

Disponibilidad de agua en el futuro de México

Agustín Felipe Breña Puyol y José Agustín Breña Naranjo

Más de 35 millones de mexicanos viven con escasez extrema de agua; arriba de 43 millones con disponibilidad baja. De continuar los actuales esquemas de uso y aprovechamiento ineficiente de los recursos hídricos, el futuro de México se ve seriamente amenazado.

Introducción

La gestión del agua es un proceso que se apoya en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual el Estado, los usuarios y la sociedad promueven coordinadamente, en forma sustentable, el control y manejo de este recurso en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental.

Uno de los instrumentos de mayor relevancia en la gestión de los recursos hídricos es estimar la disponibilidad del agua en las cuencas hidrológicas, ya que a partir de sus magnitudes se podrán establecer los niveles de escasez o abundancia, asignar equitativamente los requerimientos de los usuarios o llevar a cabo la planeación del recurso agua a corto, mediano o largo plazo.

La disponibilidad natural media de agua por habitante en un año es un indicador fundamental para evaluar la situación de los recursos hídricos de una cuenca hidrológica. Se considera que existe una escasez extrema cuando es menor a mil metros cúbicos por habitante por año, valor que limita drásticamente las posibilidades de desarrollo. La disponibilidad presenta una escasez crítica si su valor se encuentra entre mil y mil 700 metros cúbicos por habitante por año, situación en la cual es necesario tomar medidas urgentes para preservar el recurso. Se tienen disponibilidades bajas y medias si los valores oscilan entre mil 700 y 5 mil metros

cúbicos por habitante por año, y 5 mil y 10 mil metros cúbicos por habitante por año, respectivamente. Si las magnitudes son superiores a 10 mil metros cúbicos por habitante por año, se considera que hay una disponibilidad alta.

En la actualidad, más de 50 por ciento de los países tienen disponibilidades medias anuales *per cápita* menores a 5 mil metros cúbicos, y más de 15 por ciento está colocado por debajo de la barrera que define la escasez crítica. Con las tendencias actuales, en el año 2025 las dos terceras partes de la población mundial vivirán en países con disponibilidad baja de recursos hídricos. Además, la disponibilidad media anual de agua por habitante es muy diferente de país a país, ya que de acuerdo con las estimaciones realizadas por el Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural (Aquastat, 2005), para el año 2004 en Canadá era de 99 mil 700 metros cúbicos; en Argentina, de 29 mil 100; en Estados Unidos, de 9 mil 500; en China, de 2 mil 400, y en Egipto de mil metros cúbicos. México, con una disponibilidad de 4 mil 94 metros cúbicos por habitante, ya se encuentra en el grupo de los países con disponibilidad baja.

Las variables de mayor relevancia que intervienen en la estimación de disponibilidad natural media de agua por habitante en un año son el volumen de precipitación que se presenta sobre el área de la cuenca o región hidrológica, la magnitud de la evaporación, y la población que habita en su área de captación. De no existir cambios climáticos significativos, lluvia y evaporación se presentan con las variaciones normales propias de su ocurrencia, mientras la población presenta un crecimiento de gran magnitud. En consecuencia, la disponibilidad por habitante depende fundamentalmente del número de aquella.

La disponibilidad natural media anual por habitante en México era de 11 mil 500 metros cúbicos en 1955, y por efecto del crecimiento demográfico disminuyó a 4 mil 94 metros cúbicos en 2004. Es decir, se presentó una disminución de 64 por ciento en un periodo de 50 años. En 2020, con el aumento poblacional estimado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2003), y de continuar con los mismos esquemas de consumo y desperdicio del agua, la disponibilidad natural media por habitante será de sólo 3 mil 500 metros cúbicos.

A nivel nacional la disponibilidad natural media por habitante se ubica en la gama de disponibilidad baja, con 4 mil 94 metros cúbicos. No obstante, por la distribución irregular del

DISPONIBILIDAD DEL AGUA

La disponibilidad del agua tiene un papel muy importante en la planeación, administración, gestión y manejo integral de las cuencas hidrológicas de una nación. No obstante, según estimaciones para el año 2004 un total de 35.25 millones de mexicanos vivían con escasez de agua crítica y extrema; 43.19 millones con disponibilidad baja; 12.2 millones con disponibilidad media y solamente 16.34 millones con disponibilidad alta.

agua en las regiones administrativas, áreas geográficas que la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2005) ha implementado para la gestión del recurso, ocurren valores que oscilan de una escasez extrema a una disponibilidad alta.

