

Ciudades **sensibles** al cambio climático



Gian Carlo Delgado Ramos
Coordinador

**CIUDADES SENSIBLES AL CAMBIO CLIMÁTICO:
CONSTRUYENDO CAPACIDADES PARA LA SUSTENTABILIDAD Y LA
RESILIENCIA URBANA CON EQUIDAD.**

Directorio

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario General

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Secretario Administrativo

Mónica González Contró
Abogada General

Dr. William Henry Lee Alardín
Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Carlos Gay García
Coordinador del Programa de Investigación en Cambio Climático

**CIUDADES SENSIBLES AL CAMBIO
CLIMÁTICO:
CONSTRUYENDO CAPACIDADES PARA LA SUSTENTABILIDAD
Y LA RESILIENCIA URBANA CON EQUIDAD.**

GIAN CARLO DELGADO RAMOS

EDITOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO
MÉXICO, 2018

D.R. © 2018 Programa de Investigación en Cambio Climático
Universidad Nacional Autónoma de México

Primera Edición

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida de cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluye el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información, sin la autorización por escrito del editor.

Publicación realizada en formato digital para ser distribuida en los sitios de internet:

www.pincc.unam.mx y www.giandelgado.net

Formato electrónico: PDF

Número de páginas: 398

Peso: 14 Mb

Esta obra fue financiada con recursos del proyecto PINCC-CONACYT 279528 “Fortalecimiento a las actividades de investigación y fomento a la vinculación en cambio climático”

Cuidado de la edición: María Fernanda Mac Gregor Gaona

Diseño editorial: Uziel Soriano Flores

Diseño de portada: Ángeles Alegre Schettino

Hecho en México.

E-ISBN: 978-607-30-1071-9

ÍNDICE

• CIUDADES SENSIBLES AL CAMBIO CLIMÁTICO GIAN CARLO DELGADO RAMOS	7
I. CIUDADES SENSIBLES A RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO	
• CAPÍTULO 1. UNA APROXIMACIÓN A LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CIUDADES MEXICANAS MARISOL ANGLÉS HERNÁNDEZ	35
• CAPÍTULO 2. CRECIMIENTO Y CONFIGURACIÓN DE RIESGOS: REFLEXIONES SOBRE LA URBANIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DESDE UN CONTEXTO LATINOAMERICANO FERNANDO BRIONES GAMBOA Y SIMONE LUCATELLO	55
• CAPÍTULO 3. CAMBIO CLIMÁTICO, EXPANSIÓN URBANA Y CONSERVACIÓN EN LA PERIFERIA DE LA CIUDAD DE MÉXICO: ENTRE LA IGNORANCIA Y LAS BUENAS INTENCIONES JORGE ESCANDÓN CALDERÓN	79
II. ADAPTACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL EN CIUDADES SENSIBLES AL CAMBIO CLIMÁTICO: RETOS Y OPORTUNIDADES EN LA GOBERNANZA URBANA	
• CAPÍTULO 4. RIESGOS EN LA CALIDAD DEL AGUA POR EL CAMBIO CLIMÁTICO: TRES ESTUDIOS DE CASO EN LA CIUDAD DE MÉXICO BLANCA JIMÉNEZ CISNEROS, INÉS NAVARRO GONZÁLEZ Y RAQUEL MONTES	107
• CAPÍTULO 5. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN DEL AGUA URBANA: ENTRE LOS PARADIGMAS DOMINANTES Y LAS DINÁMICAS LOCALES CELIA RUIZ DE OÑA PLAZA	163

•	CAPÍTULO 6. INFRAESTRUCTURA VERDE EN BARRIOS CAMINABLES: ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA CIUDADES EN TIERRAS ÁRIDAS ADRIANA A. ZÚÑIGA-TERÁN	193
III.	AGUA, ENERGÍA, USO DE SUELO, NEXOS URBANOS Y SINERGIAS EN CIUDADES SENSIBLES AL CAMBIO CLIMÁTICO	
•	CAPÍTULO 7. EL NEXO ENTRE EL AGUA Y LA ENERGÍA EN CIUDADES COSTERAS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE CALIFORNIA Y BAJA CALIFORNIA GABRIELA MUÑOZ MELÉNDEZ, SONYA ZIAJA Y GUIDO FRANCO	215
•	CAPÍTULO 8. LA TRANSFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO: LOS CASOS DE LOS ÁNGELES Y LA CIUDAD DE MÉXICO GIAN CARLO DELGADO RAMOS E HILDA BLANCO	265
IV.	TEMAS TRANSVERSALES EN LA AGENDA DE TRANSICIÓN–TRANSFORMACIÓN URBANA: FINANCIAMIENTO, GÉNERO Y EDUCACIÓN	
•	CAPÍTULO 9. FINANCIAMIENTO VERDE PARA CIUDADES: OPCIONES ACTUALES Y FUTUROS RETOS ANTONINA IVANOVA	323
•	CAPÍTULO 10. GÉNERO, CAMBIO CLIMÁTICO Y CIUDADES: ESTUDIO DE CASO SOBRE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN LA CIUDAD DE MÉXICO ANA DE LUCA ZURIA AND MIRIAM GAY-ANTAKI	349
•	CAPÍTULO 11. EDUCACIÓN SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO: ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS EDUCATIVAS EN LOS PLANES DE ACCIÓN CLIMÁTICA DE LOS MUNICIPIOS URBANOS EN MÉXICO VERÓNICA VÁZQUEZ ZENTELLA	371
	SOBRE LOS AUTORES	393

CIUDADES SENSIBLES AL CAMBIO CLIMÁTICO

GIAN CARLO DELGADO RAMOS

COORDINADOR

La creciente degradación ecológica, incluyendo la emisión antropogénica de gases de efecto invernadero (GEI), principal causa del cambio climático y sus implicaciones, es sin lugar a duda inducida principalmente por el crecimiento económico, más allá del crecimiento poblacional o el de otras variables (IPCC, 2014). Así lo constata la marcada correlación, desde por lo menos hace más de un siglo, entre crecimiento económico, consumo de energía y materiales, y generación de residuos (PNUMA, 2016; Hoornweg y Bhada-Tata, 2012; Krausmann *et al*, 2009). En consecuencia, el ser humano es responsable de más de la mitad del calentamiento observado entre 1951 y 2010, periodo en el que también se verificó un aumento en los eventos climáticos extremos, desde ondas de calor, frentes fríos, precipitaciones intensas, ciclones, etcétera (IPCC, 2014).

Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), cada una de las últimas tres décadas ha sido más caliente que cualquier decenio previo desde 1850 (IPCC, 2014). La temperatura superficial global ha aumentado 0.85°C desde 1880, y los océanos se han calentado desde 1971 hasta una profundidad de al menos 700 metros (los primeros 75 metros en 0.11°C por década) (IPCC, 2014). Asimismo, la absorción de cantidades crecientes de CO_2 en los océanos ha causado un aumento en su acidificación (ya del orden del 26%) con implicaciones adversas para la biodiversidad marina, particularmente los arrecifes de coral donde la intensidad de su ‘blanqueamiento’ sugiere ser ya incluso irreversible, por ejemplo, en el caso de la sección norte de la Gran Barrera Coralina de Australia (Hughes *et al*, 2017).

También, como resultado del cambio climático, el nivel medio del mar se ha elevado 19 centímetros desde 1901, la cobertura de hielo en el Ártico y Groenlandia ha perdido masa en todas las estaciones del año de manera sucesiva y los glaciares del hemisferio norte han disminuido (IPCC, 2014). El suceso más reciente de pérdida de masa de hielo fue el desprendimiento en la Antártida de un iceberg de 5,800 km² y alrededor de un billón de toneladas de la sección de hielo Larsen-C en julio de 2017. Este es el tercer evento de calado similar en los últimos años.

Por lo antes dicho y, considerando que el riesgo de cambios abruptos o irreversibles aumenta conforme lo hace la magnitud del calentamiento del planeta (IPCC, 2014), las negociaciones internacionales del clima han fijado como meta un incremento en la temperatura no mayor a 2° C en relación al periodo de 1861-1880, lo que requiere que las emisiones de CO₂ acumuladas desde 1870 no sobrepasen las 2,900 gigatoneladas (Gt) de CO₂.

Cumplir la meta de los 2° C establecida en el Acuerdo de París (UNFCCC, 2015) no significa estar exentos de impactos indeseados dado que éstos continuarán inclusive por siglos, aun cuando las emisiones antropogénicas de GEI se detengan. Lo que entonces se intenta con tal acuerdo es minimizar los efectos adversos, de ahí que se hable incluso de “perseguir” esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura por arriba de 1.5° C por encima de niveles preindustriales (UNFCCC, 2015). Las acciones necesarias son urgentes pues los efectos calculados podrían ser mucho más profundos que lo previamente estimado, aún más cuando, por un lado, el propio acuerdo es insuficiente dado que se basa en contribuciones nacionales voluntarias que, de cumplirse a cabalidad, llevarían a un aumento en la temperatura más allá de los 2° C (Delgado, 2016) y, por el otro, en tanto que EUA, el segundo emisor de GEI del planeta después de China, ha planteado ya su salida del Acuerdo de París. Reconociendo que el cambio climático es una preocupación compartida, tal

y como se afirma en la resolución de la vigésimo primera Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, y que el cambio climático es parte *sine qua non* de la degradación ambiental global, la presente publicación colectiva se orienta al análisis tanto del estado de situación, como de las capacidades necesarias para transitar hacia escenarios de sustentabilidad y resiliencia urbana.

En tal contexto, lo urbano es clave, tanto en la evolución de lo que se ha calificado como la “Gran Aceleración” o cambio global (Costanza *et al*, 2007; Steffen *et al*, 2011), como en la búsqueda y construcción de soluciones y alternativas. Es ahí, en las ciudades, donde se genera el 80% de la riqueza mundial, se localiza el grueso del consumo y se concentra buena parte de la infraestructura, misma que suma globalmente un inventario de 792 mil millones de toneladas de materiales y succiona cerca de la mitad de los materiales y energía extraída anualmente a nivel global para su renovación y expansión (Krausmann *et al*, 2017). Lo urbano es pues responsable directo e indirecto de buena parte de la degradación ambiental global, incluyendo la emisión de entre 71% y 76% de los GEI (IPCC, 2014). Y, dado que la urbanización del espacio se está experimentado a una velocidad nunca antes vista en la historia¹, el marco temporal para hacer ajustes y tomar medidas correctivas sin duda se está reduciendo.

La cuestión no es menor. Las implicaciones derivan tanto de las profundas mutaciones que experimentan los propios asentamientos urbanos a escala local-regional, como de aquellas resultantes de la acelerada urbanización a escala planetaria, la cual está asociada al crecimiento económico y la dinámica

1 Mientras las ciudades latinoamericanas se constituyeron a lo largo de dos siglos, las europeas lo hicieron en un siglo y medio, las de Estados Unidos (EUA) en alrededor de un siglo, las de China en poco más de medio siglo.

de acumulación de capital, ello a tal punto que el sector de bienes raíces ya representa 217 billones de dólares o cerca del 60% del valor total de los activos globales, incluyendo acciones, bonos y oro (Savills, 2016). En tal contexto, el histórico proceso de “implosión-explosión” urbana del que habla Lefebvre (2003) toma cada vez más relevancia en la búsqueda y construcción de soluciones. La implosión de actividades, riqueza, bienes, medios de producción, infraestructura, conocimiento y población, a la par con la explosión de asentamientos irregulares, suburbios, periferias, ciudades dormitorio, etcétera, y de sus diversas implicaciones económico-políticas y socioambientales, es cada vez más patente y lo seguirá siendo en un escenario tendencial en el que la población urbana sumaría 66% de la población mundial en el 2050 (Naciones Unidas, 2014). Es en tal sentido que el undécimo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/) reconoce a las ciudades como el principal lugar donde se juega la construcción de la resiliencia y la sustentabilidad. Los asentamientos urbanos son centrales, no sólo para hacer frente a la crisis ecológica y climática, sino para transformar el espacio construido como un todo, tanto en su complejidad biofísica, como en la función y lógica de los entramados socioeconómicos, socioecológicos y sociotécnicos que lo constituyen; en este caso para apostar a ciudades socioecológicamente justas, viables y resilientes.

Lo dicho es sin duda una aspiración de carácter reflexivo y, por tanto, intrínsecamente política en tanto que depende del contexto en el que se desenvuelven los múltiples actores involucrados y de sus diversas características, intereses, valoraciones y cuotas de poder. Por ello, en la conformación de imaginarios para la transición-transformación urbana es fundamental preguntarse quién define la agenda y a qué nos referimos por transformación y transición: de qué, hacia dónde, para qué fin y a favor de quién, a qué escalas temporales y espaciales, cómo y a cambio de qué o en

lugar de qué (Meerow y Newell, 2016).

Vistos desde tales interrogantes, los imaginarios de transición-transformación urbana pueden apostar por (1) esquemas funcionales al modelo imperante, (2) por aquellos que abogan por ajustes importantes, pero no estructurales, hasta (3) por los que involucran una transición y transformación de fondo, habilitando en consecuencia la reflexión y acción en aspectos tanto estructurales como funcionales y relacionales. Las distintas iniciativas toman cuerpo en categorías diversas, tales como: ecociudades (Wong y Yuen, 2011), ecopolis (Engwicht, 1992; Downton, 2009), ciudades verdes (Campbell, 1996; Simpson y Zimmermann, 2013), ciudades resilientes (Newman *et al.*, 2009; OECD, 2016), ciudades inteligentes (Albino, Berardi y Dangelico, 2015), ciudades de bajo carbono (Dhakal y Ruth, 2017), ciudades para el buen vivir (Delgado, 2015-A; Cárdenas, 2015), o hasta la sugerencia del así llamado “urbanismo verde” (Thomson y Newman, 2016)², entre otras.

Tal diversidad de imaginarios ha llevado a considerar los conceptos de sustentabilidad y resiliencia urbana, y en sí mismo el de transición urbana, como objetos de frontera (*boundary objects*) a partir de los cuales se puede gestar el encuentro de visiones, acciones y eventualmente de consensos (Meerow y Newell, 2016; Delgado y Guibrunet, 2017). Desde luego, tales objetos de frontera, demandan ser evaluados y contextualizados, reconociendo las asimetrías socioeconómicas imperantes (incluyendo las de género) y las lógicas, estructuras y discursos de poder subyacentes a éstas.

El presente libro se enmarca pues en el centro de uno de los principales retos

2 Según proponen Thomson y Newman (2016), el urbanismo verde se estructura en tres horizontes temporales: (1) *diseño verde* que mejora el desarrollo urbano convencional o el metabolismo urbano lineal; (2) *desarrollo urbano sustentable* que busca un impacto “cero”, es decir se coloca como un estado estacionario; y (3) *urbanismo regenerativo* que pretende habilitar la reparación de la biósfera a partir del funcionamiento de un metabolismo urbano circular.

del siglo XXI: la puesta en marcha, precisamente, de lo que entendemos por sustentabilidad y resiliencia, ya no se diga por equidad y justicia. Y es que, si bien la sustentabilidad y justicia, y más recientemente la resiliencia y equidad, ganan cada vez mayor presencia en los discursos y narrativas académicas y políticas, éstas sin embargo no dejan de ser ideas generales y consecuentemente vagas, pues su propósito suele ser el establecer puntos de encuentro de diversas interpretaciones concretas, propias de diferentes contextos biofísicos y socioculturales, pero sobre todo de visiones del mundo. No obstante, más allá de las narrativas y discursos, tales nociones cuando se materializan o traducen en políticas y acciones puntuales, pueden en lo concreto perseguir muy diversos objetivos ambientales, económicos, sociales, demográficos e institucionales que, a su vez, pueden reforzar el *statu quo* imperante o estimular transformaciones radicales.

En tal panorama, pese a que se reconoce que lo urbano estrictamente no cumple con las condiciones más elementales de la sustentabilidad en su sentido fuerte (Neumayer, 2003), las contribuciones a este libro por lo general coinciden en una noción de sustentabilidad urbana como objeto de frontera, mismo que alude al estado dinámico de operación socialmente deseable que persiste en el tiempo sin violentar las fronteras planetarias (Steffen *et al*, 2016), integrando la equidad intra e intergeneracional, en un contexto en que son consideradas las múltiples características naturales, físicas, económicas, políticas y socioculturales de tales o cuales espacios, así como las múltiples formas y lenguajes de valoración presentes (Delgado y Guibrunet, 2017). Por su parte, la resiliencia urbana se suma a lo antes dicho, dando cuenta de la cada vez más necesaria habilidad de los sistemas urbanos de transformar, transitar, mantener y regresar rápidamente a funciones deseables (socioeconómicas, políticas, ecológicas, etcétera) de cara a perturbaciones como las derivadas del cambio climático y, de manera más amplia, del cambio ecológico global.

Aunque ambas ideas pueden ir de la mano, no son sinónimos. De hecho, un sistema urbano puede ser resiliente pero no necesariamente sustentable y, aún más, las propias acciones que fomentan la resiliencia, como la redundancia de subsistemas (léase infraestructura de agua, energía, etcétera), pueden estar en contradicción con aquellas que buscan una mayor sustentabilidad en términos, por ejemplo, de mayores eficiencias. No obstante, y a pesar de las tensiones existentes entre sustentabilidad y resiliencia urbana, ambas pueden acompañarse, dígame al visualizar la resiliencia como una noción enfocada en el proceso de cambio o de transición, y la sustentabilidad como el resultado esperado o deseado. Así pues, las contribuciones que aquí se presentan visualizan la resiliencia en el marco de funciones deseables de lo urbano en tanto que dicha característica lleva a la discusión misma de la sustentabilidad.

Por supuesto, para que tales visiones sean políticamente significativas, dígame para que funjan como “objetos de frontera” a partir de los cuales se pueda gestar el encuentro de visiones, acciones y eventualmente de consensos, éstas deberán revertir la tendencia a deslocalizar los impactos y a desdibujar los actores responsables y afectados, al tiempo que habrán de privilegiar de manera creciente las soluciones que deriven de una “gobernanza bidireccional”, producto de una recomposición a fondo que emane de la conformación de un *corpo político social* que construye colectivamente imaginarios deseables tanto de la *función*, como del diseño, planificación y producción del espacio. Ello es todo un reto a nivel local, regional e internacional, sobre todo considerando las diversas realidades propias de los países desarrollados y en desarrollo, como lo es México.

Con el título de este libro, *Ciudades sensibles al cambio climático*, nos referimos pues a una multiplicidad de aspectos. Desde luego, a las implicaciones biofísicas del cambio climático y a la creciente vulnerabilidad

de los asentamientos urbanos derivada no sólo del aumento de la población urbana y del suelo construido *per se*, sino también de todo un conjunto de variables económicas, políticas y socioculturales, espacial y temporalmente diversas. Igualmente aludimos a la necesaria transición-transformación hacia modalidades más sustentables, resilientes y equitativas, lo cual supone ser resultado de una continua y robusta concientización, tanto de instituciones como de sujetos cada vez más sensibles acerca del rol que juega lo urbano, para bien o para mal. También se refiere al avance en la construcción de capacidades, no sólo para el diagnóstico, sino para el diseño y ejecución de acciones acordes a la dimensión del reto ante el cual nos encontramos, lo cual incluye una gama de temas o aspectos transversales.

Al acentuar el hecho de que la agencia humana en efecto juega y jugará un papel cada vez más importante en el futuro, el presente libro busca abrir la discusión sobre aspectos empíricos y normativos, incluso epistemológicos, acerca de la agencia humana como tal y sus impulsores, así como de los lenguajes de valoración presentes, las visiones en juego, las expectativas o imaginarios de futuro, los retos, limitaciones y oportunidades.

El reconocer la mutua responsabilidad de gestionar (*stewardship*) el planeta –a través de la agencia humana– dentro de las denominadas fronteras planetarias y en un contexto de importantes asimetrías socioeconómicas, es por demás relevante para ampliar la incidencia de actores y organismos locales, nacionales e internacionales en la toma de decisiones y acciones para la sustentabilidad, ello sobre todo cuando la ciencia deja de ser relevante para el quehacer político de, por ejemplo, un gobierno como el de EUA que, en cambio, opta por creer en “hechos alternativos” (*alternative facts*)³.

3 Me refiero a la expresión usada por Kellyanne Conway, asesora del actual presidente de EUA, cuando justificaba la afirmación de que la toma de posesión había tenido el mayor número

Esta entrega es pues por demás oportuna, en un momento en que lo local y regional adquieren un rol de mayor peso ante la ya mencionada salida de EUA del Acuerdo de París, un país que por si fuera poco apuesta desde su gobierno federal por el uso “limpio y eficiente” de los combustibles fósiles en un contexto en el que se aboga, en boca del propio encargado de la Agencia de Protección Ambiental de EUA (EPA, por sus siglas en inglés), Scott Pruitt, por poner fin al asalto regulatorio que ha declarado la guerra a la economía de ese país (Davenport, 2017).⁴ Ante tal situación y el retraso, bloqueo o eliminación de más de 30 leyes ambientales –un retroceso regulatorio no visto en los 47 años de historia de la EPA– se espera que los gobiernos estatales y locales sean los únicos actores gubernamentales en dicho país que eventualmente podrían hacer algún tipo de contrapeso a la dinámica del gobierno federal, incluyendo acciones que, por ejemplo, debiliten el *Clean Power Plan* y en general la investigación y el desarrollo tecnológico federal vinculado a la eficiencia y descarbonización de la economía estadounidense; un esfuerzo que en la

de audiencia en la historia de ese país, ello de cara a fotografías que claramente mostraban lo contrario al contrastar la toma de posesión del gobierno predecesor en 2009. La preocupación de diversos científicos organizados no es menor, no sólo ante el discurso político relacionado a la ciencia (dígase, en asuntos ambientales y climáticos), sino de cara, por un lado, a nombramientos cuestionables en cargos claves como lo son la Agencia de Protección Ambiental, y por el otro, al potencial recorte del presupuesto en ciencia y tecnología, acompañado de un importante incremento en el gasto militar. Lo anterior se ha expresado en diversos medios de comunicación, tanto en revistas como *Science* y *Nature*, así como en la conformación de la coalición 314 Action (www.314action.org). Lo que no es un “hecho alternativo” es la desregulación ambiental que ha empujado en sus primeros meses la administración Trump (Davenport, 2017).

4 Cabe subrayar, a propósito de las apuestas por capturar y almacenar el carbono, que se trata como lo ha expuesto el CEO de Murray Energy, la empresa de carbón más grande de EUA, de una fantasía en tanto que no es práctico ni económicamente viable (Romm, 2017). Tal lectura se da días después de que el gobierno federal de EUA recortara el presupuesto a la investigación en ese ámbito y poco después del cierre del proyecto puntero en el rubro, la planta de Kemper de la Southern Company en el estado de Mississippi que, después de 7,500 millones de dólares invertidos, decidió dejar de lado el uso de carbón para convertirla a gas (Ibid).

administración anterior se había vinculado a una reducción de las emisiones de GEI al año 2025 de entre 26% y 28% por debajo de los niveles del 2005. Dicha situación es sin duda de relevancia, tanto para el planeta como para México, en particular en su zona fronteriza donde en muchos casos los esfuerzos conjuntos no sólo son deseables, sino necesarios. No obstante, de no haber un dinamismo de parte de los actores de gobierno, y de otros, a escala local-regional, tales esfuerzos podrían ser fácilmente minados.

El potencial de mitigación a escala urbana, así como la importancia de adoptar medidas de adaptación a tal escala, ha sido analizado en el Quinto Informe del IPCC, así como por otros actores internacionales de peso, como ICLEI o el C40. Ese último, estima que las ciudades pueden aportar hasta el 40% de las reducciones necesarias para alcanzar la meta establecida en el Acuerdo de París (C40, 2016).⁵ Parte de tal potencial se encuentra en la estructuración de una planeación no-convencional que rompa los silos tradicionales de diseño y ejecución de la política urbana, lo que a su vez requiere de una aproximación sistémica y territorialmente anclada. Este tipo de aproximaciones acerca de lo urbano, intrínsecamente interdisciplinarias, son cada vez más demandadas en la literatura especializada y figuran como apuestas que buscan develar las conexiones existentes entre, por ejemplo, el agua y la energía, el uso del suelo y el cambio climático, entre otros “nexos urbanos”. Tal potencial es precisamente el que se busca apuntalar en el futuro inmediato, pero también otras acciones y sinergias que derivarían del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible –ODS– (www.un.org/sustainabledevelopment) y de la implementación de la Nueva Agenda Urbana (<http://nua.unhabitat.org/>). Lo

5 La estimación supone que todas las ciudades con una población mayor a 100 mil habitantes ejecuten todas las acciones propuestas en el informe del C40 (C40, 2016). El informe propone 410 acciones posibles en 62 programas que cubren cinco sectores: energía, edificios, transporte, residuos y planeación urbana.

dicho implica que la transición-transformación urbana hacia modalidades más resilientes, sustentables, incluyentes y de bajo carbono, requiere un esfuerzo multidimensional, multinivel y multitemporal por parte del mayor número de actores posible.

Contextualizando el libro

Centramos nuestra mirada en México, incluyendo lecturas comparativas de carácter binacional, México-EUA. México es considerado vulnerable pues 15% de su territorio, 68% de su población y 71% de su PIB están expuestos a los efectos adversos del cambio climático. De un total de 2,457 municipios, se estima que 824, donde residen 61 millones de habitantes, están expuestos a inundaciones; 283 municipios con 4 millones de habitantes, a deslizamientos; 1,292 municipios con 54 millones de habitantes, a sequías agrícolas; 584 municipios con 29 millones de habitantes, a reducciones en la precipitación; 545 municipios con 27 millones de habitantes, a decrementos en la productividad agrícola asociados a cambios en la temperatura; 1,020 municipios con 43 millones de habitantes, a ondas de calor; y 475 municipios con 15 millones de habitantes, a la transmisión de vectores infecciosos, en particular de enfermedades tropicales.

Lo anterior responde a una diversidad de causas. El país está expuesto a eventos climáticos extremos en ambas costas, la del Pacífico y la del Atlántico (incluyendo los fenómenos del Niño y la Niña); su economía, considerada en desarrollo, es débil y en buena medida informal, lo que deriva en que casi la mitad de su población viva en pobreza o pobreza extrema y sea, por tanto, aún más vulnerable que el resto. Además, dado que el país está altamente urbanizado con casi 80% de la población viviendo en ciudades, el grueso de ésta es dependiente de flujos locales, regionales e internacionales de energía y materiales, tales como alimentos que se importan, sean del campo mexicano o

del exterior. Mientras la importación de alimentos provenientes del extranjero es creciente, incluyendo maíz y frijol que son la base de la dieta del país,⁶ la producción nacional no cuenta con los apoyos necesarios, al tiempo que su productividad se ve cada vez más afectada pues mucha de la producción es de temporal. Se trata de una situación que, en un contexto de cambio climático, nuevamente incide en una mayor vulnerabilidad en términos de seguridad y soberanía alimentaria (Delgado, 2013).

Por otra parte, México tiene una infraestructura limitada, en buena parte caduca o próxima a cumplir con su vida útil, una situación que se da en un contexto en el que el país es también altamente dependiente de tecnología importada, desde aquella relacionada a energías renovables, hasta máquinas-herramienta, equipo eléctrico y médico, medicinas, etcétera. Cualquier intento de transición hacia modalidades más sustentables y resilientes en un contexto de cambio climático puede verse limitado debido a las dificultades del desarrollo endógeno de ciencia y tecnología, pero también debido al restringido acceso y transferencia de tecnología y *know how* (Delgado, 2016). A ello se suman, entre otras cuestiones, toda una serie de limitaciones financieras y de capacidades propias de un país en desarrollo, desde aquellas de gobernanza, transparencia y rendición de cuentas, hasta de investigación en cambio climático, particularmente en modelación y predicción a escala local-regional, lo cual constriñe, pero no necesariamente limita, las capacidades de

6 De 1991 al 2011, las importaciones de maíz pasaron de 1.4 millones a 9.4 millones de toneladas, de las cuales 8.4 millones provenían de EUA y la cifra ha ido en aumento desde entonces. En el mismo periodo, para el caso de frijoles secos, la importación pasó de 30 mil toneladas a 106 mil toneladas, de las cuales 96 mil provenían de EUA. El aumento en la dependencia alimentaria, medida en términos de la proporción del abastecimiento foráneo versus el doméstico, con respecto al consumo total, pasó de 8.4% en 1991 a 33.3% en 2011 para el caso del maíz, y de cero a 36.5% para el caso del frijol (con base en FAOSTAT).

planeación efectiva, incluyendo la prevención y gestión de desastres.⁷ Otras limitaciones se relacionan a la investigación sobre fuentes de contaminación, la propagación de vectores infecciosos y medidas preventivas, entre otras, como lo es la cuestión de género y la educación para la sustentabilidad, incluyendo educación sobre cambio climático, la cual es aún muy débil. Por ello, y dada la gran diversidad sociocultural del país, es pues observable la necesidad de un esfuerzo particular para una educación y comunicación exitosas de carácter multicultural y multilingüe, incluyendo las principales lenguas indígenas del país ya que se trata de población pobre y altamente vulnerable que, por si fuera poco, gestiona bajo esquemas de propiedad social muchos de los principales y más biodiversos territorios del país. Esta característica debe ser vista como una ventaja en el marco de la implementación de novedosos esquemas de gobernanza híbrida, es decir que integran aproximaciones de gobernanza verticales (de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba) y horizontales (entre diversos temas de relevancia) mediante una coproducción de conocimiento y toma de decisiones integral, con el objeto de avanzar hacia asentamientos humanos más sustentables, resilientes y justos (Delgado, 2015-B; Delgado y Guibrunet, 2017). Tal panorama comprende aquellos asentamientos urbanos del país donde aún hay propiedad social y, sobre todo, prácticas de gestión comunitaria que suponen la existencia de redes de cooperación para la planeación, anticipación y acción.

7 En el país, las capacidades de planeación, monitoreo y en ocasiones de alerta temprana y de preparación coordinada para afrontar desastres, los cuales resultan de la correlación entre fenómenos naturales peligrosos y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables (Romero y Maskrey, 1993), son por lo general aún incipientes (Aragón, 2016), todo en un contexto de falta de financiamiento y aseguramiento restringido (Aragón, 2012). Además, existen una serie de desigualdades, como las que se asocian al género, que usualmente no son del todo tomadas en cuenta, o por lo menos no de manera efectiva.

Es pues en tal complejo y diverso contexto que se debe avanzar en los compromisos adquiridos por México en el marco del Acuerdo de París donde se propuso una contribución nacional de reducción de emisiones GEI de hasta 50% para el 2050 con respecto a las emisiones del año 2000. De éstas, 25% de la reducción de las emisiones de GEI y de contaminantes de vida corta se ha fijado para el 2030 de manera incondicional (con base en presupuesto propio) y el resto de modo condicional al apoyo internacional. Para ello, se apuesta por la aplicación de las normas para la protección ambiental y la adaptación del cambio climático en la planeación, diseño, construcción, operación y abandono de [ciertas] instalaciones turísticas en ecosistemas costeros; gestión sustentable del agua a escala urbana (ahorros, reciclaje, captura de agua de lluvia) y otras acciones que no se especifican, pero que se pueden inferir de la genérica mención de acciones tales como el uso eficiente de energía en la industria y el transporte y la gestión de residuos. Además de otras medidas de mitigación, en materia de adaptación, se ha planteado mejorar también la capacidad adaptativa y la reducción de la vulnerabilidad mediante herramientas de planeación territorial y manejo del riesgo (Atlas Nacional de Vulnerabilidad y Atlas Nacional de Riesgo); invertir la relación del gasto en atención a desastres versus prevención de desastres para dar mayor peso a lo segundo; garantizar la seguridad de las represas y la infraestructura hidráulica; proteger al menos 50% de los municipios más vulnerables ante los impactos del cambio climático; relocalizar asentamientos irregulares en zonas propensas a desastres mediante la regulación del uso del suelo y reubicar la infraestructura vulnerable en zonas turísticas; incrementar la resiliencia de infraestructura estratégica (incluyendo tecnologías para tornar más resiliente la infraestructura de transporte y para la protección de infraestructura costera y ribereña); fortalecer los sistemas de alerta temprana; garantizar el abastecimiento y tratamiento urbano e industrial del agua para asegurar su

cantidad y calidad en asentamientos urbanos mayores a 500 mil habitantes; entre otras acciones.

Se trata pues de un panorama en el que lo urbano claramente es central. No obstante, dado el carácter genérico que caracteriza hasta ahora al grueso de los compromisos nacionales ante la Convención Marco, lo concreto de tales buenas intenciones aún está por verse, no sólo en el discurso político, sino en el propio trabajo de diagnóstico y construcción de propuestas a escala local donde las territorialidades, en sentido amplio (biofísicas, socioculturales, políticas y económicas), son intrínsecamente heterogéneas a lo largo y ancho del país.

En tal tenor, el análisis situacional y propositivo se torna pertinente y necesario. *Ciudades sensibles al cambio climático* busca desde una reflexión colectiva, atender dicha cuestión, incluyendo las complejas dinámicas fronterizas que demandan una aproximación binacional que, por su parte, se ha tornado más ardua de cara al ya mencionado abandono de EUA de los esfuerzos internacionales para afrontar el cambio climático. Ante ello, y considerando que las acciones locales/regionales pueden hacer un cierto contrapeso a dicha indeseable situación, en la que el Gobierno Federal de EUA apuesta por la continuidad de una matriz energética basada en combustibles fósiles (con proyecciones de exportación de crudo mayores a la mayoría de los miembros individuales de la OPEP para 2020, esto es, un volumen de unos 2.25 millones de barriles al día; Meyer, 2017), así como por una regulación ambiental relativamente laxa, los autores contribuyentes de ambos lados de la frontera norte, analizan y exploran casos en México y EUA con el propósito de revelar, mediante el análisis comparativo, avances, retos y contradicciones existentes en la transición-transformación urbana.

El conjunto de trabajos que se presentan, aunque lejos de conformar una revisión exhaustiva y acabada, buscan hacer un llamado sobre la necesaria

continuidad en el análisis a diversas escalas espaciales y temporales, siempre reconociendo la diversidad y complejidad del reto urbano, de ahí que el análisis sea de carácter holístico, interdisciplinario e integrador, abordando cuestiones que van desde el uso del suelo, la gestión y la prevención de desastres, la gobernanza del agua y el avance de la denominada infraestructura verde, hasta la cuestión del financiamiento, de género o la educación para el cambio climático. El móvil de los trabajos es, por un lado, dar cuenta de algunos de los principales retos y resistencias al cambio del paradigma imperante en la gestión de lo urbano, y por el otro, explorar las posibles rutas de transición-transformación hacia esquemas más sustentables, resilientes, equitativos y justos.

Estructura del libro

En una primera parte, los trabajos reflexionan acerca de la sensibilidad ante la generación de un entorno multifactorial de riesgos que se ve acrecentado por el cambio climático y la expansión urbana.

Al notar la relación estrecha entre los aspectos sociales, económicos, ambientales y la reducción de la vulnerabilidad urbana en México ante los fenómenos hidrometeorológicos extremos, Inglés hace un llamado por la adopción de políticas integrales basadas en la gestión del territorio para, desde ahí, abordar la gestión integral de los riesgos desde una perspectiva que integre el ordenamiento ecológico y territorial. Con tal propósito, la autora describe la existencia o inexistencia de instrumentos de gestión integral de riesgos propuestos específicamente para reducir la vulnerabilidad de las ciudades ante el cambio climático. Especial atención dedica a tres cuestiones: el ordenamiento ecológico, el atlas de riesgos y la ordenación territorial, los cuales considera son determinantes para reducir la vulnerabilidad y fortalecer la transición hacia ciudades incluyentes, participativas, seguras, sustentables

y resilientes.

Briones y Lucatello, a partir de dar cuenta de las tendencias generales de urbanización en América Latina y en la Ciudad de México, revisan las causas de fondo y las tensiones existentes entre la permanente transformación de las metrópolis globales y la generación de riesgos de desastres, ello a partir de cuestionarse si, hoy por hoy, se cuenta con las capacidades para hacer frente a fenómenos hidrometeorológicos y geológicos de gran magnitud. El caso de la Ciudad de México es analizado a partir de revisar la naturaleza de la producción de espacio, es decir de los procesos de urbanización formales e informales y sus implicaciones, así como desde un entendimiento del caso como “ciudad en riesgo permanente” que, no obstante, podría apostar por esquemas de mayor resiliencia y sustentabilidad.

En un tenor similar, Escandón revisa el mismo caso de estudio, el de la Ciudad de México, haciendo énfasis en la necesidad de realizar un análisis sistémico e interdisciplinar, sobre la relación entre cambio climático, cooperación internacional y políticas urbanas locales, para así lograr una mejor construcción del problema y de sus posibles soluciones. Para ello, el autor se centra en la cuestión del ordenamiento territorial como vía para reducir las causas del cambio climático y los impactos de transformación ambiental en curso, lo cual hace a través de estudiar el suelo de conservación como un ente híbrido, esto es, un ente con una dimensión material y dimensiones de representación en las que diversos actores intervienen en su propia producción. En su análisis, al sugerir que en la actual política climática, en particular el Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020, existe una “ignorancia asimétrica” que generaliza contextos que son muy dinámicos desde un punto de vista ambiental, social, cultural y económico, Escandón apuesta en cambio por una gobernanza híbrida.

En una segunda parte, las contribuciones versan sobre los vínculos entre adaptación y gestión del agua desde una mirada integral, identificando retos y oportunidades en la gobernanza urbana que no sólo desbordan lo sectorial, sino que impactan lo urbano en un sentido amplio al generar sinergias o co-beneficios en cuestiones que van desde la salud urbana, hasta la planeación del uso del suelo, el diseño del espacio construido y la expansión de los espacios verdes.

En este sentido, Jiménez *et al* develan con argumentos técnicos y una lectura multidisciplinaria, cómo la Ciudad de México puede ser afectada por el cambio climático a partir de cambios experimentados en la calidad del agua. Al advertir que el Plan de Acción Climática de la Ciudad de México debería ampliar sus objetivos relacionados con el tema del agua para también incluir la cuestión de los riesgos asociados a la calidad del líquido (además del control de fugas, la conservación, y el desarrollo de infraestructura), las autoras analizan tres cuestiones: (1) el impacto de eventos hidrometeorológicos extremos en la calidad del agua, en este caso del acuífero de Xochimilco; (2) el efecto del aumento de las temperaturas en la capacidad de descontaminación de fuentes de agua, para lo cual se enfocan en el caso del Río Magdalena; y (3) la evaluación de la vulnerabilidad de la población a enfermedades transmitidas por el agua en un contexto climático, y la relación de la calidad del agua con enfermedades diarreicas agudas. Como resultado, el trabajo da cuenta de los principales retos y potenciales medidas de adaptación y mitigación para los diferentes casos de estudio y principales actores involucrados, así como las limitaciones o lagunas de información que dificultan la valoración y la toma de decisiones.

Por su parte, Ruíz hace un análisis de la adaptación al cambio climático y la gestión del agua urbana en un panorama de abundancia natural hídrica, como es el caso del Estado de Chiapas. Al criticar las visiones tecnocráticas y apolíticas

del agua y su manejo, la autora revisa críticamente el paradigma dominante de la gestión del agua urbana en diálogo con la visión dominante de la adaptación al cambio climático. Argumenta, por un lado, la necesidad de tomar en consideración las dinámicas locales que afectan los procesos de urbanización para poder diseñar políticas climáticas más ajustadas a los contextos locales y, por el otro, que las estrategias futuras de adaptación incorporen el carácter político del recurso agua, así como su dimensión subjetiva, para entonces poder fortalecer su efectividad y reducir la conflictividad social.

Zúñiga se centra en analizar el caso de las zonas semiáridas y áridas, dando cuenta de las potenciales estrategias de adaptación urbana al cambio climático a partir del desarrollo de infraestructura verde en barrios caminables como una vía que contribuye tanto a reducir la vulnerabilidad, como a fortalecer la seguridad hídrica urbana. La infraestructura verde es así vista por la autora como una alternativa a la tradicional “infraestructura gris” en la gestión de aguas pluviales en tanto que reduce el daño a sistemas socioeconómicos y ecológicos. Además, ésta es vista como una oportunidad para el rediseño del espacio urbano, dígase para que sea caminable, verde e incluyente. La apuesta por infraestructura verde en zonas áridas es sin duda importante pues el cambio climático por lo general agravará las sequías y las tormentas severas, el efecto isla de calor y sus implicaciones para la salud, y en el caso de las ciudades costeras en ese tipo de zonas, se suma también el aumento del nivel del mar. Zúñiga apunala su análisis con ejemplos de experiencias en Los Ángeles, California, o Scottsdale, Arizona en EUA, y de Hermosillo en México.

En una tercera parte, las dos contribuciones que la componen revisan los múltiples factores que tornan a las ciudades sensibles al acceso, gestión, consumo y desecho de energía y materiales en un contexto de cambio climático. En particular los trabajos se centran en el agua, la energía, el uso

del suelo, y los nexos y sinergias existentes.

El trabajo de Muñoz *et al* indaga el nexo entre agua y energía para el caso de ciudades costeras de la región semiárida de California y Baja California las cuales, por un lado, comparten recursos hídricos ya bajo presión, y por el otro, comercializan electricidad. Su interés es caracterizar el vínculo entre agua y energía como recursos interdependientes y compartidos en dicha región costera de México y EUA. Los autores abogan por una lectura integral, incluyendo la transversalidad de aspectos sociales, económicos, ambientales, políticos y físicos. Desde ahí, el análisis comparativo que ofrecen describe las características de los sectores de agua y energía en ambos estados, las regulaciones existentes, los potenciales impactos regionales de los sectores en cuestión, los factores relevantes que podrían afectar el vínculo de ambos sectores, y algunas opciones de manejo alternativo para la mejora de la eficiencia energética y la diversificación de fuentes alternativas de agua (incluyendo esquemas de cooperación binacional).

El trabajo de Delgado y Blanco, al reconocer el moderno ciclo hidrosocial que caracteriza a las ciudades contemporáneas, incluyendo sus implicaciones económicas, políticas y socioambientales, reflexiona sobre la imperante transformación de la gestión e infraestructura del agua en un contexto de cambio climático. Para ello, los autores presentan un análisis comparativo de dos megaciudades: Los Ángeles y la Ciudad de México. Además de revisar aspectos generales y presentar el metabolismo hídrico urbano de ambos casos de estudio, el trabajo explora desde una noción crítica de gobernanza urbana del agua, los retos actuales y esperados en las dos megaurbanizaciones para poder dar garantía al derecho humano al agua y alcanzar el sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible (que propone alcanzar el acceso universal al agua limpia y saneamiento). El análisis comparativo que se ofrece permite dar cuenta de similitudes y asimetrías en torno a los más complejos retos

técnicos, tecnológicos, ecológicos, socioculturales, políticos, institucionales y financieros, actuales y previsibles, ello desde una perspectiva holística que busca dar cuenta de los “nexos del agua”, incluyendo la relación agua-energía-carbono y agua-uso de suelo.

La cuarta parte del libro aborda, en concreto, otros temas denominados en la literatura como “transversales”, esto es, aspectos que componen toda problemática urbana, sea la gestión del riesgo y la prevención de desastres, la planeación del uso del suelo, la gestión y renovación de la infraestructura, etcétera, tales como lo son el financiamiento, la cuestión de género y la educación. Se trata de cuestiones que están lejos de ser secundarias. Pueden hacer de las políticas y acciones de las ciudades sensibles al cambio climático experiencias exitosas y duraderas o, por el contrario, rotundos desastres con implicaciones en múltiples escalas temporales.

En la reflexión sobre el denominado “financiamiento verde” para ciudades, o financiamiento necesario para su transformación en ciudades sustentables, resilientes e inteligentes, Ivanova ofrece una exploración general del estado de situación actual de la infraestructura urbana y su necesaria renovación, así como de las opciones actuales de financiamiento, las vías de mejora de los mecanismos existentes y los retos futuros. En específico se revisan las transferencias intergubernamentales, los préstamos, las asociaciones público-privadas, y la ayuda internacional, develando que, lejos de haber reglas firmes sobre la mejor manera de gobernar y manejar las finanzas, las opciones políticas se establecen en términos de un conjunto de ventajas y desventajas que implican importantes costos y beneficios. La lectura se hace desde el plano internacional.

Por su parte, De Luca y Gay-Antaki abordan la cuestión de género y el cambio climático a partir de examinar el caso de la Ciudad de México, haciendo notar

la escasez de estudios sobre esta temática en el contexto urbano. Su lectura permite dar cuenta de la ciudad desigual, contexto en el que las mujeres figuran entre los actores más desfavorecidos. Es en la ciudad, sostienen las autoras, donde se observa nítidamente una fragmentación espacial que segrega y excluye a las mujeres, muchas veces obstaculizando su movilidad, su participación social, política y económica. El propósito de su trabajo es pues revelar esta situación en un contexto de vulnerabilidad ante el cambio climático para, desde ahí, abrir nuevos espacios de participación y cambio. Con ello en mente, las autoras revisan el estado actual de las políticas públicas de género y medio ambiente de la Ciudad de México, así como un programa específico de gobierno llamado “Mujer de Huerto”. Concluyen, entre otras cuestiones, que la mirada de género requiere un ejercicio de reflexividad en la que el género se convierte en una categoría de análisis que habilita el rediseño de la política y las acciones (o programas) de tal suerte que, además de avanzar hacia la sustentabilidad, también se promueva un genuino empoderamiento de las mujeres. En tal sentido, las políticas climáticas urbanas, agregan, habrán de considerar toda la complejidad que se asocia a la cuestión de género, incluyendo lagunas en la generación de información y conocimiento, ello con la finalidad de evitar que las asimetrías aumenten y, más aún, para cerrar la brecha existente.

Finalmente, Vázquez reflexiona sobre la necesidad de una educación sobre el cambio climático en tanto catalizador para adquirir nuevos conocimientos y habilidades con miras a movilizar acciones responsables y realizar cambios conductuales significativos, esto es, a partir de la toma de decisiones informadas que contribuyan a fortalecer la resiliencia de las personas ante los riesgos relacionados con el cambio climático, lo que a su vez fomenta su participación y compromiso. Así, dando seguimiento a uno de los objetivos de la Ley General de Cambio Climático de México que establece la promoción de

la educación y difusión de la cultura en materia de cambio climático, la autora hace una revisión empírica del estado de la situación en México al revisar las medidas educativas propuestas en un conjunto de Planes de Acción Climática de municipios urbanos del país. La autora concluye advirtiendo que, para que la educación sobre el cambio climático tenga efectos transformadores, es necesario ir más allá de meramente brindar información para, en cambio, favorecer la reflexión relacional, integradora, empática, anticipativa y sistemática.

El conjunto de trabajos que aquí se presenta busca abonar la cada vez más necesaria reflexión sobre la transición-transformación urbana. Como se dijo, no se trata de una revisión exhaustiva, pero sí de una contribución colectiva de parte de académicos y asesores expertos operando dentro y fuera de espacios de toma de decisiones, tanto de gobierno como de otra índole. Esperamos que esta entrega sea de utilidad para la coproducción de imaginarios, la planeación y la acción que habiliten espacios urbanos más sustentables, resilientes, justos y equitativos.

Como colectivo esperamos seguir contribuyendo de esta y otras formas, buscando una continuidad en nuestra reflexión y análisis acerca de las implicaciones del cambio climático y la erosión ecológica, en especial a escala urbana.

