



Región y Sociedad

ISSN: 1870-3925

region@colson.edu.mx

El Colegio de Sonora

México

Velasco, Israel; Ochoa, Leonel; Gutiérrez, Carlos

Sequía, un problema de perspectiva y gestión

Región y Sociedad, vol. XVII, núm. 34, septiembre-diciembre, 2005, pp. 35-71

El Colegio de Sonora

Hermosillo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10203402>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Derechos reservados de El Colegio de Sonora

## Sequía, un problema de perspectiva y gestión

Israel Velasco  
Leonel Ochoa  
Carlos Gutiérrez\*

Resumen: Desde tiempos inmemoriales, la sequía y la falta de agua han sido factores determinantes del desarrollo humano; las grandes hambrunas han propiciado la movilización de pueblos completos, y en ocasiones su decadencia y desaparición; pero también, la sequía ha sido el motor del desarrollo tecnológico, al impulsar los avances científicos para mejorar la gestión y uso del agua.

En caso de sequía, los aspectos tecnológicos ingenieriles (estructurales) constituyen la fase práctica para mitigar los daños. Sin embargo, esta no es la parte más importante. Con frecuencia, las repercusiones de la sequía se deben más a la gestión, uso y manejo del agua, es decir, a la administración del recurso, que es la parte no estructural del problema. Por esto, las consecuencias del fenómeno no son desastres naturales, sino simplemente desastres inducidos por diversos factores antropogénicos, entre ellos las deficiencias en información, organización institucional y social y las estrategias adecuadas y oportunas para afrontar los embates.

\* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, C. P. 62550, Jiutepec, Morelos, México. Tel: (777) 3 29 36 00. Correos electrónicos: ivelasco@tlaloc.imta.mx lochoa@tlaloc.imta.mx cgutierr@tlaloc.imta.mx

Tener una percepción apropiada del fenómeno es quizá el primer paso, para lograr que la gestión del agua en épocas de escasez permita afrontar la sequía con más éxito, con base en una asignación apropiada del agua existente y del déficit.

*Palabras clave:* sequía, insuficiencia de agua, déficit de agua, mitigación de sequía, administración del agua.

*Abstract:* Since the beginning of history, drought and water scarcity have been decisive factors in human development; the big famines have caused entire populations mobilization, and in some cases their decadence and disappearance. Drought has frequently been also the technological development driving force, when impelling scientific progress for improving water use efficiency.

When a drought occurs, technological aspects (structural) mean the practical phase in order to mitigate the damages. However, this is not the most important fact. Frequently, drought impacts are due mostly to water administration, its usage and regulations; this is, to the resource management, which is the non-structural aspect of the problem. That is why, the consequences of the phenomenon are not natural disasters, but simply disasters induced by diverse anthropogenic factors, among which are information, institutional, and social organization deficiencies, and absence of appropriate and opportune strategies, in order to face droughts.

Having a phenomenon appropriate perception is probably the first step to achieve that water administration during shortage periods allows confronting drought successfully, based on an appropriate assignment of water availability, and water deficit.

Key words: drought, water insufficiency, water deficit, mitigation of drought, administration of the water.

## Introducción

Desde los tiempos bíblicos, la sequía ha sido un azote. “Porque se resquebrajó la tierra por no haber llovido en el país, están confusos los labradores, cubrieron sus cabezas. Aun las ciervas en los campos parían y dejaban la cría, porque no había hierba. Y los asnos monteses se ponían en las alturas, aspiraban el viento como chacales; sus ojos se ofuscaron porque no había hierba”, (Jer. 14:4-6). Interpretada como castigo divino, desde entonces los estragos por la falta de lluvia eran mayúsculos, y en su fe y sus penurias, el pueblo de Israel imploraba a Jehová por la bendición de la lluvia, fuente y sostén de la vida, y a la vez prometía enmendarse de sus faltas.

Una de las catástrofes capaz de modificar en gran escala el ambiente de una región es la falta de agua, y sus efectos más espectaculares y dramáticos se manifiestan en la alteración de las actividades económicas habituales, en el deterioro de la calidad y condiciones de vida de los habitantes y en el daño a las condiciones ambientales (flora, fauna y paisaje). Sin embargo, la complejidad del fenómeno propicia la creencia errónea de que después de una sequía severa, no ocurrirá otra igual o de proporciones mayores. Por ende, con demasiada frecuencia, sobre todo en los países menos desarrollados, no es usual prepararse para su ocurrencia futura, que será una certeza (Wilhite, 1993:17). Esta es la paradoja que hace cada vez más vulnerable a una sociedad que no genera medidas de prevención, porque no espera que suceda lo mismo o algo peor.

Al aceptar que la cantidad de agua en el tiempo es sensiblemente constante, pero que sí presenta modificaciones espaciales en cantidad y calidad, la sequía es más crítica en tanto mayor sea la demanda no suministrada o insatisfecha. En este sentido, de acuer-

do con las ideas y evidencias de que factores naturales y antropogénicos están alterando el clima —el crecimiento demográfico acelerado y su correspondiente aumento industrial, agrícola, de servicios y demás, incrementan así la demanda de agua—, esto conduce a un equilibrio cada vez más frágil en relación con la oferta, y cualquier alteración puede producir una situación de emergencia e incluso de crisis por falta de agua.

La vulnerabilidad a la sequía está en relación inversa al grado de desarrollo social y económico de las áreas afectadas: en tanto que para los países más desarrollados la sequía rara vez representa una amenaza severa, porque disponen de los medios económicos, estructurales y no estructurales para afrontarla, en los de menor desarrollo, una sequía es sinónimo de hambre, desastre y más pobreza, situaciones en las que los habitantes difícilmente pueden tener elementos para mitigar los estragos. Desde luego, existen áreas más vulnerables a la sequía, que además de definirse por su situación geográfica, están caracterizadas por la densidad demográfica y la intensidad de la actividad económica, es decir, por la relación oferta-demanda (Postel, 1991:27).

Las causas de la sequía no se conocen con precisión, pero se admite que en general se debe a alteraciones de los patrones de circulación atmosférica, que a su vez los ocasiona el calentamiento desigual de la corteza terrestre y de las masas de agua, manifestado en fenómenos como El Niño (Acosta Godínez, 1988:15; Philander, 1990:54); también la quema de combustibles fósiles, la deforestación, el cambio de uso del suelo y la actividad antropogénica en general contribuyen a la modificación de la atmósfera, y con ello de los patrones de precipitación.

### Importancia y características de la sequía

La sequía es un fenómeno complejo que resulta difícil darle un enfoque genérico, que contemple todos sus aspectos y satisfaga todas las expectativas; es más bien una particularidad del clima y

del medio ambiente, que a su vez tiene múltiples facetas, lo cual le confiere un carácter altamente relativo y elusivo (Dracup *et al.*, 1980:299). Dada la dificultad de acotar el inicio y fin del fenómeno, se le llega a considerar como un *no evento*, en el sentido clásico del término; a la fecha no existe una definición completa y del todo aceptada, pues lo complejo del fenómeno no lo permite (Velasco, 2002:13).

En general, es difícil afirmar si ante una condición dada de ausencia de lluvias se trata de una sequía o de un simple retraso; por ello, indicar con certeza cuándo empieza una sequía es de lo más incierto, pues al fenómeno se le reconoce más por los efectos que por sí mismo; el fin de la sequía es más reconocible por la ocurrencia de las lluvias en cantidad que satisfagan las necesidades (Palmer, 1965:11), por la vuelta a la normalidad.

De acuerdo con la figura 1, la duración (D) de la sequía está en función, entre otros factores, del llamado *nivel de truncamiento* ( $X_0$ ), referencia a partir de la cual los valores menores representan una deficiencia y probablemente una sequía, medida en términos de la cantidad de lluvia, escurrimiento, etcétera. Otros dos parámetros importantes del fenómeno son la severidad (S) y la magnitud o intensidad (I); el primero se refiere al déficit acumulado en todo el periodo, y el segundo al déficit por unidad de tiempo (meses o años); además, la sequía es un fenómeno que abarca amplias extensiones espaciales, sin una dirección o trayectoria definida y sin epicentro.

