formas y criterios de uso y manejo, incluidas desde luego las opciones de mejora tecnológica.

En suma, ante una condición de insuficiencia hídrica derivada de una sequía, si no se hacen cambios profundos en la gestión del agua, la viabilidad de desarrollo sustentable estará seriamente comprometida. Para tener una visión global del agua en el ámbito regional o de cuenca hidrológica y, por supuesto, en el ámbito sectorial, se requieren cinco condiciones mínimas y básicas por cumplir (Martínez, 2001), a saber:

1. involucrar a todos los actores en la toma de decisiones;
2. avanzar hacia el pago del costo total de los servicios;
3. incrementar el gasto en ciencia e innovación para el agua;
4. cooperación en cuencas internacionales o compartidas;
5. incremento masivo de la inversión en agua.

Estos principios deben converger hacia el *pensamiento sistémico*, en el que la gestión integral del agua se entiende como el aprovechamiento del recurso, y considera, además, los otros factores que inciden en el proceso, como son los ambientales, sociales, legales, etc. En consecuencia, y aún más importante, esto de-

be producir el cambio de la aceptación teórica a la adopción práctica: la *goberabilidad*.

Una estrategia viable, quizá la más efectiva para inducir la conservación del agua, es la actualización tarifaria periódica a niveles de costo de oportunidad y, en complemento, la dotación a los usuarios finales mediante un esquema volumétrico anual. La facturación del agua por volumen entregado y consumido suele reflejar, además del costo por suministro, los adicionales como el costo de depuración de los efluentes, y el resultado es que el ahorro del agua se traduce en una reducción de los costos. Dicho en otros términos, la escasez y el consecuente incremento de su valor relativo (Mankiw, 1999) han constituido el principal motor del desarrollo de las técnicas ahorradoras de agua.

La actual tendencia a cobrar el servicio de suministro de agua de manera volumétrica es quizá la mejor opción y, cuando se aplica a todos los usuarios del mismo sector la misma *dotación*, entonces todos pagarán la misma cantidad por el mismo volumen, y lo limitado de la dotación los impulsa a mejorar el uso para obtener el mayor beneficio; esto se traduce en la mejora tecnológica o en las opciones económicas de mercado. La eficacia dependerá, por tanto, del nivel tecnológico del usuario. Sobre esta base de dotación, cuando los volúmenes son tan bajos que resultan poco atractivos para el uso individual es cuando, por el alto valor intrínseco que adquiere el agua, surge y toma auge la economía del agua (Sumpsi *et al.*, 1998).

Los mercados de agua tienen ciertas ventajas para mitigar los efectos de la sequía, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- son una alternativa para evitar la construcción de costosas obras hidráulicas, cuyo uso sólo sería en temporadas de sequía;
- son una buena alternativa estratégica para que los organismos públicos responsables del manejo y administración de las cuencas recuperen u obtengan recursos hídricos que se destinen a fines ecológicos y ambientales, por ejemplo, para la recarga de los acuíferos;
- promueven el desarrollo de los cultivos menos demandantes de agua y más productivos;
- impulsan la modernización de las zonas de riego, ya que los usuarios pue-

den financiar las inversiones para modernizar sus riegos con los ingresos derivados de la venta de agua;

- permiten adaptar la gestión del agua a la evolución de las sociedades donde el sector agrícola pierde fuerza en favor de los usos no agrícolas.

Sin embargo, el mercado de agua tiene algunas desventajas que es preciso tener presentes:

- autorizar que los usuarios transmitan y comercien con sus derechos de agua puede producir impactos negativos en las economías rurales, además del riesgo de que la autoridad pierda el control de la gestión del recurso hídrico;
- la idiosincrasia local puede enturbiar la imagen de los usuarios que trafican con sus derechos y poner en tela de juicio la transparencia de la cesión de recursos hídricos vitales para la comunidad;
- si el marco regulatorio legal no es firme, la seguridad y protección para los pequeños titulares de los derechos son laxas y se genera el riesgo de monopolio;
- las transacciones fuera del sector que no cumplan con el pago de las obligaciones derivadas del uso original del agua son un riesgo para la viabilidad técnica y económica del usuario o sector cedente, lo que incrementa los costos de gestión.