Referencias

- Albino, V., Berardi, H., y Dangelico, R.M. 2015. “Smart Cities: definitions, dimensions, performance and initiatives”. *Journal of Urban Technology*. 22(1): 3-21.
- Aragón-Durand, F. 2012. *Análisis y diseño de medidas e instrumentos de respuesta del sector asegurador ante la variabilidad climática y el cambio climático en México*. INECC/PNUD México. En línea: www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012_estudio_cc_vyagef2.pdf (Consultado: 29

- de mayo de 2017).
- Aragón-Durand, F. 2016. “La gestión del riesgo de inundaciones y los desafíos de la adaptación urbana al cambio climático: discursos y respuestas institucionales”, en: Delgado, G.C., Cruz, X., y Oswald, U. (eds). *México ante la urgencia climática: ciencia, política y sociedad*. CEIICH-CRIM-PINCC, UNAM. México: 139-62.
- C40. 2016. *Deadline 2020. How cities will get the job done*. Londres, Reino Unido.
- Campbell, S. 1996. “Green cities, growing cities, just cities? Urban planning and the contradictions of sustainable development”. *Journal of the American Planning Association*. 62(3): 296-312.
- Cardenas O’Byrne, S. 2015. “¿Qué significa Buen Vivir en los asentamientos irregulares de América Latina?” *Polis. Revista Latinoamericana*. 14(40): 43-59.
- Costanza, R., et al. 2007. “Evolution of the Human-Environment Relationship”. *The Encyclopedia of Earth*. En línea: www.researchgate.net/profile/Robert_Costanza/publication/40102452_Evolution_of_the_human-environment_relationship/links/09e4150b7e2c8bc7e9000000/Evolution-of-the-human-environment-relationship.pdf?origin=publication_detail (Consultado: 29 de mayo de 2017).
- Davenport, C. 2017. “Counseled by Industry, Not Staff, E.P.A. Chief Is Off to a Blazing Start”. *The New York Times*. 1 de julio. En línea: www.nytimes.com/2017/07/01/us/politics/trump-epa-chief-pruitt-regulations-climate-change.html (Consultado: 29 de mayo de 2017).
- Delgado Ramos, G.C., y Guibrinet, L. 2017. “Assessing the ecological dimension of urban resilience and sustainability”. *International Journal of Urban Sustainable Development*. 9: 151-169.
- Delgado Ramos, G.C. 2016. “COP21 y la transición hacia escenarios de bajo carbono: eficiencia, innovación tecnológica y cambio de paradigma” en: Rueda Abad, J.C., Gay García, C., Quintana Solórzano, F. *21 visiones de la COP21. El Acuerdo de París: retos y áreas de oportunidad para su implementación en México*. PINCC-UNAM. México: 79-94.
- Delgado Ramos, G.C. 2015-A. “Ciudad y Buen Vivir: ecología política urbana y alternativas para el Buen Vivir”. *Revista Theomai*. 32: 36-56.
- Delgado Ramos, G.C. 2015-B. “Complejidad e interdisciplina en las nuevas

- perspectivas socioecológicas”. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*. 17: 108-130.
- Delgado Ramos, G.C. 2013. “Cambio climático y alimentación de las ciudades”. *Investigación Ambiental*. 5(1): 85-101.
- Dhakai, S., y Ruth, M. (eds). 2017. *Creating Low Carbon Cities*. Springer. Londres, Reino Unido / Nueva York, EUA.
- Downton, P.F. 2009. *Ecopolis. Architecture and cities for a changing climate*. Springer/CSIRO. Collingwood, Australia.
- Engwicht, D. 1992. *Towards an Eco-City. Calming the Traffic*. Environbook. Sídney, Australia.
- Hoornweg, D., y Bhada-Tata, P. 2012. *What a Waste*. World Bank. Urban Development Series N°. 15, Washington, D.C., EUA.
- Hughes, T., *et al.* 2017. “Global warming and recurrent mass bleaching of corals”. *Nature*. 543(7645): 373-377.
- IPCC. 2016. “IPCC agrees special reports, AR6 workplan”. *IPCC*. 14 de abril. En línea: www.ipcc.ch/news_and_events/pdf/press/160414_PR_p43.pdf (Consultado: 29 de mayo de 2017).
- IPCC. 2014. *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. International Panel on Climate Change. Ginebra, Suiza.
- Kraussmann, F., *et al.* 2009. “Growth in global material use, GDP and population during the 20th Century”. *Ecological Economics*. 68: 2696-2705.
- Kraussmann, F., *et al.* 2017. “Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use”. *PNAS*. 8(114): 1880-1885.
- Lefebvre, H. 2003. *The urban revolution*. University of Minnesota Press. Minnesota, EUA.
- Meerow, S., Newell, J., y Stults, M. 2016. “Defining urban resilience: A review”. *Landscape and Urban Planning*. 147: 38-49.
- Meyer, G. 2007. “US crude exports forecast to exceed most OPEC members by 2020”. *Financial Times*. 11 de julio. En línea: www.ft.com/content/96df15aa-65b7-11e7-8526-7b38dcaef614?mhq5j=el (Consultado: 29 de mayo de 2017).
- Naciones Unidas. 2014. *World urbanization prospects, the 2014 revision*. The

- Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations. ST/ESA/SER.A/366. Nueva York, EUA.
- Neumayer, E. 2003. *Weak versus strong sustainability*. Edward Elgar Publishing. Northampton, Massachusetts, EUA.
- Newman, P., Beatley, T., y Heather, B. 2009. *Resilient Cities. Responding to Peak Oil and Climate Change*. Island Press. Washington, D.C., EUA.
- OECD. 2016. *Resilient cities*. París, Francia. En línea: www.oecd.org/gov/regional-policy/resilient-cities-report-preliminary-version.pdf (Consultado: 29 de mayo de 2017).
- PNUMA. 2016. *Global material flows and resource productivity. Assessment Report for the UNEP International Resource Panel*. Nairobi, Kenia. En línea: www.resourcepanel.org/file/423/download?token=Av9xJsGS (Consultado: 29 de mayo de 2017).
- Romero, G., y Maskrey, A. 1993. “¿Cómo entender los desastres naturales?”, en: Maskrey, A. (comp). *Los desastres no son naturales*. La red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Lima, Perú.
- Romm, J. 2017. “Coal CEO admits that ‘clean coal’ is a myth”. *Think Progress*. En línea: <https://thinkprogress.org/clean-coal-isnt-real-eda3e2841060> (Consultado: 29 de mayo de 2017).
- Savills, W.R. 2016. “Around the world in dollars and cents”. Savills World Research. Londres, Reino Unido.
- Simpson, R., y Zimmermann, M. (eds). 2013. *The Economy of Green Cities. A World Compendium on the Green Urban Economy*. Springer/ICLEI. Londres, Reino Unido / Nueva York, EUA.
- Steffen, W., et al. 2011. “The Anthropocene: from global change to planetary stewardship”. *Ambio*. 40(7): 739-761.
- Steffen, W., et al. 2015: “Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet”. *Science*. 347(6223). DOI: 10.1126/science.1259855
- Thomson, G., y Newman, P. 2016. “Geoengineering in the Anthropocene through regenerative urbanism”. *Geosciences*. 46(6): 2-16.
- UNFCCC. 2015. *Adoption of the Paris Agreement*. Vol. FCCC/C/20115/L.9. United Nations. 12 de diciembre. París, Francia.
- Wong, T., y Yuen, B. (eds). 2011. *Eco-city planning. Policies, practice and design*. Springer/ Singapore Institute of Planners. Londres, Reino Unido / Nueva York, EUA.

I. CIUDADES SENSIBLES A RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

CAPÍTULO 1

UNA APROXIMACIÓN A LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CIUDADES MEXICANAS

MARISOL ANGLÉS HERNÁNDEZ

Introducción

De conformidad con el informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2013), el calentamiento en el sistema climático es inequívoco, y éste se ha exacerbado desde la década de los años 50 debido al incremento antropogénico en las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI)¹, lo que ha provocado, entre otros efectos, el calentamiento de la atmósfera y el océano, la disminución de los volúmenes de nieve y hielo y la elevación del nivel del mar. Por tanto, el cambio climático, entendido como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables, constituye una amenaza para los ecosistemas, la sociedad y el desarrollo de las actividades económicas (Peña y Neyra, 1998). Esto coloca a la gestión integral de riesgos como un aspecto central en las ciudades, cuya expansión es impulsada por la modernización capitalista que disputa más espacios para su consolidación, en muchos casos, ajena a consideraciones climáticas.

Así, tenemos que los desarrollos inmobiliarios formalmente establecidos al amparo de la gobernanza neoliberal orientada por la lógica de la mercancía

1 Los principales gases de efecto invernadero son: bióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), ozono (O₃) y clorofluorocarbonos (CFC), componentes gaseosos de la atmósfera que absorben y reemiten radiación infrarroja.

(Lefebvre, 1983) y la especulación requieren, en primer término, del respaldo estatal, “justificado” en la generación de empleos e inversión, así como en la posibilidad de crear mayor oferta de vivienda; y, en segundo lugar, de grandes emplazamientos, lo que provoca cambios en el uso de suelo y con ello la destrucción del capital natural y de los bienes de soporte de innumerables funciones ecológicas, vitales para el desarrollo urbano sustentable.

Por otro lado, tenemos a los asentamientos humanos irregulares, generalmente establecidos en zonas periféricas que degradan el ambiente y, paradójicamente, con ello y ante la falta de servicios públicos básicos, incrementan su vulnerabilidad² ante las amenazas asociadas al cambio climático (PNUD, 2011: 6), situación que potencia la ocurrencia de desastres; dicho sea de paso, lo que convierte a un evento natural en un desastre es el grado de vulnerabilidad, es decir, en qué medida un área geográfica, una comunidad o una estructura es capaz de afrontar los efectos negativos del evento al que se expone (ONU-HABITAT, 2012: 124). En la actualidad, aproximadamente 70% de los desastres está relacionado con el clima, porcentaje que duplica lo acontecido hace 20 años (ONU, 2013).

Debido a la relación estrecha entre los aspectos sociales, económicos, ambientales y a la reducción de la vulnerabilidad ante los fenómenos hidrometeorológicos extremos, los gobiernos deben adoptar políticas integrales basadas en la gestión del territorio, tanto desde la perspectiva ecológica como urbana,³ lo cual es

2 La vulnerabilidad de un sistema al cambio climático se determina por su exposición, configuración física y sensibilidad, por incapacidad para adaptarse. (Adger, 2006: 268).

3 En el marco del Programa Hábitat-ONU, en julio de 2016 México incluyó en la Red de Ciudades Resilientes a: Ensenada, La Paz, Ciudad del Carmen, Tapachula, Ciudad Juárez, Saltillo, Manzanillo, Durango, Aculco, León, Acapulco, Puerto Vallarta, Guadalajara, Tepic, Monterrey, Atlixco, Solidaridad y Mazatlán. Cabe decir que a la fecha se cuenta con la Estrategia de Resiliencia de la Ciudad de México, la cual refiere que “un tema crucial es la inclusión de la información del Atlas de Riesgos y Peligros para fortalecer la planeación urbana en relación

congruente con la nueva agenda de las Naciones Unidas para el desarrollo sostenible, cuyo objetivo 11 busca lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, sustentables y resilientes (ONU, 2015).

Bajo esta óptica, este trabajo pone de manifiesto la necesidad de abordar la gestión integral de riesgos desde una perspectiva que involucre aspectos de ordenación ecológica y territorial, a partir de la identificación de riesgos realizada en los atlas respectivos; ello a efecto de brindar elementos de articulación que contribuyan a la reducción de la vulnerabilidad de las ciudades mexicanas, ya que las políticas de desarrollo urbano en el país carecen del sustento técnico contenido en los atlas de riesgos y, en muchos casos, del propio atlas, lo que contribuye a la construcción social del riesgo que se exagera ante los efectos del cambio climático.

A tales fines, nos apoyamos en el método descriptivo en relación con la recolecta, integración y evaluación de datos sobre la existencia o no de los instrumentos de gestión integral de riesgos propuestos, fundamentales para la toma de decisiones en torno al desarrollo urbano. Sin duda, se trata de una aproximación exploratoria que evidencia la falta de elaboración de los instrumentos de política pública e, incluso, de sistematización en el caso de existir. Si bien, hay suficientes estudios en materia de urbanismo en México, son pocas las aportaciones que integran en su análisis los componentes que proponemos para la reducción de la vulnerabilidad de las ciudades ante el cambio climático.

con los riesgos y tensiones que la ciudad enfrenta”. De igual forma, sostiene: En la Ciudad de México (CDMX), la mayor expansión urbana se ha registrado en el Suelo de Conservación, ejerciendo presión sobre los servicios ambientales que éste provee. En este contexto, la SEDUVI colabora con la SEDEMA para integrar políticas de protección del Suelo de Conservación y sus servicios ambientales en el nuevo Programa General de Desarrollo Urbano de la CDMX, con el fin de homologarlas con las del ordenamiento ecológico; sin embargo, el POEL data del año 2000 y el atlas referido es inexistente (SEDEMA, 2016).

Vulnerabilidad climática en las urbes mexicanas

Referimos a la construcción del riesgo climático en las ciudades, es decir, a la probabilidad de pérdidas en un punto geográfico definido en un tiempo determinado, implica considerar una función que involucra las amenazas relacionadas con el clima (lluvias intensas, sequías y vientos) y la vulnerabilidad de las ciudades (medios de subsistencia, infraestructura, servicios públicos, sustentabilidad y sistemas de gobernanza), así como la exposición de éstas a las amenazas climáticas (adaptado de ONU, 2004).

En consecuencia, entendemos que la vulnerabilidad urbana en relación con el cambio climático implica la propensión o susceptibilidad de las ciudades de sufrir daños y pérdidas cuando son impactadas por fenómenos climáticos extremos, así como su capacidad para recuperarse por sí mismas. Si bien los eventos climáticos no son controlables, la vulnerabilidad sí puede serlo, por ello es vital trabajar en su reducción, sobre todo cuando estamos ante procesos de urbanización anárquicos e insustentables. Tal es el caso de las urbes mexicanas, en las que el proceso de urbanización iniciado en los años cincuenta respondió, como en otras partes del mundo, a la división social del trabajo, sobre todo industrial, que demandaba la concentración de la población y ésta, a su vez, de bienes y servicios, lo que dio lugar al crecimiento desmedido de las urbes, incluso en zonas periféricas y, por tanto, carentes de servicios e infraestructura.

Ya en los años ochenta, México era un país predominantemente urbano. Para el año 2000 había 343 ciudades de más de 15 mil habitantes, las cuales alojaban al 63.3% de la población nacional; y en el 2010 el número de ciudades llegó a 384, con el 71.6% de la población total del país (PNDU, 2014) y se espera que para el 2050 la población urbana en México alcance el 82.6% del total (CEPAL, 2016). Sin embargo, hay que considerar el asentamiento irregular en nuestro país, el cual es de larga data y responde fundamentalmente a la falta de

planeación territorial y de un enfoque preventivo de gestión integral de riesgos, por un lado; y por el otro, a la concentración de oportunidades laborales en las grandes urbes, a la cual se ha sumado la de servicios educativos, financieros, de esparcimiento, etcétera, que requieren las personas. La demanda de vivienda y servicios cursa por dos rutas: 1) la de la población con medianos y altos ingresos, en la que los desarrolladores urbanos han concentrado sus esfuerzos, y las instituciones crediticias su oferta para dar paso a edificaciones confinadas que funcionan como una célula ajena al entorno regional, del que extraen de forma voraz los insumos que le dan sustento y al que excretan, a ejemplo de un proceso metabólico, toda clase de residuos (Wolman, 1965; Delgado *et al*, 2012); y 2) la de las personas de menores ingresos quienes, ante la inexistencia de vivienda accesible y créditos para ellos, tienen que asentarse en suelo no apto, el cual puede implicar zonas de riesgo, lo cual potencia la construcción de espacios excluidos y marginales que incrementan las desigualdades sociales, la vulnerabilidad y otras complejidades asociadas a la pobreza.

Es por ello que Vilhena (2011) sostiene que en estos contextos la ley y los derechos pueden verse como una farsa, una disputa de poder entre los pocos afortunados que negocian los términos de los excluidos quienes, en México, van en aumento: del año 2012 al 2014, el número de personas en condición de pobreza pasó de 53.3 a 55.3 millones, de las cuales 69.2% vivían en zonas urbanas (CONEVAL, 2015), lo que rompe el patrón histórico de más pobres en las zonas rurales respecto de las urbanas. Además, de los 31,374,724 de viviendas existentes en el año 2014 (INEGI, 2015), 11% se ubicaba cerca o sobre el cauce de un río; 2.3% sobre rellenos sanitarios, cuevas o minas; y 9% sobre barrancas (PNDU, 2014), comprometiéndose la seguridad de estas personas y, paralelamente, afectándose la conservación de los ecosistemas e incrementándose la vulnerabilidad ante el cambio climático.

Esto se complejiza si consideramos que para el año 2015, 9 de cada 10 desastres ocurridos en México estuvieron relacionados con fenómenos hidrometeorológicos extremos. El 44% del impacto se debió a lluvias fuertes, 28.4% a ciclones tropicales y 18.4% a inundaciones (SEGOB, 2015).

En el año 2016, los daños y pérdidas estimados por los desastres naturales ascendieron a 11,947.9 millones de pesos (639 millones de dólares).⁴ El desastre que causó los mayores daños estuvo relacionado con las lluvias torrenciales provocadas por la tormenta tropical Earl en el estado de Puebla, cuyas afectaciones ascendieron a 2,092 millones de pesos (García *et al.*, 2016).

Ante esta evidencia, resulta ineludible un uso más adecuado del suelo en combinación con la preservación de los recursos naturales, pues se trata de un binomio indisoluble, ya que los recursos naturales contribuyen a reducir los efectos negativos del cambio climático, el riesgo de inundaciones y deslizamientos y, entre otras, sirven de barrera natural ante los eventos hidrometeorológicos extremos. Por el contrario, prácticas como la deforestación, sobreexplotación de recursos naturales y urbanización inadecuada aumentan el riesgo de desastres (ONU-HABITAT, 2012: 126).

De cara a esta realidad resulta imperativo trabajar en la construcción de ciudades más incluyentes, participativas, seguras, sustentables y resilientes (Anglés, 2015), lo cual implica reducir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos, especialmente de quienes viven en condiciones precarias,⁵ en áreas ecológicas y climáticamente vulnerables, ya que, tras un desastre, el

4 Al tipo de cambio promedio de 18.69 pesos por cada dólar en 2016.

5 En México el índice de pobreza multidimensional considera los siguientes elementos: ingreso, rezago educativo, acceso a servicios de salud y a la seguridad social, calidad, espacios y servicios básicos de la vivienda, alimentación, cohesión social, y acceso a carretera pavimentada (LGDS, 2013).

grado de pobreza aumenta y el bienestar y desarrollo humano de la población afectada retrocede (EIRD, 2009).

Propuesta de tríada para la gestión integral de riesgos climáticos en las ciudades

Aunque la vulnerabilidad se relaciona con múltiples aspectos, para los fines de este trabajo nos centramos en tres de ellos: el ordenamiento ecológico, el atlas de riesgos y la ordenación territorial. Se eligieron éstos por incidir de manera directa en la gestión integral de riesgos de los asentamientos humanos, por lo que son determinantes para reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia de las ciudades ante el cambio climático.

De acuerdo con la Ley General de Protección Civil, la gestión integral de riesgos consiste en el conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno (federación, estados y municipios), así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia de la sociedad (artículo 2, fracción XXXVIII, LGPC). Mientras que por resiliencia se entiende “la capacidad de un socioecosistema sujeto a algún tipo de estrés –en el sentido más básico del término—o a un cambio profundo –no necesariamente negativo—para regenerarse a sí mismo sin alterar sustancialmente su forma y funciones, en una especie de conservación creativa” (Escalera y Ruíz, 2011: 111). De forma tal que la resiliencia reorienta la perspectiva de análisis y permite pasar de modelos simples de relación causa-efecto, a sistemas complejos y relaciones no lineales, a partir

de la dimensión escalar del tiempo y el espacio (Davidson-Hunt y Berkes, 2003: 76).

Bajo esta premisa, la ordenación territorial, tanto ecológico como urbano, debe integrarse y articularse mediante procesos horizontales, enmarcados en la democracia participativa para servir como eje de la planeación para la protección del medio ambiente. De lo contrario, al continuar con el modelo desarrollista insustentable actual, se contribuirá a la construcción social del riesgo de desastres relacionado con el cambio climático y, en consecuencia, se comprometerá el desarrollo nacional a mediano y largo plazo, así como el ejercicio de múltiples derechos humanos, entre ellos, a un medio ambiente sano, a la vivienda segura y a la dignidad de quienes habitan las ciudades.

Este planteamiento descansa en una perspectiva integral que visualiza al medio ambiente como un todo sistémico y no en sus componentes aislados, mirada indispensable para adecuar la organización político-administrativa y la proyección espacial sustentable de los asentamientos humanos a nivel nacional, estatal, regional y local en compatibilidad con el desarrollo económico.

Ahora bien, en razón de que las amenazas por el cambio climático que experimenta México se harán cada vez más frecuentes y severas, se torna urgente el desarrollo y la implementación de medidas de adaptación que, mediante procesos articulados, estratégicamente planificados, dinámicos e interactivos permitan disminuir su vulnerabilidad (CICC, 2009). Entre ellas se encuentra la elaboración de ordenamientos ecológicos, atlas de riesgos y programas de ordenación del territorio que partan de la importancia del uso del suelo y la protección de los recursos naturales (INE, 2006) para garantizar el aprovechamiento racional y sustentable del espacio y los recursos naturales. Así, tenemos que el Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) es un instrumento de política ambiental orientado a regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección

del medio ambiente, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos; por ello la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente lo considera un instrumento básico a incorporar en la planeación nacional del desarrollo (artículo 3º, fracción XXIV, LGEEPA). No obstante, para el año 2016, de los 2,456 municipios existentes en el país (INEGI, 2010), únicamente 79 (apenas el 3.2%) tenían un POEL decretado (SEMARNAT, 2016); su ausencia puede incentivar el ensanchamiento de las ciudades en zonas de alto valor ambiental, lo que implica la destrucción de los ecosistemas (Topalov, 1979) lo que, en ocasiones, incluye bienes públicos o áreas naturales protegidas.

A su vez, el atlas de riesgos es un sistema documental y tecnológico a escala municipal que integra información de probables daños o pérdidas sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador al que está expuesta la comunidad y su entorno; por lo que sirve para guiar el desarrollo de los asentamientos humanos hacia zonas físicamente aptas y, en su caso, establecer medidas de adaptación o mitigación de riesgos necesarias para lograr que los municipios sean espacios seguros, sustentables y resilientes (SEDESOL, 2012). En este contexto cobra sentido que la Ley General de Cambio Climático (LGCC) mandate la ejecución de acciones para la adaptación en los diversos ámbitos, tales como la gestión integral del riesgo, el ordenamiento ecológico del territorio, la determinación de la vocación natural del suelo, la protección de zonas inundables y zonas áridas, la elaboración de los atlas de riesgos y de los programas sobre asentamientos humanos y desarrollo urbano (artículos 28 y 29, LGCC).

Por último, hablar de ordenación territorial desde una perspectiva de sustentabilidad remite al artículo 27, párrafo tercero de la Constitución Federal

que faculta a la nación a imponer en todo tiempo modalidades a la propiedad privada que dicte el interés público; así como a regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de, entre otras razones, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo sustentable y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.

Bajo esta lógica, el Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (PSDATU) 2013-2018 desarrolló una estrategia para fortalecer la prevención de riesgos y la mitigación de los efectos de los desastres, de la cual deriva una línea de acción orientada a incorporar la gestión integral de riesgos en la planeación y programación del desarrollo y ordenamiento del territorio. Para tener un punto de partida, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático realizó la integración de diversos estudios para determinar la mayor vulnerabilidad ante el cambio climático de los municipios en el país, ubicándose en 480 las entidades de mayor riesgo, lo que representa el 20% del total nacional (INECC, 2016). Esto motivó que en el año 2014, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) creara el programa *Reubicación de la Población en Zonas de Riesgo*, a fin de establecer directrices para incidir en la planeación que apoya la elaboración de programas de ordenamiento ecológico y de estudios para determinar la factibilidad de reubicar a poblaciones asentadas en zonas de riesgo, programa que para el año 2015 cambió su denominación a *Programa de Ordenamiento Territorial*

y *Esquemas de Reubicación de la Población en Zonas de Riesgo*; y para el 2016 se creó el *Programa de Prevención de Riesgos* para fortalecer e impulsar acciones de planeación, prevención y correcta ocupación del territorio, cuyo objeto consiste en disminuir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos. Aunado a lo anterior, se han realizado esfuerzos para financiar la elaboración o actualización, según sea el caso, de los atlas de riesgos de 975 municipios y de las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, que integran el Sistema Urbano Nacional, calificados con alto y muy alto riesgo de ocurrencia de desastres (SEDATU, 2016). Esta situación se erige en un imperativo, pues de acuerdo con datos del Centro Nacional de Prevención de Desastres, sólo 327 atlas de riesgos municipales que fueron elaborados con apoyo de la SEDATU se encuentran integrados al Atlas Nacional de Riesgos, (SEGOB, 2017); al que deben agregarse 239 atlas de riesgos municipales elaborados en el marco de los sistemas estatales de protección civil, lo que permitiría llegar a 566 instrumentos (23% del total de los municipios del país). Esto evidencia un rezago en la elaboración y, por ende, utilización de estos instrumentos de carácter preventivo.

En consonancia con ello, la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), publicada en el año 2013 por el gobierno federal, establece algunos ejes estratégicos para la adaptación a mediano y largo plazos en cuanto a la reducción de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático. Entre sus líneas de acción destacan: a) fortalecer la identificación y atención de zonas prioritarias para la reducción de la vulnerabilidad y el aumento de resiliencia de los asentamientos humanos; b) mejorar la aplicación de la regulación de uso de suelo con la finalidad de disminuir hasta eliminar asentamientos irregulares en zonas de riesgo de desastres; c) garantizar la protección ambiental de los ecosistemas ante el desarrollo de proyectos de obra pública, actividades industriales y de

servicios, mediante la incorporación de criterios de cambio climático en los instrumentos de planeación, como el impacto ambiental y el ordenamiento ecológico del territorio (SEMARNAT, 2013-A).

De forma complementaria, el Objetivo 1 del Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 insta a las autoridades a establecer estrategias que inhiban la urbanización en aquellas zonas con potencial de alto riesgo (SEMARNAT, 2014), para lo cual es necesario contar con un atlas de riesgos que identifique tales áreas.

Si bien las acciones de adaptación requieren del compromiso de autoridades en los tres órdenes de gobierno (municipal, estatal y federal), es en los niveles locales en donde aquéllas cobran sentido, pues es allí donde se materializan las amenazas y se ponen en marcha las primeras acciones de respuesta y resiliencia.

Bajo esta lógica es muy importante que las autoridades municipales ejerzan sus facultades para formular y expedir los programas de ordenamiento ecológico local, atlas de riesgos y planeación urbana, y que lleven a cabo el control y la vigilancia sobre los usos del suelo establecidos en ellos (artículo 8º, LGEEPA), pues se trata de instrumentos determinantes para la protección de los recursos naturales, las zonas críticas y de alto valor ambiental; por ende, fundamentales para el diseño e instrumentación de políticas y acciones para enfrentar el cambio climático, gestionar el riesgo y potenciar la resiliencia urbana.

En consonancia con ello, el otorgamiento de una licencia de construcción, la autorización para el cambio de uso de suelo o cualquier otro permiso que implique el uso del territorio, debería ajustarse al cumplimiento de los instrumentos de planeación y prevención regulados (atlas de riesgos, programas de ordenamiento ecológico y programas de ordenación territorial), como parte de la gestión integral de riesgos en las urbes.

Como se advierte, la construcción social del riesgo tiene un importante componente institucional en la que el Estado se erige en cómplice de las prácticas que lo detonan, al ser omiso en el ejercicio de sus facultades en materia de ordenamiento ecológico, gestión de riesgos y ordenación territorial, por un lado, para expedir los instrumentos y, por el otro, en caso de existir, en sus obligaciones en cuanto a vigilancia, inspección y control de su cumplimiento, lo que pone en entredicho la viabilidad del desarrollo urbano sustentable e incluyente. Como hemos visto, las ciudades se erigen en el escenario de cumplimiento de muchos derechos de carácter colectivo que tienen como presupuesto las condiciones medioambientales, lo cual exige adoptar medidas para prevenir la contaminación y ocupación desordenada del territorio y de las áreas de protección ambiental, así como para recuperar áreas de alto valor ambiental y ampliar los espacios verdes, a fin de generar interacciones y arreglos físicos, biogeoquímicos (Crutzen, 2002), sociales e institucionales que consideren la capacidad de carga de los ecosistemas y la seguridad del espacio para los asentamientos humanos.

Sin duda, la aplicación de la visión integral y funcional en la elaboración de una ordenación territorial que sustente los programas de desarrollo urbano municipal demanda que para su formulación técnica, ejecución y seguimiento se considere el contenido de los atlas de riesgos y los POEL; de ignorarse este planteamiento, los resultados serán experimentados por las propias ciudades, sus habitantes y gobernantes de manera reactiva, lo cual implica grandes costos económicos, materiales y humanos.

Hacia la reducción de la vulnerabilidad urbana ante el cambio climático

La reducción de la vulnerabilidad urbana ante el cambio climático requiere fortalecer la capacidad de las ciudades para hacer frente a eventos climáticos extremos, a fin de responder y reorganizarse para preservar su función y

estructura esenciales, al tiempo que mantengan la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

Es así que la reducción de la vulnerabilidad de las ciudades ante fenómenos hidrometeorológicos extremos requiere apuntalarse en la articulación y puesta en marcha del ordenamiento ecológico del territorio, el atlas de riesgos y la planeación urbana, instrumentos que deben actualizarse para ser congruentes con la realidad imperante y con los objetivos de sustentabilidad planteados. Al respecto cabe aclarar que las facultades para elaborar todos estos instrumentos recaen en autoridades municipales, pero en la mayoría de los casos su aplicación corresponde a dependencias diversas, cuyos fines de actuación, lejos de complementarse, en la práctica se contraponen, por lo que debe mantenerse el rumbo delineado en los postulados constitucionales orientados hacia el desarrollo sustentable, a lo que abona la siguiente tesis de jurisprudencia de la Suprema Corte de Justicia de la Nación que sostiene:

[...], si bien es cierto que los Municipios cuentan con facultades para formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal, así como autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo en el ámbito de su competencia [...], también lo es que los Programas de Desarrollo Urbano Municipal deben ser congruentes con los de Ordenamiento Ecológico Federales y Locales, pues [las] facultades municipales deben entenderse sujetas a los lineamientos y a las formalidades que se señalan en las leyes federales y estatales, y nunca como un ámbito exclusivo y aislado del Municipio [...]. (SCJN, 2011).

En esta vertiente, el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 incorpora una estrategia para implementar una política integral de desarrollo, mediante el impulso de la planeación integral del territorio, a partir del ordenamiento ecológico y el ordenamiento territorial, la cual se combina con otra estrategia

para ampliar la cobertura de infraestructura y programas ambientales que garanticen la conservación de los ecosistemas y recursos naturales, así como lograr el ordenamiento ecológico del territorio en las regiones y circunscripciones políticas prioritarias y estratégicas, en especial en las zonas de mayor vulnerabilidad climática (Gobierno de la República, 2013).

Por su parte, el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 cuenta con una estrategia para incrementar la resiliencia ecosistémica y disminuir la vulnerabilidad de la población, infraestructura y los servicios ante el cambio climático. Por lo que promueve la incorporación de criterios de cambio climático en los POEL y otros instrumentos de planeación territorial, la creación de unidades de manejo para la vida silvestre en municipios vulnerables a los efectos de cambio climático y, entre otras, el fortalecimiento de la gestión integral de riesgos (SEMARNAT, 2013-B).

Ahora bien, materializar la elaboración y dar congruencia a los diferentes instrumentos de gestión integral de riesgos en las urbes requiere atender de manera preferencial a la población más vulnerable y a las zonas de mayor riesgo; de lo contrario, se trabajaría en un contexto de irresponsabilidad organizada (Beck, 2004).

Como se advierte, las autoridades locales son las encargadas de compatibilizar la ordenación territorial de los asentamientos humanos con los lineamientos del ordenamiento ecológico del territorio y los criterios del atlas de riesgos, mediante la incorporación de las previsiones correspondientes en los planes o programas de ordenación territorial y, por ende, de desarrollo urbano para reducir la vulnerabilidad urbana; pues como sostiene el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, a nivel mundial, los desastres en muchos casos se ven exacerbados por el cambio climático. No obstante, el grado de exposición de las personas y los bienes ha aumentado con más rapidez de lo que ha disminuido la vulnerabilidad (Naciones Unidas, 2015).

En definitiva, el desarrollo urbano basado en la ordenación del territorio, el atlas de riesgos y el respeto irrestricto a las condiciones ambientales de las áreas no urbanizables, son condiciones indispensables para la gestión integral de riesgos, lo cual debe incluirse de forma prioritaria dentro de las políticas públicas para la sustentabilidad, seguridad y resiliencia de las ciudades.

Conclusiones

La situación de vulnerabilidad de México ante el cambio climático exige trabajar en su reducción, de manera que no puede dejarse a un listado enorme de instrumentos jurídicos desarticulados; por el contrario, es necesaria una voluntad política orientada a la gestión integral de riesgos para elaborar e implementar los instrumentos de planeación urbana a partir de los contenidos del ordenamiento ecológico del territorio, como estrategia de adaptación al cambio climático.

La identificación y reducción de la vulnerabilidad climática corresponde a todos los niveles de gobierno, pero de manera ineludible al ámbito local, por lo que resulta impostergable que los municipios ejerzan sus facultades implicadas en la construcción de ciudades seguras, sustentables y resilientes ante el cambio climático, lo cual exige articular la ordenación territorial y con la protección del ambiente.

El gobierno mexicano debe reevaluar su papel y responsabilidad por el creciente riesgo de eventos climáticos extremos en las ciudades. Esta situación implica una deconstrucción de su actual papel de agente de negocios, basado en la lógica del mercado, que ha permitido el desarrollo y la expansión de las ciudades en respuesta a los flujos de capital. De esta manera, el Estado ha descuidado su papel decisivo en la planificación sostenible del territorio, mediante la falta de expedición, implementación y verificación de los instrumentos jurídicos necesarios para que todas las personas puedan ejercer

plenamente su derecho a un medio ambiente sano y a una vivienda digna; en su lugar, ha fomentado acciones privadas destinadas a garantizar los derechos de sólo unos pocos con cierto poder adquisitivo, cuyas demandas generan la destrucción del hábitat, de los recursos naturales y de los servicios ambientales que prestan, así como la exclusión, marginación, desigualdad e incremento de la vulnerabilidad de muchas personas.

La expansión de asentamientos irregulares o vulnerables por sus características constructivas o de ubicación, en muchos casos asociados a quienes viven en condición de pobreza, da como resultado el incremento de la vulnerabilidad urbana ante fenómenos climáticos extremos y muestra la cara de la insuficiencia del estado de derecho en el país.

Referencias

- Adger, W.N. 2006. "Vulnerability". *Global Environmental Change*. 16(3): 268-281.
- Anglés Hernández, M. 2015. "Pobreza y desarrollo sostenible, alguna ¿relación/prelación?", en: Godínez Méndez, W.A., y García Peña, J.H. (eds). *Derecho Económico y Comercio Exterior. 40 años de vida académica, homenaje a Jorge Witker*. IIJ-UNAM. México.
- Beck, U. 2004. "La irresponsabilidad organizada". *Firgoa*. Universidad de Santiago de Compostela. España.
- CEPAL. 2016. *Estimaciones y proyecciones de población total, urbana y rural, y económicamente activa. América Latina - Revisión 2016*. CEPAL. Santiago, Chile.
- CICC. 2009. *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- CONEVAL. 2015. *Resultados de pobreza en México 2014 a nivel nacional y por entidades federativas*. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México.
- CPEUM. 2015. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*.

- Diario Oficial de la Federación. 5 de febrero de 1917. Reformas del 10 de julio de 2015. México.
- Crutzen, P.J. 2002. “Geology of mankind”. *Nature*. 415: 23.
- Davidson-Hunt, I.J., y Berkes, F. 2003. “Nature and society through the lens of resilience: toward a human-in-ecosystem perspective”, en: Berkes, F., *et al.* (eds). *Navigating social-ecological systems. Building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido: 53-82.
- Delgado, G.C., *et al.* 2012. “Cambio climático y el metabolismo urbano de las megaurbes latinoamericanas”. *Hábitat sustentable*. 2(1): 2-25.
- Escalera, J., y Ruiz, E. 2011. “Resiliencia socio-ecológica: aportaciones y retos desde la Antropología”. *Revista de Antropología Social*. 20: 109-135.
- García Arroliga, N.M., *et al.* 2016. *Impacto Socioeconómico de los Desastres en México durante 2016. Resumen Ejecutivo*. Secretaría de Gobernación-Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.
- Gobierno de la República. 2013. *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. México.
- INE. 2006. *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones*. Instituto Nacional de Ecología. México.
- INECC. 2016. *Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.
- INEGI. 2015. *Encuesta Intercensal 2015*. Instituto Nacional de Geografía e Informática. México.
- IPCC. 2013. “Summary for Policymakers”, en: Stocker, T.F., *et al.* (eds). *Climate Change 2013. The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Ginebra, Suiza.
- Lefebvre, H. 1983. *La revolución urbana*. Alianza Editorial. Madrid, España.
- LGCC. 2016. *Ley General de Cambio Climático*. Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 2012. Reformas del 6 de enero de 2016. México.
- LGDS. 2013. *Ley General de Desarrollo Social*. Diario Oficial de la Federación, 20 de enero de 2004. Reformas del 7 de noviembre de 2013. México.
- LGEEPA. 1988. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al*

- Ambiente*. Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988. México.
- LGPC. *Ley General de Protección Civil*. Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 2012. Reformas del 6 de junio de 2012. México.
- ONU. 2013. *Las Naciones Unidas y la asistencia humanitaria*. Organización de las Naciones Unidas. En línea: www.un.org/es/humanitarian/overview (Consultado: 4 de mayo de 2017).
- ONU. 2004. *Terminology: Basic terms of disaster risk reduction*. United Nations Offices for Disaster Risk Reduction. En línea: www.unisdr.org/files/7817_7819isdrterminology11.pdf (Consultado: 4 de mayo de 2017).
- ONU-HABITAT. 2012. *Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, ONU-Hábitat. Brasil.
- PNDU. 2014. *Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018*. Diario Oficial de la Federación, 30 de abril de 2014. México.
- PNUD. 2011. *Human Development Report*. United Nations Development Programme. Nueva York, EUA.
- PSDATU. 2013. *Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2013-2018*. Diario Oficial de la Federación, 16 de diciembre de 2013. México.
- SCJN. 2011. *Tesis Jurisprudencial num. P./J. 38/2011 Pleno (Controversia Constitucional)*. 10a. Época, Pleno. Semanario Judicial Federal y su Gaceta, Libro I, Tomo 1. Octubre. México.
- SEDATU. 2016. *Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos, para el ejercicio fiscal 2017*. Diario Oficial de la Federación. México.
- SEDEMA. 2016. *Estrategia de resiliencia CDMX*. Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México. México.
- SEDESOL. 2012. *Guía Municipal de Acciones frente al Cambio Climático*. Secretaría de Desarrollo Social. México.
- SEGOB. 2017. *Atlas Municipales de Riesgos elaborados en el marco de la SEDATU*. Secretaría de Gobernación-Centro Nacional de Prevención de Desastres. México. En línea: www.atlasmunicipalderiesgos.gob.mx/archivo/cob-atlas-municipales.html (Consultado: 4 de mayo de 2017).
- SEGOB. 2015. *Impacto Socioeconómico de los Desastres en México durante*

2015. *Resumen Ejecutivo*. Secretaría de Gobernación-Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.
- SEMARNAT. 2015. *Ordenamientos Ecológicos Expedidos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- SEMARNAT. 2014. *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- SEMARNAT. 2013-A. *Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- SEMARNAT. 2013-B. *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Topalov, C. 1979. *La urbanización capitalista: algunos elementos para su análisis*. EDICOL. México.
- Vilhena Vieira, O. 2011. “Desigualdad estructural y Estado de derecho”, en: Rodríguez Garavito, C. (coord). *El derecho en América Latina: un mapa para el pensamiento jurídico del siglo XXI*. Siglo Veintiuno Editores. Buenos Aires, Argentina: 25-46.
- Wolman, A. 1965. “The metabolism of cities”. *Scientific American*. 213: 179-190.

CAPÍTULO 2

CRECIMIENTO Y CONFIGURACIÓN DE RIESGOS: REFLEXIONES SOBRE LA URBANIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DESDE UN CONTEXTO LATINOAMERICANO

FERNANDO BRIONES GAMBOA
SIMONE LUCATELLO

Introducción

La temporada de lluvias de 2017 provocó importantes inundaciones en la Ciudad de México, dejando en evidencia la vulnerabilidad de la ciudad. Por otra parte, los daños y muertes que provocó el sismo del 19 de septiembre dejaron claro que la prevención de riesgos de desastres en la ciudad tiene que ser revisada y que las normativas y técnicas de construcción son insuficientes. En el caso de riesgo de inundaciones, pese a la construcción de infraestructura de mitigación como el Sistema de Drenaje Profundo integrado por el Túnel Emisor Central, el Gran Canal de Desagüe y los túneles Emisor Poniente y Oriente, la ciudad sigue siendo vulnerable a inundaciones debido a factores como la limitada capacidad de infiltración pluvial por el exceso de suelos impermeables, los cambios en los patrones de caída de lluvia que implica el cambio climático y que proyecta lluvias torrenciales de mayor intensidad y en menor tiempo.

No debemos olvidar que la ciudad fue construida sobre una zona lacustre, volcánica y sísmica donde se han presentado numerosos desastres desde la época colonial hasta finales del siglo XX. No obstante, y pese a su peligrosidad, la Ciudad de México sigue siendo un polo de atracción económica que deriva en un crecimiento constante; para 2010 la tasa de crecimiento de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México estaba en alrededor del 3% anual (Baker, 2012).

Una de las características de la urbanización de las últimas dos décadas ha sido brindar servicios (en particular de movilidad) que mantengan los polos económicos activos, tales como la construcción de vías de tránsito vehicular elevadas. Asimismo, hay también una tendencia a la *verticalización* de las zonas financieras y una importante oferta de complejos habitacionales en los cuales se da por sentado que se trata de construcciones seguras y sustentables. Paralelamente, la ciudad también se configura a partir de la informalidad que ha caracterizado la formación de la periferia urbana.

En este capítulo buscamos reflexionar sobre las *causas de fondo* de los desastres (Wisner, Blaikie y Cannon, 2003), completando el análisis de la configuración de territorios en riesgo con las aportaciones sobre la *producción del espacio* de Lefebvre (2010) y Harvey (1991) que permiten discutir empíricamente las tendencias de urbanización de la Ciudad de México.

Si bien en un desarrollo urbano ideal el riesgo de desastres se reduciría conforme la ciudad se transforma y evoluciona, en el caso de la Ciudad de México nos encontramos frente a escenarios de incertidumbre y construcción social del riesgo. ¿Es la Ciudad de México más resiliente que hace tres décadas frente a un movimiento telúrico de gran magnitud o una gran inundación? Y, de manera general, ¿está la región latinoamericana realmente más segura ante los riesgos de grandes desastres que hace unas décadas? El reciente temblor del 19 de septiembre del 2017, justo 32 años después del fatídico terremoto de 1985, demostró nuevamente la vulnerabilidad: dejó en claro que sigue habiendo construcciones inseguras y expuso la limitada respuesta frente a una emergencia por parte de las autoridades. Los casi 400 muertos y los 8,000 edificios severamente dañados develaron que siguen persistiendo los problemas subyacentes del riesgo como producto de un modelo de urbanización que responde más a las dinámicas de crecimiento en el sector inmobiliario que a la planeación y el ordenamiento territorial.

Estamos conscientes que la reflexión que proponemos implicaría discutir aspectos más amplios que no pueden ser completamente analizados aquí. Sin embargo, pensamos el presente ejercicio como una parada necesaria para analizar las *tensiones* que se crean entre el desarrollo y el crecimiento de la ciudad frente a los riesgos de grandes desastres.

La nueva fase de urbanización latinoamericana

Nuestro marco de referencia parte de revisar las fases en los procesos de urbanización en Latinoamérica. De acuerdo con Carrión (2010), América Latina vive tres procesos concurrentes que tienden a delinear los nuevos patrones de urbanización. Éstos son una combinación entre variables demográficas, procesos de globalización y glocalización, además del factor de crecimiento y desarrollo de la tecnología para reducir los impactos de los riesgos. De manera general estos factores, que interactúan entre sí, presentan características bien definidas. En cuanto a los cambios demográficos, se observa una tendencia hacia la reducción de las tasas generales de urbanización, así como de las tasas de crecimiento de las ciudades más grandes (Villaça, 2001).

En América Latina viven alrededor de 600 millones de personas. Casi el 80% de dicha población habita en ciudades, lo cual coloca a la región como la más urbanizada del mundo. Las principales megaciudades son Ciudad de México, São Paulo, Buenos Aires y Río de Janeiro, que albergan a más de 10 millones de personas cada una. Por su parte Lima, Bogotá, Santiago de Chile y Belo Horizonte tienen una población de entre 5 y 10 millones de personas, cada una (ONU-HABITAT, 2009).

Los procesos de urbanización comenzaron entre las décadas de 1950 y 1990 causando degradación ambiental y aumentando la desigualdad social. Si bien los países de la región han avanzado en la reducción de la pobreza durante los últimos diez años, los asentamientos informales albergan a 111 millones de

personas en zonas urbanas (ONU-HABITAT, 2012), lo cual es una evidencia del deterioro social de la región y las repercusiones derivadas de la adopción de políticas económicas de tinte neoliberal.

Datos de diversas fuentes recopilados en los últimos años por la CEPAL (2016) evidencian cómo la región presenta niveles de desigualdad persistente que se manifiestan en ingresos, desempleo y trabajo informal, entre otras variables. A esto se agregan factores de vulnerabilidad educativa, de inseguridad, de debilidad de los sistemas de salud y seguridad social. En ese sentido y según los informes de desarrollo humano de la región, vivir en un barrio marginal en América Latina reduce las oportunidades de un individuo de acceder a trabajo, educación y servicios básicos, aumenta la exposición a la violencia, y profundiza la vulnerabilidad ante los desastres (ELLA, Soluciones Prácticas, 2016).

A lo anterior se suman flujos migratorios del campo a la ciudad que siguen siendo considerables. Actualmente en la región viven más personas en las ciudades que en las zonas rurales; no obstante, las ciudades siguen siendo receptoras de población, aunque a nivel de gobiernos de la región latinoamericana, se produce un importante descenso en términos relativos de la población. De manera general, la tasa de urbanización para América Latina se redujo de 4.6% en 1950; a 4.2% en 1960; a 3.7% en 1970; a 3.2% en 1990; y a 2.3% en el 2000 (ONU-HABITAT, 2015).

En tal escenario se observa una paulatina urbanización de territorios vacíos y un re-direccionamiento de los lugares históricos de urbanización. Como ejemplos tenemos, en México la zona fronteriza con Estados Unidos; en Bolivia el eje La Paz, Cochabamba y Santa Cruz; en Brasil el territorio directamente vinculado al MERCOSUR; Paraguay hacia las áreas fronterizas con Brasil; entre otros casos.

Estas condiciones de cambio estructural en las ciudades están asociadas

a transformaciones importantes en las demandas sociales urbanas, en las prioridades de inversión en las ciudades y en la lógica misma de la urbanización. Se puede por tanto confirmar que, hasta ahora, ningún modelo de desarrollo se ha expresado de manera equitativa en el territorio, de ahí que sea importante tener en cuenta que las tendencias generales de los procesos demográficos se caracterizan por su alta heterogeneidad (Carrión, 2010).

En relación a los procesos de globalización versus glocalización, las ciudades latinoamericanas figuran como lugar de enfrentamiento entre dinámicas complejas donde las fuerzas del comercio global y la penetración de modelos de consumo altamente impactantes chocan con las dinámicas propuestas por los nuevos actores locales que reivindican nuevos derechos, como el *derecho a la ciudad*, basados en los principios de Lefebvre (2010) y que apuntan a reconquistar los espacios urbanos y a rechazar el uso mercantil de la ciudad, la predominancia de industrias y espacios industriales. El derecho a la ciudad supone entonces restaurar el sentido de ciudad, instaurar la posibilidad del “buen vivir” para todos y hacer de la ciudad el escenario de encuentro para la construcción de la vida colectiva, una apuesta que en la región se encuentra expresada en diferentes modelos de desarrollo, como es por ejemplo el Buen Vivir en Ecuador¹. Sin embargo, estos nuevos paradigmas también tienen límites que tendrán que ser discutidos: el Buen Vivir, apunta Delgado (2015: 49), “no puede tener como enfoque central el mero diseño y planificación del territorio sin cuestionar la función de éste”.