La relatividad de la sequía depende del enfoque a partir del cual se aprecie y se midan sus efectos. Así, pueden distinguirse en una primera aproximación, los tipos de sequía siguientes:

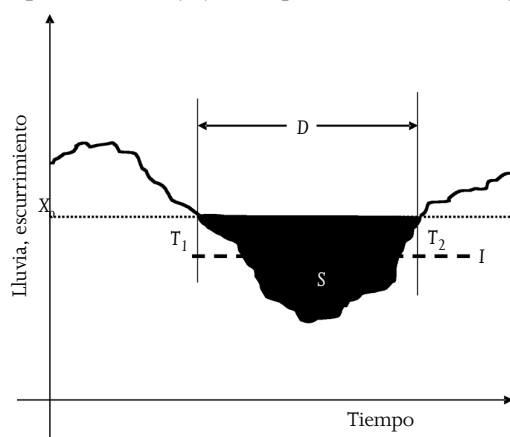
#### *Meteorológica*

La de duración más corta, caracterizada por la ausencia de lluvias en no más de unas pocas semanas. Entre las consecuencias ambientales están las temperaturas altas, humedad baja en el ambiente y vientos fuertes; en general, sus efectos se manifiestan en malestar

corporal, y puede producir daños a la salud. Es la anomalía de la lluvia a la baja, en periodos que normalmente serían lluviosos.

Figura 1

Parámetros básicos de la sequía: duración ( $D$ ), intensidad ( $I$ ), severidad ( $S$ ), umbral, nivel de truncamiento o nivel de referencia ( $X_0$ ), tiempo de inicio ( $T_1$ ), tiempo de terminación ( $T_2$ )



Fuente: adaptado de Velasco (2002:13).

#### Agrícola

De carácter estacional, relativo a la duración del desarrollo fenológico de los cultivos. Se caracteriza por humedad insuficiente en forma natural en el suelo, que se manifiesta por desarrollo vegetativo menor o nulo, y por ende, en bajas en los rendimientos. El carácter estacional no es que dure una estación determinada, sino que se presente en un periodo que se esperaría fuera lluvioso. Las áreas de temporal o secano, que dependen de la lluvia, son las que

resienten más esta faceta de la sequía, la que aun moderada puede tener efectos severos en las actividades agrícolas, ya que si ocurre en periodos tempranos, afecta la fase de siembra, y en etapas avanzadas puede disminuir drásticamente la densidad de los cultivos y su rendimiento. Este tipo de sequía es uno de los más sensibles, y afecta a los sectores vulnerables, pues la inoportunidad de la lluvia puede significar un año completo sin producción agrícola, tanto comercial como de autoconsumo, lo que se traduce en los consecuentes problemas sociales y económicos de la población dependiente de este sector. Esta sequía puede catalogarse como de duración media o de mediano plazo.

#### *Hidrológica*

De largo plazo, que puede extenderse por varios años; caracterizada por una baja perceptible en caudal o volumen en los niveles de ríos, presas y acuíferos. La reducción de lluvia ocasiona la disminución de los escurrimientos, lo cual provoca descenso de nivel y volumen en los cuerpos receptores, incluso hasta situaciones críticas en las que las presas y lagos se sequen, así como que el nivel de los acuíferos disminuya sensiblemente. Esta sequía, por su persistencia, puede causar daños severos a la población, ya que los efectos y la recuperación son a largo plazo y afectan a los sectores sociales y económicos más desarrollados o que han hecho grandes inversiones, que en esta situación permanecen ociosas y se deterioran sin remedio. Con mayor razón, también afecta severamente a los pequeños productores y usuarios del agua, dada su menor capacidad de resistir la emergencia.

#### *Económica*

Es la relacionada con los efectos de pérdida de ingreso y productividad en aquellas actividades cuyo insumo es el agua. Es la afectada directamente por el grado de dependencia del recurso en tiempo y volumen, de las necesidades mínimas a satisfacer, de su importan-

cia como insumo en los procesos productivos, etcétera. El deterioro por subutilización del aparato productivo ocasiona disminución o pérdida de ingresos y empleos, así como carestía de los productos, todo lo cual tiene un efecto social inmediato. La economía, entendida como el flujo de recursos económicos, la producción de bienes y servicios, la creación y permanencia de empleos y la estabilidad y desarrollo social es probablemente donde el impacto de la sequía es más acusado y severo, ya que afecta a todos los sectores sociales y productivos, y la vulnerabilidad es mayor en cuanto menor es la capacidad de resistencia de los afectados, entendida ésta como las opciones o alternativas que les permitan sostener el ingreso utilizando el agua de manera diferente.

Además, todo tipo de sequía produce consecuencias *ambientales* de leves a severas, que afectan las condiciones naturales bióticas y del paisaje, y que en general se manifiestan por la disminución sensible en flora y fauna. Esta alteración por sí sola es factor detonante de la desertización, y combinada con la actividad humana produce fenómenos prácticamente irreversibles, y que pueden tener consecuencias catastróficas para la sociedad y el ambiente. La presencia de la sequía es determinante en la ocurrencia de los incendios forestales, con todo el daño ambiental que éstos representan por la contaminación y la larga recuperación a las condiciones originales.

En última instancia, los efectos de la sequía tienen manifestaciones y repercusiones *sociales*, la gravedad del fenómeno se aprecia tanto en consecuencias mínimas fácilmente superables, como en casos extremos, grandes hambrunas y muerte masiva por desnutrición y sed; pérdida de empleos y poder adquisitivo, carestía de productos y servicios, migración del campo a las ciudades, abandono y deterioro del campo y aumento de la pobreza son entre otras, las consecuencias comunes de la sequía, cuyos efectos son más devastadores que otros fenómenos naturales, y la recuperación es lenta, larga y costosa.

En México, la insuficiencia de agua es factor decisivo para que los habitantes abandonen poblados y regiones completas en etapa productiva, y busquen oportunidades en otros lados, ya sea en las

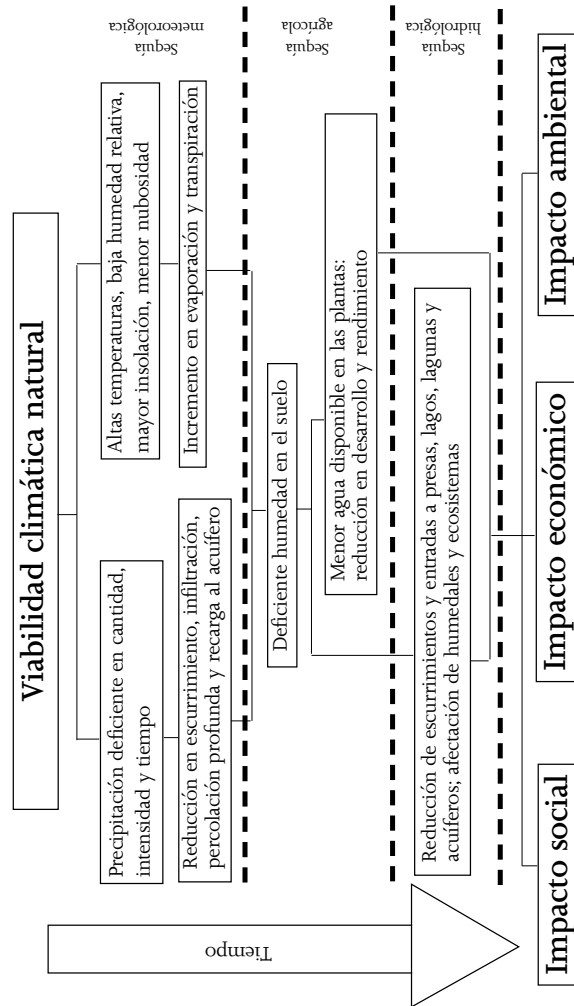
grandes ciudades o en el extranjero, situaciones que potencian los efectos sociales del fenómeno. Los pueblos fantasma, donde en el mejor de los casos quedan mujeres, niños y viejos, que viven de lo escaso que produce la tierra y de lo que reciben de los hombres y mujeres que han emigrado, son una prueba patente y patética de los alcances y del impacto de la sequía. Ahí existe desnutrición y abandono, que afecta sobre todo a la población infantil y senil. En naciones menos favorecidas, la muerte por inanición es una situación común, que se agrava por problemas políticos, guerras, etcétera.

