
METABOLISMO URBANO Y ECOLOGÍA POLÍTICA DEL AGUA EN EL VALLE DE MÉXICO*

GIAN CARLO DELGADO RAMOS**

INTRODUCCIÓN.

DEL METABOLISMO SOCIAL Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

El consumo de energía y materiales por parte de la humanidad se ha incrementado en relación directa con el tipo de relaciones productivas y con el estado de sofisticación de los medios de producción. Se estima para las sociedades cazadoras-recolectoras un uso promedio per cápita de energía de 10-20 Gj/año y de media tonelada de materiales; para las sociedades agrarias avanzadas de Europa del siglo XVIII unos 40-70 Gj/año/per cápita y de tres a seis ton/año/per cápita de materiales; y para las típicas sociedades industrializadas contemporáneas de principios del siglo XXI, entre 150-400 Gj/año/per cápita y 15-25 toneladas de materiales al año per cápita (Haberl *et al.*, 2011:3).

* Este trabajo es el resultado del proyecto de investigación “Valoración del metabolismo urbano en la ciudad de México y sus impactos socioeconómicos frente al cambio climático”, financiado por el Programa de Investigación en Cambio Climático y realizado desde el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH), ambos de la Universidad Nacional Autónoma de México. Una versión similar fue publicada en Gian Carlo Delgado Ramos (2015), “Water and the Political Ecology of Urban Metabolism: The Case of Mexico City”, en *Journal of Political Ecology*, vol. 22, pp. 98-114. Agradezco a Ángeles Alegre Schettino, del CEIICH, por su apoyo en el diseño gráfico de las figuras 2 y 5.

** Investigador titular, de tiempo completo, definitivo, adscrito al programa de investigación “Ciudad, gestión, territorio y ambiente”, del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es integrante del Sistema Nacional de Investigadores del Conacyt. Recibió el Reconocimiento Distinción Universidad Nacional a Jóvenes Investigadores 2011 en investigación en Ciencias Sociales y el Premio en Investigación 2014 de la Academia Mexicana de Ciencias en el área de Ciencias Sociales. Contacto: <giandelgado@unam.mx>.

El claro aumento de los patrones metabólicos del ser humano se ha dado además de manera cada vez más intensa, es decir, se han ampliado y acelerado en relación directa con el tamaño de la economía y el ritmo de acumulación de capital; ello sobre todo desde la segunda mitad del siglo XX, cuando el consumo de energía y materiales se disparó como nunca antes (Krausmann *et al.*, 2009). Dicha tendencia ha impactado de manera cada vez más evidente —y en cierto grado de modo irreversible— las fronteras ecológicas planetarias (Rockström *et al.*, 2009). El cambio climático antropogénico es uno de los efectos más distintivos al perfilarse como un fenómeno “inequívoco” producto del incremento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, del forzamiento radiactivo positivo, el calentamiento observado, la retroalimentación climática y el almacenamiento de la energía en el sistema climático (IPCC, 2013).¹ Se constata así un aumento en la temperatura promedio global de la atmósfera, del océano y la superficie terrestre de 0.5°C a 1.3°C durante el periodo 1951-2010 (IPCC, 2013), cambios en el ciclo del agua, reducciones de hielo y nieve, modificaciones en la intensidad y frecuencia de eventos extremos, etcétera (IPCC, 2013).

En lo que a emisiones GEI se refiere, cabe subrayar que estamos en niveles sin precedentes en al menos 800 mil años (IPCC, 2013). El CO₂, que se mantuvo constante en los últimos 10 mil años en una concentración de unas 280 partes por millón (ppm), pasó en 1998 a concentraciones de 360 ppm, en 2006 a 383 ppm, y para inicios de 2015 hasta a 400 ppm <www.co2now.org>. El incremento acumulado es de poco más de 40%, alcanzándose ya una concentración riesgosa dado que se trata de un nivel muy por arriba de la *frontera ecológica planetaria* para el ciclo del carbono, propuesta en 350 ppm (Rockström *et al.*, 2009).²

¹ El aporte de cada gas de efecto invernadero al forzamiento radiactivo se determina por el cambio en su concentración atmosférica durante un determinado periodo de tiempo y la efectividad del gas para modificar el equilibrio radiactivo. La mejor estimación del forzamiento radiactivo antropogénico total de 2011 es 43% superior al previsto en el AR4 para el año 2005. Esto es debido a una combinación del crecimiento continuo en la mayoría de las concentraciones de GEI y a estimaciones más precisas del forzamiento radiactivo por aerosoles, que indican un efecto de enfriamiento neto más débil. El forzamiento radiactivo antropogénico total a 2011, en relación con 1750, es de 2.29 [entre 1.13 y 3.33] W m⁻² (IPCC, 2013).

² Los ritmos de explotación y erosión de la naturaleza se han estudiado desde la noción de “fronteras (ecológicas) planetarias” o límites a la perturbación antropogénica de procesos críticos del planeta Tierra (ciclos biogeoquímicos del planeta, entre otros, que permiten a los ecosistemas tolerar perturbaciones o *shocks*), los cuales, de no violentarse, derivarían en un espacio de operación de relativa seguridad para el ser humano. Las fronteras no son un punto de quiebre, sino un estadio previo que sirve como “colchón” para que la sociedad reaccione y tome medidas. La idea detrás del concepto de fronteras ecológicas planetarias es la aplicación del principio precautorio.

Por tanto, de aumentar más tal concentración es de esperarse una amplitud de cambios multivariados e irreversibles.³ No es casual entonces que debido a la magnitud de las implicaciones generadas por el ser humano se considere que estamos pasando de la época geológica del Holoceno a la denominada era del Antropoceno⁴ (Crutzen y Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Zalasiewicz *et al.*, 2010; Steffen *et al.*, 2011; Steffen *et al.*, 2015).

Ahora bien, la situación actual es consecuencia de una desigual contribución en las emisiones de GEI, pues sólo alrededor de 20% de la población mundial —la más acaudalada— ha generado 90% de éstos en términos históricos (Godrej, 2001:95). Las desigualdades son también patentes en términos del consumo actual de energía y por tanto de emisiones. Por ejemplo, los países de la OCDE contribuyen al día de hoy con 43.8% del consumo energético mundial mientras que, América Latina sólo anota 5.2%, Asia (excepto China) 11.6% y África 5.7% (IEA, 2010).⁵ Nótese además que mientras los países de la OCDE tienen una población de unos 950 millones de habitantes, las regiones señaladas cuentan con 4.2 mil millones de habitantes (sin considerar a China).

Las fronteras planetarias se enmarcan en el extremo final “seguro” de la zona de incertidumbre, de ahí que su transgresión no significa que inmediatamente se generarían escenarios indeseables, pero sí que mientras más se transgrede la frontera, más alto es el riesgo de cambios de régimen, de procesos de desestabilización del sistema o de erosión de la resiliencia y, consecuentemente, menores las oportunidades para reaccionar o tomar medidas (Steffen *et al.*, 2015). Las fronteras ecológicas tienen dos dimensiones: las fronteras planetarias o globales y los aspectos subglobales, todas con capacidad de generar sinergias, aunque sólo las fronteras planetarias, por sí mismas, pueden poner en entredicho las condiciones propias del Holoceno. Se consideran como fronteras planetarias el cambio climático y lo que recientemente se ha calificado como integridad biosférica (Steffen *et al.*, 2015). Las fronteras subglobales incluyen el agotamiento de la capa de ozono, la acidificación oceánica, los ciclos biogeoquímicos del fósforo y el nitrógeno, el cambio de uso de suelo, el uso del agua dulce, la carga atmosférica de aerosoles y la introducción de entidades novedosas o de contaminación química y de otros compuestos.

³ Así lo califica, por ejemplo, James Hansen, del Instituto Goddard para el estudio del Espacio de la NASA (Estados Unidos). Una concentración por arriba de las 450 ppm se estima comenzaría a generar consecuencias irreversibles e impredecibles.

⁴ Término acuñado por Eugene F. Stoermer (Crutzen y Stoermer, 2000) y popularizado posteriormente por Paul Crutzen (Crutzen, 2002).

⁵ Por ejemplo, entre los mayores importadores de petróleo, según datos de 2008, están Estados Unidos, Japón, China, India, Corea, Alemania, Italia, Francia, España y Holanda. Mientras que los mayores exportadores para ese mismo año son Arabia Saudita, Rusia, Irán, Emiratos Árabes Unidos, Nigeria, Angola, Noruega, Kuwait, Irak y Venezuela (IEA, 2010). Es de notarse que, en este panorama, sean los países de la OCDE los que concentren 53.2% de la capacidad de refinación de petróleo (IEA, 2010).

Las disparidades no sólo son evidentes a escala regional o de países, sino también de asentamientos humanos cuyo crecimiento ha sido inusitado desde la segunda mitad del siglo XX: en 1900 la población urbana era de sólo 13% de la población total mundial, en 1950 llegaba a 29% y hoy ronda 52% (Naciones Unidas, 2011).⁶

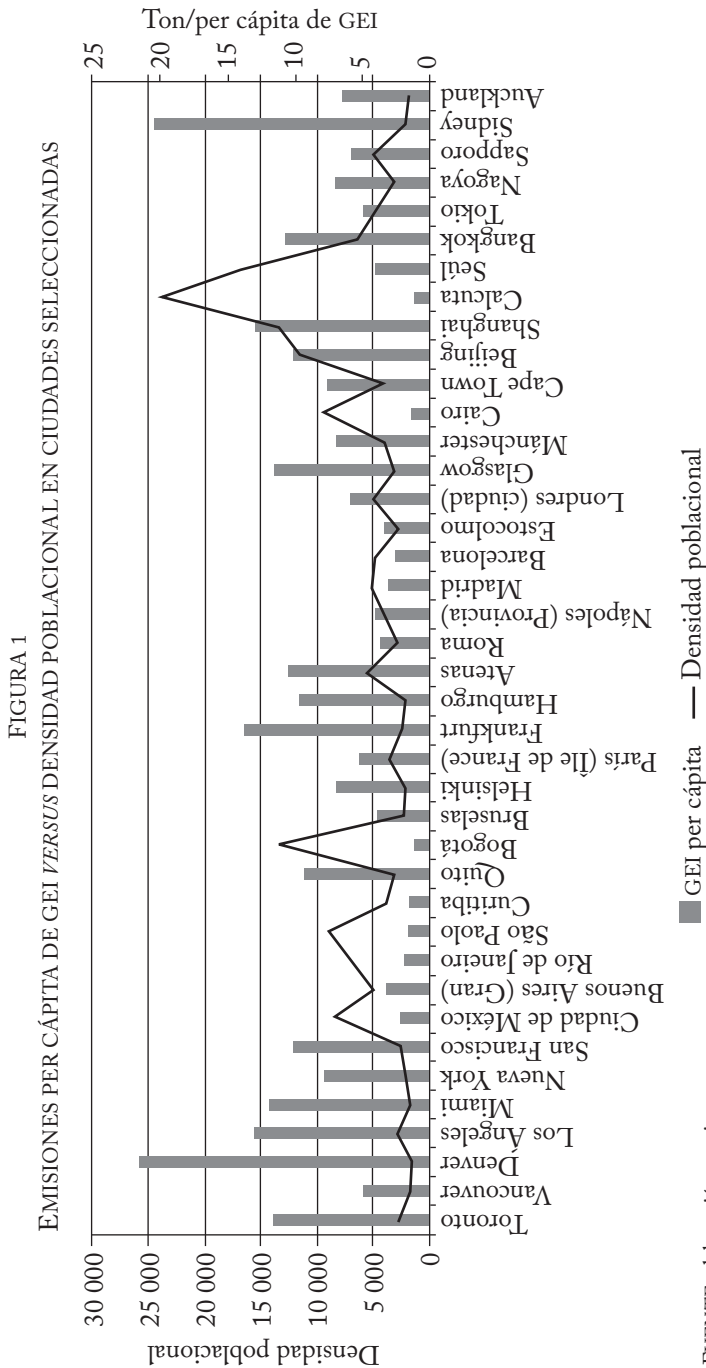
Las ciudades del mundo consumen 2/3 partes de la energía mundial y son responsables de la emisión de cuatro quintas partes de los GEI (Newman *et al.*, 2009:4; UN-Habitat, 2011:9),⁷ no obstante, tan sólo las 380 ciudades más relevantes de los países desarrollados son responsables de alrededor de 60% del PIB mundial (McKinsey Global Institute, 2013), lo que las coloca prácticamente como los mayores centros consumidores del planeta. Lo dicho se corrobora al notar que aunque los asentamientos urbanos crecen en promedio a un ritmo de 2% anual, teniendo como puntos extremos 0.7% para algunos países metropolitanos y 3% para algunas zonas periféricas (McKinsey Global Institute, 2013), tal crecimiento no es proporcional al monto de emisiones atribuibles a cada caso. De hecho, hoy día se observan concentraciones urbanas similares (en tanto a su densidad o al número de habitantes por km²) con muy distintas aportaciones de GEI, tanto históricas como nominales (véase la figura 1). Y si bien, por un lado, tal divergencia responde parcialmente a diversos factores como los usos del suelo, la forma y extensión del asentamiento, su tiempo de existencia o a las condiciones biofísicas de cada caso (*e.g.* latitud, cercanía y disponibilidad de recursos), por otro lado, no deja de ser significativa la polarización existente entre una ciudad y otra, y entre uno y otro habitante, en términos de patrones de consumo energético-materiales.

URBANIZACIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA Y MATERIALES

Proyecciones para el año 2050 indican que la población urbana podría ubicarse entre 64 y 69% de la población total mundial (Naciones Unidas, 2011), momento

⁶ Debido a los movimientos migratorios y al crecimiento poblacional, cada día se añaden 185 mil habitantes a la población urbana.

⁷ Existe un debate acerca de los datos pues según Satterthwaite (2009), las ciudades emiten directamente sólo 35% de los gases de efecto invernadero. No obstante, el dato que estima 80% no es descabellado si se asume una contabilidad de los costos ambientales resultantes de la entrada y salida de materiales y energía de las ciudades como un todo. Así, números ofrecidos por UN-Habitat (2011) sostienen que en 2006 las ciudades consumieron 67% de la energía y emitieron 71% del CO₂ y entre 40 a 70% de las emisiones totales de GEI a escala mundial. Proyecciones de ese mismo organismo para 2030 indican porcentajes de 73, 76 y 43 y 70%, respectivamente (UN-Habitat, 2011:51).



en el que la extensión de la capa urbana se duplicaría o hasta triplicaría, dependiendo de las dinámicas poblacionales y económicas (Angel *et al.*, 2011). La urbanización será en tal escenario más intensa en regiones que aún no han experimentado tasas importantes de urbanización y que al mismo tiempo prometen al menos un relativo crecimiento económico futuro (Naciones Unidas, 2011). Esto es, en Asia países como China e India esencialmente, pero también ciertas regiones de África que se colocan en esta dinámica pues al día de hoy tales continentes registran en promedio 45 y 40% de población total urbanizada, respectivamente (Naciones Unidas, 2011).

No es menor precisar que el proceso de urbanización ha sido histórica y geográficamente desigual pues el grueso de asentamientos irregulares, que suman 32% de la población mundial urbana, están en los países pobres (Davis, 2006). En promedio 43% de la población urbana de los países en desarrollo vive en dichos espacios, pero en casos como los de Chad, Etiopía o Afganistán, entre otros, rondan entre 98 y 99.4%; en contraste, en los países ricos los barrios pobres cubren en promedio tan sólo 6% de sus espacios urbanos (Davis, 2006).⁸

En todo caso, como ya se dijo, hoy día el mundo es mayoritariamente urbano, donde América Latina es la única región del mundo en desarrollo con índices que promedian 78% de población urbana y tasas de crecimiento de 1.8% anual (UN-Habitat, 2009). El porcentaje de población que vive en zonas de alta marginación es de 27% en promedio (UN-Habitat, 2009), aunque es variable, pues se estima en el orden de 19.6% en México, en 36.6% en Brasil, en 33.1% en Argentina, o en 68% en Perú, por dar algunos ejemplos (Davis, 2006).

Las ciudades latinoamericanas son pues íconos representativos de inmensos y típicos (des)ordenamientos territoriales cuyos patrones de expansión han sido acelerados. Muchas ciudades capitales se expandieron rápidamente durante la segunda mitad del siglo XX, sobre todo como resultado de la migración rural y la alta concentración de actividades económicas. Por ejemplo, la ciudad de México⁹ duplicó su tamaño, en términos de superficie, de 1950 a 1970 y, más que lo triplicó

⁸ El proceso de ampliación de las zonas urbanas de alta marginación se acentuó a partir de la década de 1990 cuando se registró un aumento de 36% de la población ahí emplazada, la que, de seguir la actual tendencia, se duplicará para 2040 (Davis, 2006).

⁹ La expansión del sistema urbano en México verifica tres etapas: la primera, de 1900 a 1940, fue predominantemente rural; la segunda, de 1940 a 1980, de intensa expansión, sobre todo en torno a las zonas metropolitanas del Valle de México (incluyendo Puebla y Toluca), Guadalajara y Monterrey, y en menor medida en León, Torreón y Ciudad Juárez, y la tercera, de 1980 a la fecha, de evolución baja-moderada y con un repunte en ciudades medias, proceso en el que ciudades como Puebla, Querétaro, Pachuca, Tlaxcala, San Juan del Río y Toluca crecen en íntima vinculación

para el año 2000; sólo de 1980 a 2000 el ritmo de tal crecimiento fue del orden de 37%, momento en que, sin embargo, la ciudad de Santiago, Chile, ya lo hacía a un ritmo de 67% (UN-Habitat, 2009).

Por tanto, puede sostenerse que la falta de una adecuada planeación del uso del suelo, una insuficiente y/o mala inversión pública, los altos índices de motorización, las asimetrías económicas de la población, entre otras cuestiones, han generado y aún generan una urbanización desorganizada, compleja, insustentable y ciertamente desigual.

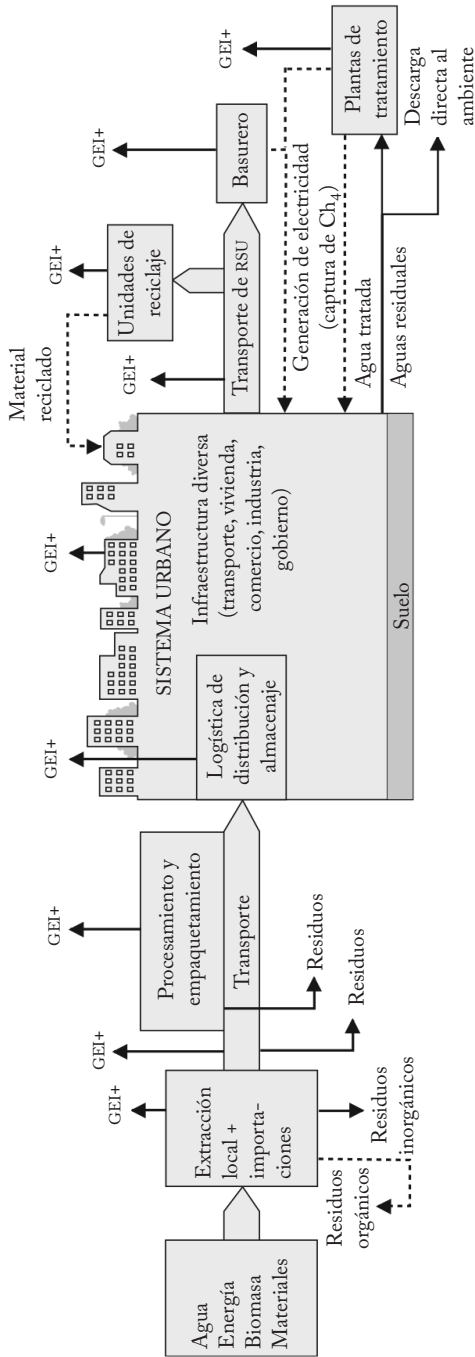
En lo que respecta al carácter insustentable de los asentamientos urbanos, cabe precisar su dimensión metabólica en términos de consumo de materiales y energía. Para tal propósito, los espacios urbanos se analizan como sistemas abiertos a flujos de materiales y energía; esto es que toman energía y materiales fuera del sistema (urbano) y que desechan energía disipada y materiales degradados (véase la figura 2). Se trata de un proceso entrópico que es visible con el deterioro de la infraestructura urbana, fenómeno que se acelera conforme se extiende la capa urbana, pero también a causa de la existencia de infraestructura no apta frente a los efectos del cambio climático, todo en un contexto en el que además los flujos se retroalimentan en el tiempo y en el espacio, complejizando y a veces hasta imposibilitando, por diversos factores, los mecanismos de obtención de materiales y energía y de expulsión de desechos.

Es clave notar que la ciudad, o lo que Mumford (1961) calificó como “segunda naturaleza”, se caracteriza por tener una tasa metabólica muy intensa por unidad de área pues demanda crecientes flujos de energía y genera fuertes flujos de desechos. No se trata de un ecosistema, advierte el autor, sino de una forma específica de asociación-interacción de buena parte de la humanidad, la cual es posible sólo a partir de la subordinación de espacios territoriales más allá de la periferia urbana. Lo dicho es relevante desde el punto de vista de la magnitud de los mencionados flujos —o del metabolismo urbano— necesarios para sostener las ciudades en creciente expansión.

El trabajo de Wolman es reconocido como pionero en términos empíricos pues analiza los flujos de entrada y salida de energía y materiales de una ciudad hipotética de Estados Unidos de un millón de habitantes, y advierte correctamente su complejidad y variabilidad. Wolman identificó tres flujos clave de entrada (agua, alimentos y combustible) y tres de salida (aguas residuales, residuos sólidos y

a la desbordante zona metropolitana del Valle del México y a la actividad manufacturera que es relativamente expulsada de ésta (Garza, 2002).

FIGURA 2
DIAGRAMA DE FLUJOS DE MATERIALES Y DE ENERGÍA DE LOS SISTEMAS URBANOS



-----> Flujos de entrada GEI+: GEI y otros contaminantes atmosféricos
 —————> Flujos de salida RSU: residuos sólidos urbanos

FUENTE: elaboración propia. Diseño gráfico: Ángeles Alegre Schettino.

contaminantes atmosféricos).¹⁰ Lo más relevante, desde el punto de vista del presente trabajo, es que claramente identifica el flujo de entrada y salida de agua como el de mayores dimensiones, además de ser un flujo que describe como “silencioso e invisible” (Wolman, 1965) pero que sin embargo es clave, por ello su planeación es prioritaria en términos de disponibilidad de agua, viabilidad socioambiental y climática de los asentamientos humanos.