Otra característica de la región se relaciona al uso de la tecnología, punto donde

1 El Buen Vivir es una alternativa para la idea del desarrollo. Es un concepto de bienestar colectivo que surge, por un lado del discurso postcolonial, crítico al desarrollo y, por otro lado, de las cosmovisiones de los pueblos originarios andinos. El Buen Vivir (o Vivir Bien) es una visión ética de una vida digna, siempre vinculada al contexto, cuyo valor fundamental es el respeto por la vida y la naturaleza.

se observa un exceso de confianza por parte de los gobiernos y los ciudadanos, que reconocen en la tecnología una respuesta “segura” a los riesgos y peligros naturales, pero que deja de lado aspectos como la planificación territorial y la aplicación de las normatividades relacionadas con la prevención de riesgos de desastres.

Por tanto, la situación de transformación propuesta por la dinámica de estos tres elementos tiende a modificar el patrón y lógica de la urbanización en América Latina. Si a partir de la segunda posguerra se implanta una urbanización caracterizada por su desarrollo periférico-expansivo y de modalidad metropolitana con alta primacía urbana –propios del modelo del Estado de bienestar y de la economía de sustitución de importaciones– medio siglo después nos encontramos con un proceso en formación que se expresa en la introspección hacia la ciudad construida y en la formación de ciudades globales (Carrión, 2010).

El riesgo urbano en América Latina

Los desastres ocasionados por fenómenos naturales han afectado a unos 160 millones de personas en América Latina y el Caribe durante las últimas tres décadas. Entre 1970 y 2009, cerca de 130 mil personas perdieron la vida a raíz de los desastres sufridos en la región. Los daños económicos ascendieron a 356 mil millones de dólares, de los cuales más del 60% se debió a eventos relacionados con fenómenos hidrometeorológicos, parcialmente asociados al cambio climático. Asimismo, más del 80% de las pérdidas ocasionadas por tales desastres ocurrieron en zonas urbanas (Bello, Ortiz y Samaniego, 2014). Dos elementos que contribuyen a generar riesgos en la región latinoamericana son los peligros de origen natural y, por el otro lado, el componente social de una frágil e inapropiada gestión urbana. En cuanto a los primeros, las ciudades latinoamericanas enfrentan riesgos altos y muy altos, en particular fenómenos

hidrometeorológicos como periodos extraordinarios de lluvia o sequía. El impacto de estos fenómenos se amplifica cuando afectan a la población de barrios marginales en ciudades de países de bajos y medianos ingresos, quienes están entre los más vulnerables a riesgos asociados con peligros naturales, enfermedades y servicios básicos inadecuados.

Otro elemento adicional de impacto es el cambio climático que afecta en diferentes formas la disponibilidad de recursos como el agua (del que dependen muchos sectores) con consecuencias para los habitantes de varias ciudades como Arequipa (Perú), La Paz (Bolivia), Quito (Ecuador) y Ciudad de México; las primeras, ciudades andinas, dependen del derretimiento de los glaciares y del agua de los valles para abastecerse.

También hay riesgos de aumento del nivel del mar con inundaciones en zonas costeras. Aquí cabe mencionar que 60 de las 77 ciudades con mayor densidad poblacional de la región se encuentran en zonas costeras. Cartagena (Colombia), Guayaquil (Ecuador) y La Habana (Cuba) son particularmente vulnerables a estos impactos (ELLA, Soluciones Prácticas, 2017). A estos factores de peligro natural hay que sumar los terremotos, tsunamis y deslizamientos ocasionados por una combinación de eventos geológicos y meteorológicos. Entre las ciudades afectadas en los últimos años están Puerto Príncipe (Haití, en 2010), Santiago de Chile (2009) y Río de Janeiro (2011).

Un factor de riesgo sobre el cual queremos también reflexionar en la Ciudad de México, se presenta de manera similar en América Latina: la falta de cumplimiento de la reglamentación en los procesos de construcción. La concesión de permisos bajo esquemas de opacidad, así como la especulación y la creación de viviendas de bajo costo han causado la expansión de barrios marginales, así como la transformación de los espacios urbanos y entornos naturales.

Las poblaciones marginadas ocupan zonas de las ciudades que son

inadecuadas para asentamientos humanos y que se encuentran casi siempre en áreas vulnerables, como márgenes de ríos, riberas y terrazas fluviales. Estas zonas y espacios informales son propicios para erosión, inundaciones y deslizamientos y en donde las estructuras del suelo son muy frágiles frente a cualquier movimiento natural de la tierra. La mayoría de las viviendas en este patrón de urbanización son informales, precarias, carecen de infraestructura básica y de rutas de evacuación seguras. A estos factores hay que añadir que en muchos casos estos asentamientos son ilegales porque carecen de las principales disposiciones de atención a normas y reglamentos de construcción urbana, además de no contar en la mayoría de los casos con títulos de propiedad (Watanabe *et al*, 2014).

Crecen las ciudades, aumentan los riesgos

Los asentamientos humanos –pobladados, ciudades pequeñas y medianas, metrópolis, así como megalópolis– se construyen y se configuran modificando y transformando la naturaleza: la tierra, el aire, el agua, la flora y la fauna que sirven de soporte a esas transformaciones y que son, en sí, transformados por ellas. El producto de las mismas es un nuevo entorno construido, un ambiente “natural” nuevo que combina lo social con lo natural bajo patrones de alta centralidad y densidad: un medio ambiente urbano (Fernández, 2000). Ese medio ambiente es la expresión concreta y dinámica de aquellas unidades físico-espaciales, eco-demográficas, que denominamos “ciudades”. Desde el punto de vista poblacional y económico, la ciudad domina, de forma creciente, el entorno de la existencia inmediata del ser humano. El proceso de urbanización parece, bajo las tendencias actuales, irreversible.

Según datos de ONU-HABITAT, en 2008 la mitad de la población mundial –alrededor de 3,300 millones de personas– vivía en zonas urbanas, contexto en el que, según datos de 2014, un tercio de la población urbana de todo el mundo vivía en

asentamientos precarios (ONU-HABITAT, 2009). La expansión no planificada –lo que Delgado (2015) llama *(des)ordenamientos territoriales*– que muchas ciudades han experimentado en varias partes del mundo para hacer frente al crecimiento de la población y en combinación con una planificación territorial inadecuada e insuficiente, constituyen junto con otros factores, un elemento detonante de la vulnerabilidad de las poblaciones urbanas.

Además, si sumamos a esta condición otros elementos de vulnerabilidad (Wilches-Chaux, 1993) como la falta de acceso a servicios de salud, educación, nutrición de calidad e infraestructura de saneamiento, entre otros, podemos configurar una situación de amenaza permanente a la seguridad física y psicológica de la población de las ciudades. Esta condición ofrece un marco inestable y de riesgos cotidianos amplificados, cuya consecuencia es la producción de continuos desastres a pequeña escala. Los riesgos de desastres extremos, por lo tanto, se ven agravados por estos riesgos cotidianos, dando lugar a un proceso de “acumulación de riesgos” característico de las zonas urbanas, donde las actividades humanas intensifican el riesgo (PNUD, 2010). Bajo esos parámetros, las urbanizaciones en vez de ser una oportunidad para reducir los riesgos, aumentan la exposición de personas y bienes frente a las amenazas, creando así nuevos territorios vulnerables. La concentración de la población y la creación de infraestructura económica, la complejidad e interconexión de los elementos de la estructura urbana, los efectos sinérgicos que las ciudades producen, y la falta de controles y normatividad referente a la seguridad ciudadana, demuestran cómo siguen multiplicándose los factores de riesgo en las grandes ciudades. Así, hemos asistido casos de desastres tecnológicos, de derrames de materiales tóxicos, de acumulación de desechos sólidos, de colapso de edificaciones, de contaminación de aire, agua y suelos, de sequía y de epidemias “urbanas”, que subrayan claramente la condición de vulnerabilidad de las ciudades. Esta problemática muestra lo que desde los

años ochenta Duclos (1987) llamó “construcción social de riesgos mayores” y que, por ejemplo, tanto Fukushima como Puerto Príncipe pueden representar, aunque se trate de urbes diametralmente diferentes. Otra noción que ayuda a comprender la configuración de territorios vulnerables a desastres es el concepto de construcción social de riesgos: el proceso de aumento de las condiciones de vulnerabilidad que hacen a una sociedad susceptible de sufrir daños (Briones, 2010).

Sin embargo, no todo es negativo. Las zonas urbanas también pueden ofrecer oportunidades para reducir los riesgos ya que suelen ser los motores económicos de los países y los centros de la actividad intelectual, política, comercial y financiera. De hecho, el potencial de una ciudad bien manejada para influir en la mejora de la gestión de riesgos es enorme. Esto puede canalizarse a través de la optimización de servicios y tecnologías disponibles, así como a través de una mejor gestión del saneamiento, drenaje, recolección de residuos, servicios sanitarios y de emergencia, entre otras cuestiones. De igual forma las ciudades podrían optimizar el acceso a servicios y educación e incidir en la reducción de la vulnerabilidad social, lo que tendría un efecto positivo en la concientización y sensibilización sobre los riesgos, al mismo tiempo que reduciría su impacto.

Las lecciones del terremoto de 1985 ¿Falta de memoria o lógica de omisión?

Uno de los sucesos que sin duda marcaron a la Ciudad de México en las últimas décadas ha sido el terremoto de 1985. La magnitud del desastre, que tuvo repercusiones sociales y políticas a nivel nacional, nos recordó no sólo que la ciudad está asentada sobre una zona sísmica, sino también sobre un lago que amplifica los efectos de los movimientos telúricos (Bataillon y Donís, 1989). Aunque son indiscutibles los avances en materia de protección civil, justamente

a partir de ese gran desastre, así como de los avances técnicos que permiten realizar importantes estructuras a prueba de sismos, es preciso preguntarse si esos progresos no ofrecen una *falsa sensación de seguridad* que tiene como resultado no abrir a discusión el tipo de ciudad que seguimos produciendo.

En ese sentido la memoria resulta fundamental en la toma de decisiones de largo plazo: ¿la escala temporal en la que se presentan grandes terremotos favorece el olvido? o ¿estamos frente a una omisión selectiva de “olvidos y recuerdos” que permiten justificar el tipo de urbanización que seguimos produciendo?² ¿A qué lógicas responde la tendencia de seguir construyendo pese a que, desde hace varias décadas, alcanzamos la clasificación de megaciudad?

Siguiendo las reflexiones que Lefebvre (1980) y Harvey (1991) hacen sobre la manera en la que los capitales se desplazan de un espacio a otro con la finalidad de sostener un modelo que beneficia a los detractores de esos capitales, la urbanización de la Ciudad de México parece ser un ejemplo del impacto del segundo circuito de circulación de plus-valor, y que responde a una dinámica de inversiones de capital y construcción de la ciudad que desplazan un primer circuito que surge de la actividad industrial. De igual forma, la construcción del espacio urbano responde a la tensión entre las políticas y prácticas de planificación territorial y las presiones de capitales (representados en este caso por inmobiliarias y desarrollos comerciales) que una vez que agotan un espacio económico, requieren de nuevos espacios activos. Como ejemplo está el caso de la zona de Santa Fe que poco a poco ha sido desplazada hacia el Corredor Reforma por la insostenibilidad en sus vías de acceso; las fronteras sociales que ha creado entre el antiguo pueblo y la zona de corporativos es una

2 Baez-Ullberg (2015: 16) llama “lógica de omisión” a los patrones de “olvidos y recuerdos” en relación a los desastres y que terminan por favorecer determinadas decisiones en la gestión del riesgo.

muestra de urbanización formal “planificada” que, sin embargo, no está exenta de transformarse en un espacio de riesgo.

Por otra parte, desde la perspectiva de la vulnerabilidad social, desde los años noventa los autores de la primera edición de *At risk*, traducida al español como *Vulnerabilidad: El Entorno Social, Político y Económico de los Desastres* (Blaikie, Cannon, Davis y Wisner, 1996), mostraron a través del modelo de presión y liberación (PAR, por sus siglas en inglés) algunas de las variables que favorecen la generación de contextos de vulnerabilidad social. Su enfoque cuestionaba el modelo de desarrollo a través de la crítica al modo de producción. Por su parte, sin enfocarse como tal en los riesgos de desastres, Harvey (1991) —continuando el análisis que desde los años setenta desarrolló Lefebvre (2010)— se enfocó en descifrar las lógicas en las que opera el capital económico en la producción del espacio y que en el caso de la Ciudad de México permiten vincular ese funcionamiento como una variable central de la construcción de espacios de riesgo y del crecimiento urbano. Así, los riesgos son también resultado de “transformaciones socioambientales como la urbanización, la migración y el desarrollo capitalista” (Aragón, 2007: 491).

La Ciudad de México, ciudad en riesgo permanente

Aun en la época prehispánica, la antigua Tenochtitlán sufrió inundaciones y se implementaron medidas de mitigación ante inundaciones como el Albarradón de Nezahualcóyotl, un muro de piedra construido en el siglo XV (Musset, 1992) para frenar la crecida de las aguas alrededor de la antigua ciudad lacustre. Por su parte, los españoles no tardaron en urbanizar la ciudad bajo una concepción completamente diferente. El resultado fue la implementación de grandes obras como el canal de Huehuetoca y otras numerosas estructuras que, con la intención de drenar las aguas de la ciudad situada en la cuenca cerrada, derivaron en el desecamiento progresivo del lago hasta nuestros días y su

respectiva transformación en un espacio altamente vulnerable. En la actualidad el paisaje urbano ha sido tan intervenido que los ríos (entubados) que cruzan la ciudad resultan invisibles para sus habitantes. Este proceso de *antropización* del territorio es lo que permite hacer habitable y atractiva a la ciudad, promueve su crecimiento y paradójicamente la hace vulnerable. Por supuesto, grandes obras como el Sistema de Drenaje Profundo son indispensables para el funcionamiento de la ciudad; sin embargo, una consecuencia colateral de estas obras es que únicamente reducen el riesgo de desastre de manera temporal, posponiendo el periodo de retorno. Es decir, postergan el momento límite en el que el riesgo se concretiza en desastre, esto es lo que Pigeon (2012) llama la “paradoja de la urbanización”.

Por otra parte, y en relación con los fenómenos geológicos, es necesario asumir las dificultades para calcular si la ciudad está o no preparada (tanto social como estructuralmente) para un gran sismo. Y es que a pesar de que haya grandes estructuras resistentes a sismos, no deja de haber incertidumbre dada la cantidad de construcciones que se realizan año con año. Por ejemplo, construir vialidades de dos pisos parece ir en contra de la tendencia de grandes ciudades de quitar espacio a los automóviles en lugar de privilegiarlos. Así parecería que el desarrollo urbano está sujeto a resolver necesidades urgentes como la movilidad del parque vehicular, aunque ello paradójicamente derive en la construcción de espacios urbanos vulnerables a riesgos geológicos. La tecnología de construcción queda como única garantía en caso de un sismo de gran escala y “justifica” el modelo de urbanización en lugar de cuestionarlo.

De lo informal a lo formal: tendencias de la urbanización en la Ciudad de México

El proceso de urbanización de la Ciudad de México resulta ser una evolución de una transformación que se gesta en las periferias a través de

los asentamientos populares irregulares, y posteriormente por un proceso de ocupación y asentamiento de un espacio que se vuelve formal. El proceso de la informalidad a la formalidad es entonces un elemento distintivo de la evolución y apropiación de los espacios socio-territoriales que conforman las mega-ciudades como es el caso de la Ciudad de México. A pesar de que la ciudad cuenta con un núcleo urbano histórico, que se consolidó en siglos pasados, la reciente configuración de la Ciudad de México responde más a una evolución a través de distintos procesos *segregacionales* y *marginales* que son la expresión de las contradicciones de las políticas habitacionales en México en los últimos años³ (Rivera-Varela, 2010). En tal sentido, en la Ciudad de México la urbanización de la periferia está condicionada por características específicas de su desarrollo histórico que han conformado su espacio urbano. La fuente de estos procesos históricos y colectivos reproducen un patrón de asentamiento irregular que manifiesta diversas características de segregación del espacio habitacional.

De alguna forma esta dinámica de transformación del espacio informal al espacio formal, responde a lógicas y dinámicas complejas en las que concurren prácticas sociales diferentes, articulaciones de marginalidad y simbolismos, prácticas de actores colectivos y urbanos, impunidad, mala planeación y escasas políticas públicas. Los movimientos colectivos derivados de estos espacios en los que se generan las lógicas de transformación de la ciudad generan formas

3 Como argumentan Rivera y Varela (2010), en la Ciudad de México, cuando el movimiento colectivo ciudadano actúa y vive desde sí mismo –actores y prácticas espaciales– genera formas de identidad que interioriza y que, en ciertos momentos, puede legitimar y justificar los comportamientos y la irregularidad. Estas estrategias espaciales dan lugar a la estructura espacial que configura al mismo tiempo la segregación territorial. Así, la marginalidad y la calidad de vida de estos sectores populares, además de la existencia física del territorio, se construye por el conjunto de símbolos e identidades colectivas que le otorgan apego y que le imprimen una forma particular de construir el espacio (<http://observatoriongeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografaurbana/149.pdf>).

de acción colectiva e identidad que en ciertos momentos pueden legitimar y justificar los comportamientos y la irregularidad. Estas estrategias espaciales dan lugar a la estructura territorial que configura al mismo tiempo la segregación territorial. Así, la marginalidad y la calidad de vida de estos sectores populares, además de la existencia física del territorio, se construyen por el conjunto de símbolos e identidades colectivas que le otorgan apego y que le imprimen una forma particular de construir el espacio.

Los casos más típicos de esta relación en la Ciudad de México, y objeto de muchos estudios académicos (Aguilar y Estrada, 2011; Huamán, 2010; Cruz Rodríguez, 2000; Azuela y Tomas, 1997), son los de Ciudad Nezahualcóyotl y la Delegación Iztapalapa, que son representativos en esta materia bajo las siguientes características: condición de irregularidad, características de vivienda, identidad y símbolos. En promedio, 20 mil hectáreas de la zona metropolitana del Valle de México son anualmente invadidas y sólo la cuarta parte de esa extensión es regularizada. En este sentido, el concepto de producción del espacio habitacional se ha configurado en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) a partir de la observación de diversos asentamientos irregulares que han ocurrido en las últimas décadas y que son una clara expresión de los resultados de la política de vivienda que ha implantado el gobierno. En la Ciudad de México hay más de 50 mil viviendas localizadas en 820 asentamientos irregulares los cuales están distribuidos en casi dos mil 693 hectáreas de conservación de nueve delegaciones (Rivera-Varela, 2010). Estos procesos de acción colectiva y de apropiación del espacio tienen la propiedad de ser dinámicos en el tiempo, es decir, adquieren distintas connotaciones y formas de expresarse, al mismo tiempo que llevan una cuota de acción estratégica por parte de los sujetos participantes (Rivera-Varela, 2010). Con base en estos datos resulta claro cómo la geografía urbana actual de la ciudad evidencia las profundas transformaciones territoriales que están ocurriendo y,

particularmente, denota las estrategias espaciales de crecimiento en las que los actores colectivos actúan para satisfacer sus necesidades. Por ello resulta relevante el trabajo de Harvey (2010) en el que el espacio tiene un significado muy importante: el espacio es una complejidad de redes sociales producido mediante las prácticas sociales relativas a la relación o experiencia con el espacio experimentado, vivido o representado y de representación. Ello, estructurado por sistemas de objetos y acciones que se comprenden a partir de dichas prácticas, que realizan diversos actores (redes) y que producen y reproducen determinadas relaciones sociales (Santos Cerquera y Pérez Campuzano, 2008).

De la sustentabilidad de la ciudad a la resiliencia

Frente a la complejidad del espacio y las diferentes dinámicas de apropiación del mismo, cabe preguntarse qué relevancia tiene el actual debate sobre el concepto de sustentabilidad urbana y su relación con el término de resiliencia. Para los que estudian el tema de reducción de riesgo de desastres y tratan de contestar al planteamiento inicial de este capítulo, es importante comprender el elemento de la sustentabilidad urbana y la resiliencia más allá de la narrativa y la retórica de esta terminología actualmente tan en boga. Como afirma Schneider (2005), la idea de sustentabilidad urbana está ligada a resolver diversas necesidades de las poblaciones que están asentadas en ciudades, regiones e incluso en localidades que son o tienden a estar totalmente urbanizadas.

El fenómeno de la urbanización acelerada del planeta es uno de los problemas a los que se enfrenta la humanidad y que justamente tienen relación con un modelo de desarrollo. De acuerdo con cifras del Banco Mundial, se estima que para el año 2030 el 60% de la población mundial vivirá en alguna urbe (Oszlak y Orellana, 2000). De hecho, la problemática ambiental urbana se vio reconocida a nivel internacional desde la Declaración de Río de

Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo, también llamada Cumbre de la Tierra, celebrada por la Organización de las Naciones Unidas en 1992, donde se establecieron diversas acciones como la Agenda 21. En dicho encuentro internacional se discutió la necesidad de atender los problemas derivados de la creciente urbanización; para ello se buscó que las ciudades promovieran acciones encaminadas al desarrollo sustentable.

Por otro lado, las propuestas formuladas en 1996 durante la Conferencia Mundial de Hábitat II en Estambul y realizada en el marco de la Agenda 21, se destaca el papel de las ciudades y las autoridades locales en la implementación de los compromisos ambientales. Dichas propuestas se refieren, además, a la sustentabilidad urbana como generación de calidad de vida a partir de diferentes dimensiones como son vivienda, transporte, problemas relacionados con la calidad del aire, servicios públicos eficientes, tratamiento de desechos producidos, etcétera. De esta forma, la sustentabilidad urbana debe estar encaminada a la satisfacción de las necesidades de la población sin agotar el capital natural e incluyendo la minimización de costos ambientales hacia el futuro (Hernández, 2015).

Esta propuesta indica, además, que los gobiernos, tanto nacionales como locales, estén encargados de fomentar dentro de su planeación urbana criterios ambientales en sus aspiraciones de desarrollo. Esto último es necesario para controlar los patrones de desarrollo espacial, el uso del suelo, la contaminación ambiental, la provisión de servicios básicos públicos como el agua, drenaje, energía y, por supuesto, los residuos sólidos urbanos. La sustentabilidad urbana abarca, por tanto, diferentes aspectos para hacer habitables de manera sostenida los centros urbanos (Satterthwaite, 1998).

El concepto de resiliencia⁴ no emana sólo de una recomendación de organismos internacionales para prevenir desastres, como el Marco de Sendai que en 2015 sustituye al Marco de Acción de Hyogo iniciado en 2005. Es, por el contrario, un término que señala la interdependencia entre los seres humanos con la naturaleza; un sistema de retroalimentación e interdependencia. Dicho concepto invita a pensar que la dicotomía entre lo social y lo ecológico es irreal y arbitraria, pues la sobrevivencia de las sociedades modernas depende del capital natural el cual, al escasear, sitúa en un estado de riesgo a la vida en el planeta.

Por su parte, autores como Ultramari y Rezende (2007) definen a la construcción de resiliencia como “aquella capacidad que tienen los ecosistemas urbanos de anticipar eventos que afectarán la dinámica urbana”. Y hacen hincapié en cómo las implicaciones de ciertos factores económicos, sociales y culturales permiten la transferencia a la ciudad de elementos que le permitirán responder a las adversidades que se puedan presentar en el proceso de la gestión urbana. En este sentido, la urbanización con principios de resiliencia apunta a la reducción de riesgos que potencialmente pueden afectar las poblaciones que habitan determinado territorio. Bajo esta óptica, pensamos que hay oportunidades para repensar los modelos de urbanización e incorporar en la planificación territorial mecanismos de reducción de riesgos de desastres; por ejemplo, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 tiene entre sus principios centrales la consigna que las ciudades orienten las inversiones para aumentar la resiliencia (www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf).

4 La resiliencia definida como: "la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a peligros para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de un peligro de manera oportuna y eficiente, incluso mediante la conservación y restauración de sus estructuras y funciones básicas esenciales " (UNISDR, 2009: 9).

Conclusiones

Un estudio llevado a cabo por el ODI y el PNUD (2014) sugiere que los países con los mejores sistemas de gestión del riesgo cuentan con altos niveles de desarrollo humano, estabilidad política y democracia. A escala urbana, cabe preguntarse si las políticas de gestión de riesgo que ha adoptado la Ciudad de México en las décadas posteriores al temblor de 1985 han llevado a construir un espacio verdaderamente más resiliente y un entorno más seguro para sus habitantes. Los daños por el terremoto del 19 de septiembre de 2017 sugieren que la magnitud de los desastres depende de la intensidad de la amenaza, y que la normativas y estrategias de prevención de riesgos y desastres superan la capacidad de gestión de la ciudad. Esto se explica en parte por la producción del espacio urbano en la Ciudad de México y las tendencias relacionadas con su propia inercia económica, donde cohabitan la informalidad y la formalidad; donde se concretan grandes oportunidades de desarrollo, pero se desperdician oportunidades para que sea aplicado de forma más igualitaria. Este esquema de desarrollo genera lo que llamamos *tensiones entre el crecimiento y la generación de riesgos*. El resultado es un desarrollo urbano, explicado en un contexto de análisis latinoamericano, que produce una ciudad desigual y fragmentada, en la cual se terminan por generar áreas vulnerables, en contraste con desarrollos habitacionales y financieros de gran escala que responden a un modelo económico más que a una planificación urbana integral de largo plazo. Los asentamientos informales y zonas menos favorecidas de la ciudad no son la única muestra de la vulnerabilidad social: los desarrollos formales, aunque pasan por una serie de controles y peritajes también pueden generar territorios de riesgo que en el largo plazo generan una serie de presiones sobre el entorno dada la alta demanda de insumos que requieren y sus consecuencias colaterales en el espacio urbano colindante. Por otra parte, dejar la reducción de riesgos de desastres en manos de los avances de la tecnología (construcción antisísmica

e infraestructura de mitigación de inundaciones) puede generar un *falso sentimiento de seguridad* que justifica el modelo implementado.

En el caso de la Ciudad de México conviene seguir recordando dónde está situada: en una zona sísmica, volcánica, sobre un antiguo lago y con potencial aumento de lluvias torrenciales como una de las manifestaciones del cambio climático. Los planificadores y tomadores de decisiones relacionados con la prevención de desastres deben cuestionar el modelo de urbanización de la Ciudad de México, así como considerar una planeación prospectiva como hilo conductor del desarrollo. La sustentabilidad y resiliencia son nociones que, independientemente del debate conceptual y la retórica, representan una oportunidad para reformular el tipo de ciudad que se quiere construir.

Referencias

- Aguilar, A., y Estrada, I. (coords.) 2011. *Periurbanización y sustentabilidad en grandes ciudades*. Instituto de Geografía UNAM/Porrúa/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). México.
- Aragón-Durand, F. 2007. “Urbanisation and flood vulnerability in the peri-urban interface of Mexico City”. *Disasters*. 31(4): 477–494.
- Azuela, A., y Tomas, F. 1997. *El acceso de los pobres al suelo urbano*. Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM. México.
- Baez-Ullberg, S. 2015. “La gestión de las inundaciones y la lógica de la omisión en la ciudad de Santa Fe”, en: Viand, J., y Briones, F. *Riesgos al sur. Diversidad de riesgos de desastres en Argentina*. LA RED, Imago Mundi. Buenos Aires, Argentina: 18-34.
- Bataillon, C. y Donís, M. 1989. “El Terremoto de La Ciudad de México: Balance a Mediano Plazo.” *Revista Mexicana de Sociología*. 51(2): 473–80.
- Baker, J., ed. 2012. *Climate Change, Disaster Risk, and the Urban Poor: Cities Building Resilience for a Changing World*. The World Bank. Washington, D.C., EUA.
- Bello, O., Ortiz, L., y Samaniego, J. 2014. *La estimación de los efectos de*

- los desastres en América Latina 1972-2010*. CEPAL/Naciones Unidas. Santiago de Chile.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I, y Wisner, B. 1996. *Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres*. Tercer Mundo Editores. LA RED. Bogotá, Colombia.
- Briones, F. 2010 “Inundados, Reubicados y Olvidados: Traslado del Riesgo de Desastres en Motozintla, Chiapas.” *Revista de Ingeniería*. 31: 132–44.
- Carrión Mena, F. 2010. *Ciudad: memoria y proyecto*. Textos urbanos No. 5. OLACCHI/Municipio Metropolitano de Quito. Ecuador.
- CEPAL. 2016. *Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. En línea: www.cepal.org/es/publicaciones/40825-balance-preliminar-economias-america-latina-caribe-2016 (Consultado: 13 de Mayo de 2016).
- Cruz Rodríguez, M.S. 2000. “Periferia y suelo urbano en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México”. *Sociológica*. 15(42): 59-90.
- Delgado Ramos, G.C. 2015. “Ciudad y Buen Vivir: ecología política urbana y alternativas para el bien común”. *Revista THEOMAI*. 32: 36-56.
- Duclos, D. 1987. “La construction sociale des risques majeurs”, en: Fabiani, J.L. y Theys, J. *La Société vulnérable: évaluer et maîtriser les risques*. Presses de l'École normale supérieure. Paris, Francia.
- ELLA, Soluciones Prácticas. 2017. *Perú 2017: Riesgos, desastres y reconstrucción*. En línea: www.solucionespracticas.org.pe/Peru-2017-Riesgos-desastres-reconstruccion (Consultado: 13 de mayo de 2017)
- ELLA, Soluciones Prácticas. 2016. *Boletín Informativo de proyecto N° 1: Comunidades resilientes y prósperas*. En línea: www.solucionespracticas.org.pe/Boletin-Informativo-N-1-Comunidades-resilientes-y-prosperas (Consultado: 13 de mayo de 2017)
- Fernández, M. A. 2000. *Ciudades en Riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres*. LA RED, Bogotá, Colombia.
- Harvey, D. 2010. *The Enigma of Capital*. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.
- Harvey, D. 1991. *The Condition of Postmodernity: An Enquiry into the Origins of Cultural Change*. Blackwell. Cambridge, EUA / Oxford, Reino Unido.
- Hernández, H.N. 2015. “Límites y alcances institucionales en la implementación de un programa municipal para mejorar el medio ambiente: el caso de

- 'Dando y dando, Neza separando y reciclando'*". Instituto Mora, tesis de maestría en Estudios regionales. México.
- Huamán, E. 2010. "La regularización territorial en la zona metropolitana de la ciudad de México (1970-2002): un instrumento desvinculado de la política de ordenamiento territorial". *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. 14(331-32). En línea: www.ub.edu/geocrit/sn/sn-331/sn-331-32.htm (Consultado: 16 de marzo de 2017).
- Lefebvre, H. 2010. *La producción del espacio*. Capitán Swing Libros. Madrid, España.
- Lefebvre, H. 1980. *La revolución urbana*. Alianza Editorial. Madrid, España.
- Musset, A. 1992. *El agua en el Valle de México: siglos XVI-XVIII*. Pórtico de la Ciudad de México / Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos. México.
- ODI-PNUD. 2014. *Disaster Risk Governance: unlocking progress and reducing risk*. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. En línea: www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis%20prevention/disaster/Reduccion-Gestion%20del%20Riesgo%20Urbano.pdf (Consultado: 12 de febrero de 2017).
- ONU-HABITAT. 2015. *Reporte nacional de movilidad urbana en México 2014-2015*. En línea: www.onuhabitat.org/Reporte%20Nacional%20de%20Movilidad%20Urbana%20en%20Mexico%202014-2015%20-%20Final.pdf (Consultado: 22 de septiembre d 2017).
- ONU-HABITAT. 2012. *State of Latin American and Caribbean Cities: Towards a New Urban Transition*. ONU-HABITAT. Nairobi, Kenia.
- ONU- HABITAT. 2009. *Planificación de ciudades sostenibles: orientaciones para políticas*. Informe global sobre asentamientos humanos 2009. ONU-HABITAT. Londres, Reino Unido. En línea. <https://unhabitat.org/wpdm-package/summary-of-global-report-planificacion-de-ciudades-sostenibles-orientaciones-para-politicas-planning-sustainable-cities/?wpdmdl=110589> (Consultado: 21 de septiembre de 2017)
- Oszlak O., y Orellana E. 2000. *El análisis de la capacidad institucional: aplicación de la metodología SADCI*. Centro de Desarrollo y Asistencia Técnica en Tecnología para la Organización Pública (Documentos TOP sobre Gestión Pública). Buenos Aires, Argentina. En línea: www.eumednet/rev/delos/00/aem.htm (Consultado: 12 de febrero de 2017)

- PNUD. 2010. *Gestión del riesgo urbano*. En línea: www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis%20prevention/disaster/Reducción%20del%20Riesgo%20de%20Desastres%20-%20Gestión%20del%20Riesgo%20Urbano.pdf?download (Consultado: 19 de septiembre de 2017).
- Pigeon, P. 2012. *Paradoxes de l'urbanisation: Pourquoi les catastrophes n'empêchent-elles pas l'urbanisation?* L'Harmattan. Paris, Francia.
- Rivera-Varela, B.P. 2010. "Producción del espacio habitacional popular en la periferia de la Ciudad de México." UNAM, México. En línea: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/149.pdf> (Consultado: 12 de febrero de 2017).
- Santos Cerquera, C., y Pérez Campuzano, E. 2008. "Urbanización y migración entre ciudades, 1995-2000. Un análisis multinivel." *Papeles de Población*. 14 (56): 173-214.
- Satterthwaite, D. 1998. "¿Ciudades sustentables o ciudades que contribuyen al Desarrollo Sustentable?" *Estudios Demográficos y Urbanos*. 13(1): 5-47.
- Schneider, J.W. 2005. "Social Problems Theory: The Constructionist View". *Annual Review of Sociology*. 11: 209-229.
- Ultramari C., y Rezende D.A. 2007. "Urban Resilience and Slow Motion Disasters." *City & Time* 2. 3(5): 3-5.
- UNISDR. 2009. Terminology on Disaster Risk Reduction". United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Ginebra, Suiza. En línea: www.unisdr.org/we/inform/terminology (Consultado: 30 de octubre de 2015).
- Villaça, F. 2001. *Espaço Intra-Urbano no Brasil*. Estudio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute. Sao Paulo, Brasil.
- Watanabe, Y., Hanaoka, C., y Shigeoka, H. 2014. *Do Risk Preferences Change? Evidence from Panel Data Before and After the Great East Japan Earthquake*. ISER Seminar Series. En línea: [www.iser.osaka-u.ac.jp/seminar/2014/Hanaoka.Shigeoka.Watanabe\(2014-May\).pdf](http://www.iser.osaka-u.ac.jp/seminar/2014/Hanaoka.Shigeoka.Watanabe(2014-May).pdf) (Consultado: 12 de febrero de 2017)
- Wilches-Chaux, G. 1993. *La vulnerabilidad global*. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Colombia.
- Wisner, B., Blaikie, P. M., y Cannon, T. 2003. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge. Londres, Reino Unido / Nueva York, EUA.

CAPÍTULO 3

CAMBIO CLIMÁTICO, EXPANSIÓN URBANA Y CONSERVACIÓN EN LA PERIFERIA: ENTRE LA IGNORANCIA Y LAS BUENAS INTENCIONES

JORGE ESCANDÓN CALDERÓN

Introducción

Pese a que el debate ambiental iniciado en Río en 1992 ya contenía el tema de cambio climático, la cuestión de las transformaciones ambientales conectadas a la dinámica urbana es mucho más reciente, motivada por el acercamiento de los plazos establecidos por el Protocolo de Kioto (Ricci, 2016).

De acuerdo con la Convención Marco, el cambio climático se refiere a los cambios atribuibles directa o indirectamente a la actividad antrópica que alteran la composición de la atmósfera mundial y que influyen en la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables. Por otra parte, el Grupo de Trabajo II del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) usa el término de cambio climático en referencia a cualquier cambio en el clima a través del tiempo, como resultado de la variabilidad natural y la actividad antrópica (IPCC, 2014: 45). Desde esta perspectiva, el cambio climático que se observa en la actualidad es el resultado combinado de los procesos que generan los cambios en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) por aumento de quema de combustibles fósiles y presencia de aerosoles en la atmósfera, la radiación solar y las características de la superficie terrestre (suelo y cobertura del suelo).

El análisis sistémico de la relación entre cambio climático, cooperación internacional y políticas urbanas locales, constituye un desafío de difícil resolución si no se comienzan a ver de forma integrada tanto las perspectivas

de las ciencias “duras” como de las sociales. La multitud de actores y agentes involucrados, la cantidad de programas ambientales disponibles, la heterogénea financiación internacional para cambio climático, junto con la gran cantidad de normas y reglas para la protección y conservación ambiental, determinan un contexto extremadamente complejo que necesita visiones integrales (Lucatello, 2015), desde la construcción del problema hasta las posibles soluciones propuestas.

Pese a que en algunos rubros existan consensos internacionales importantes como el de los científicos del IPCC en relación al efecto de las actividades humanas en el aumento de emisiones y su relación con el aumento de temperatura (IPCC, 2014), otro tipo de consensos, como aquellos relacionados con temas de acción colectiva y cooperación para medidas de mitigación de GEI y de adaptación al cambio climático, desde la escala global a la escala local, no se consiguen porque cada gobierno nacional tiene incentivos para dejar que otros países tomen la iniciativa y soporten la carga de tomar el liderazgo, mientras esperan cosechar una parte de los beneficios de las negociaciones climáticas. Además, cabe mencionar que la conservación del medio ambiente nunca ha sido un tema prioritario de los estados, porque se ha visto que han podido sobrevivir bastante bien sin esta prioridad (Dryzek *et al*, 2003).

La ciudad como causa del cambio

Muchos de los cambios ambientales que están ocurriendo permiten reconocer como principal impulsor al embate de la urbanización acelerada a nivel mundial. El uso de cerca del 80% de los recursos y la generación de la mayor parte de los residuos mundiales tienen relación con la urbanización contemporánea (Swyngedouw y Kaika, 2013). Muchos autores afirman que las ciudades son las principales contribuyentes de emisiones GEI, y más aún en lo que respecta a ciudades de altos ingresos (Dodman, 2009; Satterthwaite,

2008; Romero-Lankao, 2007). Algunos (Satterthwaite, 2008) ponen de manifiesto que las emisiones de origen antropogénico están vinculadas a los patrones de consumo de grupos de medianos y altos ingresos ubicados en las urbes. Muchos desafíos globales surgen de las formas en que las ciudades crecen y cambian, especialmente las megaciudades emergentes en los países en desarrollo, donde los problemas sociales y ambientales masivos pueden encontrarse en sus tierras peri-urbanas (Ravetz *et al*, 2013).

Ante ello, un número creciente de ciudades de todo el mundo están tomando medidas para afrontar las fuerzas conductoras y las consecuencias del cambio climático. Muchas autoridades urbanas se están dando cuenta de que a menos que desarrollen iniciativas eficaces y significativas de mitigación y adaptación al cambio climático, sus ciudades pueden enfrentarse a condiciones de riesgo y vulnerabilidad, así como a afecciones de salud y bienestar humanos (Hornweg *et al*, 2011; Romero-Lankao y Dodman, 2011; Satterthwaite *et al*, 2007).

Pese a la falta de consensos entre diversos Estados nación en términos de mitigación de GEI a escala internacional, algunas urbes, como la Ciudad de México, han tomado iniciativas relacionadas con políticas de cambio climático.

Las políticas y estrategias para hacer frente a los cambios ambientales en las ciudades de países como México tienen como objetivo principal reducir la vulnerabilidad de las personas mediante la reorientación de enfoques para el ordenamiento del territorio, que busca reducir las causas del cambio climático (mitigación) y, sobre todo, la reducción de los impactos de transformación ambiental que ya están en marcha (adaptación).

Delgado *et al* (2015), retomando el quinto reporte del IPCC (Capítulo 12, Grupo de Trabajo III), mencionan como factores claves para la gobernanza climática a escala urbana en México los siguientes:

- un marco de gobernanza multinivel que empodere a las ciudades y promueva la transformación urbana.
- las competencias de planeación espacial [o de ordenamiento territorial] y la voluntad política para apoyar usos del suelo.

En el caso de la Ciudad de México la planeación espacial define 63,946 hectáreas (ha) como suelo urbano y 88,442 ha como Suelo de Conservación (SC). En relación con este último, que abarca aproximadamente el 59% del territorio de la Ciudad de México, las competencias de planeación espacial se plasman de manera legal en el Programa General de Ordenamiento Ecológico (PGOE) de la Ciudad de México (2000). El índice de desarrollo social, el cual es un indicador utilizado como instrumento de cuantificación de la desigualdad social y espacial y del grado de cumplimiento de los derechos sociales, tomando en cuenta la inclusión de variables económicas, sociales y culturales (Evalúa, D.F., 2011) vinculado con el SC, revela un consistente patrón tipo “centro-periferia” en la Ciudad de México. La periferia ubicada en las delegaciones que tienen territorio en el SC, sobresale por la mayor presencia en sus unidades territoriales de grupos de bajo y muy bajo índice de desarrollo social (Escandón, 2014).

Otro instrumento de política, que analizaremos con atención, es el Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020 (PACCM, 2014). En sus acciones fundamentales menciona cinco ejes estratégicos, de los cuales dos están vinculados directamente con el SC. En el eje 2 se establece: *Contención de la mancha urbana, así como la creación de un programa de planeación territorial que integre políticas ambientales y urbanas*. El eje 4 menciona: *Manejo sostenible de los recursos naturales y conservación de la biodiversidad mediante la creación de la Ley para la Protección, Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad, así como obras de*

conservación de suelo y agua en el SC (PACCM, 2014: 15); entre otras cuestiones.

Otra perspectiva de análisis

La magnitud de las transformaciones ambientales relacionadas con el cambio ambiental global, amplifican y ponen de relieve la insuficiencia de los enfoques interpretativos adoptados hasta ahora, donde prevalece una perspectiva que se centra en analizar las capacidades institucionales, las políticas a manera de instrumentos relacionados a estas instituciones y las acciones vinculadas con estos enfoques interpretativos. Se omiten muchas expresiones de la cultura política presentes en la sociedad, que escapan a los modelos occidentalistas y racionalistas de construcción de la moderna institucionalidad capitalista y que no logran ser domeñadas totalmente por la lógica individualista, competitiva e instrumental. Los riesgos inherentes a los enfoques interpretativos de análisis de capacidades institucionales son muchos, ya que reflejan sólo una parte de la realidad local territorial, y generalmente acompañan la consiguiente imposición de modelos de desarrollo inadecuados, que renuevan y exacerban viejos conflictos que además se amplifican en un contexto de cambio climático.

Para recrear la perspectiva de las políticas de cambio climático y ciudad bajo un eje de análisis diferente, en específico las relacionadas con el SC de la Ciudad de México expresadas en el PACCM, se expondrá brevemente el concepto de cultura política (Tejera, 1996 y 2003; Gledhill, 2000; Álvarez, Dagnino y Escobar, 1998), formulando otra aproximación complementaria a la que nos ofrece la perspectiva institucional, y analizando brevemente el concepto de gobernanza y su aplicación al caso mexicano. En este capítulo se sugiere que los enfoques interpretativos del PACCM, más que basarse

en gobernanza multinivel, están basados en “ignorancia asimétrica”¹, aplicándose desde consultorías a instancias gubernamentales como soluciones desarrolladas que ignoran o, en el mejor de los casos, generalizan contextos que son muy dinámicos desde un punto de vista ambiental, social, cultural y económico.

Para contrastar la ignorancia asimétrica de la perspectiva institucional y enriquecer el análisis, se propone además una descripción del SC como híbrido, y adicionalmente se toman en cuenta los discursos de dos actores clave en el SC, para exponer brevemente lo que cuentan de las prácticas políticas, así como sus percepciones acerca de la problemática de expansión urbana, intentando cubrir el vacío de la descripción generalista y simplista con la cual se aborda el problema de la expansión urbana en el PACCM. Finalmente, se hará una breve reflexión sobre ellos.

Cultura política

Desde la segunda mitad de la década de 1980, en América Latina algunos sectores intelectuales y círculos de opinión empezaron a utilizar ampliamente la noción de “cultura política”. Como “cultura política” se ha abordado un conjunto de fenómenos, temas y problemas bastante amplio y heterogéneo. Historiadores de la cultura, antropólogos y psicólogos sociales han empezado a interesarse en estos años por un conjunto de fenómenos, que también tienen que ver con la cultura política: los “imaginarios” y las “mentalidades”,

1 Basado en Robinson (2003). En el ámbito geográfico, el universalismo asumido en muchas de las afirmaciones teóricas dentro de la disciplina, se ha desarrollado en la ignorancia de la gama de contextos sociales diferentes a los anglosajones y es característico de muchos escritos de la geografía occidental. En este caso, me refiero a la ignorancia de factores sociales y plataformas de acción que determinan dinámicas de manejo de recursos naturales que se han preservado hasta la fecha, por parte de funcionarios o consultores que diseñan herramientas de política.

las “representaciones sociales” que distintos grupos conforman acerca de la realidad en general, y de la vida política en particular. Con ello tratan de exponer cómo se perciben mutuamente distintos grupos de la sociedad (López de la Roche, 2000).

Otras perspectivas (de lingüistas, semiólogos, antropólogos) han entendido a la cultura política como la simbología del poder, poniendo atención en los discursos, ya sea como artificios retóricos desde los cuales se construye o se legitima la autoridad política, o como prácticas a través de las cuales se renuevan los vínculos políticos en una sociedad (mítines, manifestaciones, celebraciones, rituales, ceremonias) (López de la Roche, 2000).

Particularmente, desde el análisis del discurso político se han desarrollado también aproximaciones a la noción de cultura política. Diversas disciplinas han abordado el estudio del discurso político y de sus distintos géneros. Es decir, del modo en que una sociedad se dice o se representa a sí misma según el punto de vista político-discursivo: cómo representa a los trabajadores, a la nación, a los políticos profesionales, a las instituciones, la historia, las tradiciones políticas nacionales, etcétera (López de la Roche, 2000).

La participación de los individuos y los distintos grupos sociales responderá y tendrá su punto de partida en la construcción de sentidos sobre cómo cada sujeto interioriza el discurso político con sus símbolos, sus significados y significantes, dando forma de este modo a que los agentes sociales coadyuven al funcionamiento de las instituciones y acepten las reglas del orden político, o en su caso se contrapongan a las mismas (Méndez Ramírez *et al*, 2009). Con este marco, la pregunta que surge aquí es: en la formulación de los ejes 2 y 4 del PACCM, ¿qué culturas están confrontadas políticamente?

Gobernanza

Lo primero que se puede mencionar sobre el PACCM es que asume una descripción de gobernanza² normativa (la dimensión de lo que “debería ser”, según el Banco Mundial, 1992 y 2015), asumiendo que los procesos de coordinación y cooperación entre los distintos actores interesados se dan sin ningún tipo de conflicto, omitiendo las relaciones de poder entre ellos y en las distintas escalas en las que los actores interactúan.

Desde el punto de vista conceptual, la gobernanza es definida como “gobierno relacional” o “gobierno interactivo” (Kooiman, 2004), lo que significa que el acto de gobernar es compartido, descentralizado, fragmentado y se resuelve en la cooperación entre actores públicos, privados y sociales a través de lo que se ha denominado redes o comunidades de política (Natera, 2005; Aguilar, 2005; Geddes, 2005).

Siguiendo la reflexión de Paz (2015), a México, como a muchos otros países, el concepto hizo su arribo en su dimensión normativa a través de las reformas de ajuste estructural de las últimas dos décadas del siglo XX impulsadas por el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional, que estuvieron enfocadas a estabilizar la economía y superar la crisis fiscal, así como también a insertar al país en la globalización económica y financiera.