Dada la relatividad del fenómeno, la sequía puede existir en una condición específica o desde un punto de vista para algunos sectores, y no para otros, cuyas condiciones de uso y demanda sean diferentes; por ejemplo, mientras el sector agrícola puede tener severas restricciones en los volúmenes asignados en un periodo determinado, el sector industrial, de menor consumo, puede no tener problemas para disponer de las cantidades necesarias. Abundan las definiciones del fenómeno y de conceptos asociados (WMO, 1975:8), muchos de ellos generados por diversos autores en tiempos y lugares diferentes, pero la mayoría tienen validez sólo para condiciones locales o específicas, y se salen de contexto cuando se trata de aplicarlas a situaciones diferentes; las relaciones cualitativas entre los diversos tipos de sequía se muestran en la figura 2, en donde la variable 'tiempo de duración' es determinante (Velasco y Collado, 1998a:18).

## Enfoques de apreciación

Para evitar confusiones en cuanto al significado del fenómeno, conviene considerar la siguiente reflexión: aunque el término *sequía* describe una amplia gama de situaciones cuyo factor común es la presencia de agua en cantidades menores a lo "normal", debe tenerse presente que la sequía, como tal, es uno más de los múltiples componentes climáticos naturales, que se presenta o puede

Figura 2  
Interrelaciones entre los diversos tipos de sequía, principalmente en función del tiempo



Fuente: adaptado de Velasco (2002:14).

hacerlo en cualquier tiempo y lugar, llevando consigo la alteración de las condiciones habituales medias. Una de las consecuencias más evidentes y potencialmente desastrosas de la sequía es el *déficit de agua*, un factor totalmente artificial, antropogénico, producto y efecto de las actividades humanas.

Ambos términos se emplean, con frecuencia, como sinónimos. Pero un análisis más detallado conduce a establecer que son fenómenos completamente diferentes, al menos en su origen (Klemes, 1973:12), aunque la diferencia es sutil. La sequía siempre ha existido, y se estima que, por ejemplo, en Estados Unidos (EU), en cualquier tiempo hay una región severamente afectada o con algún grado apreciable de gravedad (NDMC, 2005:2), y más cierto aun considerando el mundo en su conjunto. En cambio, el déficit puede o no existir y hasta podría decirse que no siempre ha existido, pues sólo es función de los grupos y sociedades humanas, de su grado de desarrollo y de la demanda de agua no satisfecha.

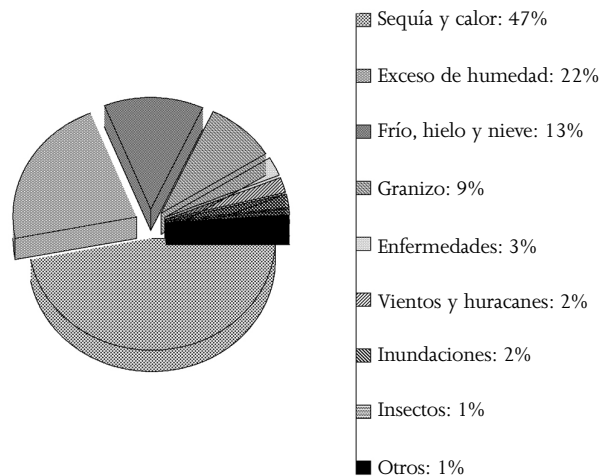
Más todavía, sequía es la insuficiencia temporal de agua, y es diferente a la *aridez*, que implica un estado permanente de falta del recurso. Si las áreas desérticas y semidesérticas de por sí ya tienen un déficit hídrico, ello las hace más vulnerables a la ocurrencia de la sequía. Este factor hace que México en su conjunto, y en particular la parte norte, la más desarrollada en los sectores agrícola e industrial, sufra severos desequilibrios ante el ataque del fenómeno. Del mismo modo, la llamada “canícula” o sequía interestival, así como los típicos periodos “de secas o estiajes”, que ocurren en el país de noviembre a mayo, de forma periódica, tampoco son sequías en el sentido estricto del término, ya que su presencia es esperada en forma normal. En síntesis, la sequía existe cuando, debiendo haber agua no la hay o es insuficiente; en su manifestación más clara y objetiva: cuando no llueve en periodos en que se espera lluvia, porque el comportamiento histórico así lo indica.

La sequía es un fenómeno poco espectacular, y quizá por esto no llama mucho la atención y se tiende a subestimar. Por ello, es común la tendencia a menospreciar su presencia, esperando que sea algo de corta duración y sin mayores incidentes. No obstante,

de acuerdo con evaluaciones de los daños y pérdidas que provoca, sobre todo cuando se prolonga por mucho tiempo (más de dos años), y se combina con temperaturas altas, vistos en conjunto y en relación con la agricultura, son por lo general mayores a cualquier otro fenómeno natural como huracanes, granizadas, heladas, plagas, etcétera (Managing Risk, 1997:2), y se estima que puede alcanzar una proporción hasta de 47 por ciento del total de pérdidas en valor de las cosechas causadas por fenómenos naturales (véase figura 3), en el país más desarrollado del mundo. De aquí que si la producción primaria de alimentos se ve afectada en estas proporciones, y si la región tiene una alta dependencia de este sector, los efectos negativos sean también severos.

Figura 3

Proporción estimada de pérdidas en los cultivos,  
por diversos fenómenos naturales, en Estados Unidos



Fuente: adaptado de Managing Risk (1997:2).

México, como país donde la agricultura es una fuente importante de empleo y de ingreso económico, y es alta la dependencia de las actividades agrícolas, tanto de riego como de temporal, la vulnerabilidad de este sector implica un alto riesgo ante la presencia de las sequías que han asolado grandes extensiones y propiciado severos desajustes a la economía regional y nacional. También influye en este hecho la variedad fisiográfica y climática del país, así como su situación geográfica, que hacen que gran parte de la superficie tenga características áridas y semiáridas, por situarse en la franja desértica del hemisferio norte, y por lo cual la vulnerabilidad natural también es alta, además de la mayor recurrencia y persistencia del fenómeno, presumiblemente por efectos de la actividad humana adicionales a los naturales. Así, no es nada raro observar en extensas áreas del altiplano mexicano que sistemas completos de producción, antaño fértiles y fuente de la estabilidad social y económica local, ahora son eriales abandonados y en decadencia.

### Principales efectos del déficit de agua

El riesgo 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, 1993:16):

**Riesgo natural (hazard):** el intrínseco a la marcha o cambio climáticos, pero que ocurre sin intervención ni control humano, y sí tiene un efecto directo cuantificable en los sistemas humanos.

**Vulnerabilidad:** comprende los factores sociales, como la población y sus actividades, así como las características ambientales susceptibles a las condiciones adversas de la sequía. La vulnerabilidad está determinada por la habilidad para anticiparse, resistir y recobrase de la presencia de la sequía.

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

Los impactos de primer orden se limitan a los biológicos, daños en plantas y animales, mientras que los de orden superior se asocian con el perjuicio socioeconómico, los grados de responsabilidad y los cambios o efectos a largo plazo. Según los rubros de daño, pueden clasificarse en: *económicos, ambientales y sociales*.

*Económicos:*

- Pérdida de producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera.
- Recesión en la tasa de crecimiento económico regional.
- Pérdida de ingreso de productores, comerciantes, transportistas, etcétera.
- Aumento en la demanda de energía.
- Decremento en industrias y actividades asociadas o dependientes.
- Desempleo y tirantez de créditos y actividad bancaria; menor flujo de activos.
- Disminución de ingresos y beneficios 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 áreas urbanas o al extranjero.