Después de Wolman comienzan a consolidarse corrientes del metabolismo urbano propias de la economía ecológica y sobre todo en la ecología industrial (Ayres, 1994), que se abocaron a la cuestión urbana al aplicar métodos de *análisis de flujos de materiales* (Brunner y Rechberger, 2005) y poco después de contabilidad de flujos de energía o lo que Haberl (2001) calificó como “metabolismo energético”. Como resultado de la evolución antes descrita, la literatura sobre metabolismo urbano es cada vez más numerosa. Los trabajos se abocan al estudio de ciudades específicas (sobre todo del mundo desarrollado, pero no exclusivamente), de sus flujos puntuales, del *stock* e incluso de sus implicaciones socioecológicas y climáticas. De tal diversidad, cabe mencionar el trabajo de Baccini y Brunner (1990 y 2012) como precursores teórico-metodológicos contemporáneos, y después de otros como Kennedy *et al.* (2007, 2009 y 2011), Minx *et al.* (2010) o Ferrão y Fernández (2013); estos últimos sitúan la apuesta por un “metabolismo urbano sustentable” o de planificación de esquemas o niveles metabólicos urbanos resilientes. En América Latina ha sido analizado con detalle el caso de Bogotá (Díaz Álvarez, 2011), mientras que una primera valoración comparativa se ha realizado para el caso de las megaciudades y ciertas ciudades capitales de la región (Delgado, 2012 y 2013). Desde luego hay otras contribuciones igualmente valiosas.

Los estudios de metabolismo urbano, aunque son valiosos en sí mismos dado que permiten identificar y sistematizar grandes cantidades de información relacionada con las dimensiones y procesos asociados al *stock* y a los flujos energéticos y materiales propios de las ciudades (además de habilitar la modelación de escenarios futuros sobre los mismos), éstos toman mayor sentido y relevancia cuando se hibridan con el análisis de lo económico-político y social, de estructuras de poder y asimetrías espaciales y temporales, o lo que se califica como modelos extendidos del metabolismo urbano (Zhang, 2013). De ahí que Swyngedouw (en Heynen, Swyngedouw y Kaika, 2006) afirme adecuadamente que los flujos

¹⁰ La ciudad hipotética de Wolman consumía 625 mil toneladas diarias de agua y generaba 500 mil toneladas diarias de aguas residuales. Asimismo, el consumo de combustible era de unas 9 500 toneladas diarias y el de alimentos de unas dos mil toneladas al día (Wolman, 1965).

metabólicos se gestan por medio de conductos sociales y biofísicos, contexto en el que los procesos de desterritorialización y reterritorialización (destrucción y reconstrucción del espacio construido) hoy por hoy sean definidos y estén en función de las posibilidades que tales o cuales espacios territoriales puedan ofrecer a la acumulación de capital. En ese sentido, la función del territorio se entiende en términos de relaciones sociales de producción existentes (no de zonificación o usos del suelo, ya sea residencial, industrial o comercial); esto es, el espacio construido impregnado de la lógica para la cual se estructura el territorio y en donde se gestan, hoy día, las asimetrías propias de un desarrollo desigual (Harvey, 1996), sus contradicciones y los procesos de resistencia.

Tales resistencias sociales en pugna por un derecho a la ciudad, a una ciudad menos desigual, más sustentable, incluyente, equitativa y solidaria, dan cuerpo a la denominada *ecología política urbana* en tanto que la pelea por tal derecho pasa por el derecho a la gestión del propio metabolismo urbano (Heynen, Kaika y Swyngedouw, 2006).

Así, debido al arraigo de relaciones de poder dominantes, se observa la apropiación desigual de los flujos de energía y materiales —y del *stock* material— por medio de relaciones de mercado, pero también de ciertas políticas (por ejemplo las que impactan sobre la estructura presupuestaria del gasto público). El resultado de una capacidad de compra desigual es que las mejores construcciones, los servicios de mayor calidad y el grueso del espacio público, cada vez más privatizado, se adjudica a los “mejores” consumidores, es decir a las clases medias y altas, todo al tiempo que las externalidades negativas de la vida urbana tienden a exportarse a los barrios periféricos o fuera de la ciudad (los efectos no exportables a otros espacios son, sin embargo, mejor afrontados o en su caso mitigados o neutralizados por aquellos individuos cuyo poder de compra es mucho mayor). En el proceso claramente las cuestiones de clase, género y etnicidad, entre otras, son centrales en términos de la capacidad de movilización de relaciones de poder para definir quién tiene acceso a, o control de, y quién será excluido del acceso a, o el control de los recursos naturales y otros componentes del espacio urbano construido (Heynen, Swyngedouw y Kaika, 2006), ello incluyendo la imposición de los impactos socioecológicos creados. En tal tenor, Harvey (2012) sugiere

[...] pasar de la exigencia del derecho a la ciudad a la revolución urbana. Esto es una revolución esencialmente de la función del territorio y del acceso, gestión y usufructo del *stock* y los flujos materiales y energéticos con el propósito de encauzarse hacia esquemas menos asimétricos y más resilientes.

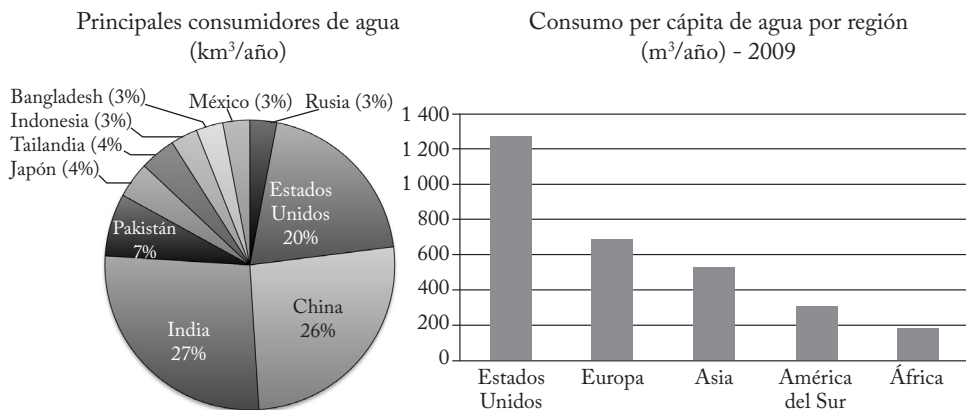
AGUA, MEDIO AMBIENTE Y CAMBIO CLIMÁTICO

Del total del agua en el planeta, unos 1 400 millones de m³, sólo 2.5% es agua dulce y no toda está disponible para el consumo humano pues de ese 2.5%, poco más de dos terceras partes o 68%, está congelada en los glaciares. Así, sólo alrededor de 0.8% del total del agua del planeta es accesible para consumo humano, que en su gran mayoría es agua subterránea y, en mucho menor medida, agua superficial; la desalación de agua es energética y económicamente muy costosa y, en todo caso, sólo viable en un cierto grado en algunas zonas costeras.

Hoy por hoy los mayores consumidores del planeta, en términos absolutos, son China, India y Estados Unidos; no obstante, si se mira a nivel per cápita, los países desarrollados, comenzando por Estados Unidos, consumen mucha más agua que la gente que vive en los países en desarrollo (véase la figura 3). Y si bien la extracción de agua aumentó tres veces en los últimos 50 años (PNUMA, 2012), se espera que para 2025 se incremente en el orden de 50% en los países desarrollados y de 18% en los países en desarrollo, estos últimos precisamente donde se registrará el mayor aumento poblacional. Así, unos 1 800 millones de personas vivirán para el año 2025 en países o regiones con escasez absoluta de agua y dos terceras partes de la población vivirá en condiciones de estrés hídrico (UN-Water, 2013).

La situación ya es de por sí compleja y se refleja concretamente en el hecho de que un tercio de la población mundial ya vive en regiones con escaso acceso al

FIGURA 3
USUARIOS DE AGUA EN LA ESCALA GLOBAL EN TÉRMINOS ABSOLUTOS
Y PER CÁPITA, 2009



FUENTE: Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: el agua en un mundo en cambio, UNESCO, 2009.

agua, una situación que en parte es socialmente construida y en parte biofísicamente definida. Un estudio de las 424 principales cuencas fluviales del mundo precisa que ya se transgreden los requerimientos de flujos ambientales en 223 cuencas donde habitan 2 670 millones de personas, una situación que repercute en una escasez severa del líquido durante por lo menos un mes al año (PNUMA, 2012).

A lo dicho súmese que, dados los crecientes niveles de contaminación, el agua dulce es cada vez de menor calidad, y también su localización está cambiando debido a la alteración del ciclo hidrológico, entre otras cuestiones por efecto del cambio climático. Las tendencias históricas y las estimaciones para 2050 consideran que hay razones suficientes para proyectar un aumento de la disponibilidad de agua en altas latitudes y zonas tropicales y un decremento en latitudes medias y regiones secas (IPCC, 2013; Nelson *et al.*, 2010); un escenario en el que claramente las comunidades más pobres serían las más vulnerables, en particular las mujeres y niños. De hecho, éstas son hoy día las personas más vulnerables de entre los aproximadamente 780 millones de personas que carecen de acceso a fuentes de agua limpia y de entre los 2.5 mil millones que carecen de servicio de saneamiento (UNICEF/OMS, 2008).

Los impactos son agudos: el consumo de agua contaminada, más allá de generar unos cuatro mil millones de casos de diarrea al año, resulta en 2.2 millones de muertes al año, sobre todo de niños menores de cinco años (muere un niño de ese rango de edad cada 20 segundos) (UN-Water, 2013). La cifra de muertes aumenta a 3.5 millones al año cuando se considera no sólo la calidad del agua, sino también cuestiones de higiene y falta de servicio de saneamiento, contexto en el que 98% de las muertes ocurren en países en desarrollo (UN-Water, 2013).

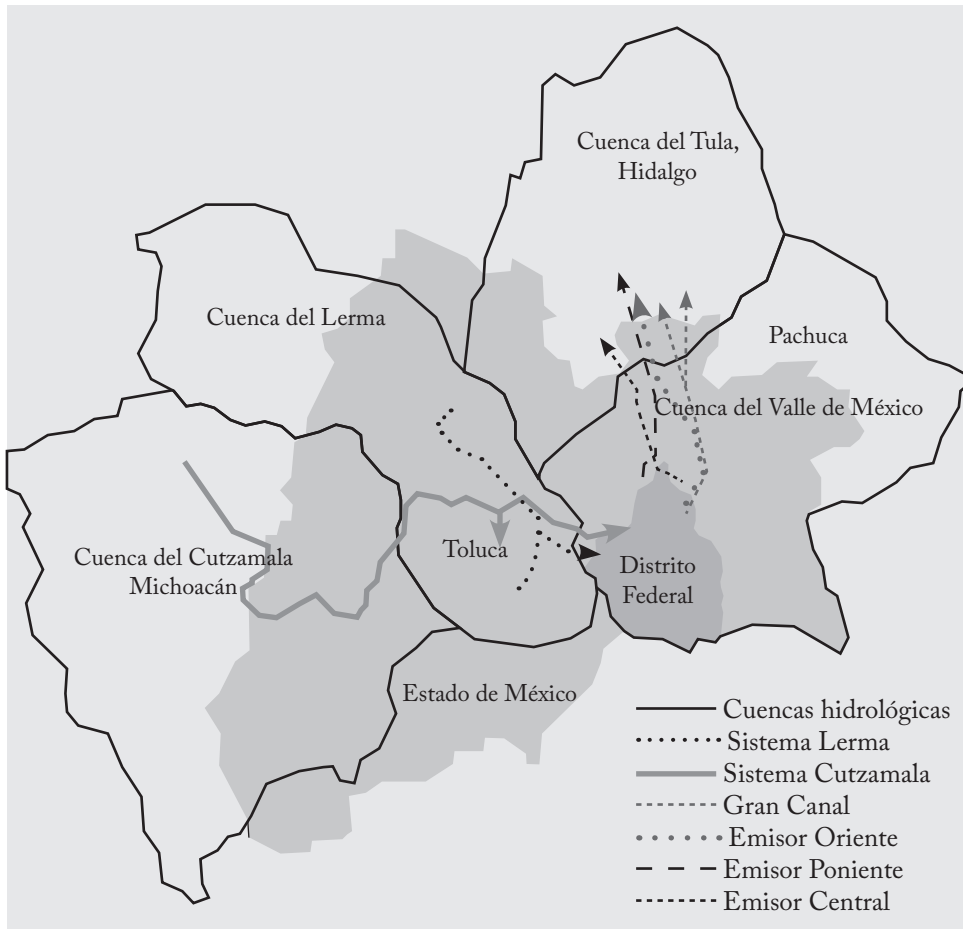
METABOLISMO URBANO Y ECOLOGÍA POLÍTICA DEL AGUA: EL CASO DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y SU ZONA METROPOLITANA

El análisis del flujo de agua desde una perspectiva metabólica urbana, como se dijo ya, identificada por Wolman (1965), pero aún más, de las diversas interconexiones de ese flujo al consumo de energía, resulta relevante tanto en términos socioecológicos y políticos como climáticos. Y si bien se reconoce que el cambio climático puede afectar la disponibilidad y calidad del líquido y aumentar potencialmente la vulnerabilidad de la población ante posibles inundaciones, este ejercicio se centra exclusivamente en la dimensión de mitigación climática, derivada del mencionado nexo agua-energía.