El Banco Mundial definió una serie de indicadores de buena gobernanza: 1) voz y rendición de cuentas; 2) estabilidad política y ausencia de conflictos; 3) eficiencia gubernamental; 4) calidad regulatoria; 5) cumplimiento de la ley,

2 El PACCM define gobernanza como el ejercicio de autoridad administrativa, económica y política en la gestión de las cuestiones del país a todos los niveles. Incluye los mecanismos, procesos e instituciones a través de los cuales grupos y ciudadanos articulan sus intereses, ejercen su derecho legal, cumplen sus obligaciones y resuelven sus discrepancias (Glosario: PACCM, 2014: 384).

y 6) control de la corrupción (Banco Mundial, 2015). Ante estos indicadores de entrada hay pocas objeciones; sin embargo, parecen seguir dirigiéndose al actuar gubernamental, lo cual es importante, pero para la dimensión de la problemática ambiental amplificada por el cambio climático, no es suficiente. Una visión de la gobernanza que apunta a una dimensión más democrática e incluyente, tendría que visualizar no sólo a los agentes económicos, sino también al juego de agentes sociales, junto con el gobierno, en un papel más activo en el desempeño de las instituciones (mediante reglas), así como en la definición, implementación, ejecución y evaluación de la política pública. Implica también transparencia, rendición de cuentas, eficiencia y eficacia, así como horizontalidad, pero remite de manera contundente a la redistribución del poder y el fortalecimiento de la sociedad civil (Paz, 2015).

Sin embargo, desde las organizaciones de la sociedad civil persiste la queja de que la incorporación de la sociedad en los asuntos de orden público sigue estando limitada a la consulta, el intercambio de información y algunos casos de gestión, pero no en las decisiones fundamentales (Blauert *et al*, 2006; Berrios, 2005).

El suelo de conservación (SC) como híbrido

En el SC habitan cerca de 2.2 millones de personas, de las cuales cerca de 700 mil están vinculadas a la zona de conservación (Aguilar, 2013) y cerca de 21,000 personas a actividades agropecuarias (INEGI, 2006 y 2010). Casi el 80% del SC es de propiedad ejidal o comunal, el cual corresponde a centros urbanos, zonas agrícolas y áreas forestales de los 36 pueblos rurales asentados ahí (Rodríguez *et al*, 2015). Comprender el SC como territorio de interacción entre lo urbano, lo rural y lo ambiental en la periferia de la ciudad, implica que la dimensión política del espacio, no sólo incluye que éste tenga una dimensión material, sino además dimensiones de representación en las que

diversos actores intervienen en su propia producción.

En el plano conceptual, aquí se retoman las ideas de Latour (1993, 1998, 2004). Este autor rechaza contundentemente la noción de la naturaleza como algo “puro” e introduce el concepto de “híbridos”, definiéndolos como “mezclas (...) de la naturaleza y la cultura” (1993: 10). Swyngedouw (2004) profundiza y afirma que los híbridos están formados por una variedad de procesos “naturales” tanto biológicos, físicos y químicos, como por prácticas materiales, culturales y discursivas de diversos actores, además de las relaciones sociales entre los actores. Siguiendo estas reflexiones, el SC es un híbrido que tiene una parte física, una parte de prácticas materiales y mercantilizadas, así como una parte de dimensiones discursivas construidas de forma diferenciada. Otras características híbridas clave son: la relación de los actores con los recursos naturales, la heterogeneidad socioeconómica y cultural, la interdependencia rural-urbana y la migración bidireccional, entre otras.

Tomando postura sobre el marco en el que se va a analizar lo que dice el PACCM (2014), nos basamos en la Ecología Política Urbana (EPU), la cual define el medio ambiente como un espacio construido y dinámico en disputa, donde los diferentes actores sociales con asimetrías en el poder político están compitiendo por el acceso y control de los recursos naturales (Bryant y Bailey, 1997). Aboga por una comprensión más depurada de cómo el discurso, la política y las acciones humanas dan forma al cambio ambiental y al control de los recursos naturales (Von Bertrab, 2013). Es importante precisar que cuando se habla de discurso en este trabajo, se hace referencia a la propuesta de Hajer (1995) quien, retomando el legado de Foucault, lo define como un conjunto específico de ideas, conceptos y categorizaciones que son producidos, reproducidos y transformados para dar significado a las relaciones físicas y sociales.

Dado que uno de los principales elementos discursivos del PACCM es la contención de la mancha urbana, pero que se describe de forma simplificada e incluso apolítica, se propone ver con un poco más de detalle parte de las opiniones de dos actores fundamentales (funcionarios, ejidatarios y comuneros) en relación a este problema.

Lo que dicen los actores: visiones actuales del SC, reflejo de una realidad más compleja³

Para los ejidatarios y comuneros, la expansión urbana en el SC tiene las siguientes causas: falta de planeación y vigilancia por parte de las autoridades gubernamentales, promoción de asentamientos humanos irregulares por parte de diputados y políticos, llegada de avecindados con migración de gente de otros estados, así como el desdoblamiento natural de los ejidos y comunidades propio de la dinámica demográfica de los pueblos originarios del SC (Escandón, 2014).

Sobre la falta de planeación y vigilancia por parte de las autoridades, los ejidatarios y comuneros perciben cambios en el ejercicio de actividades en las diversas administraciones que se van turnando en el poder y manifiestan cierto escepticismo respecto de las acciones gubernamentales, restándoles credibilidad a las autoridades. La violación a las normas de ocupación del suelo es un tema que los ejidatarios y comuneros indican como una de las principales deficiencias de las instancias gubernamentales con atribuciones en el SC, en cuanto a labores de vigilancia. Culpan tanto a los gobiernos de las delegaciones como al Gobierno de la Ciudad de México, de que dichas violaciones se reproducen incluso con su consentimiento, lo cual inhibe a los comuneros y ejidatarios a levantar denuncias correspondientes por violación

3 Esta sección se basa en Escandón, 2014.

a los usos del suelo (Escandón, 2014).

Están desapareciendo áreas verdes y están poniendo madererías o talleres mecánicos... Donde se supone, por ejemplo, que hay zonas que dicen que es zona rural residencial de baja densidad que, según se describe, debe incluir 70 por ciento del terreno libre y 30 por ciento de edificación que no debe rebasar dos niveles. Sin embargo, nosotros vemos y lo tenemos como vecino, que son 2,000 m² usados al 100% en construcción, entonces: ¿dónde está el 70-30 y con dos niveles? Pero no lo quisimos denunciar porque tal parece que todo viene avalado por las autoridades delegacionales o creo que, lo que es peor, por autoridades centrales, porque nadie los para (Comunera).

La mención de la promoción de asentamientos humanos irregulares por parte de diputados y políticos, agrega otro componente de gran complejidad porque entran en juego otros actores. Los fraccionamientos ilegales ponen de manifiesto que hay actores políticos que buscan generar bases de apoyo que se traducen en votos en los periodos de elecciones a puestos de gobierno y a diputaciones, a cambio de solucionar aspectos de permanencia en los territorios ubicados en zonas de conservación, así como dotar de servicios e infraestructura que mejoren las condiciones de vida de las colonias de escasos recursos asociadas a los asentamientos humanos irregulares. En cuanto a las indefiniciones de los predios, el caos implica a líderes locales corruptos que se hacen ilegalmente de tierras cuyo régimen de tenencia es poco claro. La indefinición de límites de los terrenos por las características del suelo (topografía, terrenos pedregosos, predios ubicados en barrancas), muchas veces implica un desconocimiento por parte de los propietarios de la precisión de dichos límites, lo cual genera traslapes entre predios, que a su vez aumenta la posibilidad de conflicto entre, por ejemplo, avocindados y comuneros, así como entre comuneros y autoridades (Escandón, 2014).

Básicamente, el problema más fuerte son los políticos que protegen a los que van acercándose poco a poco, que van creciendo en esa parte de la mancha urbana. Va creciendo la mancha urbana auspiciada, fomentada y protegida por los políticos. Te platicaré sólo una cosa en mi ejido, en San Andrés Totoltepec, en una parte que conocemos como Los Hornos: los compañeros ejidatarios, no muy de mi gusto, pero decidieron asentarse alrededor del área ocupada por estos asentamientos irregulares y resulta que el gobierno decide desalojar a los ejidatarios, pero sigue dejando ahí a los que no son ejidatarios, a los que ni son dueños de la tierra, ni han cuidado el bosque (Comunero).

Otro conjunto de ideas menciona a actores de niveles socioeconómicos altos que se presentan como compradores de terrenos. Estos compradores de terrenos son habitantes urbanos cuya motivación es adquirir lotes en lugares con condiciones naturales y con privacidad de paisaje, para ofertarlos en la ciudad como lugares cercanos en cuyos nombres (Prados de la Montaña, Bosques de las Cañadas) va implícita la naturaleza como atractivo cercano a la ciudad, exponiéndose el hecho de que las medidas que buscan proteger la naturaleza (o evitar la expansión urbana) no se practican, quedando sobre papel tanto en el PGOE, en los programas de manejo de las áreas naturales protegidas ubicadas en el SC, así como en el PACCM. Se puede decir que se priorizan aspectos e intereses económicos que subordinan las políticas y medidas ambientales (Escandón, 2014).

...Pero no se ha conservado el suelo porque allá arriba ha llegado gente con poder, porque se tienen 5 hectáreas y todo lo edifican y todo lo llenan de gente, y es gente, no todas, pero desafortunadamente yo lo he visto, es gente que acapara para vender. O sea, acapara los lotes para vender, y eso es muy grave. Aunque se limiten las áreas de conservación, aunque se limiten, pues es justo, pero vuelvo a lo mismo, llega un abusivo, no nos dan apoyo suficiente para los terrenos, y si a mí me compran a \$2000 el m² de tierra lo pensaría (Comunero).

Según el grupo de funcionarios, las causas de la expansión urbana se relacionan con los programas delegacionales como instrumentos que regularizan asentamientos humanos; con la falta de una política de atención eficaz; con la escasez de vivienda popular en la zona urbana; con la promoción por parte de grupos políticos de asentamientos humanos irregulares; con los intereses económicos relacionados con especulación inmobiliaria y venta de terrenos; con el desdoblamiento natural propio de la dinámica demográfica de los pueblos originarios; y con la falta de cumplimiento de los acuerdos con los líderes de los asentamientos. Un elemento a destacar es que, a pesar de que el SC sea reconocido por parte de los funcionarios como una medida para evitar la expansión urbana con fundamentos jurídicos adecuados, normada mediante el PGOE como instrumento de política ambiental, otros instrumentos de carácter administrativo como los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano se utilizan por parte de las autoridades para legitimar y regularizar asentamientos humanos. Asimismo, la dinámica de ocupación del territorio y la legitimación de esta ocupación mediante los Programas de Desarrollo Urbano, sugieren que los instrumentos ambientales, en los hechos, son subordinados ante el desarrollo urbano y la regularización de asentamientos humanos. Dicha regularización se utiliza como medida de atenuación de descontento social y como método de desarrollo de clientelismo político (Escandón, 2014).

Ya hay disposiciones para, de alguna forma, legalizar lo que se reconoce como asentamiento irregular en los nuevos programas delegacionales. Ya hay un instrumento que les va a poder permitir hacer eso. ¿Qué va a pasar con el suelo de conservación? Pues obviamente se va a perder, ya no van a ser las 88 mil hectáreas, quizá van a quedar como 70 mil, 65 mil (Funcionario).

Los esfuerzos de revisión de ambos instrumentos para buscar compatibilidad entre los criterios ambientales y urbanos que se entremezclan en el SC,

llevados a cabo en las delegaciones de Xochimilco (Wigle, 2014) y Tlalpan (Aguilar y Santos, 2011) han sido poco exitosos.

Lo que está vigente choca entre la ley ambiental y la ley de desarrollo urbano, en el programa delegacional. Chocan porque cada una fue hecha con objetivos diferentes, una con una visión urbanística, de casa, parte de vivienda. La otra con visión totalmente ambientalista, es decir, no me importa que hagan casas. Se tienen que ir (los habitantes)...Entonces chocan esas dos (Funcionario).

Otra idea importante que se extrae de las narrativas de los funcionarios se relaciona con que no hay una política eficaz de vivienda popular en la zona urbana de la ciudad, lo cual produce demanda de terrenos en la periferia urbana, en concreto en el SC, primero por parte de grupos de escasos recursos, no estando ausentes aquellos grupos de mayor poder adquisitivo. Uno de los actores que se menciona por parte de los funcionarios como elemento importante en la problemática del SC, y que no es mencionado por los comuneros, son los desarrolladores inmobiliarios. Estos agentes no actúan solos; son actores que interactúan con autoridades ejidales y comunales, así como con supuestos dueños que están en acuerdo y en complicidad con actores políticos, con muchos intereses económicos que benefician a determinados individuos en detrimento de los intereses de conservación que, se argumenta, benefician a toda la urbe (Escandón, 2014).

Es la necesidad de casa y vivienda; porque allá arriba, en el suelo de conservación consiguen el metro cuadrado de terreno en \$300 o \$400. Las facilidades que tienen allá arriba son hacer pagos poco a poquito, entre 7 y 10 años, como lo hemos demostrado en los archivos que tenemos aquí...Sin necesidad de fiador. Por ejemplo, aquí en la zona urbana, para alguien que quiera comprar un departamento, una casa, le ponen demasiadas trabas y son carísimas. El tener acceso a una casa es muy complicado en la Ciudad de México (Funcionario).

En relación con el eje 4 del PACCM (2014), que menciona *Manejo sostenible de los recursos naturales y conservación de la biodiversidad*, se considera que también es una enunciación simplista, y para argumentarlo se menciona lo siguiente. En cuanto a las políticas y programas gubernamentales, los comuneros las visualizan como programas para el campo insuficientes, mal diseñados e inefectivos, políticas poco relacionadas con dinámicas y necesidades comunitarias que terminan siendo excluyentes, políticas de conservación que restringen actividades agrícolas, e ineficiencia de programas de supervisión y vigilancia por parte de los funcionarios (Escandón, 2014).

Sobre la idea de programas mal diseñados e inefectivos, uno que se menciona de manera recurrente es el programa de reforestación, siendo criticado porque mucha de la labor de las autoridades se da de manera parcial y con mucha ineficiencia, a decir de los comuneros y ejidatarios.

El programa de reforestación de la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA) tiene similitud con el Programa Nacional Forestal de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), en cuanto a los montos de dinero asignados. Si se toman en cuenta las reglas de operación en los componentes de restauración forestal y reconversión productiva, así como el componente de servicios ambientales, se observa que los montos máximos por hectárea son de \$14,800 pesos. Si se los compara con los precios relacionados con la venta de lotes para urbanización (\$300-\$400 pesos/m² mencionados por uno de los funcionarios, o \$2,000 pesos/m² mencionados por uno de los comuneros), para competir con la especulación inmobiliaria se necesitarían montos mínimos del orden de los 3 millones de pesos por hectárea para desincentivar la venta clandestina e ilegal de terrenos (Escandón, 2014).

En opinión de los funcionarios, las políticas y programas gubernamentales de conservación están mal diseñados y aplicados, además de que se verifica una falta de recursos económicos y humanos, instrumentos legales atrasados

y rebasados, faltos de continuidad e ineficientes en el uso de recursos económicos, con pocos beneficios para los dueños de las tierras del SC y con reglas de operación excesivas y complejas. A esto hay que sumarle la falta de coordinación entre autoridades, disputas de poder entre diversas instancias con atribuciones en el SC, así como las lógicas impositivas contrastantes.

En las narrativas de los funcionarios, una idea recurrente –en cuanto a los programas de conservación– es que se catalogan como programas con mal diseño y aplicación. De esta forma, manifiestan lo difícil que es, en términos de credibilidad ante los comuneros, tener programas que se impulsaron durante un periodo administrativo y que luego tienen que desmantelarse porque son más perjudiciales que benéficos en términos ambientales. A decir de los funcionarios, la falta de continuidad de los programas que operan en el SC es un problema que pone de manifiesto, entre otras cosas, la carencia de evaluación de actividades administrativas. La falta de continuidad por cambios administrativos cada tres años en el ámbito delegacional y cada seis años en el ámbito del gobierno de la Ciudad de México, muchas veces va acompañada por modificaciones a las estructuras institucionales. Esto ha implicado una división de atribuciones en cuanto a los temas de producción agrícola y conservación de bosques, que detona una competencia por personal (recursos humanos), por instalaciones y vehículos (recursos materiales), por montos presupuestales (partidas financieras) y nuevas reglas de operación que duplican esfuerzos para la realización de proyectos. Esto pone de manifiesto que las dificultades para los funcionarios en su mayoría son de carácter institucional (falta de políticas, instrumentos de política rebasados, falta de coordinación), así como la falta de conciencia de lo que es el SC para los habitantes urbanos.

La perspectiva de conservación de los funcionarios intenta imponerse mediante el control de recursos financieros y la utilización de información

técnica proveniente de instituciones académicas como parte de las políticas y prácticas de planificación “normativas”, con el fin de obtener posiciones ventajosas en los procesos de negociación con los ejidos y comunidades. Por otro lado, la perspectiva de conservación de los ejidatarios y comuneros está ligada a ser propietarios de la tierra, la organización comunitaria, la identidad para reforzar su legitimidad, la protesta pacífica y a veces no tan pacífica, como toma de oficinas y bloqueo de vías para que se cumplan sus demandas.

Discusión y conclusiones

Para iniciar la discusión retomemos la pregunta: en la formulación de los ejes 2 y 4 del PACCM, ¿qué culturas están confrontadas políticamente? Se puede decir que, en la concepción, el diseño y los mecanismos potenciales de implementación y ejecución del PACCM, se confrontan por exclusión, la cultura global enmarcada en gobernanza normativa y cuya problemática ambiental se relaciona con la mitigación de GEI y, más específicamente, con la contención de la mancha urbana, contra la cultura de pueblos originarios cuyo conflicto principal a resolver es salir de las condiciones de pobreza y marginación en las que viven. Algunos autores atribuyen la ineficiencia de la planificación a enfoques interpretativos inadecuados (Ricci, 2016). Esto incluye la persistencia, en el ámbito regulador, de enfoques impregnados por la “ignorancia asimétrica” y de la posición hegemónica y dominante de la producción científica occidental, que a menudo asume o produce estrategias de universalización y prácticas de exclusión de la producción del conocimiento (Ricci, 2016). Esto es evidente en el PACCM, donde el grupo académico coordinador de dicho documento es el Centro Mario Molina que, como poseedores de los saberes “eruditos”, ni siquiera consideran a los saberes locales, ignorando y omitiendo que gran parte de las estrategias que han permitido hasta ahora la conservación del territorio en el SC y que son

contrarias a la expansión urbana, se relacionan con un importante número de iniciativas comunitarias dinamizadas por acciones que cotidianamente son coordinadas por asambleas comunales y labores de autoridades de bienes comunales.

Para los comuneros, uno de los grandes problemas en la gestión del SC es la falta de consulta amplia con las comunidades y de la toma de acuerdos y decisiones consensuadas entre comunidades y autoridades. De acuerdo con los entrevistados, las autoridades son quienes toman las decisiones determinando qué y dónde se va a conservar, y lo hacen sin tener una comprensión cabal y un conocimiento detallado de lo que sucede en el SC. Las decisiones, explican los comuneros, se toman en función de una idea preconstruida por las autoridades del SC, la cual pocas veces coincide con la realidad que experimentan los habitantes de las comunidades localizadas en el área en cuestión. Esto profundiza la falta de legitimidad de las decisiones gubernamentales y provoca que actores fundamentales que habitan este territorio se sientan excluidos, desconfíen de la autoridad y de su voluntad de atender las demandas y preocupaciones locales.

La falta de estrategias de inclusión de las autoridades hacia los habitantes del SC queda al descubierto en las narrativas de los dueños de la tierra de este territorio. Integrar a la población local en la conservación implica un proceso social y político que recae en el ámbito de la construcción social, generando estrategias de participación. También implica canales de comunicación permanentes y directos entre funcionarios y comuneros, lo cual muchas veces no deja de ser ríspido por la serie de demandas y acusaciones mutuas de incumplimiento entre ambos grupos. La asimetría de poder entre funcionarios y comuneros tiene una de sus manifestaciones en prácticas excluyentes desde la concepción, diseño y establecimiento del SC, así como de la mayoría de los programas que operan en este territorio. Esto cae en la descripción de García

Frapolli (2012) denominada exclusión participativa. Sin embargo, otros grupos como el de la comunidad científica, así como organizaciones ambientalistas, han sido incluidos y han participado de manera activa en la elaboración de diagnósticos, bases de datos biológicas, ecológicas y socioeconómicas de programas tan relevantes como el PACCM.

La instauración de cuatro gobiernos sucesivos de la izquierda partidaria en la Ciudad de México, donde la relación directa de consulta con la sociedad se manifestó desde el primer gobierno perredista en 1998 y promovió una amplia agenda de trabajo dirigida a distintos tipos de organizaciones, así como al abordaje de diversas temáticas, destacando la pretensión de establecer una política integral de relación entre el gobierno y las organizaciones civiles, queda totalmente omitida por una visión tecnocrática impregnada en el PACCM (2014).

El PACCM 2014-2020, vuelve a ser un documento de diseño de política con un enfoque interpretativo impregnado de “ignorancia asimétrica” debido a la forma en que usan conceptos como gobernanza y la forma simplificada en la que tratan la expansión urbana, además de visualizar al SC como una entidad monolítica, que sólo necesita vigilancia, omitiendo totalmente la perspectiva de desarrollo social que es muy necesaria en cuanto a medidas de mitigación de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

Este territorio es clave para la Ciudad de México en cuanto a adaptación y mitigación del cambio climático. Por lo tanto, si no se dinamiza la participación de los propietarios de la tierra a partir de plataformas de acción que fortalezcan las facultades para decidir sobre la gestión y el uso de sus bienes, apuntando a una redignificación de las actividades relacionadas con el manejo de los recursos naturales para los comuneros que habitan el SC, como criterios para romper los esquemas de “ignorancia asimétrica” y las inercias que mantienen procesos políticos clientelares que administran la pobreza periurbana, las

políticas de planeación territorial vinculadas con medidas de adaptación y mitigación del cambio climático se quedarán en bonitos documentos llenos de buenas intenciones.

Referencias

- Aguilar, A.G. 2013. “Sustentabilidad urbana y política urbano-ambiental. La Ciudad de México y el Suelo de Conservación”, en: Aguilar, A.G., y Escamilla, I. *La sustentabilidad en la Ciudad de México. El suelo de conservación en el Distrito Federal*. UNAM/Porrúa. México: 23-66.
- Aguilar, A., y Santos, C. 2011. “‘Informal settlements’ needs and environmental conservation in Mexico City: An unsolved challenge for land use policy”. *Land Use Policy*. 28: 649-662.
- Aguilar, L.F. 2005. “América Latina: sociedad civil, democracia y gobernanza”, en: Pohls, F., y Winkel, P.J. (eds). *El futuro de las organizaciones de la sociedad civil: incidencia e interés público*. Memorias del Coloquio Internacional. DECA Equipo Pueblo, A.C. México: 50-58.
- Álvarez, S., Dagnino, E., y Escobar, A. 1998. *Cultures of politics, politics of cultures. Re-visioning Latin American social movements*. Westview Press. Boulder, Colorado, EUA.
- Banco Mundial. 2015. *Governance Matters. Worldwide Governance Indicators, 1996-2014*. En línea: <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#home> (Consultado: 11 de marzo de 2017).
- Banco Mundial. 1992. *Governance and Development*. En línea: <http://documents.worldbank.org/curated/en/1992/04/440582/governance-development> (Consultado: 11 de marzo de 2017).
- Berrios Navarro, P. 2005. “Las organizaciones civiles y las políticas públicas”, en: Pohls, F., y Winkel, P.J. (eds). *El futuro de las organizaciones de la sociedad civil: incidencia e interés público*. Memorias del Coloquio Internacional. DECA Equipo Pueblo, A.C. México: 25-30.
- Blauert, J., Rosas, M., Anta, S., y Graf, S. 2006. “¿Espacios para la participación o la toma de decisiones? Lecciones para la participación y las políticas en consejos ambientales en México”, en: Isunza Vera, E., y Olvera, A.J. (coords). *Democratización, rendición de cuentas y sociedad civil: participación ciudadana y control social*. H. Cámara de Diputados

- LIX Legislatura. CIESAS-Universidad Veracruzana-Miguel Ángel Porrúa. México: 601-642.
- Bryant, R.L., y Bailey, S. 1997. *Third World Political Ecology*. Routledge. Londres, Reino Unido.
- Delgado, G.C., De Luca, A., y Vázquez, V. 2015. *Adaptación y Mitigación Urbana del Cambio Climático en México*. CEIICH-PINCC, UNAM. México.
- Dodman, D. 2009. “Blaming Cities for Climate Change? An Analysis of Urban Greenhouse Gas Emission Inventories”. *Environment and Urbanization*. 21(1): 185–201.
- Dryzek, J.S., Downes, D., Hunold, C., Schlosberg, D., y Hernes, H. 2003. *Green States and Social Movements: Environmentalism in the United States, United Kingdom, Germany, and Norway*. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.
- Escandón Calderón, J. 2014. *Ecología Política Urbana y Suelo de Conservación en la Ciudad de México: Tlalpan como estudio de caso*. Tesis doctoral. FCPyS-UNAM. México.
- Evalúa D.F. 2011. *La evolución de la Ciudad de México*. Responsable Adolfo Sánchez Almanza. Ciudad de México, México. En línea: <http://data.evalua.cdmx.gob.mx/files/transparencia/2011/evpobcdm.pdf> (Consultado: 11 de marzo de 2017).
- Geddes, M. 2005. “Neoliberalism and Local Governance-Cross-National Perspectives and Speculations”. *Policy Studies*. 26 (3/4): 359-377.
- Gledhill, J. 2000. *Power and its disguises. Anthropological perspectives on politics*. Pluto Press. Londres, Reino Unido.
- Hajer, M.A. 1998. “Ecological modernisation as cultural Politics”, en: Lash, S., Szerszynski, B., y Wynne, B. (eds). *Risk, Environment and Modernity: Towards a New Ecology*. SAGE Publications. Reino Unido: 246-269.
- Hoornweg, D., Sugar, L., y Trejos, C.L. 2011. “Cities and greenhouse gas emissions: moving forward”. *Environment & Urbanization*. 23(1): 207-227.
- INEGI. 2010. “PIB por entidad federativa”. *Banco de Información Económica*. En línea: www.inegi.org.mx (Consultado: 11 de marzo de 2017).
- INEGI. 2006. “Series no actualizadas.” *Banco de Información Económica*. En línea: www.inegi.org.mx (Consultado: 11 de marzo de 2017).

- IPCC. 2014. *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ginebra, Suiza. En línea: <http://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/ipcc/resources/pdf/> (Consultado: 24 de abril de 2017).
- Kooiman, J. 2004. “Gobernar en gobernanza”. *Revista Instituciones y Desarrollo*. 16: 171-194.
- Latour, B. 2004. *Politics of nature. How to bring the sciences into democracy*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, EUA.
- Latour, B. 1998. “To modernise or to ecologise? That is the question”, en: Bruce, B., y Castree, N. (eds). *Remaking reality. Nature at the millennium*. Routledge. Londres, Reino Unido / Nueva York, EUA: 221–242.
- Latour, B. 1993. *We have never been modern*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, EUA.
- Lopez de la Roche, F. 2000. “Aproximaciones al concepto de cultura política”. *Convergencia*. 7(22): 93-123.
- Lucatello, S. 2014. “Cooperación Internacional para el Medio Ambiente (CIPMA): Tendencias actuales y Desafíos”, en: Chanona Burguete, A., y Sosa Núñez, G.S. *Tendencias de la Política Medioambiental en la Unión Europea y América del Norte: ¿Integración o Cooperación?* FCPyS-PINCC, UNAM. México.
- Méndez Ramírez, J.J., Reyes García, F.A., y Becerril Sánchez, T. “La cultura política como dispositivo de poder.” *Quivera*. 11(2): 156-166.
- Natera Peral, A. 2005. “Nuevas estructuras y redes de gobernanza”. *Revista Mexicana de Sociología*. 67(4): 755–791.
- PACCM. 2014. *Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020*. Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal / Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A.C. México. En línea: www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164914/PACCM-2014-2020completo.pdf (Consultado: 11 de marzo de 2017).
- Paulson, S., y Gezon, L. (eds). 2004. *Political ecology across spaces, scales, and social groups*. Rutgers University Press. EUA.
- Paz, F. 2015. “Conflictos socioambientales, cultura política y gobernanza: la cooperación bajo sospecha en el distrito minero de Molango en el estado de Hidalgo”, en: Durand, L., Figueroa, F., y Guzman, M. (eds). *La naturaleza en Contexto: Hacia una Ecología Política Mexicana*. CEIICH-CRIM,

- UNAM / El Colegio de San Luis, A.C. México: 65-95.
- Ravetz, J., Fertner, C., y Sick Nielsen, T. “The dynamics of periurbanization”, en: Nilsson, K., Pauleit, S., Bell, S., Aalbers, C., y Sick Nielsen, T. (eds). *Peri-urban futures: Scenarios and models for land use change in Europe*. Springer. Londres, Reino Unido / Nueva York, EUA.
- Ricci, L. 2016. *Reinterpreting Sub-Saharan Cities through the Concept of Adaptive Capacity*. Springer Briefs in Environment, Security, Development and Peace 26. En línea: www.springer.com/la/book/9783319271248 (Consultado: 19 de abril de 2017).
- Rodríguez López, J.M., Rosso, P., Scheffran, J., y Delgado Ramos, G.C. 2015. “Teledetección del uso sustentable de tierra rural-urbana en la Ciudad de México: un análisis cualitativo para la confiabilidad y validación”. *Interdisciplina*. 3(7): 137-159.
- Romero-Lankao, P. 2007. “Are We Missing the Point? Particularities of Urbanization, Sustainability and Carbon Emission in Latin American Cities”. *Environment and Urbanization*. 19(1): 159–175.
- Romero-Lankao, P., y Dodman, D. 2011. “Cities in transition: Transforming urban centers from hotbeds of GHG emissions and vulnerability to seedbeds of sustainability and resilience. Introduction and Editorial overview.” *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 3(3): 113-120.
- Satterthwaite, D.H. 2008. ““Cities’ Contribution to Global Warming: Notes on Allocation of Greenhouse Gas Emission”. *Environment and Urbanization*. 20(2): 539–549.
- Satterthwaite, D.H., Pelling, M., Reid, A., y Romero-Lankao, P. 2007. *Building Climate Change Resilience in Urban Areas and among Urban Populations in Low-and Middle-income Nations*. Center for Sustainable Urban Development. En línea: <https://pdfs.semanticscholar.org/f178/1e67b354de54baf4e5c12b172608805c84bd.pdf> (Consultado: 24 de abril de 2017).
- Swyngedouw, E. 2004. *Social Power and the urbanization of water. Flows of power*. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.
- Swyngedouw, E., y Kaika, M. 2014. “Urban Political Ecology. Great Promises, Deadlock...and New Beginnings?” *Documents d’Analisi Geografica*. 60/3: 459-481.

- Tejera, H. 2003. *No se olvide de nosotros cuando este allá arriba. Cultura, ciudadanos y campañas políticas en la Ciudad de México*. Miguel Ángel Porrúa Editores / UAM-I / Ibero. México.
- Tejera, H. 1996. “Antropología y cultura política en México”, en: Tejera, Héctor (coord). *Antropología Política. Enfoques Contemporáneos*. INAH / Plaza y Valdés. México.
- Wigle, J. 2014. “The ‘Graying’ of ‘Green’ Zones: Spatial Governance and Irregular Settlements in Xochimilco, Mexico City”. *International Journal of Urban and Regional Research*. 38: 573–89.

**II. ADAPTACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL
EN CIUDADES SENSIBLES AL CAMBIO
CLIMÁTICO: RETOS Y OPORTUNIDADES EN LA
GOBERNANZA URBANA**

CAPÍTULO 4

RIESGOS EN LA CALIDAD DEL AGUA POR EL CAMBIO CLIMÁTICO: TRES ESTUDIOS DE CASO PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

BLANCA JIMÉNEZ CISNEROS
INÉS NAVARRO GONZÁLEZ
RAQUEL MONTES

Introducción

El cambio climático afectará la calidad del agua. A pesar de ello, los estudios para proyectar sus impactos son aún escasos en la literatura (IPCC, 2014), lo que limita las posibilidades para que los gobiernos disminuyan la vulnerabilidad de su población mediante acciones efectivas. Un ejemplo es el Programa de Acción Climática para la Ciudad de México 2014-2020 (Velasco *et al*, 2014). Este programa propone para el tema del agua: (a) el control de fugas en la red de suministro para la Ciudad de México; (b) la conservación del agua en edificios públicos; y, (c) el desarrollo de infraestructura para preservar el agua sólo en el área de conservación. Ello a pesar de que el Programa de Acción señala que la Ciudad de México es altamente vulnerable al cambio climático por diversos aspectos relacionados con el agua. Autores como Escolero *et al* (2009) y Soto *et al* (2009), entre otros, han hecho notar la necesidad de expandir la visión del gobierno para promover medidas de adaptación que incluyan de manera más global los aspectos hídricos, en particular el tema de la calidad del agua.

Por otra parte, es importante destacar que los estudios de impacto por el cambio climático en al agua deben ser realizados a nivel local, no sólo porque los efectos son muy variados y complejos, sino también porque dependen de

las condiciones específicas de cada lugar.

La Ciudad de México padece desde hace varias décadas (CONACYT, 2014) la falta de agua. Si no se comienzan a aplicar acciones para mitigar los riesgos por el cambio climático en la disponibilidad de agua, la situación futura será peor. En este contexto, el objetivo de este capítulo es ilustrar cómo el cambio climático afecta la disponibilidad de agua en la Ciudad de México por el deterioro de su calidad a partir de datos oficiales disponibles. Además, realza la necesidad de contar con datos apropiados para conocer mejor los riesgos. Ello se hace mediante la presentación de los tres casos de estudio siguientes:

- 1) Impacto de los fenómenos de lluvia extrema en la calidad del agua del acuífero de Xochimilco.
- 2) Efecto del aumento de la temperatura en la capacidad de autodepuración del Río Magdalena.
- 3) Evaluación de la vulnerabilidad de la población en seis delegaciones por enfermedades asociadas con el cambio climático, y el efecto de éste sobre la calidad del agua y en las diarreas agudas.

El primer estudio de caso se seleccionó para ilustrar cómo la calidad del agua de la principal fuente de suministro de la Ciudad de México, que es el acuífero, es deteriorada por lluvias intensas. El segundo porque, de acuerdo con la literatura, el incremento de la temperatura atmosférica y del agua a causa del cambio climático disminuye la capacidad natural de autodepuración de los ríos (IPCC, 2014), lo que puede ser crítico para un río urbano que se emplea como fuente de abastecimiento. El tercer estudio fue realizado para conocer la relación del cambio climático con la calidad del agua y las enfermedades diarreicas usando la información y metodologías disponibles, pero ello no se pudo realizar, por lo que se optó por evaluar la vulnerabilidad de la población.

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Esta región cuenta con cerca de 22.4 millones de personas distribuidas entre la

Ciudad de México (8.8 millones de gente) y 40 municipios. Aunque la ciudad ocupa menos del 1% del territorio del país, su población representa cerca del 20% del total. La Ciudad de México genera 18% del producto interno bruto (PIB) del país (INEGI, 2011); a pesar de ello, el 28.7% de la población vive en condiciones de pobreza y sólo 63.8% tiene acceso a servicios de salud. La zona metropolitana emplea 62 m³/s de agua, en su mayoría para fines municipales, aunque también para la industria y el comercio. El agua subterránea es la principal fuente de suministro (dos tercios del abasto) y la zona de recarga del acuífero se encuentra al poniente y sur de la ciudad. El acuífero se encuentra muy sobreexplotado, al grado que la ciudad se hunde en algunas zonas a razón de 30 cm/año. La sobreexplotación tiene diversos efectos negativos como es el daño a edificios por el hundimiento diferencial del terreno, el deterioro de la calidad del agua subterránea y el incremento de fugas de la red de suministro (se pierde más de 35% del agua). La Ciudad de México cuenta con los mejores servicios de agua de toda la zona metropolitana y también con la mayor cantidad de información disponible. Dicha información señala que, aunque a la red de suministro en promedio entran 327 L/hab/d de agua, la gente recibe mucho menos debido a fugas y que la dotación no es igual para todos, ya que la clase social con mayores ingresos recibe más de 1000 L/hab/d en tanto que la gente más pobre sólo 28 L/hab/d. Este último valor se encuentra por debajo del nivel recomendado como derecho humano al agua en la propia legislación de la ciudad (GDF, 2010). Además, el agua no es suministrada a la población de forma continua, ya que el 81.5% de la gente la recibe sólo algunas horas por día, 2.6% cuatro días a la semana, 6.5% tres días por semana, 2.5% dos días por semana y 1.6 % un día por semana (GDF, 2010). Antes de ser distribuida, el agua es potabilizada para el suministro de 94.3% de las casas, pero la operación intermitente de la red hace que la calidad del agua que llega no sea la apropiada. De acuerdo con proyecciones de

cambio climático, para finales del siglo la Ciudad de México experimentará un incremento en la temperatura de 1.3 a 1.9° C y la precipitación pluvial variará en el verano entre 0% y 11% –con lluvias más frecuentes e intensas– y entre 12% y 23% en la época de secas (Escolero *et al*, 2009). Para enfrentar la mayor escasez de agua, pero también una menor confiabilidad en su disponibilidad, se requiere una inversión de \$7,500 millones de dólares en los próximos 10 años (SACM, 2012), de los cuales el 49% deberá ser de inversión directa. Estudios realizados por Escolero *et al* (2009) y Soto *et al* (2009) demostraron que los impactos por el cambio climático se asocian no sólo con la cantidad del recurso sino también con su calidad; por desgracia, hay poca información disponible en este sentido. Finalmente, de acuerdo con el Programa de Acción ante el Cambio Climático 2008-2012 (GDF, 2008), los habitantes de la Ciudad de México son muy vulnerables por la alta dependencia de agua futura a partir de fuentes externas, la elevada densidad poblacional y la baja eficiencia en el uso del recurso.

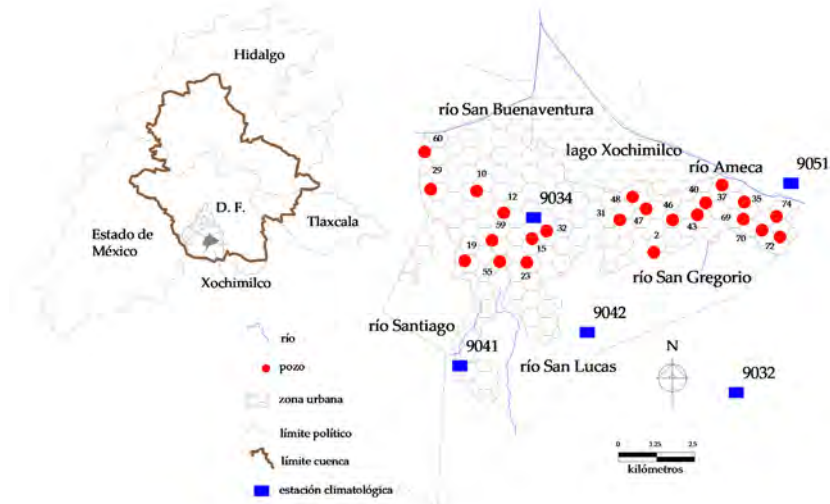
Estudio de caso 1. Impacto de las lluvias extremas en la calidad del agua del acuífero de Xochimilco

Las lluvias intensas causan contaminación en el agua subterránea (Rozemeijer *et al*, 2009). La frecuencia y magnitud de la precipitación pluvial será exacerbada por el cambio climático, pero también por el fenómeno conocido como “isla de calor”. Este fenómeno consiste en el aumento de la temperatura ambiente por actividades urbanas (IPCC, 2014; Jáuregui, 2001). Considerando que en la Ciudad de México el empleo de agua subterránea es vital para el suministro, este trabajo evaluó de forma cuantitativa el efecto del cambio climático en su calidad.

Descripción del sitio

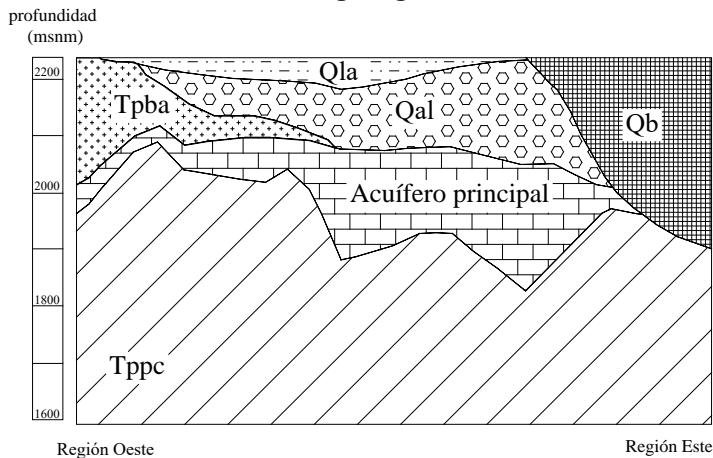
El acuífero de Xochimilco suministra el 7% del agua que se usa para abastecer a la zona metropolitana de la Ciudad de México, pero es prácticamente la única fuente para la población de esta delegación. El acuífero se localiza al sur poniente de la Ciudad de México, dentro de la zona de recarga natural. Tiene una superficie de 125 km², 30% urbana y 70% rural (figura 1). La zona urbana alberga cerca de 400,000 habitantes, industrias, comercios y servicios. En la zona rural, casi todos los 100,000 habitantes emplean fosas sépticas para el saneamiento. La lluvia promedio anual es de 681 mm y es 17% menor que el promedio para el periodo 1951-1980. Sin embargo, el número de lluvias extremas (> 45 mm de precipitación pluvial) han aumentado drásticamente en los últimos 30 años, para pasar de 5-7 eventos por año a más de 20-28 (Jáuregui, 2005).

Figura 1. Zona de estudio de la delegación Xochimilco



El sistema acuífero se compone de un acuitardo superior, un acuífero principal y un acuífero profundo (figura 2). El acuífero superior tiene una profundidad promedio de 20 m, se encuentra en depósitos lacustres cuaternarios y su conductividad hidráulica es de 0.0864-0.000864 m/d. El acuífero principal se encuentra a 400 m de profundidad, es libre y semiconfinado y su flujo es rápido por la alta extracción de agua. La sobreexplotación es de por lo menos 15% de la recarga natural y el nivel piezométrico se encuentra por debajo del acuitardo. La conductividad hidráulica es muy variable (0.0001296 a 30.24 m/d) y la recarga se efectúa por el sur, en donde el suelo y el acuitardo superior son muy permeables (Lesser, 2003). El acuífero profundo está compuesto por capas volcánicas estratificadas y de rocas fracturadas altamente comprimidas, se encuentra a 200 m de profundidad, tiene baja permeabilidad y un coeficiente hidráulico de 31.97 m/d (Ruvalcaba, 2009).

Figura 2. Perfil litográfico del acuífero de Xochimilco con unidades hidrogeológicas



Qla: depósitos lacustres cuaternarios; $k = 0.000864-0.0864$; Qal: Depósitos aluviales cuaternarios; $k = 0.3542-30.24$; Qb: Rocas volcánicas del cuaternario; $k = 1.1232-586.16$; Tppc: Secuencia piroclástica volcánica del Plioceno; $k = 0.1036-31-20$

Fuente: Ruvalcaba, 2009.

Metodología

Datos empleados

La información sobre la precipitación pluvial proviene de cinco estaciones climatológicas reportadas en la metabase CLICOM (DGCOH, 2007). Se analizaron datos de calidad de agua de 79 sitios de monitoreo para el periodo 1980-2007 (SACM, 2008). Se encontró que sólo se contaba con suficientes datos para reflejar los cambios en la calidad del agua con la precisión y significancia requerida para este trabajo para la conductividad y los sólidos disueltos (SDT) en veintitrés de los pozos. Trece de estos pozos están en la parte este del acuífero y diez en la oeste. Desafortunadamente, los datos sobre coliformes fecales, que constituyen un parámetro relevante para reflejar la contaminación fecal, fueron insuficientes para realizar correlaciones directas, por lo que se estableció una correlación indirecta entre este parámetro y los previamente mencionados.

Vulnerabilidad del acuífero

Existen diversos métodos para evaluar la vulnerabilidad de un acuífero. Uno de ellos es el GOD (por sus siglas en inglés, Groundwater hydraulic confinement - Overlaying strata - Depth to groundwater) y sirve para estimar el grado de confinamiento de un acuífero, el tipo de estratos arriba del acuífero, el nivel piezométrico y las características de la zona de recarga. Posteriormente, a partir de estos datos y su combinación con actividades humanas con potencial para contaminar el acuífero se obtiene la vulnerabilidad que puede definirse como: (a) insignificante, si hay barreras naturales o artificiales que detienen los contaminantes; (b) baja, si los efectos son visibles a largo plazo y sólo aplica para compuestos recalcitrantes que continuamente se descargan o lixivian; (c) moderada, si el acuífero es vulnerable sólo a ciertos contaminantes que son descargados o lixiviados de manera continua; (d) alta, si el acuífero es

afectado bajo diversos escenarios pero únicamente por contaminantes con baja capacidad de absorción o transformación; y, (e) extrema, si la mayoría de los contaminantes pueden llegar al acuífero bajo diversos escenarios. Más información sobre este método se encuentra en Foster *et al* (2002).

El tiempo de retardo (t_c) es el tiempo requerido para que los contaminantes se muevan del punto de recarga hasta el punto en el cual el agua es extraída para su uso. El t_c fue calculado para dos escenarios: el primero en condiciones normales de recarga, y el segundo para condiciones de lluvias extremas bajo las cuales la recarga del acuífero ocurre rápidamente. La ecuación (1) empleada fue (Nolan y Hitt, 2006; Alley *et al*, 2002):

$$t_c = S L^2 / k \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde, t_c es el tiempo de retardo en días; S es el coeficiente de almacenamiento igual a 0.2/m; L es el espesor de la capa en m; y k es la conductividad hidráulica (figura 2).

Para relacionar los datos de calidad del agua con los de precipitación extrema, primero se caracterizó esta última por medio de los valores promedios y máximos, así como por su frecuencia. Posteriormente, la precipitación pluvial mensual, la conductividad y los sólidos disueltos totales fueron relacionados usando el modelo Gumbel univariado, estimando los parámetros para la ubicación (α) y para la escala (ν) con el método de máxima verosimilitud. Además, se establecieron correlaciones entre la conductividad y los SDT con las condiciones de lluvia extrema para el periodo 1980-2007 por medio de una regresión lineal simple y con tiempos de retardo (t_o) entre uno y doce meses hasta encontrar el valor que proporcionara el mejor ajuste. La presencia o ausencia de coliformes fecales fue extrapolada para diferentes condiciones de lluvia extrema a partir de los valores asociados con la conductividad y los SDT.

Escenario de cambio climático

La línea de base fue establecida para la precipitación, la conductividad y los SDT con datos de 1980-2007. El escenario A2 de cambio climático se usó para calcular las anomalías de lluvia para los periodos 2011-2030 y 2031-2050 usando datos del modelo SIECCRe (INE, 2011) a una escala 50 x 50 km². Se usó el modelo de series de tiempo autorregresivo y periódico de segundo orden PAR(2) para acoplar las anomalías de la lluvia mensual al escenario de referencia (ecuación 2).

$$PAR(p): z_{v,t} = \varphi_1 z_{v,t-1} + \dots + \varphi_n z_{v,t-p} + \varepsilon_t \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde, φ_i es el coeficiente de autocorrelación; z_t es un valor estándar normalizado; y ε_t es el componente aleatorio o residual del modelo. Además, se calcularon las correlaciones precipitación/conductividad, precipitación/SDT y conductividad/SDT con un intervalo de confianza de 95% para todos los escenarios y usando la función Gumbel mixta (Yue *et al*, 1999). Para ello se usaron los parámetros α_1 , α_2 , v_1 , v_2 de la función Gumbel univariada, añadiendo un parámetro m para considerar la asociación bivariada. Para realizar la estimación de manera conjunta, se usó el proceso iterativo de Newton-Raphson con un valor inicial $m=1$. Con los valores de esos parámetros se estimaron las funciones de probabilidad conjunta $F(y,x)$, condicional $F(y|x)$ y marginal $F(x)$ usando las ecuaciones 3 y 4 y para cada una de las variables (Navarrete *et al*, 2013). El coeficiente de correlación r^2 se estimó para cada una de las funciones para seleccionar aquel que mejor se ajustara a los datos.

$$F(y, x) = \exp \left\{ - \left[e^{-m \left(\frac{x-v_1}{\alpha_1} \right)} + e^{-m \left(\frac{y-v_2}{\alpha_2} \right)} \right]^{1/m} \right\} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$F(x) = \frac{F(y, x)}{F(y|x)} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Finalmente, y considerando los escenarios de cambio climático, los valores de conductividad y de SDT fueron estimados usando la función de probabilidad, el periodo de retardo previamente determinado y la función Gumbel mixta (ecuación 5).

$$x = v_1 - \frac{\alpha_1}{m} \ln \left\{ [-\ln y]^m + e^{-m \frac{hp - v_2}{\alpha_2}} \right\} \quad (\text{Ecuación 5})$$

donde, x e y son las funciones condicionales, conjunta o marginal, de acuerdo con la relación seleccionada; y hp es la precipitación acumulada mensual (mm).