Aunque paradójico, durante una sequía también hay sectores, empresas e individuos para quienes el fenómeno significa ganancias; es decir, no todo son pérdidas ni efectos negativos. Entre los sectores que pueden obtener beneficios figuran (NDMC, 2005:4):

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

El desarrollo de la tecnología, en general, es más acelerado y vigoroso, impulsado por la necesidad de aprovechar mejor la poca agua disponible: la sequía es el gran motor del desarrollo tecnológico.

## Elementos de análisis

El análisis de las sequías se puede enmarcar en cuatro aspectos principales (Goldman, 1985:49):

- Determinación de la naturaleza del déficit de agua, es decir, qué tipo de sequía se requiere analizar y los elementos o información disponibles y necesarios.

- Identificar el tiempo y periodos de análisis, es decir, de acuerdo con el tipo de sequía, éstos pueden ser diarios, semanales, mensuales, estacionales, anuales, etcétera.
- Establecer un nivel de truncamiento ( $X_0$ ) acorde con los dos puntos anteriores, que refleje la realidad de la demanda respecto a los suministros disponibles. Este  $X_0$  es la referencia que distingue los eventos altos (excesos) de los bajos (sequías), también conocido como *umbral* o *nivel de referencia* (véase la figura 1).
- Estimar el alcance regional del fenómeno, ya que por lo general la sequía abarca grandes áreas geográficas, y el análisis de unos pocos sitios puede ser insuficiente para apreciar su dimensión real.

Las sequías y los sistemas de uso del agua han adquirido importancia como fenómenos que requieren análisis detallados, en la medida en que las primeras se han vuelto más catastróficas y más vulnerables los segundos. Aunque no hay certezas definitivas en su tratamiento, sí se han obtenido avances importantes que permiten conceptualizar y abstraer el problema; ello ha llevado a generar métodos e índices que de alguna manera pretenden caracterizar el fenómeno desde diversas perspectivas. Así, se han producido indicadores relacionados sólo con la lluvia, con la lluvia y la temperatura, con el agua en el suelo y las características de los cultivos, con los índices climáticos y la evapotranspiración, etcétera (WMO, 1975:25).

Analizar la sequía desde diversos puntos de vista, resulta ser otro enfoque interesante y útil de visualizar, según quien lo haga:

El *usuario* del agua preocupado por obtener la cantidad suficiente y oportuna del recurso para cumplir sus metas de producción y mantener su ingreso, así como proteger las inversiones y la planta productiva, ya sea industrial, agrícola, de servicios, etcétera. En condiciones de escasez, la primera reacción es lograr la cantidad suficiente para sus intereses, aun a costa de los demás, con lo cual se generan los conflictos. Después, ante el avance del fenómeno, buscará maneras de ser más eficiente y de participar en la búsqueda

da de soluciones comunes. A final de cuentas, es quien más resiente el ataque del fenómeno, y a quien conviene mejorar sus perspectivas de uso del recurso ante situaciones de escasez, buscando alternativas que mitiguen el impacto.

Al *administrador u operador* de sistemas hidráulicos le preocupa que los volúmenes disponibles sean suficientes para suplir los requerimientos mínimos de sus usuarios, y que no haya situaciones en las que no pueda cumplir con una demanda mínima, y con ello se generen los consabidos conflictos entre usos y usuarios. Su visión es práctica y se apega al buen juicio y al sentido común, a través de soluciones técnicas viables y aceptables en los ámbitos social político y económicamente factibles. Para él, la planeación a mediano y largo plazos, mediante criterios y métodos fundamentados y congruentes, es la mejor opción sobre la cual diseñar y aplicar estrategias que sostengan la funcionalidad del sistema.

El *investigador científico* ve en la ocurrencia de la sequía la oportunidad de estudiar sus causas, efectos y particularidades, desde una perspectiva objetiva y rigurosamente científica e imparcial, con la aplicación de metodologías fundamentadas y consistentes. Con ello pretende probar teorías y aportar explicaciones plausibles del fenómeno y elementos de juicio, que apoyen las decisiones a tomar tanto por usuarios como por administradores del recurso. Sus métodos ayudan al mejoramiento de la planeación y, desde un enfoque imparcial y objetivo, permiten buscar y encontrar soluciones aceptables y viables ante situaciones de severidad y riesgo crecientes.

También existen diferencias sutiles en la apreciación del fenómeno según el ambiente en que se vive y la estrechez o cercanía en la relación con el agua. Entre los habitantes rurales y urbanos, estas diferencias de visión también contribuyen a la complejidad en el entendimiento de la sequía, restándole objetividad a su tratamiento. Para los primeros es preocupante ver un cielo sin nubes cuando es tiempo de que llueva, ya que la humedad insuficiente les impide sembrar o ven sus plantas y animales con sed; a partir de estos factores hacen su pronóstico de que será una temporada difi-

cil. Para ellos, la lluvia es una bendición esperada con anhelo, sobre todo si no disponen de riego artificial, ya que de ello depende su actividad, ingresos y bienestar. Un año lluvioso significa cosechas abundantes, mayores ingresos y bienestar, progreso y estabilidad. Uno o más años secos implica carestía, hambre, falta de ingresos, abandono del campo y más pobreza.

Los habitantes de la ciudad, usuarios comunes de agua potable a través de una toma domiciliaria, en general son menos sensibles al fenómeno, sobre todo si no han tenido una relación directa con el ambiente rural. Comienzan a preocuparse cuando al abrir la llave del agua de su casa ven que no sale o que es muy poca; para cuando esto sucede, lo más probable es que ya la sequía está en una fase avanzada. Para ellos la lluvia es una molestia porque interfiere con sus actividades. El problema de la falta de agua lo ven como algo que debería solucionar “el gobierno”: encharcamientos, inundaciones, falta de pavimento, congestionamiento del tráfico. Igualmente molesto les resulta no poder lavar con manguera sus autos y banquetas, regar sus jardines, y sobre todo tener que limitarse a usar menos agua, cuando el sentimiento e idea es que deben disponer de cuanta necesiten, puesto que “la pagan”. Por lo general, no existe conocimiento suficiente del esfuerzo y costo que implica llevar el agua hasta la llave, lo que redundaría en que no se tenga mucho cuidado en su uso y preservación.

Los usuarios domésticos de agua de las ciudades mexicanas no perciben la sequía, a menos que sea muy prolongada e intensa; están acostumbrados a la escasez; de ahí el uso de cisternas y tinacos; entre otras causas, esto se debe a la gestión deficiente del organismo operador del sistema de abastecimiento. En condiciones de sequía, el organismo operador interrumpe con mayor frecuencia el servicio y reduce las horas de suministro. Sin embargo, una práctica mejor es recurrir al racionamiento de agua (Lund y Reed, 1995:430); fijar consumos, incrementar el precio, restringir los usos no elementales y asignar créditos a los ahorradores de agua.

Estas alternativas sólo son útiles en sistemas de agua potable de alto rendimiento hidráulico, modernos y con un conocimiento

detallado de sus consumos y suministros. Por ejemplo, en Monterrey, Nuevo León, con una red de distribución de 6 580 kilómetros, 724 mil tomas domiciliarias y un suministro de 870 mil metros cúbicos diarios, gracias a sus programas de desarrollo tecnológico, medición de agua a 100 por ciento y cultura del agua, ha alcanzado una eficiencia física de 70 por ciento, mantiene consumos unitarios medios de 181 litros/habitante/día (l/h/d), además de suministrar el agua en forma continua las 24 horas (Ochoa, 2001:51). En cambio, en Hermosillo, Sonora, que cuenta con una red de 1 650 kilómetros, con 165 mil tomas domiciliarias, con sólo 40 por ciento de medición y sin programas de ahorro de agua, tiene una eficiencia física de 61 por ciento, un consumo unitario medio de 216 l/h/d y el suministro es totalmente discontinuo. Como referencia, en México los valores son 62 por ciento y 200 l/h/d.

Así, un sistema moderno de agua potable debe suministrarla sin interrupción, en calidad y cantidad, y a la presión requerida. Durante la sequía es imprescindible el control del agua disponible, a través de un plan estratégico de gestión (AWWA, 1992:86).