El caso de estudio comprende la denominada *región hidropolitana* de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) (Perló y González, 2009), o lo que Peña (2012) prefiere calificar como *ciudad-cuenca* y que refiere, en este caso, a la articulación de cuatro cuencas que de modo natural no tienen conexión alguna: la cuenca del Valle de México, la del Alto Lerma, la del Cutzamala y la de Tula (véase la figura 4).

El resultado de dicho *ciclo hidrosocial* (Swyngedouw *et al.*, 2005), es decir, de la gestión particular del agua en un contexto socioambiental dado, ha sido la apro-

FIGURA 4
REGIÓN HIDROPOLITANA



FUENTE: Jiménez, Gutiérrez, Marañón y González, 2011.

piación/despojo de agua de cuencas vecinas y la expulsión de agua excedentaria y residual hacia otra. Así, mientras las primeras tres cuencas abastecen los flujos de entrada de agua, la última es el destino de los flujos de salida, incluyendo aquella que fluye como resultado de lluvias intensas y que históricamente han tendido a inundar el Valle de México, en tanto que la ciudad está emplazada sobre un sistema endorreico que ha sido desecado progresivamente desde la Colonia y concretamente a partir de la construcción del Real Canal de Huehuetoca (1607), el tajo de Nochistongo (1789), el primer (1905) y segundo (1954) túnel de Tequixquiac, el drenaje profundo (1975), y más recientemente el emisor poniente (2010). El sistema en conjunto permite hoy día expulsar de la cuenca unos 57 m³/s.

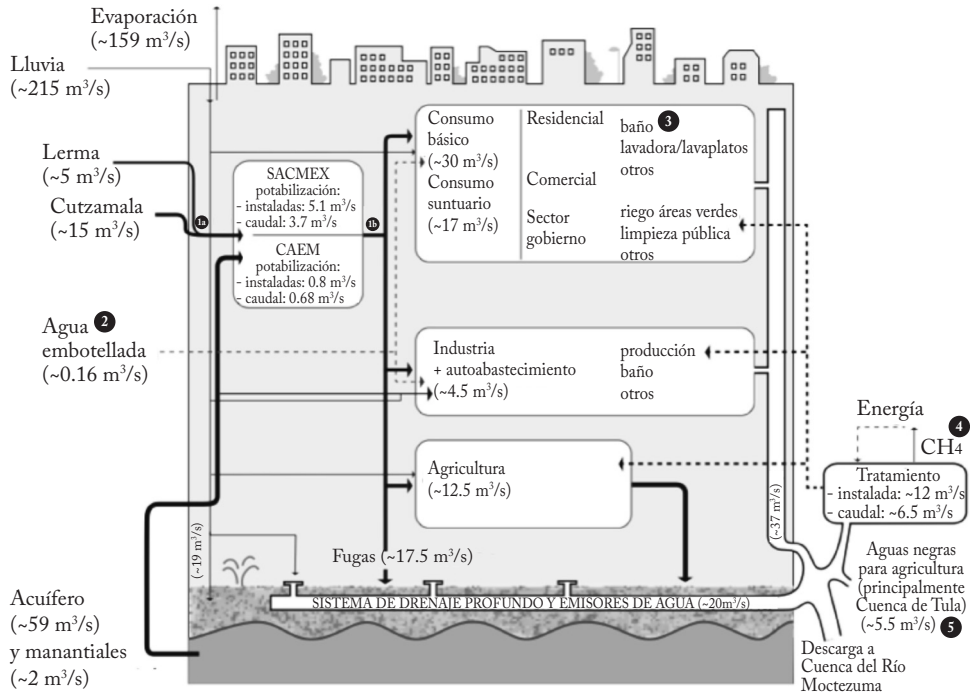
No sobra mencionar que aunque en el Distrito Federal (DF) la precipitación normal anual es de 863 mm (con base en la media de 1971 a 2000), las lluvias se han tornado cada vez más intensas y durante periodos más cortos (de junio a septiembre); así, desde 1979 se registra un aumento de agua del orden de 7% (en la estación de Tacubaya se pasó de 600 mm en 1900 a 900 mm a fines de la primera década del siglo XXI). Dicha situación, aunada a la proyección en un contexto de cambio climático a 2050 del aumento en la cantidad e intensidad de las precipitaciones, sobre todo en época de lluvias (Aponte, 2013), obliga a mantener a punto tanto el sistema de abastecimiento como el de túneles, emisores y drenaje profundo que expulsa el agua fuera del valle, ello en tanto que hay una relación directa con el grado de vulnerabilidad de la ciudad a inundaciones.¹¹ Pese a todo, el incremento en la cantidad e intensidad de las precipitaciones al año 2050 no significa una disponibilidad futura suficiente de agua para la ZMVM pues la demanda de agua proyectada seguiría siendo mayor (Aponte, 2013).

Como se observa en la figura 5, los flujos de entrada a la ZMVM son principalmente: 1) más de 600 pozos que extraen agua del acuífero del Valle de México (~59 m³/s), actualmente sobreexplotado a un ritmo de hasta un metro de caída anual en el nivel estático (déficit de unos ~28 m³/s);¹² 2) el agua proveniente del sistema

¹¹ De hecho se verifica de manera persistente la inundación de ciertas zonas de la ciudad, incluyendo el desbordamiento de aguas residuales en zonas como el Valle de Chalco e Ixtapaluca. Producto de la falta de saneamiento del sistema de desalojo de agua afuera de la ciudad y de lluvias cada vez más intensas, en 2010 el desbordamiento dejó a casi 25 mil personas sin hogar.

¹² Los pozos se ubican en la zona limítrofe del antiguo lecho lacustre (por ejemplo: Sierra las Cruces, acuífero de Texcoco) donde las arcillas, que no permiten la infiltración de agua, tienen un espesor menor. El acuífero se encuentra sobreexplotado debido tanto a los ritmos de extracción como a la pérdida de capacidad de infiltración y de autorregulación de la cuenca con respecto a los picos de lluvia, a causa de la expansión urbana que “sella” o “asfaltiza” el suelo, sobre todo de las sierras que originalmente rodeaban la ZMVM (también por la erosión de las zonas de conserva-

FIGURA 5
METABOLISMO URBANO DEL AGUA DE LA ZMVM



- 1a y 1b Emisiones por consumo de energía del sistema (bombeo, potabilización, etcétera):
 - SACMEX: ~332-284 mil tCO₂e
 - CAEM: ~830-710 mil tCO₂e
- 2 Emisiones por manufactura, empaquetamiento y distribución:
 - DF: ~362 mil tCO₂e
 - Municipios conurbados de la ZMVM: ~900 mil tCO₂e
- 3 Emisiones por calentado de agua para ducha:
 - DF: ~929 mil tCO₂e
 - Municipios conurbados de la ZMVM: ~1.3 millones de tCO₂e
- 4 Emisiones de metano:
 - DF: ~591 mil tCO₂e
 - ZMVM: ~926 mil tCO₂e
- 5 Emisiones ahorradas por uso de aguas negras en equivalente a emisiones emitidas por la síntesis industrial de nitrógeno y fósforo:
 - Cuenca de Tula: nitrógeno ~282 mil tCO₂e y fósforo ~20 mil tCO₂e

FUENTE: Delgado, 2015. Diseño: Ángeles Alegre Schettino.

de las cuencas del Lerma ($\sim 5 \text{ m}^3/\text{s}$) y Cutzamala ($\sim 15 \text{ m}^3/\text{s}$), y 3) manantiales y ríos urbanos ($\sim 2 \text{ m}^3/\text{s}$) (Burns, 2009). En conjunto abastecen el grueso del agua que se distribuye en el Distrito Federal a través del Sistema de Aguas de la Ciudad-Sacmex¹³ y en el Estado de México a través de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), a lo que se suman sistemas de autoabastecimiento de la industria, servicio de pipas irregular (no dependiente de las entidades de gobierno antes indicadas) y además, de pozos clandestinos cuyo número exacto se desconoce pero se estima en torno a 2250 (Peña, 2012).

Asimismo, la ZMVM importa agua para beber embotellada de diversos lugares, el grueso del país, pero también del extranjero. El consumo estimado para el DF es del orden de $2.07 \text{ hm}^3/\text{año}$, y el de los municipios del Estado de México e Hidalgo parte de la ZMVM de $3.1 \text{ hm}^3/\text{año}$, esto es en conjunto unos $\sim 0.16 \text{ m}^3/\text{s}$, no obstante, se calcula que el total de agua embotellada demanda al año por la ZMVM, considerando el agua adicional necesaria para su producción (agua virtual) en $8.78 \text{ hm}^3/\text{año}$.¹⁴ Cabe precisar que 76.94% de la población del DF consume agua de garrafón o embotellada mientras que sólo 10.84% la hierve, 4.37% la filtra o purifica por otros métodos y 4.58% la toma tal y como la recibe (Jiménez *et al.*, 2011). Consumos similares se observan en los municipios conurbados de la ZMVM.

Sin considerar el agua embotellada, el consumo de agua en el DF, el área de la ZMVM con mayores problemas de disponibilidad del líquido promedia unos 327 litros per cápita al día, cantidad a la que hay que restar una pérdida en fugas de entre 35 y 40% (Jiménez *et al.*, 2011; Peña, 2012). El dato no es menor en términos ambientales, sobre todo cuando se toma nota de que poco menos de la tercera parte del agua, y que llega del complejo Lerma-Cutzamala, debe ser bombeada 1 100 m adicionales sobre el nivel del mar (la energía empleada para

ción y de la reducción de la capa de hielo en los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl). La extracción histórica de agua es: unos $2 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1870; $\sim 22 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1952 (ya con déficit pues la recarga era sólo de $19 \text{ m}^3/\text{s}$); y a partir de 2007 de unos $59 \text{ m}^3/\text{s}$ (Burns, 2009).

¹³ El Sistema de Aguas de la ciudad de México (Sacmex) articula las empresas privadas concesionarias del servicio. Para ello, la ciudad de México se dividió en cuatro zonas, cada una a cargo de un grupo empresarial: 1) Proactiva Medio Ambiente SAPSA de la mexicana ICA y la francesa Veolia; 2) Industrias del Agua de la ciudad de México S.A. de C.V. de la mexicana Peñoles y la francesa Suez; 3) Tecnología y Servicios de Agua, S.A. de C.V., también de Peñoles y Suez, y 4) Agua de México, S.A. de C.V. de capital mexicano.