La incertidumbre en la lluvia y en la garantía de suministro de volúmenes que satisfagan las necesidades de los diversos sectores usuarios en general, aunada a las grandes variaciones físicas, demográficas, estructurales y socioeconómicas entre regiones y cuencas, hace imposible formular un plan general de gestión de los recursos que contemple todos los casos. Por ello, un plan para enfrentar la sequía debe ser a la medida y tener la suficiente flexibilidad para adaptarlo a las diversas situaciones que progresivamente se pueden presentar en una cuenca o región. De otra manera, se vuelve más real el riesgo latente de que nuestras cuencas, nuestros países y nuestro planeta se conviertan en el Último Oasis (Postel, 1992).

CONCLUSIONES

La sequía es un fenómeno natural errático, inevitable, poco predecible, progresivo y a menudo catastrófico; la complejidad de sus causas, poco entendidas, está presente en la alteración de los patrones de circulación atmosférica; ocurre o puede ocurrir en cualquier lugar y en cualquier tiempo.

La mejor manera de afrontar sus efectos consiste en medidas previsoras, por lo que un plan para afrontar las sequías es una estrategia integral de interacciones coordinadas, cuyo objetivo es mitigar el impacto a través de procedimientos adecuados que tiendan a mejorar el uso del agua. Para ello, es esencial establecer prioridades y asignar sectorialmente volúmenes de agua basándose en criterios de igualdad, equidad y eficiencia, así como impulsar la participación social para asumir la parte de responsabilidad que le compete. Según este enfoque, la gestión integral del recurso hídrico es el camino a seguir para lograr que se mitigue el impacto de la sequía; ello implica que, en complemento con las medidas estructurales para afrontar el problema, las medidas no estructurales son las que tienen un papel decisivo.

La evolución de las estrategias y mecanismos de gestión que surgen en torno a la compleja problemática del agua, como son los *mercados del agua*, significan posibilidades dignas de explorarse por la potencialidad que tienen para aportar las soluciones requeridas. No obstante, es necesario que estén adecuadamente regulados en términos de las leyes vigentes, y la evolución legal debe ser, al menos, paralela al propio desarrollo del mercado, de tal suerte que se eviten anomalías, desequilibrios y complicaciones en la disponibilidad y valoración social del agua. Manejar el riesgo mediante planes y acciones previsoras siempre es mejor en costos, resultados y oportunidades, que soportar la crisis, cuyos resultados suelen ser pobres. Un aspecto básico es que un plan para afrontar la sequía debe ser un proceso que se incluya explícitamente en los reglamentos de operación y en la normativa de todos los sistemas de aprovechamiento del agua. Además, en conjunto, debe ser socialmente aceptable, técnicamente viable e institucionalmente operativo, así como flexible y oportuno para adaptarse a la evolución natural del fenómeno, el entorno y la sociedad. Respetar y valorar los aspectos ambientales en la asignación de volú-

menes disponibles es decisivo para la sustentabilidad ecológica, paisajística y finalmente humana: sin agua no hay vida, y el agua es cada vez más un elemento de lucha y poder; un recurso estratégico. 