Para mitigar el impacto, el análisis de la sequía debe basarse en encontrar fundamentos, criterios y estrategias que pretendan dar respuesta a algunas cuestiones primarias (Velasco, 2002:34; Velasco y Collado, 1998:20):

En el presente ¿existe un estado de sequía, o está por iniciarse?

Si la sequía existe actualmente, ¿cuál es su severidad, magnitud y tiempo esperado de duración, y los efectos esperados o previsibles?

Si la sequía existe o está iniciando y se pueden estimar sus características, ¿qué se puede y debe hacer?, ¿cuáles son las estrategias y acciones más adecuadas para que el impacto sea mínimo?, ¿existen condiciones para soportar un largo periodo de escasez, y cuál sería el costo de ello en términos sociales, económicos y ambientales?

Es obvio que no es posible dar respuestas categóricas a las primeras dos cuestiones, ya que la elusividad del fenómeno, por su gran incertidumbre, no lo permite. La experiencia muestra que el riesgo es alto, y a menudo con resultados negativos, cuando se comprometen volúmenes más allá de lo razonable, esperando que la generosidad de la naturaleza hará el milagro. Cuando se dispone de fuentes de suministro como los embalses, es común que los usuarios prefieran utilizar el agua disponible, y arriesgarse a que en los periodos siguientes no haya agua suficiente con los efectos previsibles. En análisis estadísticos es posible demostrar que así como es más probable que a un periodo húmedo le siga otro igual, también es más probable que a uno seco le sigan otros del mismo tipo (Estrada-Lorenzo, 1994:31); dependiendo de la longitud del periodo con el mismo signo y de la magnitud absoluta del evento, es decir, el riesgo de sufrir escasez es alto si ocurre un periodo seco y se utiliza toda el agua disponible sin prever que los siguientes también lo pueden ser, y no se toman las precauciones mínimas razonables.

La incertidumbre del acontecer natural es alta y compleja, y los avances científicos y tecnológicos actuales son insuficientes para pronosticar la ocurrencia de la sequía, de tal suerte que el mecanismo más viable para afrontarla es la previsión. En general, la herramienta más utilizada en el análisis de la sequía como fenómeno natural es la estadística. La aplicación de métodos estadísticos a series de tiempo o a conjuntos de datos permite calcular la dimensión del fenómeno en términos del déficit que causa, así como la duración, severidad y magnitud relativos a un umbral determinado.

## Distribución del déficit de agua

Asignar volúmenes de agua a los diversos sectores de uso no es una tarea fácil en condiciones normales de disponibilidad, y esta complejidad aumenta considerablemente si existe escasez.

En la actualidad, ya no se trata ni se puede sólo aumentar la oferta para satisfacer la demanda. Cada vez adquiere mayor significado y dimensión el concepto “política de gestión de aguas” (Sumpsi et al., 1998:77), o bien “gestión integral de manejo del agua” (Martínez Austria, 2001:130), entendidos ambos como las actuaciones y medidas cuyo objeto es corregir los desequilibrios entre la oferta y la demanda de los recursos hídricos, tanto en los aspectos cuantitativos como cualitativos.

Las tensiones y conflictos inherentes a la falta temporal de agua son inevitables. Esto hace que el proceso de distribución del déficit hídrico sea en general arduo y complicado, ya que no es posible suministrar a todos los sectores toda el agua que requieren. Se impone entonces un procedimiento persuasivo, en el que los responsables institucionales y sectoriales del manejo del recurso actúen con toda cautela y espíritu conciliador.

El proceso básico de la asignación y distribución del agua disponible y del déficit debe ser regido por el principio de que es la demanda la que debe adaptarse a la oferta disponible, y no a la inversa. Según este enfoque, la planeación debiera hacerse con los valores mínimos de la oferta, ya sea en volúmenes almacenados o en aportaciones registradas o esperadas (Sumpsi et al., 1998:39). Ello conlleva cierta garantía (seguridad), de que al menos esos volúmenes serán entregados.

Puesto que hay diversos niveles de administración, uso y planeación del agua, también hay varios niveles de asignación de volúmenes y déficit. El reparto sectorial del agua en una cuenca es tarea de la administración institucional, que aplica criterios políticos entre grupos de usuarios de un mismo sector, un mecanismo eficiente de asignación puede ser el mercado del agua. Así, visto a gran escala, en la cuenca o región hidrológica debe haber una autoridad que defina la disponibilidad a corto y mediano plazo; la asignación del déficit debiera contemplar un periodo no mayor a un año, bajo el supuesto de que la insuficiencia es temporal, aunque al mismo tiempo debe tomar las previsiones de que la escasez se prolongue por varios periodos anuales consecutivos.

Desde luego, la prioridad sectorial debe estar actualizada y respetarse, y en ello debe considerarse la tendencia del crecimiento demográfico con sus respectivos aumentos en la demanda para uso urbano municipal y doméstico en general, sector que por ley tiene la máxima prioridad. Para este uso, sí debe preverse la disposición de volúmenes mínimos en los periodos subsecuentes, protegerlos y preservarlos.

La planeación hidráulica de largo plazo, con frecuencia, contempla horizontes de diez, veinte o más años, y está basada en *tendencias* en el consumo, usualmente crecientes, mientras que la disponibilidad en el mejor de los casos se mantiene y cada vez con mayor frecuencia, muestra signos de disminución o más variación (Velasco y Collado, 1998:22; Martínez Austria, 2001:141). Esto implica que no se contemplan con detalle los casos extremos, inundaciones y sequías, y por ende cuando se presentan no se dispone de lineamientos, reglamentos o normas sobre las cuales basar la actuación de autoridades o usuarios, o bien son insuficientes; la paradoja es que estos eventos naturales extremos no son raros, y su persistencia constituye serios obstáculos que afectan sensiblemente a los planes basados en promedios y tendencias.

Así, la planeación de largo plazo, aun hecha con las mejores herramientas e información, tiene un alto 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 planear a mediano plazo, por ejemplo a cinco años (Krinner, 1995:68), de manera tal que al fin de este periodo se puedan hacer revisiones y actualizaciones más acordes con la realidad y de mayor repercusión.

En el proceso de definir y enjuiciar una política de gestión del agua, algunos de los criterios básicos a tener presentes son (Velasco, 2002:58):

- *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*: en cuanto mayor sea la solidez jurídica en el ejercicio y disfrute del derecho, mayor será el cuidado con 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.
- *Predictibilidad en 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 justeza económica, que sobre ella tengan los diversos agentes participantes.
- *Capacidad de reflejar los valores sociales o públicos*: los que cada sociedad o comunidad construye en torno a sus recursos hídricos, y que el ignorarlos o deformarlos puede provocar un rechazo a la política de gestión que se desee implantar.

El sector doméstico-urbano es el de máxima prioridad. Los demás usos tendrán una prioridad acorde a su importancia relativa, en la que se reflejarán las condiciones socioeconómicas, el impacto de corto, mediano y largo plazos, el daño ambiental y la fragilidad de los ecosistemas y las posibilidades de resistir y superar la emergencia por falta de agua. En especial, la sequía en muchos casos ocasiona la movilización de la población más vulnerable en busca de condiciones que le permita sostener o mejorar su condición de vida. En México, con frecuencia, estos cambios se hacen hacia las grandes ciudades o las fronteras con Estados Unidos, lo cual no implica la solución del problema, sino su traslado hacia otros lugares, y en muchos casos con inconvenientes adicionales, que tienen un costo social y económico elevado: vivienda, servicios, alimentación, educación, etcétera.

Por estas razones, un objetivo adicional de la asignación, no siempre visto 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 déficit sectorial sea tal que el agua disponible y asignada tenga la productividad mínima que permita mantener el empleo y la actividad económica, de tal suerte que el agua tenga el valor social y económico para este fin.

De esta manera, es el ámbito gubernamental el responsable de asignar tanto el agua disponible como el déficit a los sectores. En este proceso, además del carácter eminentemente técnico, también debe contemplarse el *carácter social* que el agua adquiere en estos casos, y que se reflejan en el logro de la equidad, justicia social y eficiencia, vista ésta última como el conjunto de indicadores del buen uso del recurso (Collado, 1998:35).