¹⁴ Estimación con base en el consumo per cápita nacional para 2009 de 235 litros al año (con base en Delgado, 2014). Para calcular el agua virtual se utiliza el promedio de agua indirecta que demanda cada litro de agua embotellada, mismo que se estima en 700 ml adicionales según datos de 2010 de FEMSA Coca-Cola y Nestlé-México.

ello representa 80% de los costos de operación del sistema) (Aponte, 2013).¹⁵ Y aún más, en el caso del Lerma la capacidad instalada se ha reducido de 15m³/s a ~5m³/s debido a hundimientos registrados a lo largo del sistema, derivados del sobrebombeo de acuíferos de la zona (además ha incrementado los costos en bombeo de agua de las ahora zonas bajas del sistema a las altas).

Con todo, la disponibilidad de agua es asimétrica pues la distribución va desde 177 litros en la delegación Tláhuac hasta 525 litros en la delegación Cuajimalpa (véase la tabla 1). Las delegaciones con los asentamientos de mayores ingresos se ubican en el rango de consumo de 400 a 525 litros al día per cápita (con base en Jiménez *et al.*, 2011).¹⁶

A la cuestión de la cantidad de agua también se suman las desigualdades en la calidad del agua recibida (Jiménez *et al.*, 2011; Díaz-Santos, 2012), situación que refleja las limitaciones de capacidad real de potabilización por parte del Sacmex, entidad que cuenta con 38 plantas potabilizadoras en operación con una capacidad instalada de 5.1 m³/s y un caudal potabilizado de sólo unos 3.7 m³/s (Semarnat/Conagua, 2012; INEGI, 2014). A tal capacidad se suman tres plantas más pertenecientes a los municipios del Estado de México que corresponden a la ZMVM (dos en Chimalhuacán y una en Tlalmanalco) con una capacidad instalada de 0.8 m³/s y un caudal real de 0.68 m³/s (Semarnat/Conagua, 2012).

Ahora bien, en lo que refiere a los flujos de salida (véase asimismo figura 5), se estima que la ZMVM genera unos ~57 m³/s de los cuales sólo trata menos de 13% (6.6 m³/s). La capacidad de tratamiento en el DF es de 6.7 m³/s con un caudal

¹⁵ Las presas del Sistema Cutzamala (tres de almacenamiento y cuatro derivadoras) almacenan agua del río del mismo nombre, excepto la presa Chilesdo, que aprovecha el agua del río Malacatepec. La ubicación de las presas en orden ascendente de acuerdo con la trayectoria de los ríos es: a) Tuxpan y El Bosque, en Michoacán; b) Colorines, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Villa Victoria y Chilesdo, en el Estado de México. Las presas derivadoras son: Tuxpan, con una capacidad de cinco hectómetros cúbicos a una elevación de 1751 msnm; la presa Ixtapan del Oro, con capacidad de medio hectómetro cúbico a una elevación de 1741 msnm; Colorines y Chilesdo, con una capacidad de 1.5 millones de metros cúbicos cada una y a una elevación de 1629 y 2396 msnm, respectivamente. Las presas de almacenamiento son: El Bosque, con una capacidad de 202 Mm³ a una altura de 1741 msnm; Valle de Bravo, con 394.4 Mm³ a una elevación de 1768 msnm, y Villa Victoria, con 186 Mm³ a una elevación de 2545 msnm. Este sistema está integrado por seis macroplantas de bombeo, que en conjunto vencen un desnivel que supera los 1100 m (Aponte, 2013).

¹⁶ 38.4% de la población del DF recibe agua algunas horas al día, mientras que 61.5% la recibe todo el día. No obstante, en promedio 52-53% de la población más pobre y medianamente pobre recibe agua sólo algunas horas al día, porcentaje que en las zonas menos pobres se ubica en tan sólo 18-19% (Jiménez *et al.*, 2011).

TABLA 1
 CONSUMO DE AGUA POR DELEGACIÓN DEL DISTRITO FEDERAL (2008)

<i>Delegación (población-2010)</i>	<i>Consumo anual per cápita (litros)¹</i>	<i>Delegación (población-2010)</i>	<i>Consumo anual per cápita (litros)¹</i>
Azcapotzalco (414 711)	118 990	Iztapalapa (1 815 786)	86 870
Álvaro Obregón (727 034)	142 715	Magdalena Contreras (239 086)	151 110
Benito Juárez (385 439)	166 075	Miguel Hidalgo (372 889)	174 470
Coyoacán (620 416)	113 880	Milpa Alta (130 582)	84 315
Cuauhtémoc (531 831)	175 200	Tláhuac (360 567)	64 605
Cuajimalpa (186 391)	191 625	Tlalpan (650 567)	90 885
Gustavo A Madero (1 185 772)	125 195	Venustiano Carranza (430 978)	123 005
Iztacalco (384 326)	115 705	Xochimilco (415 007)	78 110

¹ Incluye fugas. El consumo total de agua en 2008 fue mayor que el de 2013. En 2008, el total de agua consumida fue de 1 047 360 millones de litros.

FUENTE: elaboración propia con base en Jiménez *et al.*, 2011.

tratado de sólo 3 m³/s, mientras que en los municipios del Estado de México que forman parte de la ZMVM, la capacidad instalada es de 5.1 m³/s y el caudal tratado de sólo 3.6 m³/s (con base en Semarnat/Conagua, 2012).¹⁷ El resto de las aguas residuales y de lluvia se envía a la cuenca del Tula (río Tula-Moctezuma-Pánuco) vía el ya mencionado sistema de drenaje profundo y el Gran Canal. El grueso del agua tratada en el DF se utiliza para áreas verdes urbanas (83%) y el resto la reutiliza la industria (10%) o se emplea en la producción de alimentos en zonas periurbanas (5%). En el caso del agua tratada en los municipios del Estado de México, la mayor parte es usada para actividades agrícolas, lo mismo aplica para buena parte del agua que se trata en la planta de Atotonilco en Hidalgo, una de

¹⁷ Tizayuca en el estado de Hidalgo suma 118 litros/s de capacidad instalada y un caudal tratado de 78 litros/s, lo cual no cambia las proporciones indicadas para la ZMVM. Datos para 2013 precisan un caudal tratado por el DF de 3.34 m³/s, volumen ligeramente mayor que los años previos pero aún muy pro debajo de la capacidad instalada (Solicitud INFO-DF, folio: 0324000009414).

las plantas tratadoras más grandes del mundo, que es desarrollada por un grupo empresarial liderado por la mexicana IDEAL de Carlos Slim y que se supone capaz de tratar 60% de las aguas residuales de la ZMVM con un gasto de 166 millones de KWh al año y la generación promedio de 917 toneladas de lodos al día.¹⁸ En este contexto no deja de ser menor el hecho de que, si bien por un lado es central tratar el agua (por cuestiones ambientales y de sanidad), por el otro, cuando ese proceso está en manos del sector privado, el resultado es una privatización *de facto* del líquido pues es la iniciativa privada la que controla quién recibe y quién no dicha agua tratada, al menos en ausencia de regulación contraria. La advertencia al respecto la ha hecho ya correctamente Peña (2012) para el caso de la ZMVM, como de otros asentamientos urbanos del país con sus propias regiones hidropolitanas multicuencas.

Además de lo anterior, en las *grafías* de la ecología política de la principal región hidropolitana del centro del país es bien conocido que los conflictos por el agua son especialmente intensos, ello debido a la disponibilidad limitada frente a la fuerte demanda del líquido. En tal sentido, no es casual que una revisión de 1990 a 2002 de unas cinco mil notas periodísticas sobre conflictos de agua en el nivel nacional concluyera que 49% de las disputas se habían verificado en el Valle de México (Jiménez *et al.*, 2011). Las movilizaciones que incluían marchas y toma de instalaciones, principalmente, fueron en 56% por falta de líquido y en 24% por alza de tarifas; dentro de la ZMVM las zonas de mayor reacción social son precisamente aquellas con menor acceso al agua —debido a que no hay infraestructura suficiente— como lo son ciertas zonas del oriente y de municipios conurbados (Jiménez *et al.*, 2011). Y es que, como bien señala Castro,

[...] no es el ciclo natural el que afecta por igual a todos los habitantes sino que los drásticos cambios naturales afectan de manera diferenciada a los habitantes de acuerdo a la disponibilidad de infraestructura y de eficiencia en la prestación del servicio, según la zona de la metrópoli (Jiménez *et al.*, 2011).

¹⁸ El proyecto tiene un costo estimado inicial de 7359 millones de pesos más intereses para un costo final estimado de al menos unos 15 800 millones de pesos (Burns, 2009). La planta contará con una capacidad de 23 m³ en época de estiaje (proceso convencional) y 12 m³ adicionales en época de lluvias (proceso físico-químico con unos 4 800 toneladas de cloro al año), esto es, un volumen tratado promedio de 33 m³/s (Conagua, 2014). No es menor anotar que se trata de un proyecto desarrollado por la iniciativa privada, pese a que la mitad del financiamiento sea puesto por el gobierno. El contrato ha sido adjudicado del siguiente modo: IDEAL tiene 40.8% de la participación; Atlatec S.A. de C.V., subsidiaria de Mitsui (Japón), 24.26%; Acciona Agua S.A. de España, otro 24.26%, y Conoisa de la mexicana ICA, 10.20%. El resto es propiedad de la mexicana Dycusa y Green Gas Pioneer Crossing Energy, LLC de Estados Unidos.

Además de los conflictos internos, existen otros en las zonas de captación y expulsión de agua. En referencia a los primeros se registra desde la movilización campesina en la década de 1970 contra la construcción del sistema Lerma en el Valle de Toluca en tanto que significaba la pérdida de cosechas por falta de agua, que en cambio era enviada a la ZMVM. El conflicto se resolvió vía indemnización, con maíz primero y con dinero después, pero los impactos se hicieron visibles con la afectación del sistema lacustre y la pérdida de suelos agrícolas productivos y el emplazamiento de parques industriales. Para 1990 aparece otro conflicto en la zona de Temascaltepec, donde se proyectaba la ampliación del sistema Cutzamala para obtener 5 m³/s adicionales, no obstante, el proyecto se frenó debido a las reacciones sociales (Jiménez *et al.*, 2011). Más recientemente, en 2003, una mala operación de la represa Villa Victoria, que es parte del sistema Cutzamala, inundó 300 hectáreas de cultivos. La situación resultó en la movilización campesina para obtener una indemnización por la pérdida de la producción. Ante la falta de respuesta del gobierno, el movimiento reivindicó su carácter indígena haciendo poco después aparición el denominado Ejército de Mujeres Mazahuas por la Defensa del Agua. Lograda la atención pública, se denunció la carencia de agua en sus comunidades de cara a la apropiación de grandes volúmenes del líquido para abastecer a la ZMVM, al tiempo que se oponían a la Ley de Aguas Nacionales, en la que se excluyen los sistemas de gestión comunitarios en territorios indígenas. El proceso de lucha social, pese a ser criminalizado (Ávila-García, 2011), sigue en marcha hasta hoy en día. De hecho, en marzo de 2015 el Frente Mazahua para el Desarrollo Sustentable del Cutzamala (figura en la que derivaría el movimiento empujado por el mencionado Ejército de Mujeres Mazahuas en Defensa del Agua) volvía a manifestarse públicamente, en esta ocasión en Villa Victoria, Estado de México, para demandar nuevamente y por más de una década que, entre otras cuestiones, unas 200 comunidades ubicadas donde nace el Cutzamala reciban a la brevedad el servicio de agua potable, ello al tiempo que se apoye la generación de proyectos comunitarios sustentables a cambio de agua que llevan hacia la ZMVM (Montaño, 2015).