En fin, las perspectivas de los recursos hídricos en el país son muy preocupantes. Contrastan los 17 mil 254 metros cúbicos por habitante por año disponibles en la región administrativa XI, Frontera Sur, con la escasez extrema de 188 metros cúbicos por habitante por año de la región administrativa XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala.

Regiones administrativas

Las regiones administrativas son áreas territoriales definidas de acuerdo con criterios hidrológicos y geológicos, y cada una de ellas está constituida por una o varias cuencas hidrológicas. La República Mexicana se ha dividido en 13 regiones administrativas. En la Figura 1 se indican sus límites geográficos, establecidos por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2005).

Las trece regiones administrativas presentan características muy heterogéneas en relación con su superficie, población (al año 2004) y lluvia media anual, estimada con valores del periodo 1941-2004, tal como puede observarse en el Cuadro 1. Por ejemplo, la región administrativa XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, donde se ubica la zona metropolitana de la ciudad de México, sobresale por sus contrastes asociados con la pobla-

ción y el área que drenan las cuencas hidrológicas que la forman. En el ámbito nacional es la región administrativa más pequeña, con 16 mil 400 kilómetros cuadrados de superficie, pero en ella se asentaban 21.16 millones de habitantes, cifra equivalente a 20 por ciento de la población total de México.

Otro contraste notorio es la variación de la lluvia media anual en diversas áreas de las regiones administrativas, tal como ocurre en la región administrativa I, Península de Baja California, donde la lluvia media anual es de 202 milímetros, mientras para la región administrativa XI, Frontera Sur, es de 2 mil 260 milímetros. Es decir, en esta última región llueve 11 veces más que en la primera.

Disponibilidad de agua en cuencas hidrológicas

Uno de los instrumentos fundamentales de la gestión del agua consiste en cuantificar el nivel de disponibilidad de este recurso en las cuencas hidrológicas, ya que a partir de sus resultados se pueden asignar las demandas de los diferentes grupos de usuarios en forma equilibrada, detectar las cuencas hidrológicas que no tienen la capacidad para satisfacer las necesidades hídricas de la demanda, o llevar a cabo una planeación hidráulica integral de sus recursos hídricos a corto, mediano o largo plazo.

México presenta características geográficas e hidrológicas muy heterogéneas, lo que limita drásticamente la disponibilidad de agua, tanto superficial como subterránea. Dos tercios de su territorio son áridos o semiáridos; en estas zonas se concentra 77 por ciento de la población, pero únicamente presenta 28