El conjunto de funcionarios de las diversas dependencias y los representantes de los sectores usuarios del agua, además de algunos otros miembros, forman lo que se podría denominar, por ejemplo, comité para la atención de la sequía, el cual debería tener capacidad, autoridad, poder de decisión y ejecución para llevar adelante sus acuerdos.

Como es sabido, el sector agrícola es el mayor consumidor de agua, y el que paga menos por el recurso, a veces una cantidad casi simbólica, y por ello, con frecuencia, su eficiencia es baja. Estos aspectos tienden a mejorar, pero el sector sigue siendo el menos eficiente, y no porque sea malo, sino porque sus características así lo hacen, por el uso *consuntivo* del agua y aspectos asociados: evaporación, evapotranspiración, infiltración, etcétera. Los sistemas de riego modernos mejoran en mucho la eficiencia técnica, pero son costosos tanto en su implantación como en su operación, y de todos modos siempre hay una pérdida de agua. No obstante, en estos casos el agua alcanza una mayor valoración como bien económico, lo que obliga a los usuarios a cuidarla más.

Por estas razones, en situaciones de escasez, lo usual es que sea el sector agrícola el primero en sufrir las consecuencias; diríase que es el primer sector al que se puede recortar su asignación. Esto lleva

a restricciones que se traducen en disminución de superficies, de láminas o de ambos, 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 más beneficio social, como la generación de empleos directos e indirectos.

De manera semejante, a los demás sectores también se les reducirán sus asignaciones de volúmenes, absorberán así una parte del déficit, lo que deberá estar de acuerdo con su vulnerabilidad, la elasticidad en su demanda y con las opciones o alternativas que tenga, para cumplir con sus metas.

Así, el sector industrial, quizá el menos afectado, tiene que buscar opciones novedosas que le permitan mantener sus estándares de producción y calidad. El reciclado, el reuso y alternativas semejantes que incrementen la eficiencia de uso del agua son casi obligados para resistir los embates del fenómeno de la sequía. Una ventaja relativa de este sector es que, en proporción, usa menos agua y en gran parte por lo general ésta proviene del subsuelo, de manera que tiene mayor garantía de disponibilidad, aunque también es usual que su costo sea mayor. En este sentido, es posible que la industria incluso hasta se beneficie, pues tiene capacidad para obtener más agua vía compra de derechos o por el mercado del agua, en forma temporal, ya que la inversión en instalaciones, maquinaria, equipo, y los compromisos de producción sirven como estímulo para hacer lo que sea necesario con tal de tener continuidad.

El sector ganadero, en especial la ganadería extensiva, también resulta afectado por la falta de agua, ya que la disminución de las praderas naturales causa la pérdida de peso de los animales, muerte por sed o deshidratación, y en general las mermas en cantidad y calidad son considerables. La afectación puede ser de tal magnitud que las pérdidas sean cuantiosas y se requiera mucho tiempo y grandes inversiones para recuperarse (Castillo Ríos, 2001:4). Este es un sector que debería ser prioritario, digamos después del doméstico-urbano, por el riesgo de pérdida que implica. Proveer al ganado del agua y alimento mínimo necesario para su supervi-

vencia, por ejemplo en condiciones de estabulación o de concentración en áreas compactas, significa que parte de los volúmenes castigados al sector agrícola se destinen a salvar al ganadero. Para que esto tenga efectos positivos, aun en condiciones normales de disponibilidad, la carga de ganado debe estar acorde con la capacidad sustentable; es decir, el sector no puede crecer indiscriminadamente, para que en situaciones de crisis sobreviva a costa de otros sectores.

Otra opción de ayuda en estos casos es la exportación de los animales en pie hacia áreas menos afectadas, o bien a los mercados consumidores, antes de que las pérdidas sean mayúsculas. En cualquier caso, el sector ganadero también debe absorber su parte del déficit, y propiciar los cambios y estrategias para su continuidad.

El sector ambiental es quizá, y casi en la mayoría de los casos, el que resulta más afectado, ya que la asignación de agua puede ser nula, según aumente la gravedad de la insuficiencia. Esto es comprensible pero no aceptable, pues preservar las condiciones naturales de flora y fauna tiene su importancia en términos ecológicos y paisajísticos. Si estos factores se alteran más allá de cierto punto, surge el riesgo de la desaparición de especies y de cambios drásticos e irreversibles en el entorno natural. Aquí, la observancia y aplicación de las leyes vigentes son cruciales, y en ello los grupos ecologistas y las asociaciones no gubernamentales deben jugar un papel preponderante, y hacer valer el derecho que asiste al sector ambiental como medio y sostén de todo el entorno.

Esta primera parte del proceso de distribución del déficit involucra la participación de instituciones y representantes sectoriales de primer nivel. Por tanto, la asignación de volúmenes se hace *en bloque*, es decir, en cantidades volumétricas tales que su distribución en el tiempo esté plasmada en un programa de extracciones de la fuente de abastecimiento: embalse, acuífero o ambos. En complemento, no debe perderse de vista al futuro de mediano plazo, ya que el riesgo de que la insuficiencia o carencia real se prolongue puede ser elevado.

Estas asignaciones de volúmenes disponibles y de déficit se deben hacer considerando las necesidades y disponibilidades de toda la cuenca, como unidad de planeación, para obtener un balance más realista y con ello que las posibilidades de mitigación sean más factibles.

La importancia de estos conceptos es que, si como indican ciertos estudios y autores (Martínez Austria, 2001:128), las evidencias en las tendencias hidrológicas y ambientales más actuales revelan que en un futuro cercano México podría enfrentar un estrés hídrico muy alto en las cuencas de los ríos Colorado, Bravo y Lerma-Balsas, así como en la península de Baja California, el valle de México y en la región lagunera; el pronóstico es tan alarmante que consideramos que las condiciones podrían ser semejantes a las imperantes en el norte de África y en Oriente Medio. El estrés hídrico se estima como la relación entre la oferta y demanda de las fuentes renovables en una cuenca determinada, y es muy alto si se usa 80 por ciento de los recursos disponibles, lo cual aumenta significativamente la vulnerabilidad del área y pone en serio riesgo de colapso la infraestructura física y la estabilidad social y económica.

Aun cuando es un hecho que en situaciones de estrés, disponer de agua subterránea significa un alivio valioso, “el agua subterránea continúa siendo la más efectiva respuesta unitaria contra la sequía” (Brumbaugh *et al.*, 1994, citado por Sumpsi *et al.*, 1998:201), no debe perderse de vista que los acuíferos son una fuente no renovable a corto plazo, y que su uso masivo conduce inexorablemente a situaciones de mayor riesgo. Aunque esta agua es la solución al problema, la realidad es que en un futuro inmediato o medio, el uso de las aguas subterráneas sin la planeación y control suficientes sólo agravará los problemas de disponibilidad, en cuanto a la cantidad, costo y calidad (Moore *et al.*, 1995:27). Las técnicas de recarga artificial, aunque bien estudiadas y perfectamente viables, en general se vuelven tan lejanas y poco factibles, que los acuíferos están sufriendo un deterioro progresivo contra el que no se avizoran remedios prácticos que les devuelvan sus características de origen, y parecen estar condenados a la degradación total.

Las experiencias y estudios en México, sobre este tema, muestran capacidad técnica para mitigar el deterioro del agua subterránea vía la recarga artificial (IMTA, 1997: 53), pero la realidad es que poco se ha logrado en este sentido, principalmente en los acuíferos de las zonas áridas y semiáridas, donde los niveles muestran un franco y acelerado descenso, que la recarga artificial poco ha podido contener (IMTA, 2000:32; 2000a:68).

En zonas áridas y semiáridas, donde la carestía del agua es crónica, los acuíferos se convierten en una fuente importante de agua, y a veces en la única. Por sus características, los acuíferos son una fuente de agua “segura”, en el sentido de que, a corto plazo, están menos sujetos a las variaciones que sufren las aguas superficiales.