También se verifican conflictos por las aguas residuales ante la apuesta de capturarlas para su tratamiento, quitando así buena parte del líquido a campesinos del Valle del Mezquital, Hidalgo, una región con la más baja precipitación a escala nacional (400 mm/año) donde se siembran unas 85 mil hectáreas de riego con aguas negras, mismas que aportan, sólo en el Tula, unas 44 mil toneladas de nitrógeno y 17 mil toneladas de fósforo (Burns, 2009).

La reducción del caudal de aguas residuales y el emplazamiento de infraestructura para desviar y tratar parte del caudal de aguas residuales, ha generado

conflictos desde finales del siglo pasado. Las movilizaciones por parte de la Unión Productora Agrícola y Ganadera de las Aguas para Riego denunciaba en 2011, una vez más, la merma (hasta en dos tercios) del torrente de aguas no tratadas y con ello la consecuente pérdida de cultivos de hortalizas y alfalfa, una situación que llevaría a expresiones tales como “¡las aguas negras son nuestras!” (*La Jornada*, 2011). El panorama implica tensiones locales entre agricultores de tierras altas y bajas por las “aguas blancas” provenientes de la represa Requena y las “negras” que descarga la ZMVM. En 2012 la Unión exigía al Congreso del estado de Hidalgo que la Comisión Nacional del Agua garantizara mediante documento oficial un volumen equivalente de agua [gratuito] para sus parcelas, al que derivaría a la tratadora de Atotonilco, ello en tanto que existe la preocupación de que a partir de ese momento se cobre por el agua tratada (*News Hidalgo*, 2012). En 2013 unos 75 mil productores se manifestaron nuevamente por la falta de aguas residuales (Montoya, 2013); el problema sigue latente.

HACIA UNA MAYOR PRIVATIZACIÓN DEL SERVICIO POTABLE DE AGUA: UNA BREVE LECTURA DESDE LA ECOLOGÍA POLÍTICA URBANA DEL AGUA

La agenda hídrica del Estado mexicano se ha caracterizado por preservar en primer lugar los intereses empresariales que representa, así lo constatan las diversas modificaciones a la Ley de Aguas Nacionales concretadas especialmente desde que se iniciara la aplicación de políticas neoliberales en nuestro país (la más reciente realizada en agosto de 2014 para poder incluir el uso de agua para la generación de energía geotérmica). Tampoco es excepción, sino todo lo contrario, la iniciativa de ley presentada el 4 de marzo (dictaminada favorablemente un día después por diversas comisiones, de ahí que se hable de un proceso de aprobación exprés) que pretendió, por un lado, dar carpetazo a la Propuesta Ciudadana de Ley General de Aguas (presentada el 12 de febrero y firmada ya por 24 diputados y 22 senadores) en tanto que ésa coloca, como ejes clave, el derecho humano al agua y el interés social y comunitario en la gestión del líquido. Por otro lado, la iniciativa abiertamente pretende consolidar un escenario que facilita las condiciones de mayor despojo, usufructo privado, violación real del derecho humano al agua y a un ambiente sano, así como formalizar la criminalización y represión de la protesta y de la investigación científica y social en materia hídrica. Y si bien la mencionada iniciativa se pospuso en el seno del Legislativo ante fuertes reacciones de diversos actores sociales (incluso los rectores de la UNAM, la Universidad Autónoma de Guadalajara y de la Universidad

Autónoma Metropolitana, se pronunciaron para que se abriera un debate “amplio, plural e incluyente”), ésa sigue latente, por lo que es de esperarse que después de las elecciones de junio de 2015 se vuelva a reactivar, incluso bajo otra iniciativa y con los ajustes pertinentes. Lo relevante de esta iniciativa, más allá de lo coyuntural, son algunas cuestiones clave que permiten develar los intereses que se cruzan en el acceso, gestión y usufructo del agua. Entre otras cuestiones, la mencionada iniciativa —también denominada “Ley Korenfeld” por el apellido del entonces secretario de la Comisión Nacional del Agua, David Korenfeld (quien presentó su renuncia a principios de abril, aparentemente debido al uso indebido de un helicóptero de la dependencia)— anuncia las siguientes cuestiones que llaman la atención:

- Al seguir considerando al agua como un asunto de seguridad nacional o de Estado (artículo 8), la iniciativa aboga por permitir “el auxilio de la fuerza pública” para cumplir las determinaciones de la Ley (artículo 263), en un contexto en el que se busca ampliar las causas de utilidad pública y la transferencia de megaproyectos hidráulicos a manos de la iniciativa privada. En consecuencia esto agrava, claramente, las condiciones para la criminalización de movimientos sociales en defensa del agua o que impulsan prácticas comunitarias de gestión.
- Aunque reconoce el derecho humano al agua, incluyendo su accesibilidad y asequibilidad, pero con costos y cargos directos e indirectos acordes con “la capacidad económica de los usuarios” (artículo 10. IX), se limita a una obligación por parte de la autoridad de garantizar la entrega de un “mínimo vital”, una vez pagado, de 50 litros diarios por persona, esto es, la mitad de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud.
- Al considerar la “productividad económica del agua” y establecer formalmente al sector privado como actor clave en el financiamiento del sector, la iniciativa obliga a prever ajustes tarifarios en función de la inflación y los costos (artículo 239). La privatización del servicio de agua, punto nodal a lo largo de la iniciativa, se despliega al tiempo que la garantía del derecho humano al agua se ve, en cambio, como algo que se lograría “progresivamente” conforme se generen recursos y se reinviertan.
- Asimismo, la iniciativa abre la posibilidad *de facto* del despojo y privatización de las reservas o cuerpos de agua en tierras de propiedad social, en tanto que suscribe en su artículo 163 que “[...] cuando se transmita el dominio de tierras ejidales o de uso común o se otorgue el usufructo de parcelas, a sociedades civiles o mercantiles o a cualquier otra persona moral,

en los términos de la Ley Agraria, dichas personas o sociedades adquirentes conservarán los derechos sobre la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas correspondientes”. En este punto preocupa la posibilidad de contratos firmados por comuneros o ejidatarios que sean presentados oralmente de modo distinto al escrito, engañando a comunidades mayormente analfabetas, ya no se diga contratos falsos. Ambos casos han sido ya denunciados en el ámbito minero, que, dicho sea de paso, se trata de una actividad que en la iniciativa en cuestión es convenientemente reconocida como usuaria con derechos y obligaciones, panorama en el que llama la atención sobremanera el establecimiento de “bancos de agua” que “podrán ser asignados temporalmente para proyectos prioritarios estratégicos y de interés público” (artículo 106). No sobra decir que la minería se considera como actividad económica prioritaria y de supuesto “interés público”, según lo establece la Ley Minera vigente.

- Finalmente, también cabe señalar el intento de bloquear y criminalizar la posibilidad de estudios críticos independientes, primordiales tanto para el avance del conocimiento como para la movilización social, ello en tanto que el artículo 267 precisa que, “[...] los interesados en realizar obras de exploración, estudio, monitoreo, reinyección y remediación en acuíferos sobreyacentes y subyacentes o en bienes nacionales a que se refiere esta Ley deben solicitar permiso a la Comisión”. Realizar tales acciones sin contar con el permiso correspondiente, derivaría en “penalidades de entre 200 y 50 mil días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal”.

Frente a tal arranque privatizador y de criminalización de la crítica y la protesta en materia de acceso, gestión y usufructo del agua a partir de incidir en todo el sistema hidráulico mexicano, las gestiones para recibir recursos de entidades internacionales (que usualmente prestan fondos vinculando o condicionando la compra de equipo y servicios a socios empresariales específicos; léase Delgado y Saxe-Fernández, 2004 y 2005; Delgado y Romano, 2013) se han profundizado, en particular en el Distrito Federal donde se buscan fondos del Banco Mundial (BM) para la renovación de la red hidráulica (incluyendo potencialmente la cuarta etapa del sistema Cutzamala para traer más agua de dicha cuenca a la ZMVM) y fondos del Banco Interamericano de Desarrollo para rehabilitar el sistema de drenaje (Aldaz, 2015). Los empréstitos no sólo endeudarán al gobierno del DF, sino también afianzarán el esquema ya presente de gestión privada del servicio de agua y saneamiento, muy probablemente empujando las tarifas del servicio al alza, quizá mediante la reducción del subsidio actualmente otorgado al sector

para poder cumplir con los compromisos financieros asumidos. Entre los proyectos del BM actualmente en marcha en materia de agua y saneamiento está el denominado Operación de Modernización del Sector de Agua y Saneamiento en Oaxaca (P145578), de unos 93 millones de dólares (en el marco de un paquete de gasto público de 800 millones de dólares adicionales). Entre otras cuestiones, se busca “la sostenibilidad financiera de los organismos operadores de agua” mediante la “introducción de mecanismos de asignación financiera basada en los resultados para lograr mayor eficiencia en los gastos del sector y promover la autonomía legal y la recuperación de costos entre los prestadores de servicios”, al tiempo que se busca “transferir progresivamente la operación de los sistemas de abastecimiento de agua que maneja en la actualidad la Comisión Estatal del Agua, a prestadores municipales autónomos” (Banco Mundial, 2014). No se aclara si esos prestadores autónomos pueden ser privados también. Para lograr lo antes dicho, además de las múltiples obras y la modernización de la infraestructura hidráulica, se redactará una nueva ley estatal para el sector de agua y saneamiento y su reglamentación correspondiente, incluyendo aquella en el nivel municipal.

A este tipo de acción le antecede el Proyecto de Mejora de Eficiencia de Empresas Abastecedoras de Agua (Prome) en el Valle de México, implementado en 2010 y terminado en 2014 con resultados, según el propio BM, de bajos a moderados en materia de abastecimiento de agua, saneamiento y administración de gobierno (Banco Mundial, 2010a). También el Proyecto de Préstamo para el Desarrollo de la Política del Sector Agua, enfocado en “Agua, saneamiento y protección ante inundaciones del sector” (Banco Mundial, 2010b).

Ante tales avances y esquemas privatizadores del servicio de agua y saneamiento, en un país donde el salario mínimo diario ronda en 4.5 dólares —y del cual se destina alrededor de 17% para cubrir de algún modo el derecho humano al agua—, debe subrayarse que sí existen propuestas alternativas que apuestan a ser social y ambientalmente más justas y armónicas. La Propuesta Ciudadana de Ley General de Aguas es un esfuerzo en tal sentido. Enuncia la necesidad de garantizar: 1) agua de calidad y saneamiento a la población (acompañado de la propagación de prácticas de higiene y de infraestructura digna de baño), 2) agua para los ecosistemas y 3) agua para la soberanía y la seguridad alimentaria, todo al tiempo que se llama a poner fin a la contaminación y la destrucción de los cuerpos de agua del país. Entre las medidas clave se encuentra la propuesta de creación de un Fondo Nacional por el Derecho Humano al Agua y Saneamiento, auditable y para el financiamiento directo de comunidades para proyectos autogestivos y descentralizados en zonas sin acceso; la conformación de una Contraloría Social del Agua desconcentrada del Consejo Nacional de Cuencas, de

composición ciudadana, que procure erradicar la corrupción y la impunidad en el desempeño de la función pública del agua, con autonomía presupuestaria y capacidad vinculante en sus decisiones; la implementación de nuevos instrumentos de prevención, precaución y protección como el denominado “dictamen de impacto sociohídrico”, así como la conformación de un sistema nuevo de concesiones que involucraría a los habitantes de cada cuenca en procesos técnicamente fundamentados para hacer recomendaciones vinculantes a la entidad federal del agua en cuanto al volumen total aprovechable y del cual sólo se concesionaría el volumen ecológicamente aprovechable, considerando que el agua sería prioritariamente para la vida al garantizar el acceso equitativo y respetar la integridad de las tierras y aguas de los pueblos originarios; además, toda concesión estaría condicionada a la consulta previa, informada y culturalmente adaptada, así como a la eliminación de contaminantes, por lo que tendrían que ser anualmente renovables. Para garantizar el funcionamiento del mencionado sistema, se proponen inspecciones oficiales regulares y monitoreo ciudadano con acceso público a los resultados.