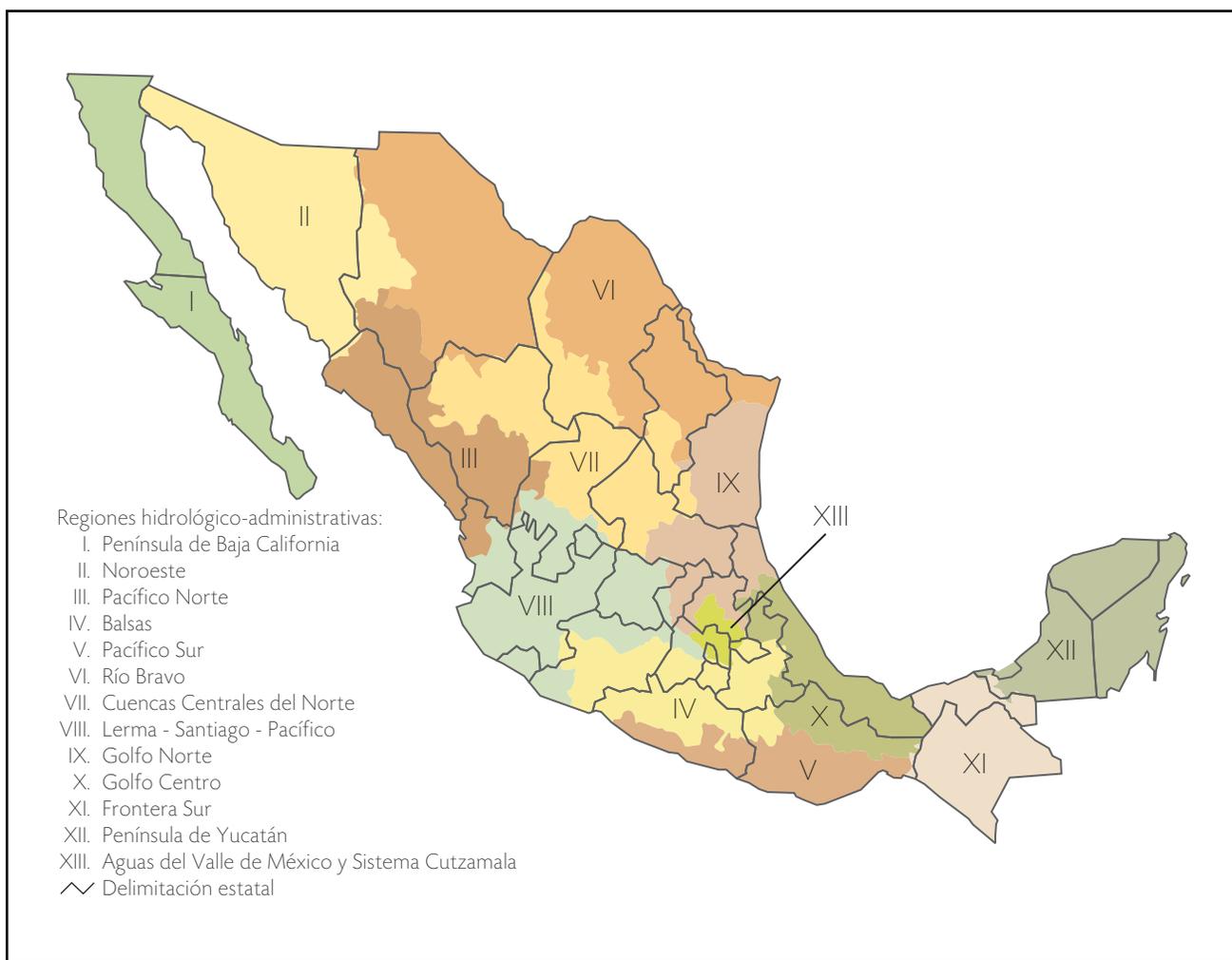


Figura 1. Regiones administrativas de la República Mexicana.

Cuadro 1. Superficie, población y lluvia media anual de las regiones administrativas.

Región administrativa	Superficie miles de km ²	Población, millones de habitantes (2004)	Lluvia media media anual, mm (1941-2004)
I. Península de Baja California	145.5	3.45	202
II. Noroeste	205.3	2.65	464
III. Pacífico Norte	151.9	4.24	759
IV. Balsas	119.2	10.85	963
V. Pacífico Sur	77.1	4.20	1282
VI. Río Bravo	379.6	10.64	414
VII. Cuencas Centrales del Norte	202.4	4.00	394
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	190.4	20.65	854
IX. Golfo Norte	127.2	5.04	816
X. Golfo Centro	104.6	9.80	1891
XI. Frontera Sur	101.8	6.54	2260
XII. Península de Yucatán	137.8	3.76	1163
XIII. Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	16.4	21.16	737
Nacional	1959.2	106.98	773

por ciento del escurrimiento natural y genera 84 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB). En el aspecto hidrológico los contrastes son notorios, ya que en algunas regiones administrativas del sureste llueve 10 veces más que en las zonas áridas del norte del país. Las situaciones anteriores propician la competencia por el agua, su contaminación y la sobreexplotación de los mantos acuíferos.

Por su parte, la metodología que permite estimar el grado de disponibilidad en regiones administrativas comprende dos etapas sucesivas (DOF, 2002). En la primera, con el apoyo de series de valores medios anuales de las variables hidrológicas que intervienen en la metodología, se procede a determinar la *disponibilidad media anual* de agua superficial y subterránea en las regiones administrativas. Posteriormente, al dividir los valores obtenidos en la etapa anterior entre el número de habitantes de una región administrativa se define la *disponibilidad natural media per cápita*, magnitud que permite establecer el nivel de disponibilidad. En esta etapa, para delimitar el grado de disponibilidad del agua se ha elegido el criterio desarrollado por Falkenmark (1993), quien ha establecido cinco niveles a partir de intervalos numéricos de la disponibilidad natural media *per cápita*.

El Cuadro 2 presenta los resultados obtenidos para 2004 en las 13 regiones administrativas, incluyendo la disponibilidad natural media *per cápita*, en metros cúbicos por habitante por año, y el grado de disponibilidad del agua correspondiente.