El tiempo de formación de estos acuíferos es largo, por lo regular de siglos, debido a que el agua que los alimenta proviene de la lluvia que es escasa, y en gran medida su formación no es *in situ*, sino que se deriva del flujo subterráneo del agua de lluvia que se infiltró en otras partes, generalmente en las zonas altas y montañosas. Las precipitaciones, en un ambiente tan sediento, tienden a evaporarse y regresar a la atmósfera rápidamente, y lo que penetra en el suelo se somete a tales fuerzas de capilaridad en las capas superficiales que a fin de cuentas, es sólo una proporción mínima la que queda disponible para llegar a las capas profundas donde está el acuífero. Por otro lado, y según las características del subsuelo, las distancias verticales a recorrer son tales (en acuíferos no explotados en los mejores casos no menores de diez metros; en los más explotados, superiores a cien), y las velocidades de movimiento del agua son tan lentas que su flujo en distancias pequeñas toma mucho tiempo; aun tratándose de flujo vertical hacia abajo.

Más aún, cuando las lluvias llegan a ser superiores a lo normal, el suelo es incapaz de retener el agua, pese a su sequedad, y en las tormentas que se presentan, en cuestión de minutos forman ríos y arroyos que fluyen rápidamente, sin dar tiempo a la filtración profunda; todavía más, se vuelven destructivas por la erosión que causan y el arrastre de sedimentos que perjudica las obras y asentamientos aguas abajo, amén de su peligrosidad por los elevados

gastos instantáneos y la impreparación de la población para enfrentarlos, donde influyen tanto las medidas estructurales (puentes, alcantarillas, desagües, bordos, etcétera), como las no estructurales (planes de contingencia para actuar con oportunidad).

En este sentido, en la generalidad de los casos y en las condiciones actuales, la recarga artificial de los acuíferos es un objetivo distante y confuso. Por ello, lo más conveniente para conservar, mantener o preservar un acuífero es disminuir o impedir la extracción, y dejar que la naturaleza haga lo suyo, es decir, que se dé la recarga natural (Moore *et al.*, 1995:11; Gutiérrez Ojeda, 1996:72); después de todo, una formación natural que llevó siglos es poco probable que se recupere artificialmente en unos pocos años o meses. Además, con frecuencia sucede que si se ahorra una unidad de agua y se destina a la recarga, en poco tiempo después se extraen dos o tres, argumentando que ya se había “guardado”.

El acuífero de Allende Piedras Negras, Coahuila, representa un buen ejemplo de acciones bien planeadas y aplicadas para el manejo del agua subterránea en casos de sequía. La Minera Carbonífera Río Escondido extrae agua del acuífero para obtener carbón y generar energía eléctrica. Los volúmenes de agua producto del achi-que se conducen hacia estanques de recarga, que en el fondo tienen una serie de pozos de absorción que permiten el ingreso del agua directamente hasta el acuífero. Las eficiencias logradas son mayores de 95 por ciento, algo muy importante por tratarse de zonas áridas fuertemente afectadas por la sequía de los años noventa.

En contraste, los acuíferos cercanos a Hermosillo, Sonora, han sido sobreexplotados debido a la sequía extrema. Las fuentes de abastecimiento para la ciudad han sido la presa Abelardo L. Rodríguez y los acuíferos locales (Salinas Caballero, 2000:187). Debido a la sequía extrema de la década de 1990, la presa se secó completamente, y fue necesario extraer más agua de los acuíferos. La Comisión Nacional del Agua puso en marcha un programa de perforación de pozos nuevos, con carácter temporal. Sin embargo, al crecer la demanda, al no haber otra fuente de abastecimiento y extenderse la duración de la sequía, los volúmenes adicionales de

agua que se extraen se han mantenido hasta la fecha. En este caso, existe la opción de reducir la extracción mediante la compra de los derechos de usos de agua destinada a fines agrícolas, o mejor aún reducir la extracción total a valores cercanos a la disponibilidad media anual. Sin embargo, no existe la conciencia social ni los mecanismos técnicos y legales adecuados para ello.

La segunda parte en el proceso de asignación de volúmenes disponibles corresponde a cada uso o sector. Es la parte más conflictiva y difícil, ya que es en la que se asigna a cada usuario, la parte de la demanda regular que dejará de suministrarse, y en consecuencia los efectos que ello tendrá en su economía directa, es decir, en sus ingresos derivados de la actividad que tiene al agua como insumo.

Los sectores de bajo consumo relativo, al menos en las primeras etapas de la sequía, en general tienen pocas restricciones, y hasta es posible que el fenómeno no tenga consecuencias importantes en ellos, pues disponen de las cantidades que suplen sus necesidades. En este sentido, para dichos sectores la sequía es relativa, y frecuentemente no hay una percepción real de la dimensión del problema, sino hasta las fases avanzadas de la insuficiencia.

En esto cada vez adquiere mayor certeza el principio de considerar al agua como un bien económico, lo que exige evaluar la demanda económica para los distintos usos: no se debe estimar la necesidad futura 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., 1998:249). Por desgracia, la atribución de un valor monetario al agua es un tópico complejo, ya que depende de las características y situación del recurso: volumen, calidad, potencial energético, posibilidades de control y regulación, etcétera, que son elementos que varían en tiempo y espacio.

La gestión de los sistemas de riego está en evolución constante, y la participación directa y activa de los propios usuarios le está confiriendo al agua características de bien social que antes no eran comunes: valor económico y de mercado, las opciones de transferirla y utilizarla en los usos que se consideren más eficientes o uti-

litarios, y todas las demás variantes que están tomando auge para conferir el verdadero costo de oportunidad que adquiere mayor valor en la medida en que es más escaso; de esta forma, mientras más restricciones y déficit existe, el valor no sólo económico del agua se incrementa (Palerm Viqueira, 2001:4). A su vez, esto propicia que la gestión mejore y evolucionen las formas y criterios de uso y manejo, incluidas las opciones de mejora tecnológica.

En otras palabras, ante una condición de insuficiencia, si no se hacen cambios profundos en la gestión del agua, la viabilidad de desarrollo sustentable estará seriamente comprometida. Tanto para lograr una visión global del agua, como regional o de cuenca hidrológica y, por supuesto, también sectorial. Es necesario que se cumplan cinco condiciones mínimas y básicas (Martínez Austria, 2001:128):

- Involucrar a todos los actores interesados en la toma de decisiones.
- Avanzar hacia el pago del costo total de los servicios.
- Incrementar el gasto en ciencia e innovación para el agua.
- Cooperar en cuencas internacionales o compartidas.
- Incrementar masivamente la inversión en agua.

Estos principios deben conducir hacia el *pensamiento sistémico*, en el que la gestión integral del agua no sólo se entienda como el aprovechamiento del recurso, sino que considere los demás factores que inciden en el proceso, como son los ambientales, sociales, legales, económicos, políticos, etcétera, y aún más importante, que se produzca el cambio de la aceptación teórica a la adopción en la práctica (Prati y Fornells, 1996:66).

Un aspecto que debe tenerse presente tanto en la planeación como en el proceso de asignación, y desde luego en la operación de los sistemas de uso del agua, es que la función de la oferta y demanda es estacional, además de inestable en el tiempo, y la intensidad de esta estacionalidad depende en mucho de factores aleatorios, entre ellos los meteorológicos (Sumpster et al., 1998:52).

La tendencia actual de cobrar el servicio de suministro de agua en forma volumétrica es probablemente la mejor opción, y cuando todos los usuarios se rijan por una sola regla, entonces pagarán la misma cantidad por un volumen igual; lo limitado de éste es lo que impele a los usuarios a hacer un mejor uso u obtener el mayor beneficio. Ello puede traducirse en la mejora tecnológica o en las opciones económicas de mercado. La eficiencia dependerá entonces del conocimiento tecnológico del usuario. En ocasiones, las cantidades de agua entregadas con base en la dotación volumétrica son tan bajas, que resulta poco atractiva para el uso individual; es cuando el alto valor que alcanza el recurso hace que surja y gane auge la economía del agua, en diversas variantes (Sumpsi et al., 1998:216).