El reto ciertamente no es menor, ni las soluciones simples, replicables a cualquier contexto, ni lineales. No obstante existe una propuesta de base social que no debe obviarse tal y como pretende la indicada Ley Korenfeld. Aterrizar este tipo de propuestas a los territorios concretos y hacerlos operativos en los ámbitos urbano y rural, según la realidad concreta de cada caso, es un paso clave, con o sin la eventual aprobación por parte del Legislativo de la Iniciativa Ciudadana en cuestión. Se trata de un contexto en el que la activa participación ciudadana y la coproducción social de conocimiento serán elementos sin duda claves, necesarias y útiles; por ejemplo, en materia de la ecología política del metabolismo urbano y de las propuestas ciudadanas para genuina y democráticamente apropiarse la gestión metabólica del agua para encauzarla hacia esquemas de gestión integral socioecológicamente más armónicos, justos y viables.

CONCLUSIONES: APOSTANDO POR NUEVOS PARADIGMAS

Las capacidades para transformar los espacios urbanos en países ricos son incomparablemente mayores que las de los países pobres no sólo porque cuentan con mayores medios económicos, sino también porque pueden “exportar” o internacionalizar muchos de los costos socioambientales y climáticos ocultos o indirectos (además de que todas las ciudades lo hacen en una u otra medida con sus propios espacios inmediatos).

La cuestión urbana en países pobres tiende a ser más problemática y compleja dada la limitada o comprometida capacidad de toma de medidas y acciones. América Latina, a diferencia de África y Asia del Sur, es mayoritariamente urbana al registrar porcentajes similares a los de los países ricos, pero con economías fuertemente primarizadas, esto es, comparativamente limitadas en el mejor de los casos. En tal tenor, los medios económicos son restrictivos y las condiciones políticas altamente complejas y deficientes, al menos comparativamente hablando. Se trata de un escenario en donde además la variable de la pobreza, sobre todo en los cinturones de miseria, pero también de las zonas rurales de la ciudad, representa un enorme reto para cualquier tipo de reconfiguración de lo urbano hacia aquel de tinte más humano, ambientalmente armónico y culturalmente diverso.

En cualquier caso, el diseño y ejecución de las políticas públicas necesarias para transformar la actual tendencia de construir, operar, gestionar y vivir las ciudades deberá ser imaginativo y propositivo, y sobre la base de una planeación integral entrópica (Bettini, 1998) de las ciudades, sus espacios rurales y sus áreas de conservación, en tanto que pensar lo urbano de manera autocontenida no tiene sentido espacial-territorial alguno, ni socioeconómica, ni ambientalmente hablando. La suma de múltiples acciones, si éstas parten del mencionado proceso de planeación integral de los territorios y sus usos, podrá tener un mayor impacto al posibilitar sinergias y cobeneficios de diversa índole. Por ello, la tradicional gestión sectorializada ya no es suficiente, ni viable.

El asunto circunscribe, además de la planeación integral de los usos del suelo, nuevas modalidades de gobernabilidad, la participación y genuina inclusión ciudadana, la valoración sobre la pertinencia y viabilidad de nuevas formas de diseño y construcción de infraestructura, el aprovechamiento de “tecnologías verdes” modernas, la preservación de los cinturones verdes y la restauración ambiental de la periferia urbana, el cuidado y recuperación de ríos, canales y cuencas de inundación, el estímulo de programas formativos, informativos y de participación ciudadana entre otras acciones e instrumentos que permitan reconvertir las urbes, según la ruta que cada asentamiento se trace acorde a su propia realidad, en espacios cada vez menos devoradores de suelo, materiales y energía, más vivibles, aptos frente al cambio climático y la crisis medioambiental, y socialmente más justos e integradores.

Para un éxito mayor, el análisis metabólico de los asentamientos urbanos se precisa de manera permanente de tal suerte que se puedan ajustar los instrumentos de política pública (y no meramente de gobierno) a los cambiantes contextos im-

perantes y en relación con una tendencia histórica y un futuro socialmente deseable.

En el caso específico del ciclo hidrosocial del agua en la ZMVM el reto es de gran calado, pero con ciertos aspectos ya evidentes. En tal sentido, pese a que la población crece lentamente en la zona ya urbanizada (hay un aumento importante en algunos municipios conurbados), se verifica una necesidad de 1 m³/s de agua extra tan sólo para el año 2015. Se trata de una demanda que se gesta en un escenario de disminución del caudal de abastecimiento en la última década del orden de 3 m³/s. Así, es claro que en los próximos años la mayor presión se producirá en los municipios conurbados, aunque los cambios en las expectativas sociales sobre la cantidad, pero sobre todo en la calidad del líquido, podrían también imponer retos importantes al sistema de abastecimiento (Jiménez *et al.*, 2011).

Reconociendo que la disponibilidad de agua ya ha llegado a su máximo viable pese a todos los impulsos tecnológicos y de grandes infraestructuras, la solución, si bien puede pasar momentáneamente —y no libre de disputas—¹⁹ por la expansión del sistema hacia regiones más remotas (como la denominada cuarta etapa del sistema Cutzamala, que apuesta por hacerse del agua del alto río Tula, del Tecolutla, del Valle del Mezquital y el Amacuzac, en el mejor de los casos regresando volúmenes comparativamente menores de agua tratada de menor calidad), la alternativa de largo plazo no es simple ni puede centrarse más en meras soluciones ingenieriles de gran calado. La denominada “nueva cultura del agua” que apunte hacia consumos moderados y responsables (pero socialmente justos) y que prevenga el arribo de contaminantes a las fuentes de agua, ciertamente constituyen una dimensión importante, aunque atender el problema de fugas del sistema actual y futuro, procurar la efectiva planeación del uso del suelo, en especial el periurbano, y proteger el suelo de conservación al tiempo que se restaura la vegetación del mismo y la de la propia ciudad (con el objeto, entre otras cuestiones, de aumentar la capacidad de evapotranspiración y reducir la temperatura de la ciudad), sugieren ser cuestiones de primerísimo orden.²⁰

¹⁹ En tal escenario, como lo subrayan Jiménez *et al.* (2011), no es menor el hecho que la ZMVM se encuentre aguas abajo de las fuentes captadas que, además, corresponden a otras entidades del país.

²⁰ Burns y colegas (Burns, 2009) ofrecen un análisis pertinente sobre diversas medidas puntuales y su potencial para reducir la fuerte dependencia de agua de la ZMVM y sus implicaciones. Denota, por ejemplo, el cuidado de la cuenca alta y del suelo de conservación acompañado de procesos de reforestación, entubado de aguas residuales y de lluvia por separado, la perforación y mantenimiento de pozos y lagunas de infiltración, la recuperación de las zonas de chinampas en Xochimilco y Tláhuac, reinyección de agua tratada a los acuíferos, el estímulo a la captación de agua

Dada la heterogeneidad de condiciones hídricas y de infraestructura territorial que dificultan la homogeneidad ideal en la dotación equitativa de agua en cantidad, calidad y frecuencia en toda la ZMVM, resulta asimismo atractiva la apuesta por la descentralización de parte de los sistemas tanto de abastecimiento como de tratamiento/desalojo de aguas residuales por la vía de adicionar, a múltiples escalas espaciales, sistemas de menor calado y descentralizados que en sí mismos pueden aumentar la flexibilidad, transformación y resiliencia de los sistemas de agua ante *shocks* externos, incluyendo los derivados del cambio del clima (por ejemplo, cosecha de lluvia, reúso/tratamiento de agua a escala local, etcétera).

En resumen, nuevos paradigmas en la gestión del agua, socioecológicamente más justos y armónicos en el corto, mediano y largo plazos, demandan todo un conjunto de nuevas tecnologías, prácticas (incluyendo la planeación y regulación) y valores que han de ser desarrollados y puestos en práctica por todos y cada uno de los habitantes en tanto actores sociales, políticos y/o empresariales de tal o cual territorio. El proceso es viable aunque ciertamente lento, debido tanto al amarre o *lock-in* que genera la infraestructura existente, como por la persistencia de prácticas e intereses anclados en criterios tradicionales de gestión. En tal tenor la genuina gestión ciudadana —más allá de la participación ciudadana—, que defiende de modo permanente la garantía del derecho humano al agua, formalmente reconocido en la Constitución Mexicana, artículo 4, desde 2012, es y será sin duda alguna cada vez más importante.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDAZ, Phenélope (2015), “Busca GDF que Banobras y BM financien red hídrica”, en *El Universal*, México, 27 de marzo.
- ANGEL, Shlomo; Jason PARENT, Daniel L. CIVCO, Alexander BLEI y David POTERE (2011), “The Dimensions of Global Urban Expansion: Estimates and Projections for All Countries, 2000-2050”, en *Progress in Planning*, vol. 75, núm. 2, pp. 53-107.
- APONTE HERNÁNDEZ, Nidya Olivia (2013), “Metodología para evaluar la disponibilidad de agua y sus costos bajo los escenarios de cambio climático”, tesis

pluvial, entre otras de carácter regulatorio relacionadas con el uso del suelo, el sistema de concesiones, las estrategias de gestión por zonas pero con mirada integral de cuencas, etcétera.

- de maestría en Ingeniería, México, Programa de Posgrado en Ingeniería Ambiental y Posgrado de Ingeniería-UNAM.
- ÁVILA-GARCÍA, Patricia (2011), “Water Conflicts and Human Rights in Indigenous Territories of Latin America”, Rosenberg International Forum on Water Policy, disponible en <<http://ciwr.ucanr.edu/files/168776.pdf>>, consultado el 29 de marzo de 2014.
- AYRES, Robert (1994), “Industrial Metabolism: Theory and Policy”, en Robert Ayres y Udo E. Simonis (eds.), *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*, Tokyo, United Nations University Press, pp. 3-20.
- BACCINI, Peter y Paul BRUNNER (1990), *Metabolism of the Anthroposphere*, 1a. ed., Cambridge/Londres, MIT Press.
- y Paul BRUNNER (2012), *Metabolism of the Anthroposphere*, 2a. ed., Cambridge/Londres, MIT Press.
- BANCO MUNDIAL (2010a), Project Information Document. Concept Stage. Reporte No. AB5617, disponible en <http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2010/04/13/000262044_20100414143113/Rendered/PDF/PID1Concept0Stage031032010.pdf>.
- (2010b), Program Information Document. Concept Stage. Reporte No. AB5470, disponible en <http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2010/03/02/000262044_20100303092919/Rendered/PDF/PID010Concept0Stage.pdf>.
- (2014), Documento de Información sobre el Programa. Etapa de Evaluación Inicial. Informe No. 86486, disponible en <http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/05/23/000442464_20140523102141/Rendered/PDF/864860PID0SPAN0Box385220B00PUBLIC0.pdf>.
- BETTINI, Virginio (1998), *Elementos de ecología urbana*, Madrid, Trotta.
- BRUNNER, Paul y Helmut RECHBERGER (2005), *Practical Handbook of Material Flow Analysis*, Boca Raton, Lewis Publishers.
- BURNS, Elena (coord.) (2009), *Repensar la Cuenca: la gestión de ciclos del agua en el Valle de México*, México, UAM-X/USAID.
- CONAGUA (2014), “Planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco”, disponible en <www.conagua.gob.mx/sustentabilidadhidricadelValledeMexico/ProyectoDrenajes.aspx?Pag=3>, consultado el 29 de marzo de 2014.
- CRUTZEN, Paul (2002), “Geology of Mankind”, en *Nature*, vol. 415, núm. 23.
- y Eugene STOERMER (2000), “The Anthropocene”, en *Global Change News Letter*, núm. 41, IGBP Secretariat, The Royal Swedish Academy of Sciences, pp. 17-18.