Resultados

Características del acuífero

El acuífero tiene una vulnerabilidad muy diferente al este que al oeste. Por ello, los datos se analizaron por separado para cada una de estas zonas. En la zona este, la vulnerabilidad es alta porque el acuífero no está confinado, hay una gran extracción de agua que induce la infiltración del acuífero superior, el nivel piezométrico es alto y el espesor del suelo es delgado (menor a 1 m). En contraste, en la zona oeste, la vulnerabilidad es baja pues el acuífero es semiconfinado, está cubierto por capas consolidadas y el nivel piezométrico es de 20 m.

En la zona este, la conductividad promedio fue de 568 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los SDT de 425 mg/L y el 10% de las muestras estuvieron contaminadas con coliformes fecales. En la zona oeste, la conductividad resultó de 533 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los SDT de

399 mg/L y menos del 4% de las muestras presentaron coliformes fecales. De acuerdo con los resultados, la probabilidad de encontrar coliformes fecales en la zona este es de 3% para una conductividad por arriba de 400 $\mu\text{S/m}$, de 18% para valores entre 400 $\mu\text{S/m}$ y 700 $\mu\text{S/m}$, y hasta de 19% para valores superiores a 700 $\mu\text{S/m}$. En la parte oeste, no se encontraron coliformes fecales para conductividades menores a 400 $\mu\text{S/m}$, la probabilidad de estar contaminada fue de 7% para valores entre 400 $\mu\text{S/m}$ y 700 $\mu\text{S/m}$, y de 14% para valores superiores a 700 $\mu\text{S/m}$.

Impactos de las lluvias extremas en la calidad del agua

La precipitación pluvial promedio diaria para el periodo 1980-2007 varió entre 7 y 10 mm, con 14-16 días de lluvia por mes. Durante este periodo, ni la conductividad ni los SDT aumentaron significativamente a causa de lluvias extremas acumuladas superiores o iguales a 45 mm, tanto en la parte este como en la oeste y con un intervalo de confianza del 95 por ciento. Sin embargo, la probabilidad de que la calidad del agua se deteriore incrementa para el noveno decil (>180 mm), mismo que corresponde a cuatro días consecutivos de lluvia extrema. La probabilidad de ello varía entre 7 y 16% en la parte este con periodos de retorno de 7-15 meses y de 3 a 7% para la oeste con periodos de retorno de 14-36 meses. Cuando la lluvia acumulada mensual es superior a los 180 mm, lo que sólo ocurre en época de lluvia y con tiempos de retardo (t_0) de cuatro meses (valor con el cual se obtuvieron las mejores correlaciones), la conductividad y los SDT incrementan hasta en 60% en relación con el promedio histórico. Para el periodo 2011-2030, la precipitación promedio anual se incrementó en la parte este en apenas 1.4 por ciento. Sin embargo, las variaciones mensuales fueron más significativas, aumentando hasta en 16% y 30% para los meses de mayo y junio, respectivamente. De manera similar, y aunque se observó un ligero decremento en la precipitación

anual para el periodo 2031-2050, el incremento de la precipitación durante mayo y junio fue mucho mayor, de 12% y 16% respectivamente. Tomando en cuenta estas anomalías, se obtuvieron las relaciones conjuntas y condicionales para la conductividad y los SDT en función de la precipitación en forma mensual, tanto para la línea de base (1980-2007) como para los escenarios 2011-2030 y 2031-2050. Los resultados se muestran en la tabla 1 en función de la precipitación acumulada mensual. Los resultados indican que, para la parte este y una lluvia acumulada mayor de 170 mm, la conductividad para la línea base aumenta por arriba de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los SDT de 500 mg/L con una probabilidad de 25%; para el escenario 2011-2030 los aumentos son de 27% y para el de 2031-2050 de 28 por ciento. Para la zona oeste, se observan estos mismos valores pero para una lluvia acumulada de 200 mm y con una probabilidad menor de 16% para la línea base, 19% para el escenario 2011-2030 y 21% para el de 2030-2050. Los valores de conductividad y de SDT de cuatro meses y diversas condiciones se muestran en la tabla 2.

Tabla 1. Precipitación pluvial extrema y valores máximos observados para la conductividad y los SDT con un tiempo de retardo de 4 meses

Año	<i>Este</i>					<i>Oeste</i>				
	Precipitación extrema mensual (mm)	Conductividad máx. mensual (ms/cm)	% incremento respecto de la media	SDT Máx. mensual (mg/L)	% incremento respecto de la media	Precipitación extrema mensual (mm)	Conductividad máx. mensual (ms/cm)	% incremento respecto de la media	SDT máx. mensual (mg/L)	% incremento respecto de la media
1982	213	987	161%	865	216%					
1984	170	980	159%	800	192%	146	1150	258%	992	291%
1992	160	1100	191%	1700	520%	140	950	196%	902	255%
1994	162	1600	323%	976	256%	141	1007	214%	656	158%
1997	204	1151	204%	808	195%	183	942	193%	780	207%
1998						182	868	170%	650	156%
2001	244	968	156%	780	185%					
2002	204	1250	231%	712	160%					
2003										
2004	257	905	139%	540	97%	202	1200	274%	780	207%
2005	254	1100	191%	750	174%					
Valor histórico promedio	114	378		274		97	321		254	

Tabla 2. Conductividad y SDT en función de la precipitación pluvial mensual acumulada

Precipitación pluvial mensual acumulada (mm)	Parte este											
	Conductividad (µS/cm)						SDT (mg/L)					
	Línea de base		Escenario 2011-2030		Escenario 2031-2050		Línea de base		Escenario 2011-2030		Escenario 2031-2050	
	valor	probabilidad	valor	probabilidad	valor	probabilidad	valor	probabilidad	valor	probabilidad	valor	probabilidad
120	614	34%	560	37%	456	42%	349	42%	409	36%	359	40%
150	781	25%	691	29%	619	32%	439	34%	500	29%	461	32%
170	808	24%	804	24%	858	28%	473	32%	523	28%	501	29%
200	958	18%	844	23%	904	21%	561	26%	604	23%	601	23%
220	1029	16%	905	20%	969	18%	616	23%	645	21%	662	20%
230	1102	14%	955	18%	1034	16%	650	21%	681	19%	702	18%
240	1110	14%	970	18%	1081	14%	674	20%	690	18%	729	17%
250	1147	13%	999	17%	1136	13%	703	18%	710	18%	762	15%
260	1189	12%	1031	16%	1194	12%	734	17%	732	17%	796	14%
Tolerancia (±)	16%		18%		18%		28%		26%		26%	
Precipitación pluvial mensual acumulada (mm)	Parte oeste											
	Conductividad (µS/cm)						SDT (mg/L)					
	Línea de base		Escenario 2011-2030		Escenario 2031-2050		Línea de base		Escenario 2011-2030		Escenario 2031-2050	
	valor	probabilidad	valor	probabilidad	valor	probabilidad	valor	probabilidad	valor	probabilidad	valor	probabilidad
120	525	33%	499	34%	497	34%	268	45%	253	48%	243	49%
150	656	26%	627	27%	622	28%	373	35%	360	38%	353	39%
170	715	23%	686	27%	680	27%	426	31%	417	33%	414	34%
200	831	18%	801	19%	793	21%	538	23%	532	25%	532	26%
220	896	15%	867	16%	858	17%	611	19%	608	21%	612	22%
230	941	14%	911	12%	901	13%	653	17%	651	19%	656	19%
240	961	13%	932	12%	923	13%	689	16%	688	17%	696	18%
250	988	13%	961	11%	952	12%	729	14%	729	15%	738	16%
260	1015	12%	990	11%	981	11%	769	12%	771	14%	782	14%
Tolerancia (±)	17%		18%		18%		25%		28%		29%	

Conclusiones del estudio de caso

La calidad del agua del acuífero de Xochimilco es afectada por las lluvias extremas, pero el impacto depende de la vulnerabilidad específica del acuífero a nivel local. Los efectos no se observan de manera inmediata, sino con un cierto retraso (tiempo de retardo). Para el acuífero de Xochimilco, la parte este es mucho más vulnerable a la contaminación que la parte oeste. Esta información debiera ser usada para planear los asentamientos humanos, la explotación de pozos y el uso del suelo en la región.

Cuando se presentan lluvias extremas consecutivas en un mismo mes, la conductividad y el contenido de SDT en el acuífero se incrementan hasta en un 60 por ciento. En ambos casos, su aumento se asocia con una mayor probabilidad de encontrar coliformes fecales en el agua. La contaminación fecal se observa para la parte este a partir de una precipitación acumulada de 170 mm, mientras que para la oeste es a partir de 200 mm. Bajo condiciones de cambio climático, la probabilidad de deteriorar la calidad del agua se incrementa en 27% y 28% para el 2030 y el 2050, respectivamente, en relación con la línea base en la parte este; mientras que en la del oeste el incremento es de 19% y 21 por ciento.

Afortunadamente, los contaminantes estudiados en este ejemplo pueden ser removidos mediante procesos convencionales de tratamiento. Sin embargo, para ello es necesario, además de contar con la infraestructura apropiada, ajustar las condiciones de operación, reforzando a la par el monitoreo de la calidad del agua durante el periodo de lluvias para asegurar que la producción de agua sea potable.

Estudio de caso 2. Impacto del cambio climático en la capacidad de autodepuración del río Magdalena

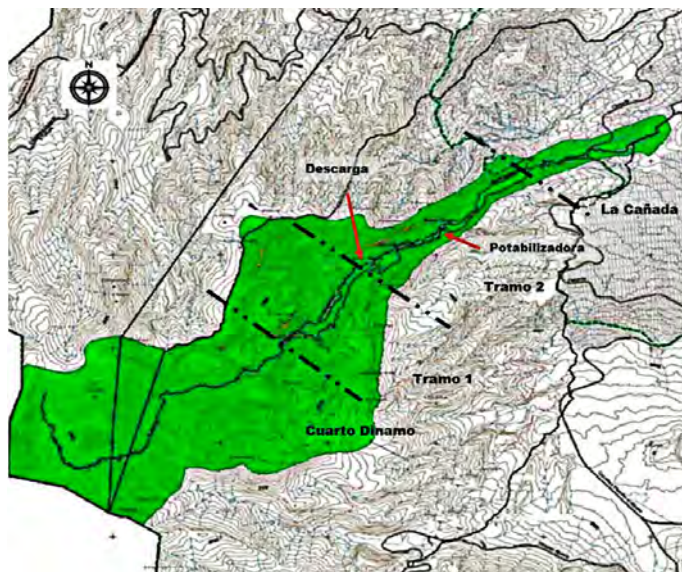
La disminución de la capacidad de autodepuración de los ríos, en particular

de los ríos de montaña, es uno de los impactos que se proyectan por el cambio climático (IPCC, 2014). Ello se debe al decremento en la concentración de oxígeno disuelto en el agua conforme aumenta su temperatura. Para degradar la contaminación orgánica, los microorganismos necesitan oxígeno disuelto y, puesto que la solubilidad decrece con la temperatura, hay menor cantidad de oxígeno disponible para este proceso en condiciones de cambio climático. En la Ciudad de México, la estación de calor coincide con la estación de lluvias; las lluvias generan un mayor arrastre de contaminantes a los ríos por medio de la escorrentía, generando así una mayor demanda de depuración. El siguiente estudio de caso explora el impacto del cambio climático en la capacidad de autodepuración de uno de los pocos ríos de la ciudad de México que corren a cielo abierto y que están limpios. El río se ubica en la zona de montaña.

Descripción del sitio

El río Magdalena se localiza al suroeste de la Ciudad de México, en una zona montañosa de 30 km² de superficie (figura 3). En la parte más alta de la cuenca el clima es frío y semihúmedo, mientras que en la parte baja es templado subhúmedo. La precipitación pluvial varía entre 964 y 1,257 mm/año, y la temperatura va de 9° C a 15° C. El río nace a 3,850 msnm y termina a 2,470 msnm, en donde es entubado en el drenaje que pasa a través de la ciudad. El río tiene una longitud de 21.6 km, de los cuales, los primeros 13 km pasan por una zona forestal protegida. En esta parte, la calidad del agua es muy buena, pero justo saliendo de ella el río comienza a recibir descargas de agua residual. Éstas provienen primero de una zona recreativa y, posteriormente, de diversos asentamientos humanos.

Figura 3. Secciones del Río Magdalena empleadas para el estudio



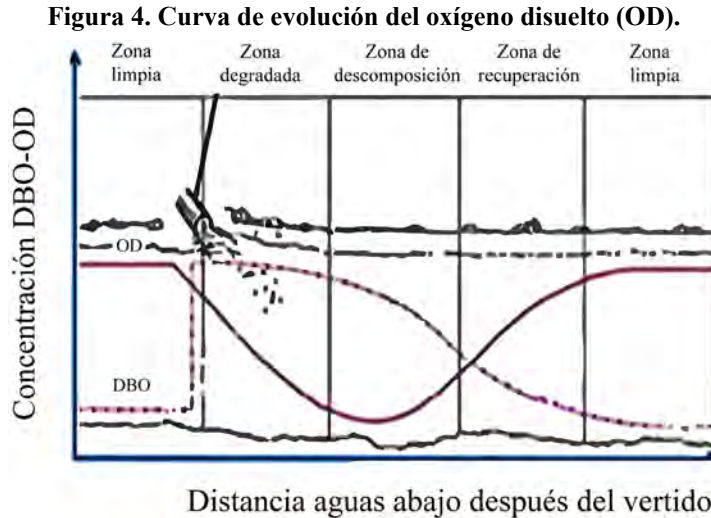
En la parte más alta de la cuenca, la concentración de oxígeno disuelto en el río es de 7.6 mg/L a 9° C. El flujo promedio es de 1 m³/s, pero alcanza valores de hasta 200 m³/s en la época de lluvias (junio a septiembre). En los últimos 2 km del río, en donde todavía el flujo es libre, se extraen 210 L/s para el suministro de 5,600 personas. Antes de su distribución, el agua es tratada mediante coagulación-floculación y cloración. La parte del río analizada en este estudio se encuentra entre el Cuarto Dinamo y La Cañada, es decir entre el km 7 y 13, y abarca la zona recreativa y la obra de toma para la planta potabilizadora.

Metodología

Características de la depuración

El análisis se realizó empleando la teoría de autodepuración (figura 4), de

acuerdo con la cual el oxígeno disuelto del agua es consumido a lo largo del río por microorganismos para biodegradar la contaminación orgánica mediante un proceso de respiración biológica.



Fuente: adaptado de Montgomery (2008).

Este fenómeno fue descrito matemáticamente por Streeter y Phelps en 1925 (Loucks *et al*, 2005), y desde entonces el modelo ha sido completado para incluir otros componentes como la degradación de la materia nitrogenada, el consumo de oxígeno por sedimentos y la re-oxigenación del agua del río. Uno de los modelos más empleados es el que se basa en condiciones de flujo pistón (ecuación 6):

$$D = D_o e^{-k_a x/u} + \frac{k_d L_o}{k_a - k_d} (e^{-k_d x/u} - e^{-k_a x/u}) + \frac{k_n N_o}{k_a - k_n} (e^{-k_n x/u} - e^{-k_a x/u}) + \frac{S}{k_a H} (1 - e^{-k_a x/u}) + \frac{R - P}{k_a} (1 - e^{-k_a x/u}) + \frac{k_d L_b}{k_a}$$

(Ecuación 6)

donde,

D : déficit de oxígeno disuelto o contenido de oxígeno disuelto en el río para un volumen de control dado en condiciones estacionarias y flujo pistón, mg/L

D_o : déficit del oxígeno inicial de saturación en el agua, mg/L

L_o : concentración inicial de materia carbonada medida como DBO, mg/L

L_b : concentración inicial de DBO proveniente de fuentes difusas de contaminación, mg/L

N_o : demanda inicial de oxigenación por el contenido de nitrógeno en la materia orgánica medida como DBO, mg/L

S : demanda de oxígeno por los sedimentos, mg/L

P : producción fotosintética de oxígeno, mg/s

R : sumideros y fuentes de oxígeno por la respiración y fotosíntesis de las plantas acuáticas [macrófitas y fitoplancton (algas) y plantas benthicas adheridas] (Lin, 2001), mg/s

k_a : tasa de re-aereación, s^{-1}

k_b : tasa de remoción de la DBO proveniente de fuentes difusas, s^{-1}

k_d : tasa de re-aereación de la DBO_o, s^{-1}

k_n : tasa de remoción de la DBO_n, s^{-1}

u : velocidad promedio del río, m/s

x : distancia, m

La inspección en campo del sitio de estudio mostró que la ecuación 6 podía ser simplificada al eliminar los términos para la oxidación del nitrógeno (puesto que la concentración de este gas es baja), la respiración de los sedimentos (toda vez que el lecho del río es rocoso) y el de la biodegradación de la contaminación que proviene de fuentes difusas (ya que son bajas en el tramo del estudio). El suministro adicional de oxígeno por plantas acuáticas fue también descartado, dado que hay poca vegetación dentro del río y se carece de datos sobre la actividad fotosintética. Se obtuvo así la ecuación 7. Además, para respetar las condiciones del modelo referente al flujo pistón, el río se dividió en dos tramos (figura 4).

$$D = D_o e^{-k_a x/u} + \frac{k_d L_o}{k_a - k_d} (e^{-k_d x/u} - e^{-k_a x/u}) \quad (\text{Ecuación 7})$$

donde, para el primer tramo las tasas de biodegradación (k_d) y de reaeración (k_a) a 20° C fueron de 225 d⁻¹ y 1.5 d⁻¹ para el primer tramo y de 0.671 d⁻¹ y 0.69 d⁻¹ para el segundo (Peavy *et al*, 1985). Para ajustar los valores de las tasas a las diferentes temperaturas ambientales se usó la ecuación de Arrhenius (Metcalf y Eddy, 2003) con un factor de corrección $\theta_d = 1.056$ para k_d y de $\theta_a = 1.024$ para k_a (Schnoor, 1996). La velocidad del río se estimó a partir del caudal, la sección transversal y la profundidad, usando datos obtenidos durante la campaña de medición.

En total se realizaron cuatro campañas de monitoreo cubriendo la época de lluvias y de sequías durante 2010 y 2011, considerando nueve puntos de monitoreo. Para calibrar el modelo de Streeter y Phelps, se tomaron datos de la concentración de oxígeno disuelto (OD), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno total (NT) y nitrógeno amoniacal (N-NH³⁺). Para los análisis, se emplearon los métodos del AWWA, APHA, WEF (2012), en general. Se usó el detector HACH Sension 156 para medir el oxígeno disuelto, y el detector 10031 HACH para el nitrógeno. Todos los análisis se realizaron por duplicado, con excepción de los de la DBO, los cuales se hicieron por triplicado. Además, se recogieron datos de la temperatura atmosférica y del agua a lo largo del río, encontrando que hay un incremento de la temperatura de 6.5° C por cada kilómetro menor de elevación del río, lo que concuerda con la literatura (Figueruelo y Davila, 2004).

Escenario Base

Se construyó la línea base (sin cambio climático) para el 2020 y el 2050 a partir de datos históricos y experimentales. Para ello se usaron bases de

datos para la temperatura atmosférica y la precipitación que cubren 30 años (1967-2007) de la estación climatológica No. 9020. Los valores máximos históricos mensuales de la temperatura atmosférica fueron relacionados con la temperatura mensual del agua para hacer las proyecciones de la temperatura máxima del agua ($T_{\max-r}$). Usando datos históricos de 1968 a 2007 se estableció una relación lineal entre temperatura del agua y la del ambiente. *Grosso modo*, la temperatura del agua resultó ser 1.5 veces la del ambiente.

Usando series de tiempo se hicieron proyecciones para la precipitación pluvial; con estos datos y usando la ecuación de Manning se obtuvieron los valores para el caudal en el río (Q), la profundidad (Y) y la velocidad promedio (v). A partir de datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, para la estación del Cuarto Dinamo y el periodo 2000-2008 se establecieron relaciones entre diferentes parámetros de calidad de agua, como la DBO, el OD, la temperatura, y el caudal.

La cantidad de agua proveniente de las descargas del área recreativa se estimó considerando el número total de visitantes por año (13,000 personas por mes; PUEC-UNAM, 2008), la tasa anual de crecimiento del turismo de 2.4% (Banco Mundial-SECTUR, 2005), y la cantidad de agua suministrada de 40 L por persona por día (Walski *et al*, 2003). Así, se obtuvo un flujo total de descarga para el 2020 de 0.8 L/s y de 1.1 L/s para el 2050. El contenido de materia orgánica en este flujo se estableció igual a 30 mg/L de DBO, ya que éste es el valor establecido por la norma mexicana para descargas de aguas residuales en las condiciones de este estudio (NOM-001-SEMARNAT-1996).

Escenarios de cambio climático

Los escenarios A1B, B1 y A2 se emplearon junto con los modelos de circulación ECHAM y HADCM por ser los apropiados para las condiciones de México. Los valores para las anomalías de temperatura y de precipitación para el 2020

y el 2050 (como porcentaje mensual promedio para los periodos 2011-2040 y el 2041-2070) fueron obtenidos de Pacific Climate Impact Consortium (Platform PCIC: www.pacificclimate.org/tools/select), usando las regiones y métodos de *downscaling* propuestos por Douglas para México (Conde y Gay, 2008). Para detectar las condiciones bajo las cuales la capacidad de autodepuración del río cambiaba, se calculó el contenido de OD y DBO en el río, así como la cantidad total de materia orgánica removida.

Resultados

Un resumen de los resultados del estudio en campo sobre la calidad del agua, el caudal (Q), la velocidad (v) y la profundidad del agua en el río (Y) se muestran en la tabla 3; éstos fueron los datos empleados para calibrar el modelo. Se encontró que, durante la época de lluvias, el flujo del río se puede incrementar hasta en tres veces el flujo promedio.

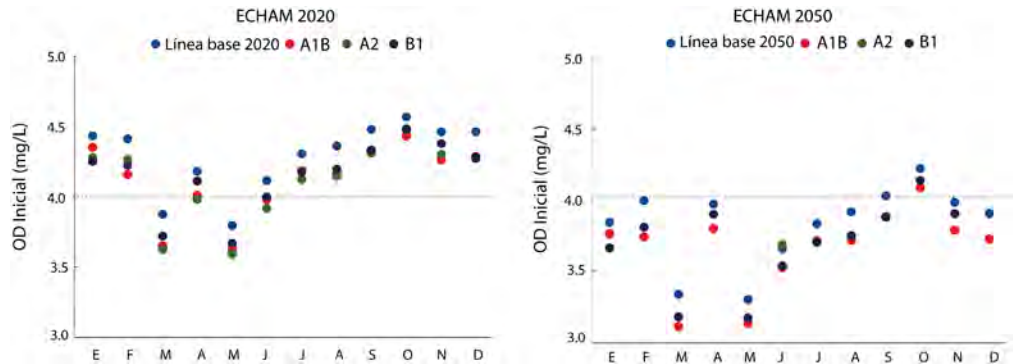
Tabla 3. Características promedio del Río Magdalena durante el periodo de monitoreo 2010-2011 en campo

Tramo del río	Estación	T_{agua} °C	DBO mg/L	OD mg/L	Q m ³ /s	v m/s	Y M
1 (3072 msnm)	Seca	13.7	9.9	4.6	0.2	0.25	0.13
	Lluvias	12.0	4.7	8.1	0.7	0.41	0.28
2 (2568 msnm)	Seca	16.8	8.9	3.6	0.3	0.29	0.16
	Lluvias	12.0	2.6	8.0	1.3	0.51	0.40

Usando la ecuación de Streeter y Phelps, se encontró que en promedio el río eliminó 54% y 76% de la DBO durante la época de sequías en 2010 y 2011, respectivamente, mientras que para la de lluvias (julio a septiembre) la remoción resultó negativa, de 18% y 12% para esos mismos años. Ello se debe a que, durante la época de lluvias, la carga orgánica contaminante por eliminar aumenta. En efecto, mientras que en la época “de secas” el río sólo recibió 19-49 kg DBO/d, en la de lluvias la carga se incrementó a 98-164 kg/d. En ambos casos, los valores permanecieron por debajo del valor considerado como tolerable para el río de acuerdo con las normas nacionales, cuyo valor es de 345 kg DBO/d (para una DBO de 30 mg/L). Esta variación estacional de la carga contaminante provoca, de la misma manera, un aumento en la carga que entra a la potabilizadora durante las dos estaciones, siendo para la época de sequías de 27-74 kg/d y de 195-316 kg/d para la de lluvias.

Considerando los tres escenarios de cambio climático, la temperatura atmosférica para el 2020 incrementa entre 0.2 y 2.4° C y, consecuentemente, la del agua entre 0.4 y 2.7° C. La precipitación pluvial también se modifica con tendencia a ser mayor en la época “de secas”, al igual que la velocidad del río. La figura 5 muestra que la concentración de oxígeno disuelto en el inicio del tramo en estudio varía a lo largo del año para todos los escenarios y también para la línea base. Sin embargo, se observa que, para todos los escenarios, es común que la concentración de OD en el río se encuentre por debajo del límite para la vida acuática de 4 mg/L en la época de sequías cuando la temperatura es menor. Resultados similares se obtuvieron empleando los modelos ECHAM y HADCM (los resultados no se muestran).

Figura 5. Proyecciones con el modelo ECHAM de la concentración de oxígeno disuelto inicial en mg/L, indicando un valor de 4 mg/L como el valor mínimo aceptable para la vida acuática.



La tabla 4 muestra que el promedio anual de la concentración inicial de oxígeno disuelto es de 4.3, 4.1, 4.1 y 4.2 mg/L en 2020 para la línea base y los escenarios A1B, A2 y B1, respectivamente, usando el modelo ECHAM.

Las proyecciones para 2020 y 2050 de la remoción de la materia orgánica para diferentes escenarios (tabla 5), muestran que los valores son similares para todos los escenarios. Sin embargo, existen variaciones mensuales, siendo algunos valores incluso negativos durante la época de lluvias. El menor volumen y velocidad del agua en el río explica las eficiencias de remoción más altas observadas en la época de sequía, ya que favorecen un mayor tiempo de retención hidráulica para lograr la degradación biológica en el río. En tanto que en la época de lluvias, el mayor volumen de agua que ingresa al río provoca una carga contaminante mayor a la vez que el tiempo de retención hidráulica es menor, lo que, en principio, conduciría a pensar en una menor capacidad de autodepuración.

Tabla 4. Contenido inicial de oxígeno disuelto en el río en mg/L para el 2020 con el modelo ECHAM

MES	Línea base 2020	A1B	A2	B1
1	4.4	4.4	4.3	4.3
2	4.4	4.2	4.3	4.2
3	3.9	3.7	3.6	3.7
4	4.2	4.0	4.0	4.1
5	3.8	3.6	3.6	3.7
6	4.1	4.0	3.9	4.0
7	4.3	4.2	4.1	4.2
8	4.4	4.2	4.2	4.2
9	4.5	4.3	4.3	4.3
10	4.6	4.4	4.5	4.5
11	4.5	4.3	4.3	4.4
12	4.5	4.3	4.3	4.3
Promedio	4.3	4.1	4.1	4.2

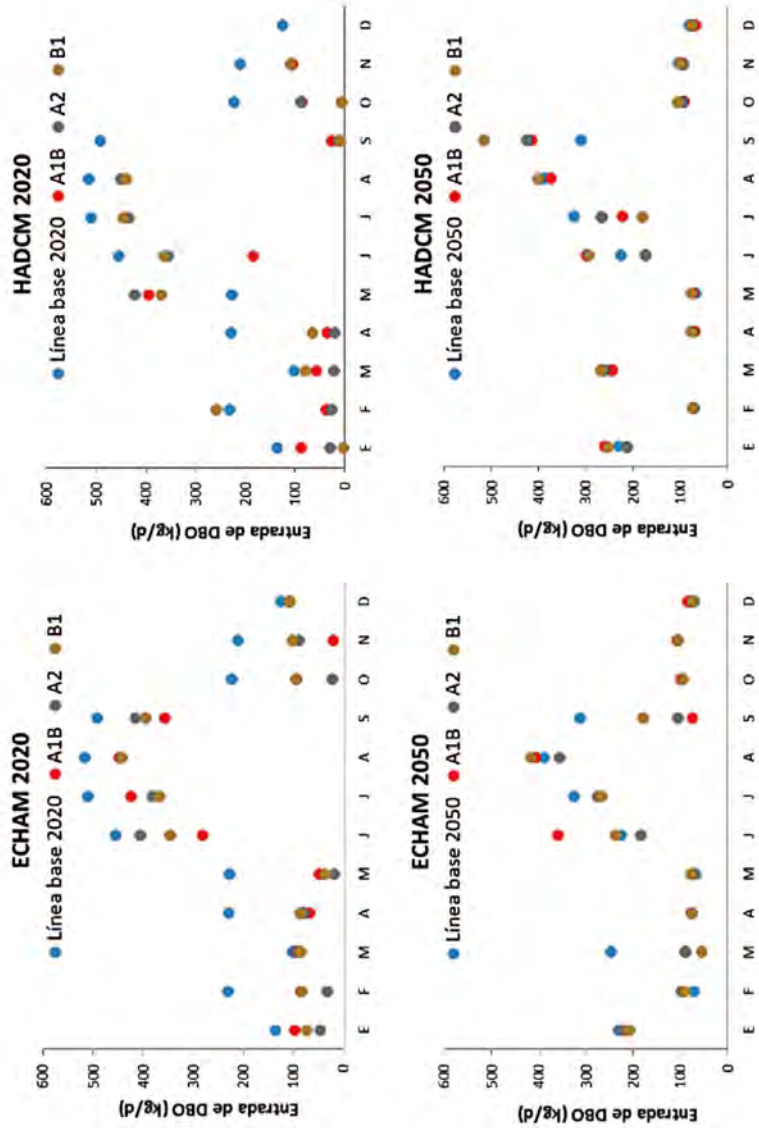
Tabla 5. Remoción mensual de la DBO como porcentaje para diferentes escenarios de cambio climático y modelos

MES	2020							2050						
	BS	ECHAM			HADCM			BS	ECHAM 2050			HADCM 2050		
		A1B	A2	B1	A1B	A2	B1		A1B	A2	B1	A1B	A2	B1
1	23	13	-29	61	26	29	21	12	14	13	61	39	17	21
2	-30	64	83	52	52	85	75	61	36	31	52	24	61	75
3	22	-17	43	32	22	21	20	10	44	40	32	63	9	20
4	73	37	57	53	70	89	70	58	58	59	53	7	61	70
5	69	42	90	80	81	90	66	63	60	62	80	60	59	66
6	-57	-59	-54	-44	-55	-52	-57	-60	-54	-59	-44	12	-59	-57
7	-42	-43	-35	-33	-34	-31	-32	-25	-15	-15	-33	62	-12	-32
8	-57	-51	-51	-54	-47	-45	-50	-56	-53	-23	-54	60	-36	-50
9	-61	-61	-58	-60	-53	-51	-56	-60	-68	-66	-60	-55	-42	-56
10	96	75	88	43	86	94	95	32	29	35	43	-3	37	95
11	44	84	47	30	50	49	96	10	-11	1	30	-31	33	96
12	-8	74	-10	-6	17	5	7	53	51	62	-6	-47	59	7
Promedio	6	13	14	13	18	24	21	8	8	12	13	16	16	21

BS: Escenario Línea Base

La figura 6 muestra que, para todas las condiciones con cambio climático, la concentración total de materia orgánica que entra a la potabilizadora se mantiene por debajo de la carga tolerable de 345 kg DBO/d (30 mg/L de DBO). Ello ocurre incluso para valores de DBO a la entrada elevados. Los resultados para las épocas de sequía y de lluvias, son consistentes con los valores observados durante la campaña de monitoreo 2010 y 2011. Se encontró una concentración promedio de 48 kg DBO/d como carga de entrada durante la época sequía, por lo que las condiciones de operación de la potabilizadora son mejores que en la época de lluvias, donde la carga que entra es de 227 kg DBO/d. Para los escenarios 2020 y 2050 las cargas estimadas para la estación seca son de 89 y 110 kg DBO/d, respectivamente, representando un incremento de 1.8 y 2.3%, en cada caso, en relación con los valores de referencia. Para la época de lluvias, la carga promedio estimada fue de 394 y 296 kg DBO/d, respectivamente, por lo que el aumento es de 1.7 y 1.3% en relación con el valor medio (kg/d de DBO). Más aún, para el 2050 cuando la precipitación aumenta, la carga entrante a la potabilizadora está aún por debajo del valor del 2010.

Figura 6. Carga orgánica mensual entrando a la potabilizadora medida como DBO empleando los modelos ECHAM y HADCM para las proyecciones al 2020 y 20250.



Aplicación de la metodología desarrollada al Río Coatzacoalcos

Para comparar los resultados, Montes *et al* (2013) emplearon esta misma metodología para un río mucho más grande ubicado en una zona tropical: el Río Coatzacoalcos. Este río tiene 315 km de longitud y un flujo de 415 m³/s. Se localiza al sur del estado de Veracruz y será afectado por el cambio climático no sólo por el aumento de la temperatura y las variaciones de la precipitación pluvial, sino también por la elevación del nivel del mar. Además, uno de los segmentos del río ha sido catalogado como el más contaminado de México. Para realizar el análisis, se usaron datos para el periodo 1997-2007 de OD, DBO, nitrógeno (nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal), además de otros parámetros para los 20 km finales del río, antes de descargar al Golfo de México. En esta zona se cuenta con tres estaciones de monitoreo. Se usaron registros para la precipitación pluvial y la temperatura desde el año 1945. La disponibilidad de datos se resume en la tabla 6. Como era de esperarse, hay mucha más información sobre el clima que para la calidad del agua. Más aún, la frecuencia de monitoreo de la calidad del agua fue inconsistente.

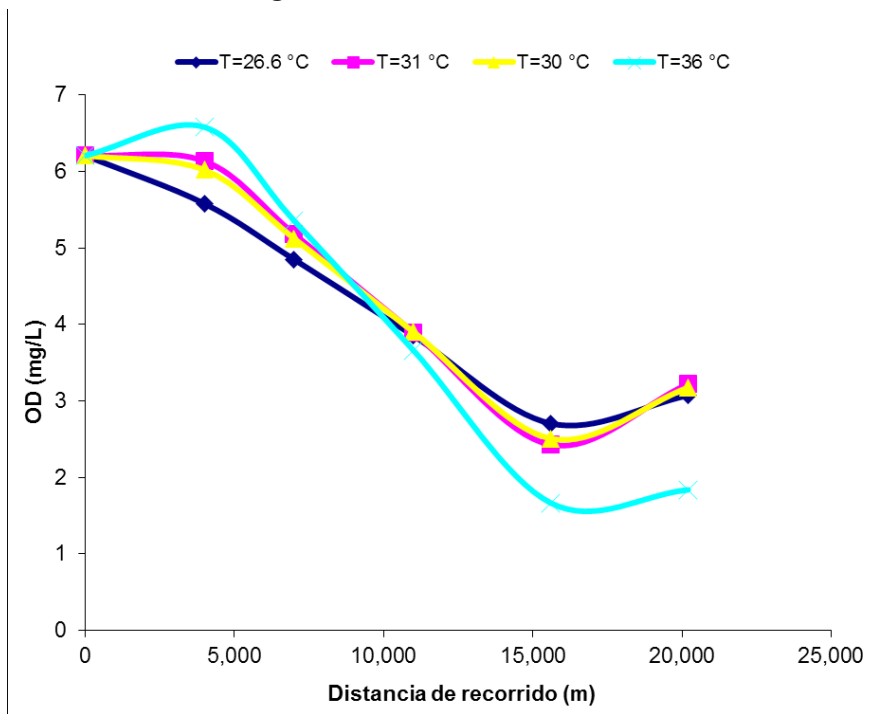
Tabla 6. Número de datos empleados para el estudio del río Coatzacoalcos para el periodo 1997-2007

DBO	OD	DQO	Nitrógeno	Temperatura	Precipitación
50	48	42	25	7,260	7,295

El modelo se aplicó considerando las características típicas del río, es decir, velocidad del agua de 0.1 a 1 m/s, flujo promedio de 465 m³/s, profundidad de 5 m, concentración inicial de OD de 6.2 mg/L y descargas de agua residual al río con DBO de 300 mg/L. Se encontró que la temperatura promedio del río, de 26.6° C, se incrementa por el cambio climático en 5° C, condición ante la cual el oxígeno disuelto en el río disminuye a sólo 2 mg/L, que es un valor por

debajo de la concentración crítica para la vida acuática de 4 mg/L (figura 7). Se pudo observar también que a temperaturas mayores del agua no sólo el OD inicial disminuye, sino que se consume mucho más rápido, por lo que el río tarda mucho más en recuperarse de la contaminación. Este resultado muestra que, para un río en zonas tropicales y con mayor profundidad, la temperatura sí resulta un factor limitante para la autopurificación, puesto que la capacidad de reaeración del flujo es mucho menor.

Figura 7. Efecto de la temperatura en la concentración de oxígeno disuelto en el río Coatzacoalcos



Conclusiones del estudio de caso

La concentración máxima de oxígeno disuelto en un río, como apunta la literatura, depende de la temperatura del agua, siendo menor a mayor temperatura. Sin embargo, como es un proceso dinámico, su concentración depende también de la capacidad de reaeración del agua. Esta disolución del oxígeno es función de la turbulencia del río, la cual depende a su vez de la velocidad del agua, la profundidad del río y de las condiciones de mezclado. Todas estas condiciones se encuentran directamente relacionada con la precipitación pluvial. Dado el tamaño y flujo del río Magdalena, las condiciones de reaeración dominan sobre las de la temperatura en la concentración del oxígeno disuelto, por lo que el río no pierde su capacidad de autodepuración aun cuando la temperatura del aire y la del agua se eleven. En cambio, en el río Coatzacoalcos, que es un río mucho más grande y profundo y se ubica en un ambiente cálido, el impacto de una mayor precipitación en la reaeración no se observa y el río pierde capacidad de autodepuración conforme su temperatura aumenta. Así, este ejemplo muestra que el impacto del cambio climático en este fenómeno depende de las condiciones locales.

Estudio de caso 3. Enfermedades hídricas y calidad del agua

Qué tanto una población es afectada por las enfermedades hídricas depende del grado de contaminación del agua, pero también de su propia vulnerabilidad. Dado que el cambio climático aumenta el riesgo por enfermedades hídricas, este estudio buscó, primero, relacionar las diarreas agudas con la calidad del agua y el clima y, posteriormente, buscar esta relación de manera indirecta por medio de la evaluación de la vulnerabilidad de la población a las enfermedades hídricas asociadas con el cambio climático en seis delegaciones de la Ciudad de México (Osnaya, 2013).

Antecedentes

En la Ciudad de México, las diarreas agudas son la sexta causa de morbilidad en niños. Las diarreas se asocian con la carencia de servicios de agua y la pobreza, y tienen un patrón estacional, siendo más frecuentes en la época de calor y de lluvias. La precipitación pluvial intensa es causa del arrastre de patógenos y parásitos a las fuentes de agua, constituyendo un riesgo (Hammond y Pryce, 2007). En la Ciudad de México, las diarreas agudas (EDA) incrementan 15% en la estación de calor y de lluvias (GDF, 2009). Las EDAs provocan pérdidas económicas cuando se pierden días de trabajo, se incurre en gastos médicos o hay menor derrama económica en sitios turísticos, en restaurantes y en otras actividades donde impactan. Para la gente pobre, el costo es aún mayor ya que un día sin trabajo representa un día sin ingresos económicos. Los costos únicamente por consultas médicas y hospitalizaciones ascienden a 35 USD/evento-enfermedad (Chacón y Leal, 2006). La diferente afectación por los efectos de cambio climático en la población se mide por medio de la evaluación de la vulnerabilidad. La vulnerabilidad es una condición sistémica multifactorial, multisectorial, multitemporal y multiescala (IPCC, 2007 y 2012).

Descripción del sitio de estudio

La Ciudad de México cuenta con 16 delegaciones, de las cuales seis se emplearon para este estudio (Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Milpa Alta y Xochimilco) (figura 8). Las delegaciones se seleccionaron para poder comparar la vulnerabilidad entre ellas, ya que tienen condiciones sociales y económicas distintas (tabla 7). Además, para ellas se cuenta con información sobre calidad del agua y diarreas agudas.

**Figura 8. Ciudad de México y sus 16 delegaciones
(las que fueron parte del estudio se muestran en color)**



Las condiciones climáticas y los servicios de agua en las delegaciones se muestran en la tabla 8. Como referencia, la cobertura de agua para toda la ciudad es del 94.3% y es un valor superior al promedio en el país, el cual es de 86.7%. Tanto en estas delegaciones como en el resto del país, existe un serio problema en la continuidad en el servicio ya que el suministro se realiza de forma irregular.

Metodología

La mayor parte de la información usada provino del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM, 2008) con excepción de los datos sobre salud que se obtuvieron del Ministerio correspondiente. Las bases de datos de la calidad del agua contienen 15 parámetros; de éstos, siete (pH, sólidos disueltos totales SDT, dureza total, coliformes totales CT, coliformes fecales CF, turbiedad y cloro libre residual) fueron seleccionados para el estudio por su relevancia. Puesto que las bases de datos de salud sólo cubrían el periodo 1995-2008, se usó este mismo periodo para seleccionar los datos de calidad de agua en 202 pozos. Diez enfermedades catalogadas por el *10th International Classification of Diseases* (CVE-CIE10, WHO) fueron elegidas para el estudio, mismas que fueron reagrupadas en seis categorías: (a) fiebre tifoidea (A01.0); (b) giardiasis (A07.1); (c) hepatitis aguda A (B15); (d) infecciones intestinales y enfermedades causadas por otros tipos de organismos no identificados (A04, A08, A09); (e) paratifoidea y salmonelosis (A01.1, A01.4, A02); y (f) shigelosis (A03).

Tabla 7. Principales características de las seis delegaciones estudiadas

Delegación	Superficie km ²	Población total	Población				Casas Habitación	
			% con seguridad alimentaria	% sin acceso a servicios de salud	% económicamente activa	% alfabeto mayor de 15 años	% conectadas a la red de suministro de agua	% conectadas al drenaje
Á. Obregón	96,2	727,034	8.5	30	58.9	97.2	96.2	97.2
Cuajimalpa	74,6	186,391	8.1	31	47.2	97.0	93.4	95.7
M. Contreras	74,6	239,086	9.2	33.1	47.2	97	93.4	95.7
M. Hidalgo	47,0	372,889	3.0	23.8	52.8	96.9	94.1	94.1
Milpa Alta	228,4	130,582	12.5	46.3	69.7	98.4	82.6	96.3
Xochimilco	122,0	415,007	9.6	43.2	47.6	96.5	87.1	96.1

Fuente: INEGI, 2011

Tabla 8. Datos relevantes sobre clima y servicios de agua en las seis delegaciones, con información de GDF (2010) y SSDF (2008).

Delegación	Temperatura promedio, °C		Precipitación pluvial promedio, mm	Dotación de agua	Frecuencia de suministro*		Infección intestinal
	Media	Min-Máx (MAX)			Media (MAX)	L/hab/d	
Á. Obregón 1976 -2007	12.0	9.6-24.1 (30.5)	2.4 (13.0)	391	90.3	2.6	7 ^a / 20 ^a
Cuajimalpa 1965 -2009	8.5	4.6-15.4 (27.8)	3.5 (31.5)	525	90.3	2.6	--/13 ^a
M. Contreras 1967-2009	10.7	8.1-22.9 (31.6)	2.8 (15.5)	414	78.7	5.6	--/19 ^a
M. Hidalgo 1977 -2008	11.5	9.3-24.6 (30.8)	2.5 (11.3)	478	94.0	1.7	--
Milpa Alta 1929 -2009	11.6	9.0-21.7 (32.5)	2.1 (13.6)	231	70.0	12.5	--
Xochimilco 1965- 2008	11.6	8.3-25.3 (36.7)	1.5 (7.3)	214	70.0	12.5	6'/--
Ciudad de México				327	N.D.	N.D.	--/19 ^a

* No incluye la población con acceso 5, 4, 2, o 1 día por semana ND: NO hay datos

MAX: Máximo absoluto mensual

** Clasificación para la población infantil/ o población total

La metodología empleada para asociar los efectos en la calidad del agua y el clima, consistió de tres etapas: (a) el análisis de los datos de clima, calidad del agua y enfermedades para cada una de las seis delegaciones; (b) establecimiento de correlaciones entre clima, calidad de agua y enfermedades diarreicas agudas; y (c) estimación del índice de vulnerabilidad por delegación para los años 1995, 2000, 2005 y 2010.

Los datos de coliformes fecales positivos o negativos fueron transformados

en valores numéricos determinados como 1 y 0. Las correlaciones entre los diversos parámetros se establecieron usando el paquete estadístico StatWizard, 4ª versión. El índice de vulnerabilidad se calculó empleando el método propuesto por ICRISAT (2009) usando los indicadores siguientes:

- Para la exposición: coliformes fecales, coliformes totales, turbiedad, temperatura máxima mensual y precipitación pluvial.
- Para la sensibilidad: población total, población en condiciones de inseguridad alimentaria, población sin acceso a servicios de salud y total de casos de enfermedades hídricas reportadas.
- Para la capacidad de adaptación: población alfabetizada, población económicamente activa, casas habitación con conexiones de agua y drenaje.

La información para los indicadores de sensibilidad y de capacidad de adaptación se obtuvo a partir del censo nacional de población más reciente (INEGI, 2011). Los valores para los indicadores fueron estandarizados entre 0 y 1 usando MS-Excel, suponiendo que todos los indicadores, con excepción del de la capacidad de adaptación, se relacionan de manera positiva con la vulnerabilidad. Para las correlaciones positivas la estandarización se efectuó empleando la ecuación 8:

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - \text{Min}_i\{x_{ij}\}}{\text{Max}_i\{x_{ij}\} - \text{Min}_i\{x_{ij}\}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

donde X_{ij} es el indicador estandarizado entre $0 \leq X_{ij} \leq 1$, con valor de 1 como máximo y 0 como mínimo; X_{ij} es el indicador j para la delegación i .