*Mercados corrientes o de alquiler:* venden el agua, en caudal o volumen, por un tiempo determinado: meses, ciclo, año agrícola; son los llamados *mercados de aguas*.

*Mercado de derechos:* transfieren la propiedad del agua como si fueran bienes raíces o acciones de sociedades limitadas.

*Mercados de opciones:* transfieren la opción de usar el agua durante determinado tiempo, y el que adquiere el derecho no está obligado a ejercerlo pero sí a cubrir el importe pactado con el vendedor.

*Acuerdos de transferencia temporal de agua a cambio de inversiones en equipo o mejoras:* por el uso del agua, el adquiriente acepta invertir en el patrimonio del vendedor, a cambio de obtener el derecho a apropiarse de los volúmenes ahorrados debido a las mejoras.

No debe confundirse mercado de aguas con mercado de derechos: en el primero lo que se intercambia es el acceso temporal al recurso, mientras que en el segundo se transfiere la propiedad completa del agua.

La incertidumbre de la lluvia y por ende de la garantía de suministro de volúmenes, que satisfagan la demanda del uso agrícola principalmente y de los demás sectores en general, y las grandes variaciones físicas, demográficas, estructurales y socioeconómicas de las diversas regiones y cuencas, hacen imposible formular un plan general de gestión de los recursos que contem-

ple todos los casos. Por ello, se dice que un plan para enfrentar la sequía es como un traje a la medida, y puede agregarse que debe ser para cada ocasión, es decir, un solo plan es insuficiente para cubrir todas las fases de la escasez; por ello, debe ser flexible para que se adapte a las diversas situaciones que se pueden presentar progresivamente en una misma cuenca o región.

## Conclusiones

No hay duda de que más allá de la retórica, el agua sí es un asunto de seguridad nacional, y debe trascender los intereses de grupo o individuales. En este sentido, ante los cada vez más recurrentes y severos problemas de sequía, además de atender los aspectos técnicos del fenómeno debe mejorarse sustancialmente la atención a los no estructurales, es decir, a la gestión del agua.

Este aspecto mejorará en la medida en que la sequía se aprecie como un fenómeno natural inevitable, impredecible, progresivo y con frecuencia severo; y de que se tenga conciencia de que es el déficit y la demanda no satisfecha de carácter antropogénico, lo que puede ocasionar el desastre, que no es natural.

También contribuye al mejoramiento de la gestión aceptar que, en condiciones de escasez, el agua se convierte en un bien social y común, y que además debe verse como un bien con un costo económico, lo que no significa privatizarlo, sino cubrir lo que cuesta proporcionar el servicio.

En complemento, el uso racional y eficiente del agua significa también que además de limitar los volúmenes a utilizar, deben establecerse prioridades, y hacer efectivos ambos aspectos.

Finalmente, toda la sociedad tiene que afrontar y mitigar las consecuencias de la sequía, no es sólo responsabilidad de determinadas dependencias o instituciones gubernamentales. En la medida en que todos los usuarios del agua —urbanos, domésticos, agrícolas, industriales, ganaderos, ambientales, etcétera— mejoren

su perspectiva del fenómeno, y participen activamente en su atención, habrá cierta garantía de éxito, es decir, ello marcará la diferencia entre hacer de la sequía un inconveniente pasajero y superable o una tragedia de grandes alcances.

Recibido en abril de 2005

Revisado en julio de 2005

## Bibliografía

Acosta Godínez, A. (1988), "El Niño: sus efectos sobre el norte de México", *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. xxx, no. 100, pp. 3-23.

American Water Works Association (AWWA, por sus siglas en inglés) (1992), *Drought Management Planning*, Denver.

Castillo Ríos, D. (2001), "Acciones específicas para enfrentar sequías", *Tubos en Concreto, revista de difusión técnica*, año 7, no. 73, agosto, pp. 2-6.

Collado, J. (1998), "Uso eficiente del agua en cuencas", *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. xiii, no. 1, pp. 27-49.

Dracup, J. A., K. Seong Lee y E. G. Paulson Jr. (1980), "On the Definitions of Drought", *Water Resources Research*, vol. 16, no. 2, pp. 297-302.

Estrada-Lorenzo, F. (1994), *Garantía en los sistemas de explotación de los recursos hidráulicos*, Madrid, Centro de Estudios y Experimentación en Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

Goldman, D. (1985), *Stochastic Analysis of Drought Phenomena*, Davis, The Hydrologic Engineering Center, Corps of Engineers, Training, document no. 25.

Gutiérrez Ojeda, C. (1996), *Metodologías para estimar la recarga de acuíferos*, Jiutepec, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, documentación interna.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (1997), *Metodología para estimar la recarga de acuíferos (2ª. Etapa)*, Jiutepec, informe del proyecto TH-9719.

\_\_\_\_\_(2000), *Sistema de recarga artificial en el acuífero de la Comarca Lagunera*, Coahuila, Jiutepec, informe del proyecto TH-9916.

\_\_\_\_\_(2000a), *Sistema de recarga artificial en el acuífero de la Comarca Lagunera (segunda etapa)*, Jiutepec, documentación interna.

Klemeš, C. W. (1973), *Applications of Hydrology to Water Resources Management*, Ginebra, World Meteorological Organization, Operational Hydrology Report no. 4.

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.

Lund, J. R. y R. U. Reed (1995), "Drought Water Rationing and Transferable Rations", *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 121, pp 429-437.

Managing Risk (1997), "Guide to Crop Insurance. Being Prepared", Overland Park, National Crop Insurance Services, folleto de difusión.

Martínez Austria, P. (2001), "Paradigmas emergentes para el manejo del agua en el siglo XXI", *Ingeniería Hidráulica en México*, conferencia Enzo Levi, vol. XVI, no. 4, pp. 127-143.

- Moore, J., A. Zaporozec y J. Mercer (1995), *Groundwater. A Primer*, Alejandría, American Geological Institute, Environmental Awareness Series.
- National Drought Mitigation Center (NDMC) (2005), *Planning for Drought. Managing Water: Policies and Problems*, <http://www.drought.unl.edu> [abril de 2005].
- Ochoa, A. L. et al. (2001), *Caracterización de costo unitario de producción de agua en organismos operadores de agua*, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-Comisión Nacional del Agua, informe final.
- Palmer, W. C. (1965), *Meteorological Drought*, Washington, U. S. Department of Commerce, Weather Bureau, Research Paper, no. 45.
- Palerm Viqueira, J. (2001), "Administración de sistemas de riego: tipos de autogestión (nuevas noticias)", León, XI Congreso Nacional de Irrigación, artículo ANEI-S70105.
- Philander, S. G. (1990), *El Niño, La Niña and the Southern Oscillation*, San Diego, Academic Press.
- Postel, S. (1991), *Administración del agua en épocas de escasez*, Jiutepec, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Colección Universo del Agua, Serie Agua y Ecología, traducción de Virginia Ugalde.
- Prat i Fornells, N. (1996), "La gestión ecosistémica del agua, necesidad de una visión integrada", *Tecnología del agua*, no. 150, abril, pp. 63-70.
- Salinas Caballero, G. (2000), "Abastecimiento de agua potable a la ciudad de Hermosillo, Sonora", *GEOS*, época II, vol. 20, no. 3, pp. 187.

- 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, Ediciones Mundi-Prensa.
- Velasco, I. (2002), *Plan de preparación para afrontar sequías en un distrito de riego*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, tesis doctoral.
- \_\_\_\_\_ y J. Collado (1998), “Elementos de planeación para afrontar sequías”, xv Congreso Nacional de Hidráulica, Oaxaca, pp. 19-24.
- \_\_\_\_\_ (1998a), “Causas, efectos y maneras de afrontar las sequías”, *Tlálloc-Asociación Mexicana de Hidráulica*, año v, no. 12, pp. 17-22.
- Wilhite, D. A. (1993), *Preparing for Drought: A Guidebook for Developing Countries*, Nairobi, United Nations Environment Programme-Climate Unit.
- World Meteorological Organization (WMO) (1975), *Drought and Agriculture*, Ginebra, Technical Note no. 138, WMO-no. 392.