Cuadro 2. Disponibilidad natural media de agua *per-cápita* por región administrativa.

Región administrativa	Disponibilidad natural media per-cápita, m ³ /hab/año (2004)	Grado de disponibilidad del recurso agua
I. Península de Baja California	1318	Escasez crítica
II. Noroeste	3210	Disponibilidad baja
III. Pacífico Norte	6038	Disponibilidad media
IV. Balsas	2703	Disponibilidad baja
V. Pacífico Sur	7782	Disponibilidad media
VI. Río Bravo	1356	Escasez crítica
VII. Cuencas Centrales del Norte	1726	Disponibilidad baja
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	1820	Disponibilidad baja
IX. Golfo Norte	4820	Disponibilidad baja
X. Golfo Centro	10574	Disponibilidad alta
XI. Frontera Sur	17254	Disponibilidad alta
XII. Península de Yucatán	8014	Disponibilidad media
XIII. Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	188	Escasez extrema
Total nacional	4094	Disponibilidad baja

Además, el Cuadro 3 indica los grados de disponibilidad de agua establecidos por Falkenmark (1993), en función de la variación de los valores de la disponibilidad natural media *per cápita*.

Analizando los grados de disponibilidad del agua por región administrativa, sintetizados en el Cuadro 2, se observa que en una hay escasez extrema; en dos, escasez crítica; en cinco, disponibilidad baja; en tres, disponibilidad media, y en dos más disponibilidad alta. En las regiones administrativas I, Península de Baja California, y VI, Río Bravo, hay una escasez crítica, mientras en la región administrativa Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala se presenta escasez extrema. Las dos primeras regiones se localizan en áreas áridas y semi-áridas, donde las lluvias son escasas, mientras la tercera región se ubica en una cuenca hidrológica sin capacidad hídrica para satisfacer las necesidades de agua de una población de 21.16 millones de habitantes.

Asimismo, el grado de disponibilidad de agua de las regiones administrativas VII, Cuencas Centrales del Norte, y VIII, Lerma-Santiago-Pacífico, se ubican entre los límites de la disponibilidad baja y la escasez crítica, y en

poco tiempo se incorporarán a esta última categoría. Para que esto suceda es necesario tener una disponibilidad natural media per cápita que fluctúe entre mil y mil 700 metros cúbicos por habitante por año, y para las regiones VII y VIII estos valores eran de mil 726 y mil 820 metros cúbicos por habitante por año, respectivamente.

Sin embargo, la región administrativa XIII se encuentra en una situación de crisis extrema, ya que su disponibilidad natural media per cápita es de únicamente 188 metros cúbicos por habitante por año, y de acuerdo con el criterio de Falkenmark (1993) para esta magnitud la región experimenta una escasez absoluta de agua, amenazando la producción de alimentos, el suministro de agua a los diferentes grupos de usuarios y daño a los ecosistemas, situación que ya ocurre en la zona metropolitana de la ciudad de México. Además, si se toma como punto de referencia la disponibilidad natural media per cápita a nivel nacional, que como ya se ha dicho es de 4 mil 94 metros cúbicos por habitante por año, en la región administrativa XIII se tiene una disponibilidad 22 veces menor respecto al valor medio nacional.

Alternativas para incrementar la disponibilidad del agua

La gestión del agua en México se ha aplicado en forma aislada y discontinua, sin una planeación integral. Esta situa-

Cuadro 3. Clasificación del grado de disponibilidad del recurso agua.

Grado de disponibilidad del recurso agua	Disponibilidad natural media per-cápita, m ³ /hab/año
Escasez extrema	D < 1000
Escasez crítica	1000 < D < 1700
Disponibilidad baja	1700 < D < 5000
Disponibilidad media	5000 < D < 10000
Disponibilidad alta	D > 10000

ción ha provocado una problemática caracterizada por servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento deficientes para la población urbana y rural; contaminación de cuerpos de agua por descargas residuales sin tratamiento; daños por inundaciones y sequías, conflictos entre usuarios por las fuentes de abastecimiento de agua, sobreexplotación de acuíferos, uso ineficiente del agua en núcleos urbanos (fugas del orden de 40 por ciento en redes de abastecimiento) y en zonas agrícolas (eficiencia promedio del 40 por ciento) y algunos otros problemas locales.