Para las correlaciones negativas, la estandarización se realizó con la ecuación 9:

$$x_{ij} = \frac{Max_i\{X_{ij}\} - X_{ij}}{Max_i\{X_{ij}\} - Min_i\{X_{ij}\}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

El peso w_j para cada indicador j se estimó con la ecuación 10, de acuerdo con Iyengar y Sudarshan (1982), donde $i = 1, \dots, 6$ representa las delegaciones; k es el indicador en evaluación ($j = 1, \dots, k$); y $var_i(X_{ij})$ es la varianza del conjunto de los valores X_{ij} para el indicador j estandarizado para cada delegación i estudiada.

$$w_j = \frac{c}{\sqrt{var_i(X_{ij})}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Además, se supuso que la suma de todos los pesos asignados debía cumplir con la ecuación 11, usando c como el parámetro de estandarización estimado con la ecuación 12.

$$\sum_{j=1}^k w_j = 1 \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$c = \left[\sum_{j=1}^k \frac{1}{\sqrt{var_i(X_{ij})}} \right]^{-1} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Finalmente, el índice de vulnerabilidad de la delegación i (IV_i) se calculó como la suma de todos los pesos (w_j) multiplicado por el indicador estandarizado (X_{ij}) para los indicadores j evaluados, de acuerdo con:

$$IV_i = \sum_{j=1}^k w_j X_{ij} \quad (\text{Ecuación 13})$$

El valor obtenido para la vulnerabilidad (IV_i) se clasificó como: (a) muy baja ($0 \leq IV_i < 20^\circ$ percentil); (b) bajo ($20 \leq IV_i < 40^\circ$ percentil); (c) moderado ($40 \leq IV_i < 60^\circ$ percentil); (d) alto ($60 \leq IV_i < 80^\circ$ percentil); y e) muy alto ($80 \leq IV_i < 100^\circ$ percentil). Cada categoría para el índice de vulnerabilidad estimado se determinó usando una función de distribución probabilística beta.

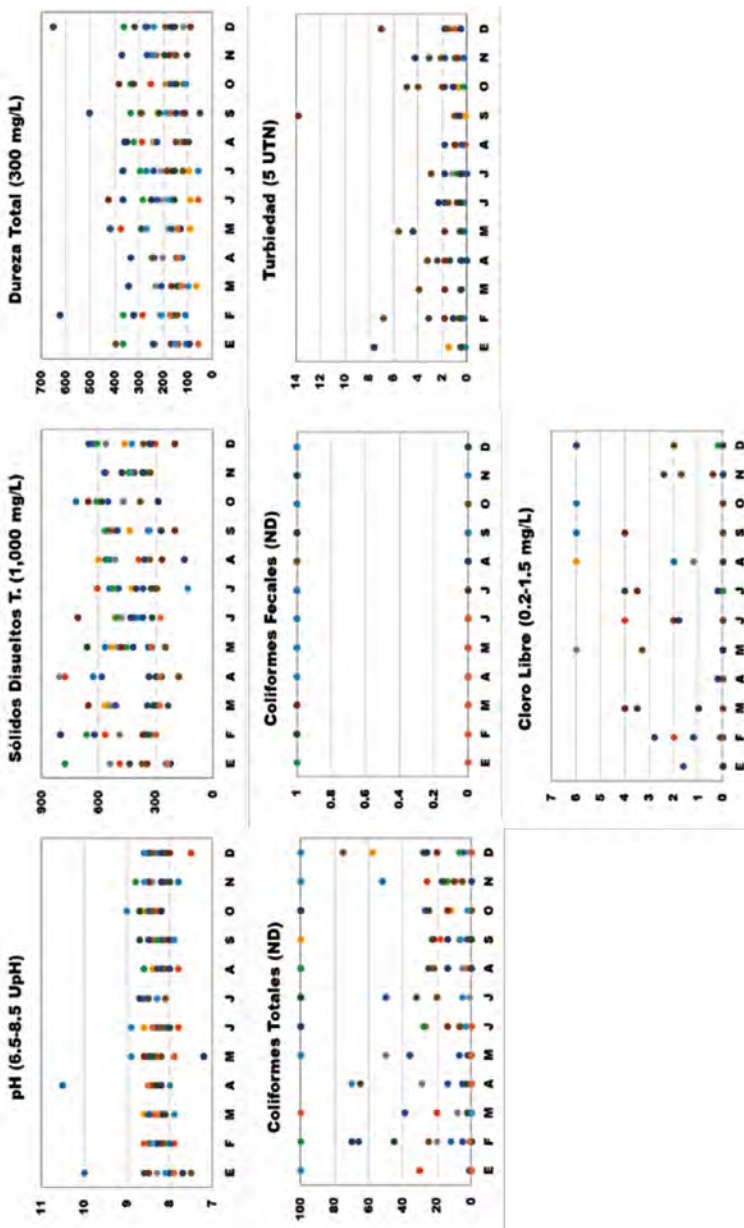
Resultados

Clima, calidad de agua y enfermedades

La tabla 8 muestra los valores obtenidos para los promedios diarios de temperatura atmosférica y precipitación pluvial por delegación. La figura 9 muestra los valores máximos obtenidos para siete de los parámetros de calidad del agua en el periodo 1995-2008 en la delegación Xochimilco, como ejemplo; para comparación se muestran entre paréntesis los valores que establece la norma de calidad del agua.

En los datos se observa que, en las seis delegaciones, los parámetros que con mayor frecuencia violaron la norma de agua potable fueron la turbiedad y coliformes fecales, y ello casi siempre en la época de lluvias. Los coliformes se encontraron en el agua incluso cuando ésta contenía cloro residual, lo que se explica por una contaminación reciente y el insuficiente tiempo de contacto entre las bacterias y el cloro. Sólo para la delegación Xochimilco se encontraron coliformes fecales también en la época de sequía. Esta delegación se localiza en la zona de recarga del acuífero, en donde también hay carencia de drenaje y se usan fosas sépticas como medio de saneamiento. Cifuentes *et al*, (2002) y Torres (1999) relacionaron la presencia de enfermedades diarreicas hídricas con la presencia de patógenos resistentes al cloro en esta misma delegación.

Figura 9. Xochimilco, valores máximos mensuales para el periodo 1995-2008, para los parámetros de calidad de agua estudiados



Las enfermedades más frecuentes en las seis delegaciones fueron las del grupo de infecciones intestinales, las cuales se observan en particular durante la época de lluvias. Á. Obregón, M. Hidalgo y Xochimilco fueron las delegaciones con mayor número de diarreas, en tanto que Cuajimalpa, M. Contreras y Milpa Alta fueron las delegaciones con menos. Por ello, no se encontró una clara relación entre el nivel de ingreso de una delegación y la presencia de enfermedades diarreicas.

Calidad de agua y clima

Los parámetros de calidad de agua mostraron una débil relación tanto con la temperatura como con la precipitación promedio diaria para un nivel de confianza de 95% (la tabla 9 muestra únicamente los resultados para la precipitación). Sólo se encontró una relación claramente positiva entre coliformes totales (CT) y la precipitación, mientras que para los demás parámetros la relación fue ligeramente negativa. La turbiedad se incrementó con la precipitación exclusivamente en tres de las seis delegaciones (Álvaro Obregón, Milpa Alta y Xochimilco).

Las infecciones intestinales se correlacionaron positivamente tanto con la temperatura como con la precipitación. La giardiasis se pudo asociar positivamente con la temperatura, mientras que la paratifoidea y la salmonelosis con la precipitación pluvial (no se muestran resultados). Pero, al igual que para los datos de calidad de agua, dichas relaciones son débiles. Para la hepatitis aguda A se encontró una asociación negativa con la precipitación en las seis delegaciones. Debido a que las enfermedades hídricas se manifiestan después de un periodo de incubación que varía entre 3 horas y 10 días, se concluyó que se requiere un análisis más detallado para tener una visión clara del problema; desafortunadamente, los datos necesarios para este tipo de análisis no se encuentran disponibles.

Relación entre las diarreas agudas y la calidad de agua

En general, las asociaciones de todos los parámetros de calidad de agua con las enfermedades hídricas, tanto positivas como negativas, fueron débiles, sin encontrar en ningún caso una correlación significativa para un nivel de confianza de 95% (tabla 10). Esto se debe a la ausencia de suficientes datos, en particular para la calidad de agua; en efecto, casi siempre se contó con un máximo de 25 datos para todo el periodo de estudio. A pesar de ello, se establecieron relaciones lineales positivas entre los casos de diarrea aguda y los coliformes totales y fecales con la turbiedad. Dichas relaciones fueron muy diferentes para cada delegación.

Se encontraron algunas asociaciones entre los coliformes totales y los casos de fiebre tifoidea, giardiasis y hepatitis aguda A. Los coliformes fecales tuvieron una relación positiva con los casos de fiebre tifoidea y giardiasis en algunas delegaciones; mientras que la turbiedad se relacionó con la ocurrencia de paratifoidea, salmonelosis, hepatitis aguda A y las infecciones intestinales en algunos de los escenarios.

Tabla 9. Parámetros para las relaciones lineales estimadas para la calidad del agua y las condiciones promedio diarias de precipitación, 1995-2008.

Delegación	pH	SDT	DT	CT	CF	Turbiedad	CI
Á. Obregón	0.0448 (0.526)	0.0934 (0.206)	0.0577 (0.413)	0.1607 (0.051)	0.1728 (0.098)	0.3579 (0.079)	sr
Cuajimalpa	0.0194 (0.848)	0.0480 (0.664)	0.1922 (0.059)	-0.0579 (0.719)	0.1230 (0.510)	-0.3322 (0.141)	sr
M. Contreras	0.2710 (0.011)	0.1494 (0.198)	0.0783 (0.476)	0.0963 (0.576)	0.2029 (0.353)	-0.2196 (0.493)	0.5655 (0.055)
M. Hidalgo	-0.0376 (0.652)	0.0501 (0.597)	-0.0018 (0.984)	0.0195 (0.844)	-0.0275 (0.808)	-0.1226 (0.587)	-0.3814 (0.080)
Milpa Alta	-0.0297 (0.791)	-0.1836 (0.128)	¿	0.1339 (0.296)	-0.0035 (0.981)	0.1156 (0.659)	0.0831 (0.751)
Xochimilco	-0.0678 (0.472)	-0.3081 (0.001)	-0.1297 (0.171)	0.1065 (0.294)	-0.0353 (0.730)	0.0501 (0.630)	0.01235 (0.233)

Tabla 10. Parámetros para las relaciones lineales entre las enfermedades por diarrea aguda (EDA) y la calidad de agua

Delegación	pH	SDT	DT	CT	CF	Turbiedad	CI
Fiebre tifoidea							
A. Obregon	-0.038 (0.9671)		-0.0472 (0.6140)	-0.0616 (0.5616)	-0.0617 (0.6367)	-0.0748 (0.6508)	-0.0424 (0.8033)
Cuajimalpa	0.1513 (0.3098)	-0.0802 (0.6521)	-0.0840 (0.5875)	0.1118 (0.5100)	-0.0229 (0.9007)	-0.0817 (0.7111)	Sr
M. Contreras	-0.0247 (0.8634)	-0.1039 (0.4922)	0.1152 (0.4305)	0.4156 (0.0486)	0.5749 (0.0315)	Sr	Sr
M. Hidalgo	-0.1476 (0.1492)	(0)	-0.1418 (0.1753)	0.1752 (0.1177)	-0.0853 (0.5602)	-0.0733 (0.7218)	-0.2356 (0.2677)
Milpa Alta	0.1244 (0.5203)	-0.2601 (0.2549)	0.0595 (0.7775)	-0.0859 (0.6699)	0.2055 (0.3588)	-0.1227 (0.4124)	-0.1078 (0.6804)
Xochimilco	0.0782 (0.4739)	-0.0635 (0.5685)	-0.0693 (0.5263)	0.0102 (0.9283)	(0)	0.3721 (0.0007)	-0.1316 (0.2506)
Giardiasis							
A. Obregon	0.3576 (0.0001)	0.4173 (0.0000)	(0)	0.0097 (0.9275)	-0.1287 (0.3230)	-0.1696 (0.3020)	-0.2632 (0.1156)
Cuajimalpa	-0.3559 (0.0036)	0.1536 (0.2868)	-0.2229 (0.0816)	0.1109 (0.5074)	-0.1629 (0.3729)	0.0027 (0.9901)	Sr
M. Contreras	-0.2069 (0.0981)	-0.2369 (0.0845)	-0.1779 (0.1630)	0.2944 (0.1079)	0.3268 (0.1482)	-0.2099 (0.5125)	-0.2524 (0.4286)
M. Hidalgo	-0.0581 (0.5716)	-0.0379 (0.7258)	-0.0023 (0.9826)	-0.0176 (0.8763)	0.4076 (0.0036)	-0.1074 (0.6015)	-0.1763 (0.4099)
Milpa Alta	-0.1565 (0.2449)	0.0511 (0.7300)	-0.1158 (0.4091)	0.2370 (0.1408)	0.0172 (0.9321)	-0.1609 (0.5374)	-0.3923 (0.1194)
Xochimilco	0.1444 (0.1672)	0.0787 (0.4607)	-0.1071 (0.3068)	-0.2007 (0.0608)	-0.0664 (0.5415)	-0.1309 (0.2294)	-0.0965 (0.3704)
Hepatitis aguda A							
A. Obregon	-0.0542 (0.5633)	-0.0952 (0.3178)	-0.0931 (0.3225)	-0.0874 (0.4102)	-0.0368 (0.7782)	-0.2243 (0.1698)	-0.0072 (0.9661)
Cuajimalpa	-0.1214 (0.3394)	-0.0987 (0.4952)	-0.0989 (0.4484)	-0.2327 (0.1658)	-0.1999 (0.2809)	0.1033 (0.6473)	Sr
M. Contreras	0.1783 (0.1552)		0.1968 (0.1222)	0.1100 (0.5557)	-0.0574 (0.8047)	-0.0536 (0.8686)	0.2447 (0.4434)

Delegación	pH	SDT	DT	CT	CF	Turbiedad	C1
M. Hidalgo	0.1783 (0.1552)	0.2532 (0.0648)	0.1968 (0.1222)	0.1100 (0.5557)	-0.0574 (0.8047)	-0.0536 (0.8686)	0.2447 (0.4434)
Milpa Alta	0.0515 (0.7036)	0.1457 (0.3231)	-0.2128 (0.1261)	-0.0927 (0.5695)	-0.1419 (0.4802)	0.1856 (0.4758)	-0.2954 (0.2497)
Xochimilco	-0.0754 (0.4724)	-0.2446 (0.0202)	-0.1035 (0.3236)	0.0033 (0.9755)	0.0326 (0.7647)	0.1700 (0.1176)	-0.0471 (0.6685)
Infecciones intestinales y otras enfermedades mal definidas							
A. Obregon	0.0248 (0.7916)	0.0675 (0.4792)	-0.0378 (0.6884)	-0.0432 (0.6844)	-0.3764 (0.0028)	-0.0992 (0.5477)	0.1118 (0.5101)
Cuajimalpa	0.1339 (0.2873)	-0.1111 (0.4420)	0.0232 (0.8577)	-0.0829 (0.6203)	0.1231 (0.5020)	0.3460 (0.1058)	Sr
M. Contreras	0.2411 (0.0531)	0.2816 (0.0391)	0.1729 (0.1753)	-0.2428 (0.1882)	-0.7298 (0.0002)	0.0317 (0.9200)	-0.2056 (0.5215)
M. Hidalgo	-0.0461 (0.6537)	-0.2200 (0.0394)	0.1835 (0.0783)	-0.1456 (0.1948)	-0.4607 (0.0009)	-0.2847 (0.1586)	-0.1847 (0.3876)
Milpa Alta	-0.1204 (0.3722)	0.1011 (0.4943)	-0.2423 (0.0805)	-0.2826 (0.0773)	-0.2087 (0.2961)	-0.1155 (0.6589)	0.4657 (0.0596)
Xochimilco	0.1843 (0.0770)	-0.0088 (0.9347)	-0.1354 (0.1957)	-0.2299 (0.0311)	-0.0351 (0.7465)	-0.2060 (0.0570)	-0.1011 (0.3572)
Paratifoidea-salmonelosis							
A. Obregon		-0.0570 (0.5502)	0.0393 (0.6766)	0.0513 (0.6293)	-0.2212 (0.0866)	-0.0553 (0.7382)	0.2568 (0.1249)
Cuajimalpa	0.0354 (0.7794)	-0.1098 (0.4480)	-0.1481 (0.2507)	-0.1683 (0.3126)	-0.0232 (0.8994)	0.4042 (0.0558)	Sr
M. Contreras	0.0026 (0.9838)	0.2319 (0.0915)	0.1923 (0.1311)	0.3459 (0.0566)	-0.1150 (0.6196)	0.0345 (0.9153)	0.7817 (0.0027)
M. Hidalgo	-0.0011 (0.9916)	-0.1367 (0.2041)	0.1111 (0.2892)	-0.0717 (0.5247)	-0.0853 (0.5420)	0.0031 (0.9881)	-0.1537 (0.4732)
Milpa Alta	-0.0544 (0.6880)	-0.3119 (0.0309)	-0.2882 (0.0364)	-0.2745 (0.0865)	-0.2361 (0.2357)	-0.1734 (0.5058)	-0.0815 (0.7558)
Xochimilco	0.0078 (0.9408)	0.1620 (0.1271)	0.0646 (0.5382)	-0.0129 (0.9047)	0.2144 (0.0462)	-0.1011 (0.3544)	-0.1014 (0.3558)
Shigelosis							
A. Obregon	0.0439 (0.6393)	0.1367 (0.1505)	0.1195 (0.2034)	0.1774 (0.0924)	0.0635 (0.6268)	-0.0287 (0.8622)	0.3894 (0.0172)
Cuajimalpa	0.0412 (0.7524)	-0.0877 (0.5446)	-0.0023 (0.9862)	-0.1338 (0.4507)	-0.1667 (0.3966)	-0.1265 (0.6059)	Sr
M. Contreras	0.0535 (0.6745)	0.0846 (0.5469)	0.1258 (0.3300)	-0.0174 (0.9275)	-0.1784 (0.4516)	-0.2552 (0.4235)	0.8058 (0.0016)

Riesgos en la calidad del agua por el cambio climático

Delegación	pH	SDT	DT	CT	CF	Turbiedad	C1
M. Hidalgo	-0.0298 (0.7723)	-0.1379 (0.2000)	0.0511 (0.6267)	-0.1244 (0.2685)	-0.1893 (0.1927)	-0.0212 (0.9181)	-0.0307 (0.8867)
Milpa Alta	0.0098 (0.9492)	0.0871 (0.6082)	-0.2585 (0.1027)	-0.1699 (0.3523)	-0.1438 (0.5233)	-0.0882 (0.7364)	-0.1144 (0.6618)
Xochimilco	-0.2394 (0.0460)	-0.1105 (0.3732)	-0.1154 (0.3413)	-0.1885 (0.1296)	-0.1764 (0.1565)	-0.0692 (0.5838)	-0.0579 (0.6490)

Las correlaciones negativas están en rojo, las positivas en negro.

Datos e información

A pesar de que la información para la precipitación pluvial y la temperatura era suficiente para realizar el estudio correspondiente a la calidad de agua, para el caso de las enfermedades diarreicas no lo fue. Para la calidad de agua, la frecuencia de monitoreo es muy baja pero también irregular. Sólo para el pH se contó con un número significativo de datos y para el periodo 1955-2008; mientras que, para los otros parámetros, los datos fueron pocos y solo abarcan el periodo 2000-2010. La principal fuente de incertidumbre de los resultados se atribuye, por tanto, a la carencia de datos. La falta de información no puede ser explicada por el nivel económico de la ciudad. Éste junto con el valor estratégico del agua para la ciudad y la capacidad institucional de la misma, son razones suficientes para contar con más información. En la mayoría de los casos se dispuso de un máximo de tres datos por año por parámetro y delegación. Para el contenido de cloro residual libre, que es un parámetro fundamental para proteger la salud humana, se dispuso de cinco datos por día por cada 100,000 habitantes, para toda una delegación y como lo establece la norma de monitoreo mexicana (NOM-179-SSA1-1998). Dicha norma señala que, para ciudades como la de México, es suficiente con una muestra diaria simple por cada 50 mil habitantes para parámetros físico-químicos, y una por cada 250 mil habitantes para los microbiológicos. A pesar de ello, los datos son insuficientes para aplicar las metodologías convencionales para

estudios de cambio climático, además de que los datos son recabados con una frecuencia errática (su mayoría para la época de lluvias). La falta de datos y la incongruencia entre la frecuencia de monitoreo de los parámetros, pero también de los sectores (agua y salud), son una fuente importante de incertidumbre. Además, para cambio climático es tan importante monitorear la época de lluvias como la de sequías.

Mas preocupante aún, es que la información referente a las enfermedades diarreicas se encontró dispersa en un gran número de reportes, los cuales clasifican cada uno de manera diferente las enfermedades. Un segundo problema con los datos de salud fue su disponibilidad, exclusivamente para el periodo 1995-2008, lo que simplemente es insuficiente para el análisis de cambio climático.

Vulnerabilidad

Como era de esperarse, los índices de vulnerabilidad estimados (*IVI*) (tabla 11) dependen de los datos obtenidos, pero también del peso dado a cada uno de los indicadores. En los resultados se observa que la vulnerabilidad de la población depende en 24.4% de su exposición al riesgo, 37.8% de su sensibilidad y 37.9% de su capacidad de adaptación. Esto indica que el riesgo se puede disminuir significativamente simplemente reduciendo la sensibilidad e incrementado la capacidad de adaptación de la población. Se observa además que, con el tiempo, el indicador de exposición aumenta entre 1995 y 2005, para disminuir a partir de 2010. También, con el tiempo, la sensibilidad tiende a disminuir al contrario de la capacidad de adaptación (resultados no mostrados). Además, los indicadores que caracterizan a la población (inseguridad alimentaria, falta de acceso a servicios de salud, sensibilidad y analfabetismo, capacidad de adaptación) resultaron ser los que más determinan la vulnerabilidad. En cuanto al clima, únicamente la precipitación pluvial mostró ser relevante para

la vulnerabilidad, y ello al principio del periodo de análisis.

La delegación con el mayor nivel de pobreza y menores ingresos resultó ser la más vulnerable. Ello por la más alta sensibilidad de la población combinado con su menor capacidad de adaptación; esto deja por sentado que no basta con mejorar la calidad de los servicios de agua para proteger a la población, sino que es necesario también incrementar su resistencia. En el caso de la exposición, se encontró en todas las delegaciones que la temperatura es la que impacta más en términos vulnerabilidad.

Tabla 11. Índices de vulnerabilidad (IV_i) por delegación para 1995, 2000, 2005 y 2010

	1995		2000		2005		2010
	IV_i		IV_i		IV_i		IV_i
Milpa Alta	64.7	Milpa Alta	66.4	Xochimilco	63.7	Milpa Alta	60.7
Á.Obregón	57.5	Xochimilco	63.6	Milpa Alta	57.5	Xochimilco	59.9
Xochimilco	50.7	Á. Obregón	47.5	Á.Obregón	52.7	Á.Obregón	55.7
Cuajimalpa	40.9	M. Contreras	39.3	M. Hidalgo	43.7	M. Contreras	40.9
M. Hidalgo	32.4	Cuajimalpa	23.3	M. Contreras	35.1	M. Hidalgo	39.6
M. Contreras	22.6	M. Hidalgo	20.6	Cuajimalpa	27.6	Cuajimalpa	37.2

Nota: Muy baja = verde oscuro; baja = verde claro; moderada = amarillo; alta = naranja; y muy alta = rojo

Los valores de vulnerabilidad estimada muestran que:

- La vulnerabilidad es una característica dinámica y es necesario evaluarla a lo largo del tiempo, pero también usando indicadores diferentes.
- Son útiles para evaluar el impacto de las políticas públicas para su control.

Medidas de adaptación

A partir de los resultados se recomendaron las siguientes medidas de adaptación:

- Fuera del sector hídrico:
 - Mejorar el acceso a los servicios de salud.
 - Combatir el analfabetismo.

- Para el servicio de agua de la Ciudad de México:
 - Implementar un programa de monitoreo que, además de cumplir con la norma, sea útil para desarrollar estudios de cambio climático de manera que el gobierno pueda orientar eficazmente sus políticas de adaptación, pero también para asegurar que la calidad del agua que consume la población sea la apropiada.
 - Incrementar el acceso efectivo a agua segura para toda la población.
 - Proteger las fuentes de agua superficiales y subterráneas de la contaminación.
 - Reparar las fugas de la red de agua y operarla de manera continua y a presión.

- Para los gobiernos a nivel local y nacional:
 - Operar una política de acceso libre a la información de calidad de agua y de salud.

Conclusiones del estudio de caso

Los datos de calidad de agua son costosos pero útiles. La insuficiencia de datos de calidad de agua para los estudios de cambio climático es notoria para países en desarrollo, pero también se observa en países desarrollados, por lo que es imperativo reflexionar sobre cuántos y qué tipo de datos son requeridos. También es importante desarrollar metodologías que empleen un menor número de datos para este tipo de estudios, ya que no cuesta lo mismo

recabar datos para el clima que para la calidad de agua. Es también necesario reflexionar sobre la congruencia entre los diferentes tipos de monitoreo, tanto por época del año como entre sectores.

La frecuencia y forma de monitoreo de la calidad de agua en la Ciudad de México resultó inapropiada para realizar un análisis de los impactos por cambio climático. Ello preocupa ya que incluso cuando el gobierno decidiera hoy en día iniciar un monitoreo diferente, se requerirían 30 años para contar con la información necesaria. Retrasar cualquier procedimiento para un mejor monitoreo retrasará igualmente cualquier tipo de análisis en el futuro.

A pesar de la falta de datos de la calidad de agua, el análisis de la vulnerabilidad de la población permite orientar las políticas para proteger a los habitantes de enfermedades hídricas y los problemas asociados con la calidad de agua.

Este estudio es de particular interés para México ya que, a pesar de que la Ciudad de México cuenta con mucha más información que el resto del país, ésta resultó insuficiente e inapropiada para analizar el impacto de cambio climático.

Lecciones aprendidas a partir de los tres estudios de caso

De los tres estudios, lo primero que resalta es la falta de información sobre calidad de agua o su falta de adecuación a los estudios de cambio climático, en particular porque las frecuencias de monitoreo son determinadas de forma independiente a los efectos a los cuales se asocia la mala calidad de agua. A pesar de ello, los efectos son visibles, y se observa que la Ciudad de México es vulnerable al cambio climático por la contaminación del agua, en especial porque:

- a) La ciudad ya sufre de serios problemas de agua referentes no sólo a la cantidad sino también a la calidad, aspectos que, se pronostica, serán exacerbados por el cambio climático.
- b) La principal fuente de agua de la Ciudad de México es el acuífero. A

- pesar de ello, la protección de su calidad es mínima y no forma parte de las acciones que el gobierno ha iniciado contra el cambio climático.
- c) A pesar de que el IPCC señala que el aumento de la temperatura disminuirá la capacidad de autodepuración de ríos, se encontró que para ríos grandes ubicados en zonas cálidas sí es posible observar este impacto. Ambos resultados reflejan la necesidad de estudiar los efectos para cada caso.
 - d) No es posible, a partir de la información y las metodologías actualmente disponibles, establecer la relación entre la calidad de agua y las enfermedades diarreicas bajo escenarios de cambio climático. Ello se debe a la falta de información, pero también a la incongruencia entre las formas de monitoreo entre diferentes sectores. El empleo de formas alternas para definir cómo enfrentar el cambio climático, como es la estimación del índice de vulnerabilidad, es útil para establecer criterios de política pública y desarrollar medidas de adaptación.

La Ciudad de México sufre y seguirá sufriendo por los impactos del cambio climático, en particular, en la calidad de agua. Para estar mejor adaptados a dichos cambios es indispensable conocer y cuantificar los riesgos para mejorar el impacto del próximo programa de acción de cambio climático de la ciudad.

Referencias

- Alley, W., Healy, R., Labaugh, J., y Reilly, T. 2002. "Flow and Storage in Groundwater Systems." *Science*. 296(5575): 1985-1990.
- APHA., AWWA., WEF., Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D., y Clesceri, L.S. 2012. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition*. American Public Health Association / American Water Works Association / Water Environment Federation. Washington, D.C., EUA.
- Banco Mundial-SECTUR. 2005. *Evaluación Ambiental Estratégica del Sector Turismo en México*. En línea: <http://siteresources.worldbank.org/INTRANETENVIRONMENT/1705736-1127758054592/21299561/FinalReportMexicoTourismSEA.pdf> (Consultado: 14 de mayo de 2017).
- Chacón Castillo, J.M. y Leal Ascencio, M.T. 2006. *Impacto socio-económico por las enfermedades hidrottransmisibles en el Estado de Morelos, México*.

- Congreso Iberoamericano AIDIS*. Uruguay. En línea: www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/MX02124_Chacon_Castillo.pdf (Consultado: 13 de mayo de 2017).
- Cifuentes, E., Juárez, L., Espinosa, M., Martínez, A., Rangel, E., Enríquez, J., Suárez, L., Bastida, G., Ramírez, F., Lemus, V., Abbot, N., y Santos, R. 2002. *Indicadores de calidad del agua en la cuenca sur (Xochimilco-Tláhuac). Riesgos para la salud y perspectivas de control*. En línea: www.paot.org.mx/centro/temas/agua/fideicomiso/agua04.pdf (Consultado: 27 de marzo de 2007).
- Conde, A., y Gay, C. (cords). 2008. *Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional*. CCA-UNAM. México. En línea: www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Ecosistemas/54.pdf (Consultado: 14 de mayo de 2017).
- DGCOH. 2007. *Plan de Acción Hidráulica del año 2001 al 2005 (Xochimilco) Gobierno del Distrito Federal*. Secretaría de Obras y Servicios Gobierno del Distrito Federal. Ciudad de México, México.
- Escolero Fuentes, O.A., Martínez, S.E., Kralisch, S., y Perevochtchikova, M. 2009. *Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México. Informe final*. Centro Virtual Climático Ciudad de México (CVCC) del ICyT. En línea: http://www.cvccm-atmosfera.unam.mx/sis_admin/archivos/agua_escolero__inffinal_org.pdf (Consultado: 2 de febrero de 2017).
- Figueruelo, J., y Dávila, M. 2004. *Química física del ambiente y de los procesos medioambientales*. Reverté. Barcelona, España.
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M., y Paris, M. 2002. *Protección de la calidad del agua subterránea*. WHO-PAHO-CETIS. Banco Mundial. Washington, D.C., EUA.
- GDF. 2010. *Evaluación externa del diseño e implementación de la política de acceso al agua potable del Gobierno del Distrito Federal. Informe Final*. Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal. Gobierno del Distrito Federal. Ciudad de México, México. En línea: http://data.evalua.cdmx.gob.mx/files/recomendaciones/evaluaciones_finales/inf_agu.pdf (Consultado: 12 de marzo de 2017).
- GDF. 2009. *Agenda estadística 2008*. Secretaría de Salud. Gobierno del Distrito Federal. Ciudad de México, México. En línea: <http://data.salud>

- cdmx.gob.mx/portal/media/Agenda2008/ (Consultado: 12 de marzo de 2017).
- GDF. 2008. *Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012*. Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal. Ciudad de México, México. En línea: www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/proaire-2011-2020-anexos/documentos/14-docs_paccm_documento.pdf (Consultado: 15 de marzo de 2017).
- Hammond, D., y Pryce, A.R. 2007. *Climate Change Impacts and Water Temperature*. Science Report: SC060017/SR. Environment Agency. Bristol, Reino Unido. En línea: www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290975/scho0707bnag-e-e.pdf (Consultado: 25 de abril de 2017).
- ICRISAT. 2009. *Quantitative Assessment of the Vulnerability to Climate Change. Computation of Vulnerability Indexes*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. En línea: www.icrisat.org/what-we-do/impi/training-cc/october-2-3-2009/vulnerability-analysis-manual.pdf (Consultado: 21 de enero de 2011).
- INE. 2011. *El Cambio Climático en México. Información por Estado y Sector*. En línea: <http://zimbra.ine.gob.mx/escenarios/> (Consultado: 17 de octubre de 2011).
- INEGI. 2011. *Cuéntame... Información por entidad. Distrito Federal*. México. En línea: <http://cuentame.inegi.org.mx> (Consultado: 8 de julio de 2012).
- IPCC, Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., y White, L.L. 2014. *Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido / Nueva York, EUA.
- IPCC, Field, C.B., Barros, V.R., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G-K., Allen, S.K., Tignor, M., y Midgley, P.M. 2012. *Resumen para responsables de políticas*. Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Informe especial de los Grupos de trabajo I y II del Grupo

- Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido / Nueva York, EUA: 1-19.
- IPCC, Pachauri, R.K., y Reisinger, A. 2007. *Informe de síntesis*. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza. En línea: www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_full_report.pdf (Consultado: 22 de noviembre de 2012).
- Iyengar, N., y Sudarshan, P. 1982. "A Method of Classifying Regions from Multivariate Data." *Economic and Political Weekly*. 17(51): 2048-2052.
- Jáuregui, E. 2005. "Possible Impacts of Urbanization on the Thermal Climate of some Large Cities in Mexico." *Atmósfera*. 18(4): 247-248.
- Jáuregui, E. 2001. "Las precipitaciones extremas en la Ciudad de México". *Memorias II Congreso de la Asociación Española de Climatología: El tiempo del clima*. Editorial Garmas Impresores. España: 325-334.
- Lesser y Asociados, S.A de C.V. 2003. *Estudio de medición de red de pozos piloto en la parte sur de la Cuenca del Valle de México, medición de parámetros y análisis de la evolución en 2003*. Sistema de Aguas de la Ciudad de México SACM. Vol. I y II. México.
- Lin, S. 2001. *Water and Wastewater Calculations Manual*. McGraw-Hill. Nueva York, EUA.
- Loucks, D.P., y Van Beek, E.V. 2005. *Water Resources Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models and Applications*. United National Educational, Scientific and Cultural Organization. Italia.
- Metcalf y Eddy, Inc. 2003. *Wastewater Engineering. Treatment and Reuse. 4th edition*. McGraw-Hill. Nueva York, EUA.
- Montes, R.T. 2013. *Metodología para evaluar la modificación de la capacidad de autodepuración de los ríos por efecto del cambio climático*. Tesis doctoral en Ingeniería Ambiental. UNAM. México.
- Montes, R.T., Navarro, I., Domínguez, R., y Jiménez, B. 2013. "Changes in the Self-Purification Capacity of the Magdalena River due to Climate Change." *Water Technology and Sciences*. IV(5): 69-80.
- Montgomery, D.C., y Runger, G.C. 2003. *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 3^a edición. John Wiley and Sons, Inc. EUA.
- Navarrete Ávila, S., Jiménez Cisneros, B., Navarro González, I., y Domínguez Mora, R. 2013. "Evaluación del riesgo al acuífero de Xochimilco por

- lluvias extremas.” *Tecnología y Ciencias del Agua*. IV(3): 103-123.
- Nolan, B., y Hitt, K. 2006. “Vulnerability of Shallow Groundwater and Drinking-wells to Nitrate in the United States.” *Environmental Science & Technology*. 40(24): 7834-7840.
- NOM-001-SEMARNAT-1996. *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. En línea: www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/nom-001-semarnat-1996.pdf (Consultado: 19 de noviembre de 2016).
- NOM-127-SSA1-1994. 1994. *Salud ambiental, agua para uso y consumo humano—límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. Secretaría de Salud. México. En línea: www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html (Consultado: 27 de mayo de 2017).
- NOM-179-SSA1-1998. 1998. *Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público*. Secretaría de Salud. México. En línea: www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/179ssa18.html (Consultado: 27 de mayo de 2017).
- Osnaya Ruiz, P. 2013. *Evaluación de la Calidad del Agua en seis delegaciones del Distrito Federal en un contexto de Cambio Climático y Propuestas de adaptación*. Tesis de maestría en Ingeniería Ambiental, UNAM. México.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R., y Tchobanoglous, G. 1985. *Environmental Engineering*. 7th edition. McGraw-Hill. Nueva York, EUA.
- PUEC-UNAM. 2008. “Grupo de Trabajo Multidisciplinario. Propuesta de diagnóstico integrado de la cuenca del río Magdalena”, en: *Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del río Magdalena*. SMA-GDF, UNAM. México.
- Rozemeijer, J., Broers, H., Van Geer, F., y Bierkens, M. 2009. “Weather Induced Temporal Variations in Nitrate Concentrations in Shallow Groundwater.” *Journal of Hydrology*. 378(1): 119-127.
- Ruvalcaba, A. 2009. *Modelación matemática del comportamiento hidrogeológico de la zona lacustre de Xochimilco*. Tesis de maestría en Geofísica. UNAM. México.
- SACM. 2008-A. *El gran reto del agua en la Ciudad de México. Pasado,*

- presente y perspectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo*. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Ciudad de México, México.
- SACM. 2008-B. *Bases de datos de 15 indicadores de la calidad del agua potable subterránea para 202 pozos ubicados en seis delegaciones del Distrito Federal*. [Oficio GDF-SACM-OF/O/0631/08 y CD]. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Ciudad de México, México.
- Schnoor, J.L. 1996. *Environmental Modelling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air and Soil*. Environmental Science and Technology a Wiley-Interscience Series of Texts and Monographs. Nueva York, EUA.
- Soto Montes de Oca, G., Herrera Pantoja, M., Soto Montes de Oca, A., Vilchis Carmona, M.E., y Archundia Silva, M. 2009. *Estudio sobre el impacto del cambio climático en el servicio de abasto de agua de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. Centro Virtual de Cambio Climático. México. En línea: www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis_admin/archivos/agua_soto_abast_cc_repfinal.pdf (Consultado: 1 de mayo de 2017).
- SSDF. 2008. *Bases de datos de los casos de enfermedades diarréicas agudas en el Distrito Federal*. [CD]. Secretaría de Salud del Distrito Federal. Ciudad de México, México.
- Torres Beristain, B. 1999. *Uso de indicadores biológicos de calidad del agua subterránea en una zona de la Ciudad de México*. Tesis de maestría en Ecología Básica. UNAM. México.
- Velasco Rodríguez, A., Becerra Delgado, M., Vázquez Ramírez, I., Skwierinski Durán, A., Haro González, M., y Ortega Ramírez, M. 2014. *Programa de Acción Climática. Ciudad de México 2014-2020*. Centro Mario Molina / SEDEMA-CDMX. México. En línea: <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sedema/images/archivos/temas-ambientales/cambio-climatico/PACCM-2014-2020completo.pdf> (Consultado: 1 de mayo de 2017).
- Walski, T., Chase, D., Savic, D., Grayman, W., Beckwith, S., y Koelle, E. 2003. *Advanced Water Distribution Modelling and Management*. 2nd edition. Haestad Press. Waterbury, Connecticut, EUA.
- Yue, S., Ouarda, T., Bobee, B., Legendre, P., y Bruneau, P. 1999. "The Gumbel Mixed Model for Flood Frequency Analysis." *Journal of Hydrology*. 226(1-2): 88-100.

CAPÍTULO 5

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN DEL AGUA URBANA: ENTRE LOS PARADIGMAS DOMINANTES Y LAS DINÁMICAS LOCALES

CELIA RUIZ DE OÑA PLAZA

Introducción: adaptación al cambio climático a través de la gestión hídrica en entornos urbanos

“Si la mitigación al cambio climático tiene que ver con gases, la adaptación al cambio climático tiene que ver sobre todo con el agua” (de Fraiture, 2005, en: Rockström *et al*, 2014: 253). Esta frase sintetiza y adelanta el papel fundamental que jugará la gestión hídrica en las estrategias de adaptación al cambio climático. La aceleración e intensificación de los efectos del cambio climático se manifestarán, principalmente, en la alteración de los ciclos hidrológicos, y sus efectos más inmediatos se dejarán sentir sobre todo a escala local (Rockström *et al*, 2014), ámbito de acción privilegiado de la adaptación (Stucker y López-Gunn, 2015).

En la era del Antropoceno¹, la adaptación al cambio climático y su integración con la gestión hídrica se constituirán en el pilar fundamental para amortiguar los impactos de un cambio climático en aceleración, en conjunción con el crecimiento exponencial de las presiones humanas sobre la ecosfera. Ésta es

1 El término Antropoceno fue acuñado en el año 2000, por el químico y premio Nobel holandés Paul Crutzen y su colega Eugene Stoermer, quienes plantearon la emergencia de una nueva era geológica, el Antropoceno, en la que la civilización humana es el motor fundamental de cambio de las dinámicas climáticas y geológicas del planeta. Es decir, la humanidad se ha convertido en una fuerza geológica que está modificando la biosfera a escala global (Moore, 2016).

la premisa básica sobre la que se construye el presente texto. No obstante, la pregunta que se plantea aquí es: ¿desde qué concepción de adaptación y desde qué tipo de gestión hídrica?

El objetivo de este escrito es revisar críticamente las visiones dominantes de la adaptación al cambio climático y de la gestión hídrica urbana caracterizadas por una despolitización y una naturalización, que evaden el carácter conflictivo de ambas (Swyngedouw, 2013).

La hipótesis planteada es que la adaptación urbana ampliaría su rango de efectividad si las particularidades culturales y las subjetividades de las poblaciones se integraran a las acciones de adaptación (O'Brien y Wolf, 2010), junto con el reconocimiento de la naturaleza política de la gestión climática e hídrica (Swyngedouw, 2013), elemento sobre el cual se enfocará el argumento presentado aquí.

El texto se concibe como un *concept paper*, es decir, “un trabajo que tiene como objetivo mostrar conexiones analíticas todavía poco desarrolladas al interior de un área de investigación en rápida construcción” (Lampis, 2011: 41), como es el caso de la adaptación de las ciudades al cambio climático y su interacción con la gestión hídrica urbana. Lo anterior permitirá ampliar y profundizar la discusión sobre adaptación al cambio climático y sus múltiples conceptualizaciones. En palabras de Lampis, la adaptación “se caracteriza por la emergencia de unos discursos, unas posturas dominantes que simplifican y reducen el problema a un número limitado de dimensiones” (Lampis, 2013: 44). Para ello, se presentan, primero, las principales características de la visión dominante de la adaptación, junto con las críticas a la misma. A continuación, se revisan los ejes clave del paradigma hídrico dominante y su evolución en el contexto político internacional y en México, en una apretada síntesis que desemboca en el escenario hídrico de Chiapas, caracterizado por una abundancia hídrica natural, pero de una escasez socialmente construida en el

acceso al agua. La intención es ilustrar cómo la conflictividad socio-política de las principales ciudades chiapanecas en torno a la gestión urbana del agua, si bien comparte rasgos comunes con el resto de las urbes mexicanas por efecto de las políticas de neoliberalización, contiene particularidades históricas y culturales que requieren ser tenidas en cuenta en futuras estrategias de adaptación.

Adaptación en la Ciudad y cambio climático: argumentos para una visión crítica

El ámbito de la planificación urbana podría concebirse como el espacio privilegiado de la acción pública en torno a la adaptación climática urbana. En particular, la disciplina de la planificación espacial ha sido pionera en el estudio de las sinergias entre los patrones de crecimiento que configuran forma y función urbana y las posibilidades de adaptación, junto con el análisis del impacto de los usos urbanos en el metabolismo urbano y en las emisiones de carbono (Pizarro, 2009). Desde este ámbito, las acciones que se planifiquen en los planes de desarrollo urbanos podrían diseñarse teniendo en cuenta el efecto futuro del cambio climático, desde una óptica preventiva.

Sin embargo, a menudo, la adaptación al cambio climático en ciudades se ha equiparado (y reducido) a la gestión de riesgos por eventos hidrometeorológicos extremos (Lampis, 2013). No obstante, son líneas de política diferenciada, que necesitan integrarse sin excluirse una a la otra (Caravani, 2015). A pesar de esto, el grueso de los fondos para la adaptación se ha dedicado a la reducción de riesgos por desastres (Caravani, 2015).

Hay que recordar que existe todavía una alta incertidumbre en relación a los impactos del cambio climático, su velocidad de ocurrencia y su escala de detección. La variabilidad climática inducida por el cambio climático no se restringirá únicamente a eventos climáticos extremos, de mayor magnitud

y recurrencia; algunos de estos impactos serán de naturaleza incremental, como el descenso paulatino de la disponibilidad de agua asociado tanto a una variabilidad climática inusual como a una gestión hídrica deficiente y no ajustada a los futuros cambios climáticos proyectados. La gestión de la disponibilidad y acceso al agua, así como su saneamiento, es un ejemplo de lo anterior.

El ámbito de los servicios de agua y saneamiento urbanos constituye uno de los ejes principales de las estrategias de adaptación en los recientes Planes de Adaptación al Cambio Climático (ver Delgado *et al*, 2015). No obstante, se ha otorgado un peso excesivo a la construcción de infraestructura gris como eje principal de la adaptación y para la reducción de riesgos “naturales” (Lampis, 2013: 38), especialmente en lo que se refiere al control de inundaciones. Este énfasis en lo tecnocrático queda reflejado en el hecho de que el 40% de todos los recursos destinados a la adaptación son gastados en proyectos de infraestructura (Caravani, 2015).

Los informes iniciales del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) han priorizado el conocimiento científico-técnico y de las ciencias naturales, presentando una concepción del cambio climático como fenómeno ambiental principalmente (Bjurström y Polk, 2011: 18). Lo anterior tiene su reflejo en la esfera política. De ahí, que el marco inicial para la adaptación se haya concebido, sobre todo, desde la perspectiva de la ciencia climática (Lampis, 2013), dejando sin consideración el efecto que los procesos sociales pueden tener sobre la adaptación y limitando el potencial de la adaptación como proceso de aprendizaje social (Morchain, 2016).

La literatura crítica sobre adaptación urbana, cada vez más, pone el acento en evidenciar y abordar los procesos sociales y políticos que están tras las dinámicas de generación de riesgos (Eakin *et al*, 2017). Para Eakin *et al*, esto supone “tanto un desafío de investigación como un acto político” (2017: 5).

Eriksen *et al* (2015), por su parte, señalan la importancia de entender el papel que juegan las dinámicas de poder con el objeto de construir un marco para la adaptación que sea más representativo y relevante para las poblaciones excluidas de los procesos de toma de decisiones.

Desde la ecología política, Marcus Taylor (2014) señala que la supresión de las especificidades históricas y la simplificación de las dinámicas socioecológicas locales está en la base de gran parte de la ineficacia de las acciones de adaptación (Taylor, 2014: 54). De nuevo, se reitera la importancia de concebir la adaptación al cambio climático como un proceso social y político que refleja inequidades sociales y valores no sustentables, y no un asunto meramente técnico y económico si se aspira a una adaptación que suponga una transformación de las formas de desarrollo que han generado la crisis climática (Pelling, 2010: 15).

Desde este punto de vista, las acciones de adaptación guiadas por criterios de equidad social y sustentabilidad ambiental (y no tanto de maximización económica), podrían ser mucho más efectivas a largo plazo, en combinación con el establecimiento de barreras físicas (y verdes) de infraestructura, que además abran espacios públicos de recreación ciudadana.

Esta crítica, se argumenta aquí, lejos de desestimar los esfuerzos de adaptación desde la planificación urbana, podría contribuir a reforzarlos, matizando el carácter tecnocrático y gerencial que impregna gran parte de los planes de adaptación urbana. Esta concepción de la adaptación coincide con los pilares básicos del paradigma dominante de la gestión urbana del agua, donde también el modernismo tecnológico es predominante (Adams, 2009 en: Lampis, 2013: 38). De este modo, se da continuidad a un enfoque de política² que no aborda

2 Al respecto y en relación al carácter neoliberal de las propuestas de adaptación planteadas en el Reino Unido, Felli y Castree (2012: 2) argumentan que el pensamiento neoliberal “ha penetrado tan profundamente en todos los aspectos de la vida social (...) que sería sorprendente no encontrarlo en documentos de política (...)”.

las raíces profundas de la vulnerabilidad al cambio climático fincadas en la desigualdad social y política. Al contrario, contribuye a “ambientalizarlo” y naturalizarlo, promoviendo una noción de cambio climático como asunto de carácter natural y ambiental, en lugar de como un resultado de un modelo de desarrollo insustentable, alineándose con las políticas de cambio climático y gestión ambiental dominantes (Newell y Paterson, 2010).

En definitiva, y en palabras de Lampis (2013: 44):

Ver la adaptación como proceso de ajuste en sistemas naturales y humanos a estimulaciones climáticas y sus efectos, o ver la adaptación como una manera de integrar el cambio climático en una perspectiva de desarrollo social y humano no es la misma cosa (...) diferentes enfoques van a determinar diferentes tipos de políticas.