- DELGADO RAMOS, Gian Carlo (2012), “Metabolismo urbano y transporte”, en Gian Carlo Delgado Ramos (coord.), *Transporte, ciudad y cambio climático*, México, CEIICH-UNAM.
- (2013), “Climate Change and Metabolic Dynamics in Latin American Major Cities”, en Syed S. Zubir y Carlos A. Brebbia (eds.). *Sustainable City VIII. Urban Regeneration and Sustainability*, Southampton, Reino Unido, WIT Press, pp. 39 -56.
- (coord.) (2014), *Apropiación de agua, medio ambiente y obesidad. Los impactos del negocio de bebidas embotelladas en México*, México, CEIICH-UNAM.
- (2015), “Water and the Political Ecology of Urban Metabolism: The Case of Mexico City”, en *Journal of Political Ecology*, vol. 22, pp. 98-114.
- y John SAXE FERNÁNDEZ (2004), *Imperialismo y Banco Mundial*, Madrid, Popular.
- y John SAXE FERNÁNDEZ (2005), *Imperialismo económico en México, las operaciones del Banco Mundial en nuestro país*, México, Debate/Random House Mondadori (Serie Arena Abierta).
- ; Cristina CAMPOS CHÁVEZ y Patricia RENTERÍA JUÁREZ (2012), “Cambio climático y el metabolismo urbano de las megaurbes latinoamericanas”, en *Revista Hábitat Sustentable*, vol. 2, núm. 1, Santiago de Chile, pp. 2-25.
- y Silvina María ROMANO (2013), *Medio ambiente, fundaciones privadas y asistencia para el desarrollo en América Latina*, México, UNAM-CEIICH.
- DAVIS, Mike (2006), *Planet of Slums*, Londres/Nueva York, Versus.
- DÍAZ ÁLVAREZ, Cristian Julián (2011), “Metabolismo de la ciudad de Bogotá DC: una herramienta para el análisis de la sostenibilidad ambiental urbana”, tesis de maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- DÍAZ-SANTOS, María Guadalupe (2012), “Implicaciones sociales de los contratos al sector privado en el servicio de agua potable en la ciudad de México”, tesis de licenciatura en Sociología, México, UNAM-FCPyS.
- EWING, Brad; David MOORE, Steven GOLDFINGER, Anna OURSLER, Anders REED y Mathis WACKERNAGEL (2010), *The Ecological Footprint Atlas 2010*, Oakland, California, Global Footprint Network.
- FERRÃO, Paulo y John FERNÁNDEZ (2013), *Sustainable Urban Metabolism*, Cambridge/Londres, MIT Press.
- GARZA, Gustavo (2002), “Evolución de las ciudades mexicanas en el siglo XX”, en *Notas. Revista de información y análisis*, núm. 19, México, pp. 7-16.
- GODREJ, Dinyar (2001), *The No-Nonsense Guide to Climate Change*, Londres, Verso.

- HABERL, Helmut (2001), “The Energetic Metabolism of Societies: Part I: Accounting Concepts”, en *Journal of Industrial Ecology*, vol. 5, núm. 1, pp. 11-33.
- ; Marina FISCHER-KOWALSKI, Fridolin KRAUSMANN, Joan MARTÍNEZ-ALIER y Verena WINIWARTER (2011), “A Socio-Metabolic Transition Towards Sustainability? Challenges for Another Great Transformation”, en *Sustainable Development*, vol. 19, núm. 1, pp. 1-14.
- HARVEY, David (1996), *Justice, Nature and the Geography of Difference*, Cambridge, Blackwell.
- (2012), *Rebel Cities. From the Right to the City to the Urban Revolution*, Londres/Nueva York, Verso.
- HEYNEN, Nik; Erik SWYNGEDOUW y Maria KAIKA (2006), “Urban Political Ecology – Politicizing the Production of Urban Natures”, en E. Swynge-douw, N. Heynen y M. Kaika (eds.), *In the Nature of Cities. Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism*, Londres, Routledge.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (INECC) (2012), *Diagnóstico básico para la Gestión Integral de los Residuos*, México, INECC-Semarnat.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI) (2014), *Anuario estadístico y geográfico del Distrito Federal-2013*, México.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) (2010), *Key World Energy Statistics*, París, International Energy Agency.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2013), *Climate Change 2013: the Physical Science Basis*, Ginebra, AR5 – WGI, WMO/UNEP.
- JIMÉNEZ CISNEROS, Blanca; Rodrigo GUTIÉRREZ RIVAS, Boris MARAÑÓN PIMENTEL y Arsenio GONZÁLEZ REYNOSO (coords.) (2011), *Evaluación de la política de acceso al agua potable en el Distrito Federal*, México, UNAM-PUEC.
- KENNEDY, Christopher; John CUDDIHY y Joshua ENGEL-YAN (2007), “The Changing Metabolism of Cities”, en *Journal of Industrial Ecology*, vol. 11, núm. 2, pp. 43-59.
- ; Julia STEINBERGER, Barrie GASSON, Yvone HANSEN, Timothy HILLMAN, Miroslav HAVRÁNEK, Diane PATAKI, Aumnad PHDUNGSILP, Anu RAMASWAMI y Gara VILLALBA MÉNDEZ (2009), “Methodology for Inventorying Greenhouse Gas Emissions from Global Cities”, en *Energy Policy*, vol. 38, núm. 9, Elsevier, pp. 4828-4837.
- ; S. PINCETI y P. BUNJE (2011), “The Study of Urban Metabolism and its Applications to Urban Planning and Design”, en *Environmental Pollution*, vol. 159, núms. 8-9, pp. 1965-1973.

- KRAUSMANN, Fridolin *et al.* (2009), “Growth in Global Materials Use, GDP and Population During the 20th Century”, en *Ecological Economics*, vol. 68, núm. 10, pp. 2696-2705.
- LA JORNADA (2011), “Escasez de aguas negras incuba conflicto en Valle del Mezquital”, en *La Jornada*, México, 29 de mayo.
- MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (2013), *Infrastructure Productivity: How to Save \$1 trillion a Year*, McKinsey Global Institute, disponible en <www.mckinsey.com/~media/McKinsey/dotcom/Insights%20and%20pubs/MGI/Research/Urbanization/Infrastructure%20productivity/MGI_Infrasturcture_Full_report_Jan2013.ashx>, consultado el 29 de marzo de 2014.
- MEKONNEN, Mesfin M. y Arjen Y. HOEKSTRA (2011), *National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption*, Delft, Holanda, UNESCO-IHE, Value of Water Research Report Series núm. 50.
- MINX, Jan; Felix CREUTZIG, Verena MEDINGER, Tina ZIEGLER, Anne OWEN y Giovanni BAIOCCHI (2010), *Developing a Pragmatic Approach to Assess Urban Metabolis in Europe. A Report to the European Environment Agency*, Berlín, Stockholm Environment Institute/Universidad Técnica de Berlín.
- MONTAÑO, María Teresa (2015), “Indígenas protestan por falta de agua”, en *El Universal*, México, sábado 21 de marzo.
- MONTOYA, Juan Ricardo (2013), “Acusan de despojo de aguas negras a Edomex y DF”, en *MagazineMx*, México, 17 de julio, disponible en <www.magazinemx.com/bj/articulos/articulos.php?art=15157>, consultado el 29 de marzo de 2014.
- MUMFORD, Lewis (1961), *The City in History: Its Origins, Its Transformations and Its Prospects*, Nueva York, Harcourt, Brace & World.
- NACIONES UNIDAS (2011), “World Urbanization Prospects, the 2011 Revision”, Nueva York, The Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations.
- NELSON, Gerald C. *et al.* (2010), *Food Security, Farming and Climate Change to 2050: Scenarios, Results, Policy Options*, Washington, D.C., International Food Policy Research Institute.
- NEWMAN, Peter; Timothy BEATLEY y Heather BOYER (2009), *Resilient Cities. Responding to Peak Oil and Climate Change*, Washington, D.C., Island Press.
- NEWS HIDALGO (2012), “Temen campesinos del Mezquital falta de agua para sus cultivos”, en *Agendahidalguense, diario digital*, <agendahidalguense.com/2012/06/12temen-campesinos-del-mezquital-falta-de-agua-para-sus-cultivos/>, México, 12 de junio.

- PEÑA RAMÍREZ, Jaime (2012), *Crisis del agua en Monterrey, Guadalajara, San Luis Potosí, León y la ciudad de México (1950-2010)*, México, UNAM-PUEC.
- PERLÓ, Manuel y Arsenio GONZÁLEZ (2009), *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*, México, UNAM-PUEC.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA) (2012), *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. GEO 5*, Panamá, Editora Novo Art.
- ROCKSTRÖM, Johan *et al.* (2009), “Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity”, en *Ecology and Society*, vol. 14, núm. 2, artículo 32.
- SATTERTHWAITE, David (2009), “The Implications of Population Growth and Urbanization for Climate Change”, en *Environment and Urbanization*, vol. 21, núm. 2, pp. 545-567.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES/COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (SEMARNAT/CONAGUA) (2012), *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación*, México.
- STEFFEN, Will *et al.* (2015), “Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet”, en *Scienceexpress*, vol. 347, núm. 6223, DOI: 10.1126/science.1259855.
- ; Jacques GRINEVALD, Paul CRUTZEN, John MCNEIL (2011), “The Anthropocene: Conceptual and Historical Perspectives”, en *Philosophical Transactions A*, The Royal Society, vol. 369, pp. 842-867.
- SWYNGEDOUW, Erik, Nik HEYNEN y Maria KAIKA (2005) “Urban Political Ecology: Politicizing the Production of Urban Natures”, en N. Heynen, M. Kaika y E. Swyngedouw, *In the Nature of Cities. Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism*, Londres, Routledge.
- UN-HABITAT (2009), *Planning Sustainable Cities. Global Report on Human Settlements 2009*, Londres/Reino Unido, Earthscan.
- (2011), *Cities and Climate Change*, Londres/Reino Unido/Washington, Earthscan.
- UN-WATER (2013), *Water Factsheets*, disponible en <www.unwater.org/water-cooperation-2013/get-involved/campaign-materials/water-factsheets/en/>.
- UNICEF/OMS (2008), *Progress on Drinking Water Supply and Sanitation*, Nueva York/Ginebra, UNICEF and World Health Organization Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation.

WOLMAN, Abel (1965), “The Metabolism of Cities”, en *Scientific American*, vol. 213, núm. 3, pp. 179-190.

ZALASIEWICZ, Jan; Mark WILLIAMS, Will STEFFEN y Paul CRUTZEN (2010), “The New World of Anthropocene”, en *Environmental Science and Technology*, vol. 44, núm. 7, pp. 2228-2231.

ZHANG, Yan (2013), “Urban Metabolism: A Review of Research Methodologies”, en *Environmental Pollution*, vol. 178, pp. 463-473.