Asimismo, la problemática se ha incrementado por el desequilibrio entre la disponibilidad del agua y la población, ya que las cuencas hidrológicas tienen un volumen de agua limitado para satisfacer las necesidades de los habitantes asentados en ella y de las actividades productivas que requieren este recurso. En México no se aplica este principio, y es común que núcleos urbanos, parques industriales y zonas agrícolas se desarrollen en lugares sin disponibilidad suficiente de agua.

Por su parte, la disponibilidad del líquido puede incrementarse en una cuenca hidrológica si los usos ineficientes en zonas urbanas y agrícolas se optimizan, si se incrementa el uso de agua tratada en actividades que no requieren agua potable, o si se reduce la dotación de agua por habitante.

Por ejemplo, una alternativa viable es reducir el porcentaje de fugas en las redes de agua potable de las áreas urbanas. En promedio se pierde 40 por ciento del agua abastecida: en el año 2000 se fugaron por las redes de agua potable 119 metros cúbicos por segundo. Si se recupera un metro cúbico por segundo y se supone una dotación de 200 litros por habitante por día, se podría abastecer a un núcleo poblacional de 432 mil personas.

Otra alternativa factible es fomentar el uso eficiente del agua en la producción agrícola. De acuerdo con estudios llevados a cabo por la Comisión Nacional de Agua (CNA, 2002), únicamente se aprovecha 40 por ciento del agua que se utiliza en el riego agrícola. En 2000 se utilizó para la producción agrícola un gasto de mil 793 metros cúbicos por segundo, y por uso ineficiente se perdieron mil 76 metros cúbicos por segundo debido a problemas de azolve e infiltraciones en las redes de canales que abastecen el



agua, por exceso de láminas de riego, por uso de tecnología obsoleta y por nivelación inadecuada de parcelas, entre otros factores. El gasto de mil 76 metros cúbicos por segundo podría utilizarse para abastecer de agua potable a la población, o para satisfacer las actividades económicas que utilicen agua como insumo.

Incrementar el uso de agua residual tratada y su reuso son alternativas viables para aumentar la disponibilidad del agua en las regiones administrativas donde se presenta una escasez crítica o extrema. Los centros urbanos generaron en 2000 un gasto total de 252 metros cúbicos de aguas residuales por segundo, mientras la industria aportó 171 metros cúbicos por segundo de aguas residuales. Ambos gastos po-

drían usarse para satisfacer las demandas de usos que no requieran agua potable.

Finalmente, la población podría contribuir al incremento de la disponibilidad del agua a través de una reducción en la dotación de agua potable que utiliza diariamente. En promedio, el mexicano utiliza una dotación de 262 litros por habitante por día para satisfacer sus necesidades hídricas; los países industrializados con programas de concientización de uso eficiente y cobro de tarifas reales están reduciendo drásticamente las dotaciones. La meta del programa que ha establecido Alemania, país que tiene actualmente una población de 83 millones de habitantes, es alcanzar una dotación de 120 litros por habitante por día para 2005. Es urgente establecer en nuestro país este tipo de esquemas.