La construcción política de la escasez como paradigma dominante de la gestión urbana del agua: radiografía de la perspectiva hegemónica

Desde la década de 1970, la temática del deterioro de la hidrosfera y la insostenibilidad de la gestión del agua se inserta en las agendas de política internacional adoptando, así, un carácter global. Inicialmente, la problemática en torno al recurso hídrico se plantea, fundamentalmente, como una cuestión de escasez del recurso, formulada como una deficiencia ambiental (Trottier, 2008; Kaika, 2003), junto con una limitada capacidad institucional y la ineficiencia ocasionada por una tecnología obsoleta. Sobre estos tres pilares se construye el paradigma dominante hidráulico, un proyecto global de desarrollo tecnocrático y capitalista, con fuerte énfasis en infraestructuras a gran escala pero que niega el debate sobre las causas humanas de esta escasez (Curl, Neri y Scott, 2015).

En las arenas políticas internacionales, se diseñan estrategias de política que apuntan a subsanar esta escasez, explicada, exclusivamente a partir del

crecimiento poblacional y de la creciente demanda de bienes y servicios de un mundo cada vez más urbano (Rockström *et al*, 2014; Malvares Miguez, 2013; Trottier, 2008). Cualquier explicación alternativa basada en la falta de equidad política y social queda relegada (Lampis, 2013; Peña García, 2007) y reducida a mero apéndice del discurso predominante de la buena gobernanza del agua (Domínguez, 2012).

En la década de los 80, y bajo el predominio de la ideología neoliberal, se implementaron en todo el globo, pero especialmente en Latinoamérica, políticas de liberalización, desregulación y privatización de los bienes públicos y de los recursos naturales (Zurbruggen, 2014-B; Castro, Kloster y Torregrosa, 2004). Este marco ideológico-político afectó profundamente la gestión hídrica y los servicios de agua y saneamiento, privilegiando la acción de grandes monopolios privados del agua tanto nacionales como internacionales (Castro, 2005). El rol del Estado como centro de la acción gubernamental se redefine sobre la base de los principios del libre mercado (Peña García, 2007). Aparejado al mismo, también el estatus del agua como bien público y derecho social universal se transforma en bien privado (Zurbruggen, 2014-A; Malvares Míguez, 2013; Castro, 2005), sujeto a las reglas de la oferta y la demanda de un supuesto mercado neutro y apolítico (Zurbruggen, 2014-A), presentado desde la economía neoclásica como un ente que se autorregula sin intervención de la gestión pública.

A partir de la década de los 90, esta reificación mercantil se refuerza. Desde ella, los principios del mercado se superponen a los principios de una democracia sustantiva (Zurbruggen, 2014-A), y se genera e impone una visión idealizada de los procesos de gobernabilidad que no es exclusiva del sector agua, pero que encuentra en éste un campo de expresión notable. De acuerdo con esta visión, los procesos de gobernabilidad hídrica se representan como “un sistema idealizado de relaciones simétricas de poder entre los actores centrales, el

Estado, el mercado y la sociedad civil” (Castro, 2005), que oculta las relaciones asimétricas de poder y dominio de aquellos actores con capacidad de manipular el mercado para sus fines e intereses privados.

En Latinoamérica, y al calor de las políticas neoliberales, la gestión hídrica se ajusta y adapta, en gran medida, a los principios de la política neoliberal; véase tabla 1.

Tabla 1. Principios de la política neoliberal en el sector agua
a) Los recursos hídricos deberían ser asignados para su uso a través de mecanismos capitalistas de mercado; se deben crear y asignar derechos de agua privados que reemplazarán las formas colectivas y/o públicas de derechos de agua pre-existentes y que serán libremente comercializables.
b) Los recursos hídricos y los servicios de agua y saneamiento deben ser considerados como un bien económico, en el sentido de ser un bien privado que debe comprarse en condiciones de mercado; una vez que estos servicios sean considerados bienes privados será posible excluir de su uso a quienes no pagan por ellos; la noción de que estos servicios constituyen un bien público o un bien social debe ser abandonada.
c) El control de fuentes de agua y los servicios de agua y saneamiento deben ser provistos por operadores privados, quienes son inherentemente más eficientes que los públicos, privilegiando la autorregulación mediante mecanismos de mercado y reduciendo al mínimo la regulación pública.
d) La mayoría de las operaciones de gestión hídrica puede ser abierta a la competencia mercantil, con la única excepción, quizás, de algunas actividades centrales, aunque la introducción de mecanismos competitivos puede verse obstaculizada por los elevados costos de transacción; en estos casos, un monopolio privado es preferible a un monopolio público y en lo posible debe ser un monopolio no regulado.
e) Los usuarios de los servicios de agua y saneamiento deben ser convertidos en consumidores y los derecho-habientes en clientes.
Fuente: Castro, 2005.

Castro señala que el modelo privatizador en América Latina dejó no sólo sin resolver la mayoría de los problemas del sector hídrico que justificaron su adopción (subsana la falta de cobertura y la mala calidad del servicio, incrementar la limitada financiación pública en expansión e infraestructura de la red de saneamiento, mejorar la eficiencia del sistema y atajar la corrupción), sino que profundizó su gravedad y contribuyó a exacerbar las condiciones existentes de desigualdad y polarización social (Nieto, 2011; Castro, 2007).

Ante el fracaso de la gobernanza neoliberal del agua, América Latina encara el nuevo milenio desde una revalorización del papel del Estado y de los sistemas comunitarios de gestión hídrica, si bien lo hace arrastrando las consecuencias negativas de los esfuerzos privatizadores, la falta de apoyo público a los sistemas comunitarios y la histórica debilidad democrática de los gobiernos (Zurbriggen, 2014-B).

México: entre el paradigma hidráulico neoliberal y el control estatal

Aunque el paradigma hidráulico dominante no siempre va de la mano con las políticas de liberalización y desregulación (Curl *et al*, 2015), en México ambos han apuntalado las reformas que, durante las tres últimas décadas, emprendió el país en materia de gestión hídrica con el objetivo de ajustarse a las demandas de la globalización, abriendo la puerta a la privatización de la gestión hídrica y al uso de mecanismos de mercado para la asignación del recurso (Funes, 2012).

Los procesos de privatización del servicio público de agua y saneamiento fueron impulsados por el Estado mexicano a nivel local al ceder a los municipios la responsabilidad de la prestación de estos servicios (Peña García, 2007). Esta descentralización no resultó, sin embargo, en una mayor eficiencia y transparencia, ni mucho menos en un mayor control democrático.

La falta de capacidad ejecutiva, la escasez de financiamiento, la corrupción y la cultura clientelar se impusieron sobre las reformas del modelo hídrico mexicano, que, a finales de los 80 y con la creación de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), buscaba fomentar la participación social en la gestión del agua (Castro *et al*, 2004), en un contexto político donde la participación ciudadana democrática había sido escasa.

Sin negar la importancia de la dimensión institucional en la gestión hídrica y por extensión, en la gestión climática, es necesario complementarla con la dimensión política de la desigualdad socioambiental y económica (Göbel, Góngora-Mera y Ulloa, 2014; Castro *et al*, 2004). Un buen ejemplo de lo anterior en México, es el trabajo de la investigadora Anja Nygren (2016), quien evidencia el papel fundamental que juega esta desigualdad a la hora de implementar estrategias para reducir la vulnerabilidad a las inundaciones, tomando como ejemplo la Ciudad de Villahermosa. Nygren presenta evidencia de una ejecución diferenciada de obras hidráulicas para el control de inundaciones donde el grueso del financiamiento y la tecnología de punta se concentra en sectores de alto nivel adquisitivo en detrimento de colonias pobres con escasa infraestructura y apoyo público (Nygren, 2016).

Este caso pone también de manifiesto las limitantes del paradigma hídrico dominante para lidiar con las realidades urbanas del país en el contexto del cambio climático. Por un lado, la visión dominante de la gestión hídrica se centra en las nociones de estabilidad y predictibilidad del suministro de agua potable, a pesar de la evidencia creciente sobre las dificultades de predecir y controlar los sistemas de aguas (Pahl-Wostl, Jeffrey, Isendahl y Brugnach, 2011). Por el otro, se enfoca de manera obsesiva en la optimización y la eficiencia, en lugar de promocionar un acceso equitativo al agua (Domínguez, 2012; Peña García, 2007).

Estudios como el ejemplo anterior ponen en tela de juicio la visión unilateral

de la crisis del agua y la adaptación urbana como una cuestión de gobernanza, es decir, como problema exclusivo de articulación y coordinación de actores a la búsqueda de un consenso político en un escenario de negociación (Murillo Licea, 2012; Felli y Castree, 2012). Desde el enfoque de la gobernanza neoliberal se deja sin contemplar la conflictividad que generan las luchas por el agua y la indefensión de los ciudadanos ante el Estado, los proveedores de agua, tanto públicos como privados, y aquellos actores con poder de controlar a su conveniencia el acceso y la distribución del agua (Nieto, 2011; Castro *et al*, 2004), que pueden de hecho coordinarse de manera muy efectiva. Cuando las condicionantes estructurales e históricas pesan más que los dispositivos institucionales de gobernanza, estos se ven permeados por las mismas, y a menudo su funcionamiento se convierte en un simulacro donde el juego democrático se transforma en una expresión de la lucha por mantener los privilegios de los sectores dominantes. Conceptualizar este escenario en términos de gobernanza, no permite explicar las dinámicas locales e históricas que han llevado al funcionamiento presente de un sistema político local dado.

En definitiva, los argumentos en torno a la escasez como factor principal a gestionar, han estado funcionando como justificación para legitimar la privatización de la gestión del agua y la construcción de grandes obras hidráulicas (Otero, Kallis, Aguilar y Ruiz, 2011; Kallis, 2010; Peña García, 2007; Castro, 2002). Han llevado, además, a una naturalización de la problemática del agua (Kaika, 2003), desviando así la atención del acceso desigual a la misma y de su gestión socialmente diferenciada, ambos asuntos clave en los países del Sur (Nieto, 2011). La visión dominante de la adaptación al cambio climático ha incorporado estos rasgos en su incipiente quehacer, al enfatizar la visión tecnocrática de la adaptación y su dimensión ambiental.

Castro (2015) señala que el foco principal de una gestión hídrica urbana debe centrarse en destacar el vínculo entre las desigualdades e injusticias en el acceso al agua y saneamiento y los procesos de democratización y ciudadanización. El mismo vínculo bien podría retomarse en relación a la interacción entre adaptación y gestión hídrica urbana.

Escasez de agua en medio de la abundancia: la producción social de la escasez de agua en Chiapas

En Chiapas, las tendencias neoliberales en la gestión hídrica urbana confluyeron con las peculiaridades históricas y culturales de un proceso de urbanización tardío e incompleto³ (Rus y Morquecho Escamilla, 2015; Viqueira, 2009). Esta confluencia tuvo –y tiene– lugar sobre un territorio caracterizado por una abundancia natural hídrica. Chiapas se inserta en el corazón del sudeste mexicano, donde se concentra la mitad de la lluvia que recibe el país (49.6%). La región hídrica de la Frontera Sur, de la que Chiapas conforma la mayor parte, es la zona del país con mayor abundancia natural de agua (más de 24 mil m³/hab de disponibilidad natural media per cápita para el 4.4% de la población nacional, ubicada en el 3.74% del territorio nacional) (CONAGUA, 2016).

Se estima, sin embargo, que en Chiapas el cambio climático afecte la

3 Las urbes de Chiapas cuentan con la peculiaridad de que tuvieron un despegue posterior –entre 1970 y 1980– que en otras regiones mexicanas y latinoamericanas. Esto nos permite observar los efectos recientes de un proceso de urbanización acelerada, que en otros lugares está alcanzando ya su límite expansivo. Chiapas sigue siendo un estado eminentemente rural, a pesar de que las cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) establecen una proporción de habitantes urbanos y rurales de aproximadamente el 50% en cada sector. Sin embargo, el historiador Juan Pedro Viqueira (2009) habla de ciudades “ruralizadas” en Chiapas, sin opciones de vida digna para gran parte de la población expulsada del agro y cuyo rasgo más notorio es la enorme disparidad en la distribución de bienes, servicios e ingresos, junto con la intensificación de conflictos socioambientales.

disponibilidad del agua y su calidad. Se espera un incremento de eventos meteorológicos extremos más intensos, particularmente intensos debido a la orografía del territorio chiapaneco, así como un incremento de las inundaciones, con graves impactos en las ciudades chiapanecas (Ramos Hernández, 2010: 28 y 30). Aunque no contamos con escenarios específicos para las zonas urbanas, las proyecciones por regiones ofrecen tendencias de variabilidad climática que, en combinación con el impacto del desarrollo urbano, construyen un panorama de alta vulnerabilidad. Se ha registrado ya un incremento de entre 1.8° y 1° C de temperatura y una disminución de la precipitación anual de hasta 2000 mm en la región de los Altos frente a un leve incremento en la del Centro (Ramos Hernández, 2010: 13). En general, se espera que para el 2020 y con un incremento de 1° C para un escenario de uso equilibrado de combustibles fósiles, disminuya la precipitación en un 2%, lo que implicaría disponibilidad crítica de agua (Ramos Hernández, 2010: 69).

Respecto al sector de agua y saneamiento en Chiapas, de acuerdo a la Encuesta intercensal del 2015 del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México), el agua entubada dentro de la vivienda aumentó en 8 puntos porcentuales entre el 2010 y el 2015, alcanzando el 49.9% de las viviendas particulares, y el 40% de viviendas con agua entubada fuera de la vivienda. La cobertura de drenaje arroja datos similares, con un 53.3% de viviendas conectadas a la red pública (INEGI, 2015).

El Consejo Consultivo del Agua, organismo ciudadano independiente ofrece, sin embargo, datos de la calidad del acceso al agua en las ciudades chiapanecas que complementan los del INEGI y ofrecen una visión más compleja de la situación del acceso al agua y saneamiento urbano. En su informe del 2011, este organismo señala que el suministro de agua potable y drenaje en las ciudades del sur y sureste del país es el de peor calidad e

ineficiencia del país (Consejo Consultivo del Agua, 2011). En Tuxtla, la falta de infraestructura en las redes de conducción y distribución obliga a que una parte importante del suministro se realice con pipas y que sólo el 43.2% de la población de la capital reciba agua diariamente (SMAPA, 2011, citado en Consejo Consultivo del Agua, s.f.)

En Chiapas, el rasgo más influyente en el acceso a los servicios de agua y saneamiento es la desigualdad social. No en vano, es la entidad con mayor concentración de la renta (el 30% de los hogares más ricos acapara el 63.5% de los ingresos corrientes, mientras que el 70% de hogares percibe apenas 36.5% de los ingresos corrientes) (CONEVAL, 2012: 28).

Estos tres rasgos –abundancia hídrica junto con un tamaño poblacional relativamente discreto en combinación con cobertura de acceso a servicios de agua y saneamiento ineficiente– ponen de manifiesto que la magnitud poblacional no se relaciona con la disponibilidad de agua potable, del mismo modo que la abundancia de agua tampoco está relacionada con la disponibilidad social de agua potable (Bunge, 2010).

El efecto más patente de esta fragmentación social es un acceso diferenciado a los servicios de agua y saneamiento y una mala calidad del servicio de suministro de agua. La capital de Tuxtla Gutiérrez, con 593,710 habitantes (INEGI, 2015) y ubicada dentro de la cuenca hidrológica del río Grijalva, ejemplifica la contradicción generada por una gestión deficiente del agua en un contexto de abundancia natural, donde escasez y despilfarro tienen lugar simultáneamente.

Tuxtla ostenta el dudoso récord de ser la urbe mexicana con mayor porcentaje de fugas de agua, hasta del 70% del agua potable suministrada, de acuerdo a un reciente informe de la Organización de Estados para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2016). De manera paralela, 60 colonias de la ciudad, de un total de 500, no cuentan con

acceso al agua potable (Observatorio Ciudadano del Agua, 2016).

Además, a raíz de la deficiente gestión hídrica, Tuxtla fue objeto de un intento de privatización del servicio de agua potable y alcantarillado a mediados del 2013⁴, que desencadenó un activo movimiento ciudadano en contra de la privatización y por el derecho al agua. El movimiento Chiapanec@s en Defensa del Agua, una red integrada por organizaciones comunitarias, estudiantiles y ONGs diversas, no sólo logró detener la privatización, sino que elaboró una Propuesta Ciudadana para la Mejora del Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPA) (CEPAZDH A.C. y Chiapanec@s en Defensa del Agua, 2014).

Los movimientos de resistencia ciudadana a la privatización continúan hoy en día, con la reciente conformación de un Observatorio Ciudadano del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en Tuxtla Gutiérrez, y la creación de un Frente Chiapaneco en Defensa del Agua, el Territorio y la Vida. De manera paralela, continúan los intentos de privatización del SMAPA, con las puertas abiertas a la empresa multinacional Proactiva-Veolia (Comité Promotor del Observatorio Ciudadano y CEPAZDH A.C., 2016).

San Cristóbal de las Casas, por su parte, es objeto de un acelerado crecimiento urbano de la periferia basado en una histórica e intensa fractura social entre población indígena, expulsada del agro por luchas religiosas, políticas y por

4 En junio del año 2013, la Junta de Gobierno del SMAPA aprobó la iniciativa de decreto para la convocatoria a licitación pública para la celebración de un contrato de Asociación Público-Privada a un plazo de veinticinco años, consistente en la prestación de servicios de potabilización, producción, distribución y comercialización de agua potable y servicio de alcantarillado. La SMAPA se declaraba en quiebra con una deuda de 130 millones de pesos, alegando escasez de recursos, en medio de acusaciones por gestión fraudulenta (<http://aguaparatodos.org.mx/observatorio-ciudadano-aguas-smapa-con-el-agua-en-tuxtla>).

la tierra, y población ladina⁵. La ciudad se ubica en un valle endorreico, es decir, que no permite la salida de agua, a una altura de 2,350 msnm. Está rodeada de un semicírculo de cerros, algunos de los cuales alcanzan casi los 3,000 metros de altitud, donde se asentaban (y se asientan) los descendientes de las poblaciones prehispánicas. Sobre este patrimonio natural tendría lugar, bien entrado el siglo XX, una caótica y acelerada expansión urbana periférica fruto del incremento poblacional, que, desde 1940, se duplica cada 20 años. En los últimos 50 años, la población san cristobalense crecería 579% (Paniagua, 2010). Actualmente cuenta con una población de 209,591 habitantes (INEGI, 2015). Así, desde su fundación, la ciudad tendría un marcado carácter dual, segmentado por consideraciones raciales, religiosas y económicas, que ha pervivido a lo largo de los siglos.

Esta división social tiene, hoy en día, efectos notables en la gestión hídrica urbana, en el control de las fuentes de agua y en su acceso desigual. La tabla 2 sintetiza las principales problemáticas en el abastecimiento de agua y saneamiento en la ciudad, a partir de trabajo de campo realizado entre los años 2014-2105.

5 Históricamente, la ciudad se configuró como un mosaico de barrios con una marcada dualidad (españoles controlando la ciudad en el centro y una periferia indígena-mestiza), insertada en un territorio netamente indígena. Estos barrios, que inicialmente no eran adyacentes entre sí ni con el centro, con apenas 12 calles y 18 manzanas, entre los siglos XVI-XIX, crecieron de manera centripeta y fueron conurbándose, conectándose con el centro y constituyendo un modelo de expansión urbana atípico y contrario al centrífugo. San Cristóbal, por 450 años, *creció intramuros*, sin ampliar el círculo urbano (Paniagua, 2010; Audry, 2008: 62). Este modelo de crecimiento permitió la conservación de extensos territorios naturales y cinturones verdes.

Tabla 2. Caracterización básica de la problemática de la gestión hídrica urbana en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas.

<i>Ámbito de incidencia</i>	<i>Caracterización</i>	<i>Descripción</i>
INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA	Red de distribución obsoleta y en mal estado de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Toda el agua que distribuye el Sistema Municipal de Alcantarillado y Agua Potable (SAPAM) no es potable. En toda la ciudad, la ciudadanía compra agua a compañías embotelladoras de agua potable, que en varios casos han sido denunciadas por no cumplir con los mínimos estándares de calidad • Alcantarillas en mal estado y en condiciones de insalubridad • Dificultades de abastecimiento en varias colonias de la periferia • El “túnel del sumidero”, obra hidráulica construida en los años 70 para desaguar el valle y aliviar las inundaciones, se encuentra en estado de degradación, con grietas importantes y daños en su estructura
GESTIÓN HÍDRICA	<p>Gestión deficiente del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Municipal (SAPAM)</p> <p>Presencia de sistemas comunitarios de gestión del agua (Sistema Chupaltic) independientes de la gestión municipal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Despilfarro y fugas en muchos puntos de la red que no se atienden por falta de personal de campo • Impago del recibo de agua por parte del 60% de los abonados • Alta tasa de tomas ilegales, especialmente en predios que han sido invadidos • Escasez de personal y falta de autonomía financiera (la SAPAM tiene un embargo de 148 millones de pesos por impago de la factura de electricidad) • Problemáticas internas relacionadas con la confianza, abuso de autoridad, corrupción y problemas de autogestión

<i>Ámbito de incidencia</i>	<i>Caracterización</i>	<i>Descripción</i>
GOBERNABILIDAD	<p>Guerras por el agua, y el agua como elemento de presión en conflictos políticos⁶</p> <p>Generación de conflictos sociales ante la escasez de agua que se vive en la ciudad en la temporada de estiaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El agua y su acceso son, cada vez más, un arma de presión política en luchas partidistas, especialmente en las colonias indígenas y comunidades cercanas a San Cristóbal. • El control del uso y acceso de los manantiales en zonas de invasión ilegal se convierte en una forma de obtener derechos sobre los predios invadidos • Creciente desabasto en temporada de estiaje da pie a enfrentamientos cada vez más violentos • Discrecionalidad y corrupción en la forma de distribución del agua, dependiendo de cuestiones electorales • Manipulación del ordenamiento del suelo urbano • Asentamientos precarios en zonas de alto riesgo

6 Ver por ejemplo noticia del periódico digital El Universal, en su sección Red Política, del 26 de mayo de 2014, por Fredy Martín (2014). Otro caso reciente es el relativo al asesinato en San Juan Chamula del presidente municipal y 6 personas más el 23 de julio del 2016. Como medida de presión para que se liberara a los detenidos, comunidades del municipio indígena donde se ubican los manantiales que abastecen de agua a los barrios san cristobalenses de La Garita y Cuxtitali amenazaron con cortar las tuberías que distribuyen el agua mediante un sistema de gestión independiente al de la municipalidad (entrevista con Rafael Miranda, vecino de La Garita, 2 de octubre, 2016; asamblea comunitaria del Sistema de Agua Potable del Barrio de La Garita, 2 de octubre, 2016)

<i>Ámbito de incidencia</i>	<i>Caracterización</i>	<i>Descripción</i>
CALIDAD DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE	<p>Contaminación de los cuerpos superficiales de agua</p> <p>Ausencia de agua potable</p> <p>Incremento del riesgo de inundaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Flujos de agua se conciben por la parte de la ciudadanía como canales de vertido de todo tipo de residuos • Vertidos ilegales de materiales industriales a los cauces de los ríos (ver documental La Pradera, enero 2015) • Sobre explotación de acuíferos y de los 10 manantiales que abastece la ciudad de San Cristóbal de Las Casas • Invasión ilegal de áreas de captación de agua en las zonas de reserva • Cambios de uso de suelo de conservación a uso de suelo urbanizable arbitrarios en zonas de captación de agua • La SAPAM ha reportado gran cantidad de ratas muertas y restos de carnes y otros desechos • Impermeabilización de suelos en fraccionamientos de reciente construcción sobre áreas de inundación • Deforestación y desmonte de cauces y riachuelos • Ausencia de un manejo integrado del ciclo hídrico
<p>Fuente: elaboración propia a partir de entrevista con funcionario del SMAPA, trabajo de campo en reuniones barriales de gestión comunitaria del agua del sistema Chupaltic, y a partir de sistematización de noticias en prensa local, Diario Mirada Sur y Cuarto Poder, en el periodo de enero 2015-diciembre 2015).</p>		

Paradójicamente, los efectos del paradigma dominante de la gestión hídrica en Chiapas, con sus intentos de privatización y su énfasis en las infraestructuras duras, lejos de aumentar la eficacia prometida, han exacerbado algunos de los males endémicos de la cultura política de la entidad. El resultado es que una gestión urbana ineficaz y corrupta, en combinación con contextos históricos de conflictividad social y política, alimentan los conflictos socioambientales en torno al control por el uso y el acceso a las fuentes de agua limpia, aceleran la degradación ambiental y cuestionan

los supuestos de eficiencia del paradigma neoliberal de la gestión hídrica (Millán Malo, 2012). Deriva, además, en un incremento de la vulnerabilidad social y ambiental frente a los cambios climáticos.

¿Cómo llevar a cabo una planificación urbana sustentable y una adaptación en el entramado político que someramente se describe arriba?

En las ciudades chiapanecas, la mención de la vulnerabilidad –en combinación con la de gestión de riesgos por eventos climáticos extremos– comienza a aparecer en dos áreas específicas de la gestión hídrica urbana: la canalización de ríos para el control de inundaciones y la mejora de la calidad de agua. Como ejemplo de lo anterior, el *Plan de Desarrollo Urbano de Tuxtla 2007* reclamaba la operación de las plantas de tratamiento ya instaladas, así como el establecimiento de nuevas plantas y la mejora de la red de distribución, enfatizando que debe hacerse “aprovechando nuevas tecnologías (*no propuestas académicas*)” (énfasis propio), en la página 33; o “formular y concluir los estudios hidráulicos necesarios en donde se plante (*sic*) una solución real (*no propuestas académicas*)” (énfasis propio) en la página 34.

No obstante, las formas en las que se están llevando a cabo ambas intervenciones han generado nuevas problemáticas, exacerbado la conflictividad social y disminuido la capacidad de adaptación al cambio climático (ver por ejemplo denuncia número PFPA/14.7/2C.28.4.1/100040-15 ante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente efectuada por Jovita Patricia Gómez Cruz, el 30 de septiembre del 2015).

Bajo la impronta dejada por eventos hidrometeorológicos extremos como los sufridos en la ciudad de Tapachula a raíz del Huracán Stan en el año 2005, o ante las recurrentes inundaciones en la ciudad capital de Tuxtla Gutiérrez, en Chiapas, asistimos a una nueva oleada de establecimiento de infraestructuras hidráulicas urbanas, ahora bajo la bandera del control de riesgos por inundación y con la mención de contribuir a la adaptación al cambio climático, pero sin

una planificación que la considere seriamente.

Las riberas de gran parte de los ríos urbanos, ya de por sí seriamente degradadas y contaminadas, están siendo sistemáticamente cubiertas de cemento y transformadas en canales rectilíneos. Algunas de estas infraestructuras destruyen lo poco que queda de los ecosistemas de ribera –que aún son repositorios de importante flora y fauna en las ciudades– a la vez que aumentan la velocidad y el nivel de peligrosidad del caudal, trasladando el riesgo de inundación aguas abajo.⁷ Convierten el río en una tubería a cielo abierto, desecan los terrenos adyacentes a las riberas y concentran la contaminación. Por si fuera poco, la calidad y durabilidad de algunas de estas obras es muy deficiente (Razo Velázquez, 2015).

En Chiapas, este predominio técnico ha dejado en un segundo plano la posibilidad de introducir criterios de restauración de los ecosistemas como forma de adaptación al cambio climático y de diseño de una ciudad sostenible. Una restauración basada en recuperar las funciones del ecosistema podría ser no sólo mucho más costo-eficiente, sino también más adecuada para absorber los impactos de los eventos climáticos extremos. Contribuiría, de igual forma, a la ampliación de espacios públicos ecológico-recreativos y dificultaría el establecimiento de áreas habitacionales en zonas de alto riesgo por inundación y deslave.

La nueva planta de tratamiento que empezó a construirse⁸ en la parte baja de la Cuenca de Jovel, en el municipio de San Cristóbal de las Casas, es un caso

7 Con base en observaciones en las ciudades de Tapachula, Tuxtla Gutiérrez y San Cristóbal de las Casas en los periodos de trabajo de campo 2013-2015 del proyecto Sistemas de Gobernanza Ambiental del PROIMMSE-IIA-UNAM.

8 Las obras de construcción de la planta generaron protestas por parte de los vecinos de las colonias aledañas, que alegaron, en primer lugar, no haber sido consultados, irregularidad de la obra al no contar con los permisos exigidos por la ley y posibles afectaciones futuras derivadas

paradigmático de los riesgos que conlleva la instalación de infraestructura para la gestión hídrica urbana de manera fragmentada, sin contar con los recursos necesarios para operarla y sin una articulación con otros ámbitos de la gestión del espacio urbano (residuos, gestión ambiental, ordenamiento de usos del suelo) (Servicios de Ingeniería Aplicada, S.A. de C.V., s.f.: 14).

Por un lado, establecer una planta de tratamiento de agua sin abordar acciones de saneamiento y mejoramiento a lo largo de los cauces de arroyos y ríos que atraviesan la ciudad, significa condenar a sus habitantes a seguir padeciendo enfermedades por una deficiente calidad de agua, especialmente en las zonas más marginales y con peores servicios. Por el otro, hacerlo sin contar con los recursos financieros para su mantenimiento y sin mejorar la infraestructura de alcantarillado obsoleta y fracturada en varias secciones de la red, arroja serias dudas sobre la capacidad operativa de la futura planta⁹.

Además, su instalación cercana a las zonas de desagüe natural de la cuenca –los llamados sumideros, un sistema de cuevas que permitía evacuar el agua fuera de la Cuenca de Jovel y que se encuentra en estado de degradación, convertidos en vertederos de basura– ha generado disputas, tanto entre los vecinos de los barrios aledaños, que se han enfrentado a favor y en contra del establecimiento de la planta, como entre activistas y organizaciones ambientales, quienes alegan que la instalación está generando mayores

de la construcción de la planta en el área de inundación natural del Río Amarillo. El 30 de septiembre la PROFEPA Chiapas acordó conclusión por incompetencia según acuerdo número 0457/15. Las obras, de momento, siguen detenidas (Hernández, 2015).

9 El estudio de Análisis Costo-Beneficio para la construcción de la planta *recomienda*, en su página 11, “...la construcción integral, incluyendo completar colectores y emisores, lo que permitirá captar la totalidad de las aguas residuales y alcanzar el saneamiento de los ríos” (Servicios de Ingeniería Aplicada, S.A. de C.V., s.f.: 11). Asimismo, *recomienda*, en su página 10, “hacer una reestructuración del sistema tarifario con la finalidad de que el organismo operador, *ya sea SMAPA o quien se defina*, cuente con los recursos necesarios para operar y mantener la Planta de Tratamiento” (énfasis propio).

impactos ambientales, sin restaurar los sumideros naturales (entrevista con Jovita Patricia Gómez Cruz, representante del Fraccionamiento La Pradera, enero 2015). El hecho de que en Chiapas existan 108 plantas de tratamiento de agua no operativas, de acuerdo con el presidente del Consejo de Cuenca Grijalva-Usumacinta, Alfredo Araujo (Pineda, 2015), indica una limitada capacidad para gestionar una infraestructura hidráulica que requiere de un financiamiento seguro y constante para cumplir con su función.

El breve panorama descrito arriba evidencia la situación conflictiva y de violencia en torno al agua que se vive en la entidad, en la que las luchas por el agua, la falta de transparencia y la ingobernabilidad serán factores con los que la adaptación al cambio climático en asociación con la gestión hídrica urbana, deberán lidiar.

Conclusión: hacia una integración efectiva de la adaptación climática y la gestión hídrica

En este trabajo se ha buscado aportar elementos que ayuden a entender la importancia de tomar en cuenta las dinámicas políticas locales para futuras acciones de planificación de adaptación al cambio climático en el sector de agua y saneamiento urbanos.

Es evidente que los factores derivados de la estructura política son difíciles de abordar en el ámbito de la planificación, pero no reconocerlos puede llevar a una exacerbación de conflictos existentes o a la generación de nuevos contenciosos.

Una adaptación al cambio climático que rescate lo político y ponga en el centro de su accionar tanto la eficiencia como la equidad, requiere conocer a fondo el terreno político en el que se va a mover; necesita también incluir aquellos actores clave en la negociación y el diseño de estrategias destinadas a barrios con particularidades históricas y culturales; necesita encontrar un balance entre

las tecnologías blandas y las sólidas, en lugar de privilegiar la infraestructura sólida sin tomar en cuenta las condiciones ambientales, sociales, culturales y políticas que, podrían funcionar como obstáculo a mediano y largo plazo de la estrategia de adaptación seleccionada. Lo anterior en combinación con una gestión hídrica que defina sus parámetros y acciones a la luz de los cambios climáticos que se avecinan, y que combine las opciones técnicas con las de restauración y preservación de las funciones ecosistémicas.

En conclusión, el reconocimiento de la complejidad de los contextos locales en las acciones de adaptación podría generar una mayor capacidad de respuesta a los desafíos del cambio climático y una mayor inclusión de aquellos actores sistemáticamente ignorados, que operan bajo lógicas vecinales y comunitarias muy diferentes a las de los planificadores de la adaptación.

Referencias

- Audry, A. 2008. *San Cristóbal de las Casas. Su historia urbana, demográfica y monumental*. ADABI de México. Chiapas, México.
- Bjurström, A., y Polk, M. 2011. "Physical and economic bias in climate change research: a scientometric study of IPCC. Third Assessment Report." *Climatic Change*. 108(1–2): 1–22.
- Bunge, V. 2010. "La disponibilidad natural de agua en las cuencas de México." *Las cuencas hidrográficas de México: Diagnóstico y priorización. SEMARNAT-INE-FGRA*. México: 46–49.
- Caravani, A. 2015. *Does adaptation finance invest in disaster risk reduction?* ODI Report. En línea: www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/9766.pdf (Consultado: 15 de enero de 2017).
- Castro, J.E. 2015. "La producción y reproducción de la desigualdad y la injusticia social estructural: observaciones desde el campo empírico de los servicios públicos esenciales." *Estudios Latinoamericanos. Nueva época*. 36: 111–130.
- Castro, J.E. 2007. "La privatización de los servicios de agua y saneamiento en América Latina." *Nueva Sociedad*. 207: 93–112.

- Castro, J.E. 2005. “Agua y gobernabilidad: entre la ideología neoliberal y la memoria histórica.” *Cuadernos del CENDES*. 22(59): 1–21.
- Castro, J.E. 2002. “La construcción de nuevas incertidumbres, tecnociencia y la política de la desigualdad: el caso de la gestión de los recursos hídricos.” *CTS+ I: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*. 2: Artículo 4. En línea: www.oei.es/historico/revistactsi/numero2/esteban.htm (Consultado: 15 de enero de 2017).
- Castro, J.E., Kloster, K., y Torregrosa, M.L. 2004. “Ciudadanía y gobernabilidad en México: el caso de la conflictividad y la participación social en torno a la gestión del agua”, en: Jiménez, B., y Marín, L. (eds). *El Agua en México Visto desde la Academia*. Academia Mexicana de Ciencias. México.
- CEPAZDH A.C., y Chiapanec@s en Defensa del Agua 2014. *Propuesta ciudadana para el saneamiento y gestión integral del SMAPA*. Tuxtla Gutiérrez. En línea: <http://aguaparatos.org.mx/archivos-y-documentos/> (Consultado: 20 de diciembre de 2016).
- Comisión Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social - CONEVAL. 2012. *Informe de pobreza y evaluación en el Estado de Chiapas*. México.
- Comité Promotor del Observatorio Ciudadano y CEPAZDH A.C. 2016. *Aguas con el agua en el Tuxtla*. México. En línea: <http://aguaparatos.org.mx/observatorio-ciudadano-aguas-smapa-con-el-agua-en-tuxtla/> (Consultado: 15 de abril de 2017).
- CONAGUA. 2016. *Estadísticas del Agua en México, edición 2016*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua Subdirección General de Planeación. Ciudad de México, México. En línea: http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf (Consultado: 10 de abril de 2017).
- Consejo Consultivo del Agua, A.C. s.f. *El Agua en Chiapas*. En línea: <http://www.aguas.org.mx/sitio/publicaciones/el-agua-en-chiapas/el-agua-en-chiapas.pdf> (Consultado: 15 de abril de 2017).
- Consejo Consultivo del Agua, A.C. 2011. *Gestión del Agua en las ciudades de México. Indicadores de desempeño de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Segundo Reporte. México. En línea: https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2011/06/gestiondelaguaenlasciudadesdemexico_cca_2011.pdf (Consultado: 20 de

- diciembre de 2016).
- Curl, K., Neri, C., y Scott, C. 2015. “Drought and water scarcity: Discourses and competing water demands in the context of climate change in arid Sonora, Mexico”, en: Stucker, D., y López-Gunn, E. (eds). *Adaptation to climate change through water resource management: capacity, equity and sustainability*. Routledge. Nueva York, EUA: 21–42.
- Delgado Ramos, G.C., De Luca Zuria, A., y Vázquez Zentella, V. 2015. *Adaptación y mitigación urbana del cambio climático en México*. CEIICH-PINCC, UNAM. México.
- Domínguez, J. 2012. “Gobernanza urbana del agua: los problemas por resolver en las ciudades latinoamericanas”, en: Murillo Licea, D. (ed). *La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y de su aplicación*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México: 255–296.
- Eakin, H., Bojorquez-Tapia, L.A., Janssen, M.A., Georgescu, M., Manuel-Navarrete, D., Vivoni, E.R., y Lerner, A.M. 2017. “Opinion: Urban resilience efforts must consider social and political forces”. *PNAS*. 114(2): 186–189.
- Eriksen, S.H., Nightingale, A.J., y Eakin, H. 2015. “Reframing adaptation: The political nature of climate change adaptation.” *Global Environmental Change*. 35: 523–533.
- Felli, R., y Castree, N. 2012. “Neoliberalising Adaptation to Environmental Change: Foresight or Foreclosure?”. *Environment and Planning A*. 44(1): 1–4.
- Funes, S. 2012. “Reformas y gobernanza en el sector del agua”, en: Murillo Licea, D. (ed). *La Gobernanza del agua: un desafío actual*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México: 116–183.
- Göbel, B., Gongora-Mera, M., y Ulloa, A. 2014. “Las interdependencias entre la valorización global de la naturaleza y las desigualdades sociales: abordajes multidisciplinares”, en: *Desigualdades socioambientales en América Latina*. Ibero-Amerikanisches Institut. Bogotá, Colombia: 13–45.
- Hernández Núñez, M. 2015. “Colonos no fueron consultados para Planta de Tratamiento”. *Mirada Sur*. VI (300). San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. 22 de octubre.
- INEGI. 2015. *Encuesta intercensal 2015. Principales resultados, Chiapas*.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. En línea: www.sedem.chiapas.gob.mx/uploads/estadisticas/secundarios/PRINCIPALES_RESULTADOS_EN_CHIAPAS_ENCUESTA_INTERCENSAL_2015.pdf. (Consultado: 20 de diciembre de 2016).
- Kaika, M. 2003. “Constructing scarcity and sensationalising water politics: 170 days that shook Athens.” *Antipode*. 35(5): 919–954.
- Kallis, G. 2010. “Coevolution in water resource development: The vicious cycle of water supply and demand in Athens, Greece.” *Ecological Economics*. 69(4): 796–809.
- Lampis, A. 2013. “La adaptación al cambio climático: el reto de las dobles agendas”, en: Postigo, J.C. (ed). *Cambio climático, movimientos sociales y políticas públicas. Una vinculación necesaria*. CLACSO/Pontificia Universidad Católica del Perú-ICAL. Santiago de Chile, Chile: 29–50.
- Lampis, A. 2011. “Retos urbanos: debates centrales para la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático.” *Sostenible?* 12: 41–64.
- Malvares Míguez, M. 2013. “Gestión del Agua en el contexto de la Globalización. Una aproximación de análisis desde la perspectiva de la Sociedad del Riesgo”, en: Postigo, J.C. (ed). *Cambio Climático, Movimientos Sociales y Políticas Públicas. Una vinculación necesaria*. CLACSO/Pontificia Universidad Católica del Perú-ICAL. Santiago de Chile, Chile: 105–124.
- Martin, F. 2014. “Entre balas de AK-47 se disputan el agua en Chiapas.” *El Universal.com.mx* 26 de marzo. En línea: www.redpolitica.mx/estados/entre-balas-de-ak-47-se-disputan-el-agua-en-chiapas (Consultado: 20 de diciembre de 2016).
- Millan Malo, G.C. 2012. “Conflictividad y gobernanza del agua”, en: Murillo Licea, D. (ed). *La Gobernanza del agua. Un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y de su aplicación*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México: 322–355.
- Moore, J.W. 2016. “Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism”, en: *Anthropocene or Capitalocene?: Nature, History, and the Crisis of Capitalism*. PM Press Oakland, California, EUA: 1–13.
- Morchain, D. 2016. *Why must climate change be de-naturalised and re-politicised?* Oxfam GB - Policy & Practice. 12 de diciembre. En línea: <http://policy-practice.oxfam.org.uk/blog/2016/12/why-must-climate->

- change-be-denaturalised-and-repoliticised. (Consultado: 20 de diciembre de 2016).
- Murillo Licea, D. 2012. “La trampa de la gobernanza del agua. Problemas del traslado del concepto a la aplicación”, en: D. Murillo Licea (ed.). *La Gobernanza del agua. Un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y de su aplicación*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México: 79–115.
- Newell, P., y Paterson, M. 2010. *Climate Capitalism: Global Warming and the Transformation of the Global Economy*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Nieto, N. 2011. “La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas.” *Política y cultura*. 36: 157–176.
- Nygren, A. 2016. “Socially Differentiated Urban Flood Governance in Mexico: Ambiguous Negotiations and Fragmented Contestations”. *Journal of Latin American Studies*. 48(2): 335–365.
- O’Brien, K.L., y Wolf, J. 2010. “A values-based approach to vulnerability and adaptation to climate change”. *Climate Change*. 1(2): 232–242.
- Observatorio Ciudadano del Agua. 2016. *Nace en Tuxtla Observatorio Ciudadano “Aguas SMAPA con el agua”*. 7 de diciembre. En línea: <http://fuente-confiable.mx/nace-en-tuxtla-observatorio-ciudadano-aguas-smapa-agua/> (Consultado: 20 de diciembre de 2016).
- OECD. 2016. *Water governance in Cities*. OECD Studies on Water. OECD Publishing. París, Francia.
- Otero, I., Kallis, G., Aguilar, R., y Ruiz, V. 2011. “Water scarcity, social power and the production of an elite suburb.” *Ecological Economics*. 70(7): 1297–1308.
- Pahl-Wostl, C., Jeffrey, P., Isendahl, N., y Brugnach, M. 2011. “Maturing the new water management paradigm: progressing from aspiration to practice.” *Water Resources Management*. 25(3): 837–856.
- Paniagua Mijangos, J. 2010. *Territorio, resignificación y disputa de espacios públicos en ciudades coloniales. El caso del centro histórico y sus barrios en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas*. XXXIII Encuentro de la Red Nacional de Investigación Urbana. Barranquilla, Colombia, 25-27 de octubre.
- Pelling, M. 2010. *Adaptation to Climate Change: From Resilience to*

- Transformation*. Routledge. 1ª edición. Londres, Reino Unido / Nueva York, EUA.
- Peña García, A. 2007. “Una perspectiva social de la problemática del agua.” *Investigaciones geográficas*. 62: 125–137.
- Pineda, L.O. 2015. “Sin funcionar 108 plantas de tratamiento de aguas residuales en Chiapas.” *Meganoticias Tuxtla Gutiérrez*. Tuxtla Gutiérrez, 6 de noviembre. En línea: <https://meganoticias.mx/tu-ciudad/tuxtla-gutierrez/noticias/item/115729-sin-funcionar-108-plantas-> (Consultado: 21 de diciembre de 2016).
- Pizarro, R.E. 2009. “Urban Form and Climate Change: Towards appropriate development patterns to mitigate and adapt to climate change”, en: Davoudi, S., Crawford, J., y Mehmood, A. (eds). *Planning for Climate Change: Strategies for Mitigation and Adaptation*. Earthscan from Routledge. Londres, Reino Unido.
- Ramos Hernández, S. 2010. *Escenarios climáticos para el Estado de Chiapas. Informe final. Fase II*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, (CIGERCC) / Conservación Internacional-Secretaría de Medio Ambiente / Vivienda e Historia Natural / Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Razo Velázquez, L.A. 2015. *Pradera*. Taller de Capacitación en Producción de Video Educativo y Social. Guión por Celia Ruiz de Oña. San Cristóbal de Las Casas, México. En línea: www.youtube.com/watch?v=t6dEsFdKII8 (Consultado: 21 de diciembre de 2016).
- Rockström, D.J., et al. 2014. *Water Resilience for Human Prosperity*. Cambridge University Press. 1ª edición. Cambridge, Reino Unido.
- Rus, J., y Morquecho Escamilla, G. 2015. “The urban indigenous movement and elite accomodation in San Cristobal de Las Casas, Chiapas, México, 1975-2008: Tenemos que vivir nuestros años/We have to live in our own times”, en: Rubin, J.W., y Bennett, V. (eds). *Enduring Reform, Progressive Activism and Private Sector Responses in Latin America’s Democracies*. University of Pittsburgh Press. Pittsburgh, EUA: 81–112.
- Servicios de Ingeniería Aplicada, S.A. de C.V. s.f. *Análisis Costo-Beneficio Simplificado para la Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en San Cristóbal de Las Casas para un gasto de 300l/s*. CONAGUA, Instituto Estatal del Agua de Chiapas y Sistema de Agua

- Potable y Alcantarillado del Municipio de San Cristóbal de Las Casas. México. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Stucker, D., y López-Gunn, E. 2015. *Adaptation to Climate Change through Water Resources Management: Capacity, Equity and Sustainability*. Routledge. Nueva York, EUA.
- Swyngedouw, E. 2013. “The non-political politics of climate change”. *ACME: An International E-Journal for Critical Geographies*. 12(1): 1–8.
- Taylor, M. 2014. *The Political Ecology of Climate Change Adaptation: Livelihoods, agrarian change and the conflicts of development*. Routledge. 1ª edición. Londres, Reino Unido / Nueva York, EUA.
- Trottier, J. 2008. “Water crises: political construction or physical reality?”. *Contemporary Politics*. 14(2): 197–214.
- Viqueira, J.P. 2009. “Cuando no florecen las ciudades: la urbanización tardía e insuficiente de Chiapas”, en: Vásquez, L., y Rodríguez Kuri, A. (eds). *Ciudades mexicanas del siglo XX. Siete estudios históricos*. El Colegio de México/Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Ciudad de México: 59–178.
- Zurbriggen, C. 2014-A. “Políticas latinoamericanas en la gestión del agua: de la gobernanza neoliberal a una gobernanza pública.” *Agua y Territorio*. (3): 89–99.
- Zurbriggen, C. 2014-B. “De la Gobernanza neoliberal a la gobernanza del bien público. Los servicios del agua en América Latina.” *Revista Estado y Políticas Públicas*. (2): 47–64.

CAPÍTULO 6

INFRAESTRUCTURA VERDE EN BARRIOS CAMINABLES: ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA CIUDADES EN TIERRAS ÁRIDAS

ADRIANA A. ZÚÑIGA TERÁN

Introducción

En este capítulo se exploran los desafíos para las ciudades localizadas en tierras áridas, particularmente en lo que respecta a la seguridad hídrica en condiciones de cambio climático. Uno de los impactos del cambio climático que afecta a las ciudades son los eventos de tormenta severa y las subsecuentes inundaciones que, se pronostica, van a aumentar en intensidad y frecuencia. Debido a que las inundaciones pueden dañar la infraestructura urbana y la propiedad privada, algunas ciudades han invertido en infraestructura gris lo que, combinado con un aumento en las superficies impermeables (por ejemplo, pavimentos de concreto y asfalto), ha resultado en ecosistemas degradados, riesgos para la salud e, irónicamente, un aumento de las inundaciones. En este capítulo, la infraestructura verde se introduce como una alternativa a la infraestructura gris para la gestión de aguas pluviales, en tanto que reduce el daño a los sistemas sociales y ecológicos. La infraestructura verde también puede considerarse una estrategia de adaptación al cambio climático que tiene el potencial de aumentar la seguridad hídrica en las ciudades en tierras secas. Sin embargo, el uso humano del espacio verde juega un papel importante para maximizar el vínculo entre los sistemas sociales y ecológicos que puede resultar en mejores oportunidades para preservar el espacio verde y la sostenibilidad. Los barrios o colonias en las que se puede caminar tienen el

potencial de mejorar el uso humano del espacio verde. Consecuentemente, se puede concluir que el diseño de barrios caminables que incluye infraestructura verde y proporciona acceso humano a los espacios verdes tiene el potencial de aumentar el uso humano y mejorar la seguridad hídrica y la resiliencia al cambio climático.