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Godínez, A. (1988), “El Niño: sus efectos sobre el norte de México”, *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. XXX, núm. 100, I Época, pp. 13-23, enero-abril.
- Beran, M. A. y J. A. Rodier (1985), *Hydrological Aspects of Droughts. A Contribution to the International Hydrological Program*, Francia, FAO/UNESCO/WMO.
- Biswas, A. K. (1996), “Agua para el mundo en desarrollo en el siglo XXI: temas e implicaciones”, *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. 1, núm. 3, pp. 5-11.
- Collado, J. (1998), “Uso eficiente del agua en cuencas”, *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. XIII, núm. 1, pp. 27-49, enero-abril.
- Dziegielewsky, B., W. R. Mee y K. A. Larson (1992), “Developing a long-term Drought Plan for Phoenix”, *Management and Operations*, AWRA, vol. 84, núm. 10, pp. 46-51.
- Griffiths, J.F. (1985), *Climatología aplicada*, Cultural, México.
- Harding, B., L. Sangoyomi y E. A. Payton (1995), “Impacts of a Severe Sustained Drought on Colorado River Water Resources”, *Water Resources Bulletin*, AWRA, vol. 31, núm. 5, pp. 815-824.
- Kiros, F. G. (1991), “Economic Consequences of Drought, Crop Failure and Famine in Ethiopia, 1973-1986”, *AMBIO*, vol. 20, núm. 5, pp. 183-185.
- Krannich, R. S., S. P. Keenan, M.S. Walker y D.L. Hardesty (1995), “Social Implications of Severe Sustained Drought: Case Studies in California and Colorado”, *Water Resources Bulletin*, AWRA, vol. 31, núm. 5, pp. 851-865.
- Krinner, W. (1995), *Influencia de los aspectos de organización y gestión en la eficiencia de los sistemas de riego*, Madrid, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Jinno, K., X. Zongxue, A. Kawamura y K. Tajiri (1995), “Risk Assesment of a Water Supply System During Drought”, *Water Resources Development*, vol. 11, núm. 2, pp. 185-204.
- Managing Risk (1997), *Guide to Crop Insurance. Being Prepared*, Overland Park, KS, USA, National Crop Insurance Services.

- Mankiw, G. (1999), *Principios de economía*, México, McGrawHill.
- Martínez, P. (2001), "Paradigmas emergentes para el manejo del agua en el siglo XXI", *Ingeniería Hidráulica en México*, Conferencia Enzo Levi, vol. XVI, núm. 4, II Época, pp. 127-143, octubre-diciembre.
- Moore, J., A. Zaporozec y J. Mercer (1995), *Groundwater-A Primer*, VA, Alejandria, AGI Environmental Awareness Series: 1, American Geological Institute.
- Moreau, D. H. (1991), "A Risk-based Model for Drought Contingency Planning", *Water Resources Bulletin*, AWRA, vol. 17, núm. 4, pp. 117-123.
- NDMC (1998), "National Drought Mitigation Center", Universidad de Nebraska, sitio electrónico: www.drought.unl.edu.
- Philander, S. G. (1990), *El Niño, La Niña and the Southern Oscillation*, International Geophysics Series, vol. 46, Academic Press.
- Postel, S. (1991), *Administración del agua en épocas de escasez*, trad. de Virginia Ugalde, Jiutepec, México, IMTA, Colección Universo del Agua, Serie Agua y Ecología.
- (1992), *Last Oasis*, Nueva York, W. W. Norton, The Worldwatch Environment Alert Series.
- Sangoyomi, T. B. y B. L. Harding (1995), "Mitigating Impacts of a Severe Drought on Colorado River Water Resources", *Water Resources Bulletin*, AWRA, vol. 31, núm. 5, pp. 925-938.
- Sumpsi Viñas, J. M., A. Garrido Colmenero, M. Blanco Fonseca, C. Varela Ortega y E. Iglesias Martínez (1998), *Economía y política de gestión del agua en la agricultura*, Madrid, Mundi-Prensa.
- Velasco, I. (2002), *Plan de preparación para afrontar sequías en un distrito de riego*, tesis doctoral, UNAM-División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, México.
- Velasco, I. y J. Collado (1998a), "Elementos de planeación para afrontar sequías", XV Congreso Nacional de Hidráulica, Oaxaca, México.
- (1998b), "Causas, efectos y maneras de afrontar las sequías", *Tláloc*, AMH, año V, núm. 12, pp. 17-22.
- Wilhite, D. A. (1991), "Drought Planning: A Process for State Government", *Water Resources Bulletin*, AWRA, vol. 27, núm. 1, pp. 29-38.
- (1993), *Preparing for Drought: A Guidebook for Developing Countries*, Earth-Watch Climate Unit, UNEP, Lincoln, NE.