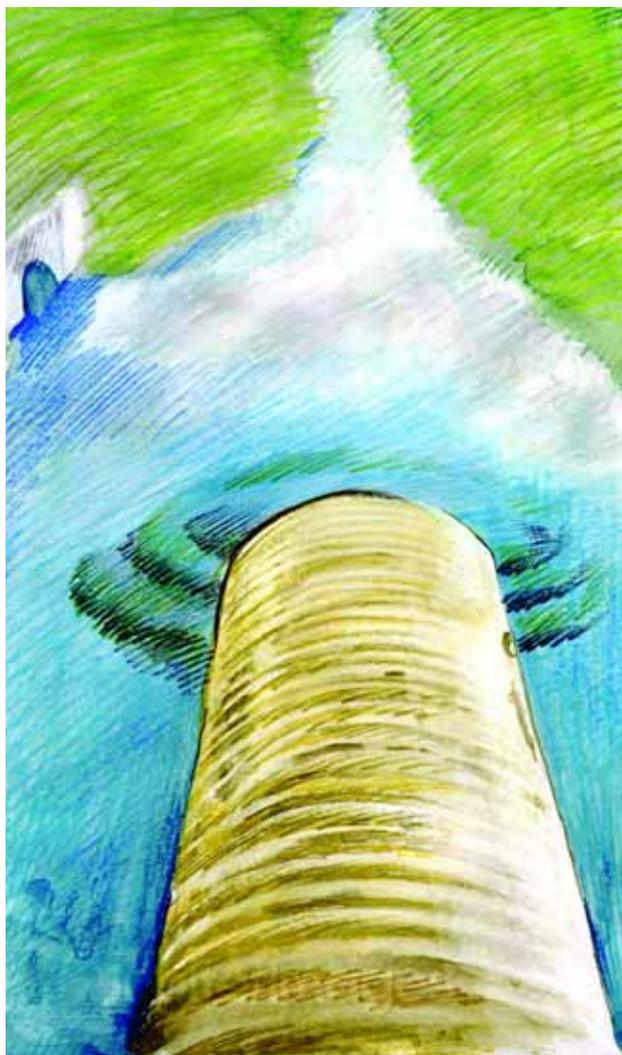
Conclusiones

En 2004 un total de 35.25 millones de mexicanos vivían en regiones administrativas que estaban clasificadas, desde el punto de vista de la disponibilidad, con una escasez crítica y extrema, con problemas gravísimos para satisfacer sus necesidades hídricas.

Además, el grado de disponibilidad en las regiones administrativas VII y VIII se ubica entre los límites de disponibilidad baja y escasez crítica. De continuar con la aplicación de las políticas hidráulicas ineficientes sobre uso y aprovechamiento del agua, en un tiempo corto las dos regiones administrativas, cuya población total es de 24.65 millones de habitantes, se incorporarán al grado de escasez crítica.

Este análisis sobre la disponibilidad media anual en las regiones administrativas de la República Mexicana pone de manifiesto la necesidad urgente de conocer con detalle y precisión sus magnitudes, ya que serán determinantes para la aplicación de una gestión integral del agua, esquema innovador que se ha diseñado para resolver los complejos problemas que han surgido en las últimas décadas debido al crecimiento acelerado de la población y de las actividades económicas.

Ahora bien, los resultados presentados en este artículo, a partir de valores medios anuales, presentan grandes variaciones, por ello se recomienda realizar estudios futuros sobre la estimación de la disponibilidad utilizando datos mensuales y semanales, en especial en regiones donde se presenta una escasez y disponibilidad baja, y con sus resultados proponer nuevos esquemas de uso y aprovechamiento acordes con la disponibilidad.



Finalmente, uno de los grandes retos de los organismos encargados de la gestión del agua, y de la sociedad en general, se centra en nuestra capacidad para diseñar sistemas de control, distribución y acceso al recurso que garanticen la equidad social, dada la certeza creciente de que en el futuro cercano la ocurrencia de conflictos violentos en torno al control y acceso a los recursos hídricos será inevitable.

Bibliografía

- Aquastat (2005), "Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural de la FAO", www.fao.org
- Comisión Nacional del Agua (2002), *Compendio básico del agua en México*, México, Programa Nacional Hidráulico 2001-2006.
- Comisión Nacional del Agua (2005), *Estadísticas del agua en México*, México, Sistema Unificado de Información Básica del Agua (SUIBA).
- Consejo Nacional de Población (2003), *Proyecciones de población 2000-2030*, México, SEGOB-CONAPO.
- Comisión Nacional del Agua (2002), "Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales", en *Diario Oficial de la Federación*, México.
- Falkenmark, M. (2003), "Water scarcity: time for realism", *Populi*, vol. 20, núm. 6, pp. 11-12.

Agustín Felipe Breña Puyol obtuvo el doctorado en Ingeniería Civil en la Universidad de Laval, Québec, Canadá. Es profesor-investigador de la licenciatura en ingeniería hidrológica de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Sus trabajos de investigación y docencia están orientados a la gestión integral del recurso agua, los diagnósticos y balances hídricos, los procesos de la hidrología superficial y la hidrología urbana. Ha participado en diversas comisiones académicas y científicas relacionadas con el recurso agua y como asesor especialista en agua en instituciones públicas, privadas y en el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
puyol88@yahoo.com

José Agustín Breña Naranjo es ingeniero hidrólogo por la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Sus líneas de investigación son gestión de los recursos hidráulicos, gobernabilidad del agua e hidrología superficial. Es autor y co-autor de varios artículos internacionales. Es ayudante de laboratorio de la licenciatura en ingeniería hidrológica de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa desde 2004. Es miembro activo del *Young Water Action Team* (YWAT) y del *International Flood Network* (IFNET).
bpaf@xanum.uam.mx