Retos para las ciudades localizadas en tierras áridas

Una cantidad considerable de superficie de tierra en el mundo es algún tipo de tierra seca que incluye hiperárida, árida, semiárida y subhúmeda (Maestre *et al*, 2012). Las tierras áridas o secas componen el 41% de la superficie terrestre en el mundo y su característica principal es la escasez de agua y, por consiguiente, un suministro limitado de recursos naturales (Reynolds *et al*, 2007).

Las ciudades están creciendo rápidamente alrededor del mundo y aún más en las tierras secas. Desde 2008, y por primera vez en la historia, las ciudades son el hogar de la mayoría de las personas en el mundo, y se prevé que esta tendencia continúe en el futuro (Grimm *et al*, 2008). El crecimiento urbano es más pronunciado en las tierras secas. Safriel y Adeel (2005) encontraron que, a medida que la tierra se vuelve más seca, la fracción de la población que vive en las ciudades aumenta. El principal desafío para las ciudades en las tierras secas es acomodar a una población urbana cada vez mayor, principalmente porque los recursos son limitados (Grimm *et al*, 2008). Más personas demandan más alimentos y agua, más materiales para refugio y generan más desechos y contaminación. Esta creciente demanda de recursos naturales y servicios ecosistémicos impacta los sistemas ecológicos, modificando los ciclos biogeoquímicos dentro y fuera de las ciudades (Ibid).

Los impactos del cambio climático en las tierras secas agravan tal situación. Para las tierras secas, se prevé un aumento en las temperaturas, una sequía más

prolongada y fenómenos de tormentas severas más frecuentes en un futuro próximo como consecuencia del cambio climático (Maestre, *et al*, 2012). Para las ciudades costeras, las proyecciones del cambio climático también incluyen el aumento del nivel del mar (Ibid). En California y otros lugares, la sequía prolongada y otros impactos del cambio climático ya son evidentes (<http://drought.ca.gov>).

Un aumento de las temperaturas en las ciudades situadas en climas cálidos plantea un grave riesgo para la salud de las poblaciones urbanas (Jenerette *et al*, 2016).

Las ciudades suelen experimentar un efecto adverso de la urbanización conocido como el efecto de la isla de calor urbano, que consiste en un aumento de las temperaturas en las ciudades en comparación con los paisajes naturales circundantes. Este aumento de las temperaturas en las zonas urbanas se debe a la alteración del balance energético de la superficie terrestre cuando se cambia la cubierta vegetal de las superficies permeables con superficies de hormigón y asfalto que almacenan el calor (Lee y Ho, 2010). Un aumento de las temperaturas como consecuencia del cambio climático exagera el efecto de la isla de calor urbana, lo que afecta negativamente la salud de las poblaciones urbanas (Jenerette *et al*, 2016).

Una sequía más prolongada en las ciudades localizadas en tierras secas amenaza la seguridad hídrica. La seguridad hídrica se define como “la disponibilidad sostenible de cantidades y calidades adecuadas de agua para sociedades y ecosistemas resilientes frente a un cambio climático global incierto” (Scott *et al*, 2013). En las tierras secas, dado que las aguas superficiales están sobre asignadas, agotadas o degradadas, las ciudades dependen cada vez más de las aguas subterráneas como fuente principal de agua (Varady, 2015). El agua subterránea ha traído importantes beneficios a millones de personas en todo el mundo en términos de medios de subsistencia y producción de alimentos;

no obstante, la sobreexplotación de los recursos hídricos subterráneos es una consecuencia significativa a largo plazo (Mukherji y Shah, 2005). Una sequía más prolongada como consecuencia del cambio climático agrava dicho panorama al aumentar la presión sobre los acuíferos. Las ciudades costeras de las tierras secas enfrentan el riesgo adicional de intrusión de agua de mar en los acuíferos cuando los niveles del agua subterránea disminuyen, particularmente bajo condiciones de aumento de las temperaturas (Bouderbala *et al*, 2016). La intrusión de agua de mar hace que el agua subterránea sea inadecuada para el consumo humano y otros usos del agua, amenazando así la seguridad hídrica. Otro de los impactos del cambio climático son los eventos de tormentas severas más frecuentes (Maestre *et al*, 2012) y esto también amenaza la seguridad hídrica. Para las ciudades, los fenómenos de tormentas severas más frecuentes resultan en inundaciones con mayor frecuencia e intensidad. Además, la expansión urbana y su uso asociado de la tierra y el cambio de cobertura de la tierra que incluyen superficies impermeables (por ejemplo, concreto y asfalto) han alterado el ciclo hidrológico en las ciudades (Xu *et al*, 2016) y han disminuido la calidad del agua. La escorrentía de aguas pluviales que no se infiltra *in situ* (en el lugar de origen) disminuye la calidad del agua al aportar contaminantes sin fuente determinada o la contaminación que proviene de diferentes fuentes (Ibid). A medida que el agua escurre por las calles pavimentadas, recoge el aceite que dejan los vehículos de motor y otros químicos y nutrientes, lo que da lugar a un escurrimiento que contamina los cuerpos de agua (ríos, lagos, arroyos).

Gestión de las aguas pluviales en las ciudades en tierras áridas

Las ciudades en las economías avanzadas suelen tener un sistema de drenaje de aguas pluviales canalizado, también conocido como infraestructura gris. La infraestructura gris fue construida con el fin de transportar el agua de lluvia

lejos de la ciudad tan pronto como fuera posible para evitar las inundaciones (Pennino *et al.*, 2016). La infraestructura gris incluye drenajes pluviales, alcantarillas y sistemas combinados de alcantarillado, que consisten en una sola tubería que recolecta tanto escurrimiento de aguas pluviales como aguas residuales municipales e industriales (Subramanian, 2017; Pennino *et al.*, 2016; Levy *et al.*, 2014). A menudo, las ciudades de los países desarrollados tienen que cumplir con leyes que requieren tratar el agua de los sistemas combinados de alcantarillado antes de que llegue a los ríos, arroyos o lagos (Levy *et al.*, 2014).

La ciudad de Los Ángeles es un ejemplo interesante. Los Ángeles sufrió una grave inundación en 1914 con daños materiales extensos. Como resultado, el estado de California implementó obras de infraestructura gris; cubrieron el río Los Ángeles con concreto y construyeron un sistema de drenaje. Este complejo sistema fue diseñado para desalojar rápidamente las aguas pluviales de la ciudad y reducir las inundaciones. Y lo ha hecho con éxito, pero ha creado otros problemas (Subramanian, 2017). Se ha descubierto que la infraestructura gris combinada con un aumento en las superficies impermeables causa erosión de los canales de agua, degradando los ecosistemas, contaminando el agua y ocasionando más inundaciones (Pennino *et al.*, 2016). Esta situación es común en otras ciudades. Los sistemas combinados de alcantarillado a menudo se desbordan durante eventos de tormenta severa, resultando en aguas residuales combinadas con aguas pluviales vertiéndose en las calles y cuerpos de agua y causando un grave peligro para la salud (Subramanian, 2017). En 2008, el Consejo de Investigación de Recursos Naturales y Santa Mónica Baykeeper demandaron al Distrito de Control de Inundaciones del Condado de Los Ángeles por descargar aguas contaminadas en el río (Ibid).

Algunas ciudades en tierras áridas de los países en desarrollo no cuentan con infraestructura de aguas pluviales. Debido a la baja frecuencia de lluvias, las

ciudades en países pobres rara vez invierten en infraestructura gris porque muchas veces ésta no es rentable. Por lo tanto, cuando llueve, se inunda, lo que a su vez causa daños significativos a la infraestructura urbana y aumenta los costos de mantenimiento y reparación. La ciudad de Hermosillo, México, es un ejemplo. Esta ciudad recibe una baja precipitación, oscilando entre 2.5 mm (0.1 pulgadas) durante la época seca y 89 mm (3.5 pulgadas) durante la época de lluvias.¹ Denota sin embargo que, durante la temporada de lluvias (del 29 de junio al 17 de septiembre), Hermosillo suele experimentar fuertes tormentas e inundaciones.² A tal problemática se agrega otra: las inundaciones en las ciudades sin infraestructura de aguas pluviales normalmente se eliminan lentamente por evaporación, lo que puede tardar varios días, dejando el agua estancada expuesta y afectando negativamente a la salud humana (Khan *et al*, 2014).

Infraestructura verde

La infraestructura verde puede utilizarse para manejar eficazmente las aguas pluviales en las ciudades (Xu *et al*, 2016). Se define como “una serie de productos, tecnologías y prácticas que utilizan sistemas naturales –o sistemas de ingeniería que imitan procesos naturales– para mejorar la calidad ambiental general y proporcionar servicios de utilidad” (Levy *et al*, 2014: 2393).

La infraestructura verde también se conoce como desarrollo de bajo impacto, gestión de aguas pluviales de control de fuentes, diseño de sitios ambientales, gestión distribuida de aguas pluviales (Bhaskar *et al*, 2016), sistema de drenaje

1 Véase precipitación media anual de Hermosillo, en: <https://weatherspark.com/y/2821/Average-Weather-in-Hermosillo-Mexico#Sections-Precipitation>

2 Véase la nota periodística reciente titulada “Deja lluvia inundaciones y caos vial”, en: www.uniensenada.com/noticias/hermosillo/455528/deja-lluvia-inundaciones-y-caos-vial.html

urbano sostenible, diseño urbano sensible al agua (Dhakal y Chevalier, 2016), bosque urbano (Kim *et al*, 2015), e infraestructura verde para aguas de tormenta (Pennino *et al*, 2016). En las escalas más grandes, la infraestructura verde también se conoce como mejores prácticas de manejo, incluyendo estanques de retención y cuencas de humedales que se usan en la salida de los sistemas de drenaje (Liu *et al*, 2016).

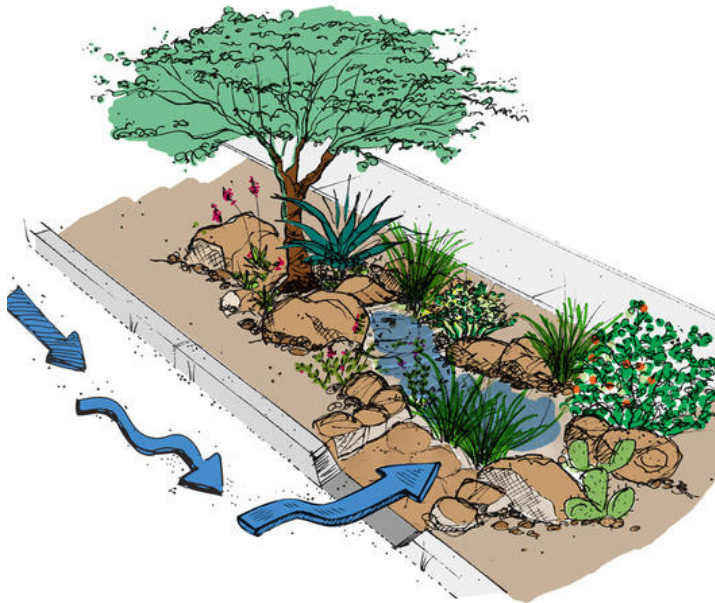
La infraestructura verde, y el espacio verde en general, es crucial para el funcionamiento de los sistemas ecológicos en las ciudades, especialmente si están interconectados (Xu *et al*, 2016). Definimos el espacio verde como “espacio público al aire libre, dominado por vegetación que permite la actividad física y la interacción social en las ciudades” (Zúñiga-Terán, 2015: 15). Ejemplos de espacio verde incluyen parques, campos deportivos, campos de golf, vías verdes, etcétera. La diferencia entre el espacio verde y la infraestructura verde es que esta última está especialmente diseñada para capturar, disminuir la velocidad e infiltrar las aguas pluviales en los acuíferos. La infraestructura verde minimiza las superficies impermeables, reduce la compactación del suelo y permite la infiltración de aguas pluviales a través de cuencas de retención (Bhaskar *et al*, 2016), barriles o tanques de lluvia, jardines de lluvia, materiales porosos (Bhaskar *et al*, 2016; Baptise *et al*, 2015), techos verdes, zanjas con vegetación, macetas (Dhakal y Chavalier, 2016), y los humedales construidos (Levy *et al*, 2014).

En el caso de la infraestructura verde, las superficies circundantes deben tener la pendiente necesaria para dirigir el escurrimiento hacia estos espacios en forma de cuenca. Dirigir el flujo de agua a través de la pendiente se combina con cortes de banquetas estratégicamente ubicados a lo largo de los caminos de flujo de agua y zanjas que permiten que las aguas pluviales fluyan tan directamente como sea posible a las áreas verdes porosas. La dirección inmediata de las aguas pluviales a las cuencas de infiltración *in situ* es

importante porque evita la contaminación por contaminantes de fuentes no determinadas, lo que aumenta la calidad del agua (Xu *et al*, 2016).

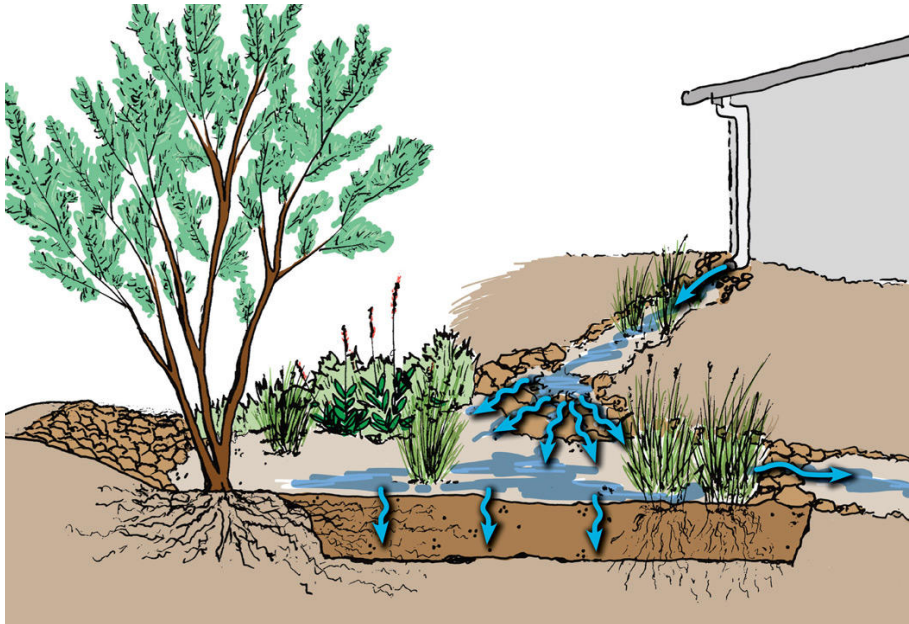
La infraestructura verde suele incluir áreas de detención y retención, donde se disminuye la velocidad de las aguas pluviales y se infiltran en los acuíferos (por ejemplo, cortes en las banquetas que permiten la infiltración de las aguas pluviales a lo largo de las éstas, o colectores de agua en los techos de los edificios a través de zanjas y pequeñas cuencas; véase figuras 1 y 2). No es necesario tener un espacio grande para la infraestructura verde. La infiltración *in situ* se puede hacer en pequeños espacios a lo largo de aceras y bulevares por las calles.

Figura 1. Cortes en banquetas permiten que el agua de lluvia se dirija hacia jardines pluviales, alejándolas de las calles.



Fuente: Watershed Management Group - <https://watershedmg.org/>

Figura 2. Agua de lluvia canalizada desde un techo a un jardín pluvial para su infiltración.



Fuente: Watershed Management Group - <https://watershedmg.org/>

Infraestructura verde en ciudades localizadas en climas cálidos y áridos

La infraestructura verde puede funcionar como infraestructura de aguas pluviales en cualquier lugar, pero en las ciudades localizadas en tierras secas puede utilizarse como una estrategia de adaptación al cambio climático. Como se mencionó anteriormente, las proyecciones del cambio climático para las tierras secas incluyen: aumento de las temperaturas, sequías más prolongadas y eventos de tormentas severas más frecuentes.

En términos de aumento de la temperatura –agravado por el efecto de la isla de calor urbana– la infraestructura verde en general, y los árboles en particular, reducen las temperaturas en las ciudades (Shashua-Bar *et al*, 2011), aliviando

el efecto de isla de calor urbano (Ernstson *et al*, 2010). Una disminución de las temperaturas y la evapotranspiración de la vegetación aumenta el confort térmico en climas cálidos y áridos y proporciona espacios al aire libre que pueden ser disfrutados por la población urbana (Yin *et al*, 2012).

Con respecto a sequías más prolongadas, el espacio verde permite la recarga de los acuíferos y reduce el escurrimiento (Ernstson *et al*, 2010). Debido a que la infiltración se realiza *in situ*, se mejora la calidad del agua al reducir el contacto del flujo de lluvia con contaminantes de fuentes no determinadas (Xu *et al*, 2016). Al recargar los acuíferos y evitar la contaminación, se mejora la seguridad hídrica urbana en tierras secas, sobre todo en aquellas ciudades que principalmente dependen de aguas subterráneas.

Como se mencionó anteriormente, la infraestructura verde reduce el riesgo de inundaciones en las ciudades (Xu *et al*, 2016; Ernstson *et al*, 2010), evitando daños a la infraestructura urbana y disminuyendo los costos de reparación y mantenimiento. Menos inundaciones también se traducen en menos agua estancada en las calles y una mejor salud (Khan *et al*, 2014). La ciudad de Los Ángeles ha entendido los importantes beneficios de la infraestructura verde y está llevando a cabo importantes esfuerzos para la transición hacia este enfoque de manejo de aguas pluviales. Además, después de enfrentar una severa sequía y depender del agua importada, los funcionarios municipales se han dado cuenta de que las aguas pluviales son un recurso desperdiciado (Subramanian, 2017). Los Ángeles está haciendo una transición de la infraestructura gris a un proceso de planificación de cuencas que incluye infraestructura verde (Ibid). El Programa de Protección de Cuencas de Los Ángeles incentiva la implementación de infraestructura verde en toda la ciudad para tener (1) ríos, arroyos, lagos y playas más limpias, (2) recargar el agua subterránea, (3)

contar con vegetación que enfríe las comunidades y (4) mejorar la estética.³ Parte de esta iniciativa incluye un programa de veredas de infraestructura verde destinado a mitigar las escorrentías de las aguas pluviales y reducir la temperatura del aire (Tayouga y Gagne, 2016).

Scottsdale, Arizona, también está apostando por la infraestructura verde para el manejo de aguas pluviales. Sus 45 años de historia de la gestión urbana del agua incluyen la construcción de una infraestructura lineal de tuberías (1955-1980), la implementación de canales de ingeniería abierta (1975-2000) y la infraestructura verde a través de canales naturales (1970-1995) (Parr *et al.*, 2016).

Esta tendencia de transición de infraestructura gris hacia infraestructura verde, también es evidente a escala regional. La región fronteriza entre Estados Unidos y México está colaborando en proyectos de infraestructura verde en diversas locaciones. La Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF)— una institución binacional que opera bajo un acuerdo paralelo al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN)— está apoyando la difusión de los resultados de la investigación y la implementación de infraestructura verde, al capacitar a los diferentes actores en ciudades fronterizas.⁴

El uso humano de los espacios verdes

La infraestructura verde tiene el potencial de funcionar como una estrategia de adaptación al cambio climático en las ciudades localizadas en tierras secas, pero hay beneficios adicionales para la salud. La infraestructura verde y el

3 Green Infrastructure. LA Storm water – LA’s Watershed Protection Program, en: www.lastormwater.org/green-la/green-infraestructure/

4 Border Green Infrastructure Forum III Materials. Arteaga, Coahuila, 21 y 22 de septiembre de 2016. Border Environmental Cooperation Commission. En línea: www.becc.org/page/border-green-infraestructure-forum-iii-materials

espacio verde en general, propician el bienestar humano porque mejoran la salud física, mental y social.

El espacio verde urbano proporciona oportunidades para actividades recreativas (por ejemplo, caminar, correr, andar en bicicleta), al mismo tiempo que tiene el potencial de mejorar la salud física (Herrick, 2009). La presencia de vegetación en espacios verdes mejora la calidad del aire y reduce el riesgo de enfermedades respiratorias (Nowak *et al*, 2014). También reduce el estrés, el ruido y los sentimientos de hacinamiento –tres consecuencias negativas de la urbanización (Chu *et al*, 2004). Además, la presencia de árboles se ha correlacionado con un menor uso de medicamentos antidepresivos (Taylor *et al*, 2015). A lo antes dicho se suman las oportunidades para la interacción social en las ciudades, lo que mejora el sentido de comunidad (Francis *et al*, 2012). Por último, al mejorar el confort térmico, los espacios verdes se asocian con un mejor estado de ánimo (Yin *et al*, 2012) y, en consecuencia, con menos crimen (Fazel *et al*, 2014).

Es muy importante que la gente utilice el espacio verde en las ciudades, no sólo porque proporciona importantes beneficios de bienestar, sino también porque maximiza el vínculo entre los sistemas sociales y ecológicos que se enfatizan en las tierras áridas.

La ganadora del premio Nobel, Elinor Ostrom, desarrolló un marco conceptual para analizar las interacciones entre los sistemas sociales y ecológicos (Ostrom, 2009). Ella describe el entrelazamiento entre los sistemas sociales y ecológicos e identifica cuatro subsistemas: (1) unidades de recursos, (2) sistemas de recursos (para los sistemas ecológicos), (3) sistemas de gobernanza, y (4) usuarios (para los sistemas sociales). Si consideramos el espacio verde como la unidad de recursos en este marco conceptual, los usuarios son un componente esencial del entrelazamiento. Cuanto mayor sea el número de personas que lo utilicen (usuarios), mayor será la probabilidad

de que el espacio verde sea preservado y gestionado de forma sustentable (Ibid). Cuando muchas personas usan los espacios verdes, la posibilidad de un manejo colaborativo del ecosistema es mayor. El uso humano del espacio verde en las ciudades también aumenta el contacto con la naturaleza en las poblaciones urbanas, y esto se relaciona con un mayor nivel de apoyo a la conservación de la biodiversidad dentro y fuera de las ciudades. Por lo tanto, es muy importante aumentar el uso humano del espacio verde, particularmente en las ciudades de las tierras secas (Ernstson *et al*, 2010).⁵

Espacios caminables y el diseño de barrios

Una manera de aumentar el uso humano del espacio verde en las ciudades es a través del diseño de los propios barrios (Zúñiga-Terán, 2015). El aprovisionamiento de ambientes caminables con acceso a espacios verdes (a menos de 5 minutos caminando) aumenta el uso de estos espacios y, al mismo tiempo, promueve la salud física y mental (Ibid).

¿Qué es un barrio o vecindario caminable? La caminabilidad de un barrio se puede evaluar a través de un marco conceptual que contiene nueve categorías: (1) conectividad, (2) densidad, (3) uso del suelo, (4) seguridad en el tránsito, (5) vigilancia, (6) estacionamiento, (7) experiencia, (8) espacio verde, y (9) comunidad. La *conectividad* se refiere a lo directo y lo corto de las rutas (por ejemplo, las calles en retícula son más conectadas que las calles sin salida). *Densidad* alude al número de unidades de vivienda por unidad de área, donde la densidad más alta se relaciona con una mayor movilidad. El *uso del suelo* denota la proximidad de los diferentes usos del suelo que proporcionan

5 El uso de los espacios verdes también aumenta el contacto con la naturaleza en las ciudades, y esto está relacionado con un mayor nivel de apoyo a la conservación de la biodiversidad, dentro y fuera de las ciudades (Zúñiga-Terán, 2015; Bryant, 2006).

destinos para caminar (tiendas y restaurantes cerca de unidades de vivienda). La *seguridad en el tránsito* se refiere a la infraestructura peatonal y ciclista que evita lesiones en personas que caminan y andan en bicicleta y que usan los sistemas de tránsito (por ejemplo, aceras protegidas del tráfico en las calles por una franja de vegetación o de estacionamiento en la calle). *Vigilancia* se relaciona a la sensación de que la gente ve la calle desde el interior de los edificios (por ejemplo, ventanas de cristal claro cerca de la calle, cafés al aire libre, terrazas en las entradas de las casas), que se percibe como más seguro ante el crimen. *Estacionamiento* alude a la disponibilidad, donde a menor cantidad de estacionamiento resulta en espacios más caminables. *Experiencia* se refiere a la experiencia sensorial mientras se camina (por ejemplo, el confort térmico, estética, olores, ruidos, sistemas de orientación). *Espacio verde* denota la proximidad y el acceso al mismo; y *comunidad* se refiere a espacios que permiten la interacción social de la comunidad.

Los barrios caminables también tienen el potencial de mitigar el cambio climático y reducir algunos de los efectos negativos de la urbanización, incluyendo las sociedades sedentarias que dependen del uso del automóvil y el subsecuente tráfico, ruido y contaminación. Si más personas eligen caminar o andar en bicicleta como método de transporte, además de mejorar el bienestar de la población urbana, menos coches estarán en las calles.

Conclusión

El diseño de barrios caminables con acceso al espacio verde tiene el potencial de aumentar el uso humano del mismo. En consecuencia, más usuarios maximizan el entrelazamiento de los sistemas sociales y ecológicos, lo que puede resultar en la preservación del espacio verde y en beneficios relacionados con el bienestar. Cuando esos espacios se diseñan como infraestructura verde para manejar la escorrentía *in situ*, el impacto negativo de la urbanización

en los sistemas de agua se puede reducir. La infraestructura verde mejora la seguridad hídrica porque disminuye el riesgo de inundaciones, aumenta la recarga de los acuíferos y mejora la calidad del agua. Por lo tanto, el diseño de barrios caminables que incluyen infraestructura verde tienen el potencial de aumentar tanto la seguridad hídrica como la resiliencia ante el cambio climático de las ciudades localizadas en tierras secas.

Agradecimientos

Para este trabajo se recibió apoyo de la Red Internacional de Seguridad en el Agua, financiada por Lloyd's Register Foundation (LRF), una fundación sin fines de lucro del Reino Unido que ayuda a proteger la vida y la propiedad apoyando la educación relacionada con la ingeniería, el compromiso público y la aplicación de la investigación. También se contó con el apoyo del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), en el marco del proyecto SGP-CRA005, con el apoyo de la Fundación Nacional de Ciencias (NSF), Grant No. GEO-1138881, y del proyecto de investigación CNR3056, apoyado por el NSF, Grant N° GEO-1128040.

Referencias

- Baptiste, A.K., Foley, C., y Smardon, R. 2015. "Understanding urban neighborhood differences in willingness to implement green infrastructure measures: a case study of Syracuse, NY." *Landscape Urban Planning*. 136: 1–12.
- Bhaskar, A.S., Hogan, D.M., y Archfield, S.A. 2016. "Urban base flow with low impact development." *Hydrological Processes*. 30(18): 3156–3171.
- Bouderbala, A., Remini, B., Saaed Hamoudi, A., y Pulido-Bosch, A. 2016. "Assessment of groundwater vulnerability and quality in coastal aquifers: a case study (Tipaza, North Algeria)." *Arab Journal of Geosciences*. 9(3): 181.
- Bryant, M.M. 2006. "Urban landscape conservation and the role of ecological

- greenways at local and metropolitan scales.” *Landscape and Urban Planning*. 76(1): 23–44.
- Chu, A., Thorne, A., y Guite, H. 2004. “The impact on mental well-being of the urban and physical environment; an assessment of the evidence.” *Journal of Public Mental Health*. 3(2): 17–32.
- Dhakai, K.P., y Chevalier, L.R. 2016. “Urban Stormwater Governance: The Need for a Paradigm Shift.” *Environmental Management*. 57(5): 1112–1124.
- Ernstson, H., van der Leeuw, S.E., Redman, C.L., Meffert, D.J., Davis, G., Alfsen, C., *et al.* 2010. “Urban transitions: on urban resilience and human-dominated ecosystems.” *Ambio*. 39(8): 531–545.
- Fazel, S., Zetterqvist, J., Larsson, H., Langström, N., y Lichtenstein, P. 2014. “Antipsychotics, mood stabilisers, and risk of violent crime.” *The Lancet*. 384(9949): 1206–1214.
- Francis, J., Giles-Corti, B., Wood, L., y Knuiiman, M. 2012. “Creating sense of community: The role of public space.” *Journal of Environmental Psychology*. 32(4): 401–409.
- Frank, L.D., Engelke, P.O., y Schmid, T.L. 2003. *Health and Community Design: The Impact of the Built Environment on Physical Activity*. Island Press. Washington, D.C., EUA.
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X., *et al.* 2008. “Global change and the ecology of cities.” *Science*. 319(5864): 756–760.
- Herrick, C. 2009. “Designing the fit city: public health, active lives, and the (re)instrumentalization of urban space.” *Environment and Planning A*. 41(10):2437–2454.
- Jenerette, G.D., Harlan, S.L., Buyantuev, A., Stefanov, W.L., Declat-Barreto, J., Ruddell, B.L., *et al.* 2016. “Micro-scale urban surface temperatures are related to land-cover features and residential heat related health impacts in Phoenix, AZ U.S.” *Landscape Ecology*. 31(4): 745–60.
- Khan, M.M.H., Gruebner, O., y Krämer, A. 2014. “Is area affected by flood or stagnant water independently associated with poorer health outcomes in urban slums of Dhaka and adjacent rural areas?” *Natural Hazards*. 70(1): 549–565.
- Kim, G., Miller, P.A., y Nowak, D.J. 2015. “Assessing urban vacant land

- ecosystem services: Urban vacant land as green infrastructure in the City of Roanoke, Virginia.” *Urban Forestry & Urban Greening*. 14(3): 519–526.
- Lee, T.W., y Ho, A. 2010. “Scaling of the urban heat island effect based on the energy balance: nighttime minimum temperature increase vs. urban area length scale.” *Climate Research*. 42(3): 209–16.
- Levy, Z., Smardon, R., Bays, J., y Meyer, D. 2014. “A Point Source of a Different Color: Identifying a Gap in United States Regulatory Policy for ‘Green’ CSO Treatment Using Constructed Wetlands.” *Sustainability*. 6(5): 2392–2412.
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S.R., Folke, C., Alberti, M., Redman, C.L., *et al.* 2007. “Coupled human and natural systems.” *Ambio*. 36(8): 639–649.
- Liu, Y., Theller, L.O., Pijanowski, B.C., y Engel, B.A. 2016. “Optimal selection and placement of green infrastructure to reduce impacts of land use change and climate change on hydrology and water quality: An application to the Trail Creek Watershed, Indiana.” *Science of the Total Environment*. 553: 149–163.
- Maestre, F.T., Salguero-Gomez, R., y Quero, J.L. 2012. “It is getting hotter in here: determining and projecting the impacts of global environmental change on drylands.” *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 367(1606): 3062–3075.
- Mukherji, A., y Shah, T. 2005. “Groundwater socio-ecology and governance: a review of institutions and policies in selected countries.” *Hydrogeology Journal*. 13(1): 328–45.
- Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., y Greenfield, E. 2014. “Tree and forest effects on air quality and human health in the United States”. *Environmental Pollution*. 193:119–129.
- Ostrom, E.A. 2009. “General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems.” *Science*. 325(5939): 419–422.
- Parr, T.B., Smucker, N.J., Bentsen, C.N., y Neale, M.W. 2016. “Potential roles of past, present, and future urbanization characteristics in producing varied stream responses.” *Freshwater Science*. 35(1): 436–443.
- Pennino, M.J., McDonald, R.I., y Jaffe, P.R. 2016. “Watershed-scale impacts of stormwater green infrastructure on hydrology, nutrient fluxes, and combined sewer overflows in the mid-Atlantic region.” *Science of the Total Environment*. 565: 1044–1053.

- Reynolds, J.F., Smith, D.M.S., Lambin, E.F., Turner, B.L., Mortimore, M., Batterbury, S.P., *et al.* 2007. “Global desertification: building a science for dryland development.” *Science*. 316(5826): 847–851.
- Safriel, A., y Adeel, Z. 2005. “Chapter 22: Dryland Systems”, en: *Ecosystems and human well-being: Current state and trends*. Island Press. En línea: www.millenniumassessment.org/documents/document.766.aspx.pdf (Consultado: 20 de mayo de 2017).
- Scott, C.A., Meza, F.J., Varady, R.G., Tiessen, H., McEvoy, J., Garfin, G.M., *et al.* 2013. “Water Security and Adaptive Management in the Arid Americas.” *Annals of the American Association of Geographers*. 103(2): 280–9.
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., y Erell, E. 2011. “The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment.” *International Journal of Climatology*. 31(10): 1498–1506.
- Subramanian, R. 2017. “Rained Out: Problems and Solutions for Managing Urban Stormwater Runoff.” *Ecology Law Quarterly*. 43(2): 421–511.
- Taylor, M.S., Wheeler, B.W., White, M.P., Economou, T., y Osborne, N.J. 2015. “Research note: Urban street tree density and antidepressant prescription rates—A cross-sectional study in London, U.K.” *Landscape and Urban Planning*. 136: 174–179.
- Tayouga, S., y Gagne, S. 2016. “The Socio-Ecological Factors that Influence the Adoption of Green Infrastructure.” *Sustainability*. 8(12): 1277.
- Varady, R.G. 2015. “Talking about groundwater on the Caribbean coast of Colombia.” *International Water Security Network*. En línea: www.watersecuritynetwork.org/talking-about-groundwater-on-the-caribbean-coast-of-colombia (Consultado: 18 de mayo de 2017).
- Xu, H., Chen, L., Zhao, B., Zhang, Q., y Cai, Y. 2016. “Green stormwater infrastructure eco-planning and development on the regional scale: a case study of Shanghai Lingang New City, East China.” *Frontiers of Earth Science*. 10(2): 366–377.
- Yin, J., Zheng, Y., Wu, R., Tan, J., Ye, D., y Wang, W. 2012. “An analysis of influential factors on outdoor thermal comfort in summer.” *International Journal of Biometeorology*. 56(5): 941–948.
- Zúñiga Terán, A. 2015. *From Neighborhoods to Wellbeing and Conservation: Enhancing the Use of Greenspace through Walkability*. University of

Arizona. Tucson, Arizona, EUA.
Zúñiga Terán, A., Orr, B., Gimblett, R., Chalfoun, N., Marsh, S., Guertin, D., Guertin, D.P., y Going, S.B. 2017. “Designing healthy communities: Testing the walkability model.” *Frontiers of Architectural Research*. 6(1): 63-73.

**III. AGUA, ENERGÍA, USO DE SUELO, NEXOS
URBANOS Y SINERGIAS EN CIUDADES SENSIBLES
AL CAMBIO CLIMÁTICO**

CAPÍTULO 7

EL NEXO ENTRE EL AGUA Y LA ENERGÍA EN CIUDADES COSTERAS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE CALIFORNIA Y BAJA CALIFORNIA

GABRIELA MUÑOZ MELÉNDEZ
SONYA ZIAJA
GUIDO FRANCO

Introducción

En el estudio de los complejos problemas ambientales se ha recurrido al aislamiento y subdivisión de un fenómeno dado en múltiples sistemas disociados, ello con el fin de operar, caracterizar y evaluar tales problemas y, en teoría, proponer soluciones. Sin embargo, durante la abstracción de la complejidad ambiental es común que se olvide vincular el conocimiento a la realidad y es en esa diferencia, entre lo real y lo simbólico, que se concentran procesos de interacción cruciales. Por ejemplo, este es el caso del vínculo que existe entre los sistemas de agua y de energía; si bien su importancia por separado ha sido reconocida como motor de vida y desarrollo, sus interacciones han sido tradicionalmente ignoradas.

Desatender los vínculos entre sistemas no sería motivo de preocupación si éstos no tuvieran una relevancia latente y transversal en ámbitos sociales, económicos, ambientales, políticos y físicos. Por ejemplo, el vínculo existente entre el agua y la energía es clave para el desarrollo urbano pues se ha reportado que entre 30% y 40% de la energía demandada por los municipios se destina a la operación de plantas de potabilización de agua y de tratamiento de aguas residuales. Tal demanda probablemente se incrementará 20% durante el transcurso de los siguientes 15 años debido al crecimiento poblacional y a las

condiciones potenciales de sequía (Coppeland, 2013), aunque podría incluso ser mayor si se considera la transferencia de agua en acueductos.

La relevancia del vínculo entre el sistema hídrico y el energético no se limita a lo financiero, tiene también implicaciones en la sostenibilidad de la planeación urbana. Si no se toma en cuenta la composición de la matriz energética utilizada para operar acueductos y plantas de tratamiento de agua, esto es, si ésta incluye combustibles fósiles y en qué proporción, diversos impactos diferenciados tomarán lugar, tanto aquellos asociados a la calidad del aire, como a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

La importancia del vínculo entre el agua y la energía no es por supuesto exclusiva de ambientes urbanos, también se extiende a lo rural donde la irrigación juega un papel crítico en la producción de alimentos. De hecho, la agricultura consume más del 70% del agua, misma que va acompañada de un gasto energético, que a su vez aumenta con el uso de combustibles y electricidad para cosechar, empacar, transportar y comercializar alimentos. Así, no sólo hay una importante huella hídrica sino gastos energéticos a lo largo de la cadena de valor, los cuales están a la vez acompañados por impactos en la calidad del aire, por emisiones de GEI, degradación del suelo y pérdida de biodiversidad, entre muchos otros impactos ya bien conocidos.

Esta línea de reflexión se alinea con el trabajo de Peter Gleick hace más de veinte años cuando concluyó que el agua y la energía al estar relacionadas en demasiadas y complejas formas, profundamente interconectadas, no podían seguir siendo reguladas de manera aislada (Gleick, 1994). No obstante, tuvo que transcurrir una década antes de que el vínculo entre el agua y la energía recibiera atención y, cuando la tuvo, ésta se centró en las implicaciones de la escasez de agua para producir energía suficiente para soportar el aumento poblacional y el crecimiento económico (Allouche *et al*, 2015; Glassman *et al*, 2011).

En EUA gran parte de la investigación sobre el nexo agua-energía se ha enfocado en el contenido energético del agua potabilizada y tratada. Tales estudios han sido desarrollados por el sector académico, asociaciones civiles, investigadores de agencias gubernamentales y analistas políticos (Water in the West, 2013). A pesar de que las investigaciones se han realizado en múltiples localidades a lo largo de EUA (Stillwell *et al*, 2010), la mayoría se han concentrado en la región suroeste (Glassman *et al*, 2013), en particular en California (Climate Registry, 2015; Blanco, 2012; Cooley y Wilkinson, 2012; Bennett *et al*, 2010-A y 2010-B; Cooley *et al*, 2008; Wilkinson, 2007; CEC, 2005; Wilkinson, 2000).

En Europa, Holanda y Reino Unido son ejemplos de países líderes en la adopción de principios de economía circular y en la implementación de tecnologías que reduzcan las presiones sobre el nexo agua-energía y el nexo agua-alimentos (Brears, 2015), aunque desde luego hay otros países que promueven esfuerzos para entender los traslapes que existen entre los sistemas de agua y energía. Por ejemplo, en España los estudios realizados por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) han tenido por objeto estimar el consumo energético del tratamiento y la desalinización de agua para uso urbano, así como el papel que podrían jugar tecnologías y políticas novedosas para reducir dicho consumo (Fundación OPTI y IDAE, 2010). Otros estudios se han centrado en el equilibrio entre la oferta y la demanda del nexo agua-energía (Velázquez *et al*, 2011), mientras que el informe del Instituto Ambiental de Estocolmo (SEI), intitulado “El nexo entre agua, energía y seguridad alimentaria: soluciones hacia una Economía Verde”, es un ejemplo adicional del creciente interés en este tema que existe en el continente europeo.

En los países del Medio Oriente y el Norte de África (MENA, por sus siglas en inglés), el trabajo de Siddiqi y Díaz (2011) fue seminal en el estudio del

nexo agua-energía. Presentaba una evaluación sistemática cuantitativa sobre el consumo energético en los sistemas de agua y sobre el consumo de agua en los sistemas energéticos en cada país de la región MENA. Este trabajo trascendió la mera caracterización y exploró cuestiones adicionales asociadas al suministro futuro de agua y sus implicaciones energéticas y ambientales.

En Asia, el vínculo entre agua, energía y alimentos ha sido examinado mediante dos casos de estudio, uno en Asia Central y el otro en la Cuenca del Río Mekong. Los resultados de tales investigaciones mostraron que los marcos normativos existentes sobre agua y energía han sido desarrollados de manera aislada (UNESCAP, 2013). Además de los citados estudios, en China el nexo agua-energía ha sido relacionado con la generación de emisiones de GEI asociadas al bombeo de agua subterránea destinada a la irrigación (Wang *et al*, 2012).

En Australia, Barry Newell, Deborah Marsh y Deepak Sharma (2011) aplicaron principios y conceptos de pensamiento sistémico para analizar la resiliencia del Mercado Eléctrico Nacional de ese país (NEM, por sus siglas en inglés), para desde ahí caracterizar el nexo agua-energía de cara a la severa escasez hídrica ocurrida en 2007, año en que la capacidad de generación energética se vio fuertemente reducida, triplicando el precio mayorista de electricidad.

El interés sobre la importancia del nexo agua-energía no se da sólo entre naciones, sino que se ha extendido a organizaciones internacionales. Lo atestiguan las publicaciones del Banco Mundial (“Energía sedienta” de 2013), de Naciones Unidas (“Reporte sobre el desarrollo mundial del agua” de 2014), de la Agencia Internacional de Energía - IEA (“Perspectiva Energética Mundial” de 2012), o del Foro Económico Mundial (“Seguridad hídrica: el vínculo entre agua, energía y clima” de 2011). Cabe señalar que esta última publicación plantea una argumentación que se vincula con el desarrollo, concibiendo el nexo agua y energía como una herramienta técnica-administrativa para

afrontar la escasez del recurso hídrico, una conceptualización que ha sido criticada por ignorar cuestiones de desigualdad y distribución del recurso (Allouche *et al*, 2015).

Los estudios y publicaciones listados antes, aunque diversos entre sí, han identificado problemas específicos del mencionado nexo y, en algunos casos, han hecho recomendaciones de política pública. Sin embargo, un asunto constante entre ellos que parece irresoluble es que tanto el agua como la energía son recursos que se administran por diferentes actores a diversas escalas; esto resulta en empresas (públicas o privadas) administrando “pedazos” de recursos hasta donde su jurisdicción lo permite. Dicha fragmentación puede complicarse más cuando la administración de los recursos, las regiones de servicio, la infraestructura o los recursos físicos mismos cruzan fronteras de países que no necesariamente coinciden con la política de manejo del mismo recurso. Ante ello, se ha propuesto que las fronteras administrativas sean consideradas más importantes que las fronteras físicas pues las primeras pueden ser más apropiadas para la resolución de problemas (Scott *et al*, 2011; Blomquist y Schlager, 2008).

En este documento se evalúa, mediante la comparación de estadísticas oficiales, la caracterización del nexo agua-energía revisando tales recursos de manera interdependiente y de modo compartido en la región costera entre México y EUA, en particular California y Baja California. Para alcanzar dicho objetivo, este capítulo está dividido en ocho secciones. En la primera, se revisa el estado actual del nexo agua-energía en ambos casos de estudio. De la segunda a la cuarta sección se describen las características de los sectores del agua y de la energía, y sus respectivas regulaciones. En la quinta y sexta parte se resumen los potenciales impactos regionales de los sectores agua y energía, así como los factores relevantes que podrían afectar al citado nexo. En la séptima sección se plantean opciones de manejo para dichos sectores,

en particular para el caso de Baja California. Las conclusiones se ofrecen en la última sección.

El nexo agua-energía en México y EUA

El nexo que guardan el agua y la energía, tanto en México como en EUA, se orienta al papel que juega el agua en la generación de electricidad, particularmente en los sistemas de enfriamiento. En menor grado se reconoce la importancia de la energía para operar plantas de tratamiento de aguas residuales y de bombeo de agua. En California, dado su elaborado sistema de conducción de agua, también hay un gran interés para estimar el contenido energético del agua suministrada.¹

En EUA, el sector termoeléctrico de generación de electricidad es el usuario que más agua extrae. De acuerdo al Servicio Geológico de EUA (USGS), durante 2005 el sector eléctrico usó 349 mil millones de galones (1.32 mil millones de m³) de agua dulce al día. Esta cifra representó 41% de la extracción de agua dulce a nivel nacional, la cual, si bien se extrajo, no se consumió en su totalidad (por ejemplo, debido a su evaporación). No obstante, se estima que el consumo directo de agua dulce en plantas termoeléctricas es bajo (sólo 3%), sobre todo si se compara con otros usos como el destinado a la agricultura donde ése fue de 81% del total del agua dulce a nivel nacional (sobre todo para irrigación).

Por otro lado, en los sistemas de potabilización y tratamiento de agua se usa

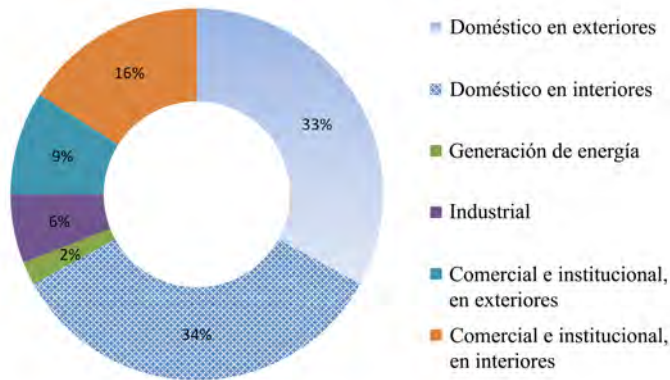
¹ De acuerdo al informe de junio de 2016 de la Comisión Estatal del Agua de Baja California, se identifica que la mayor demanda de energía en el servicio de agua en Baja California se da para transferir el vital líquido en el Acueducto Río Colorado-Tijuana, esto sin considerar otras maneras informales de suministro tales como pipas de agua. Una caracterización del contenido energético del agua transferida en este acueducto está fuera del alcance de este capítulo.

entre 3% y 4% de la electricidad total demandada en el país. La operación de estas infraestructuras representa el mayor consumo de energía de los gobiernos municipales. De hecho, esta actividad puede llevarse entre el 30% y 40% de su presupuesto total, una cantidad que ya es alta pero que probablemente se incremente hasta en un 20% adicional en los próximos 15 años como consecuencia del crecimiento poblacional, así como por regulaciones cada vez más estrictas.

En California, cerca del 50% del agua dulce disponible es usada para propósitos ambientales, tales como el mantenimiento y la restauración de ecosistemas acuáticos y riparios, la inyección de flujos de agua a cuencas, y la gestión de humedales. El resto de “usos consuntivos” son la agricultura (80%) y el uso urbano; este último se desagrega en la figura 1, destacando los usos paisajísticos y de jardinería (usos externos tanto en residencias como en comercios) los cuales representan casi la mitad del total del agua consumida a escala urbana (PPIC, 2015).

En México, las plantas termoeléctricas ocupan el tercer lugar de los usuarios que más agua extraen. Para 2014, el sector demandaba 11.37 millones de m³ por día (m³/día) (3.0 mil millones de galones por día). Ese volumen –del cual 89% fue agua dulce –representó solamente 4.9% del uso consuntivo del país. Como en el caso de los EUA, dicha cantidad fue baja comparada con la usada para irrigación, la actividad preponderante en el sector agrícola en donde se consumió 76.7% del total de agua. El segundo usuario más importante con 14% (29 millones de m³/día o 3.18 mil millones de galones por día) de agua consumida, fue el sector público que incluye a los usuarios domésticos y públicos urbanos (Conagua, 2015). El uso urbano de agua en México se distribuye de la siguiente manera: 71% para usuarios domésticos, 12% para la industria, 15% para usuarios comerciales y 2% asignado a los servicios públicos (IMTA, 2002).

Figura 1. Usos del agua urbana en California

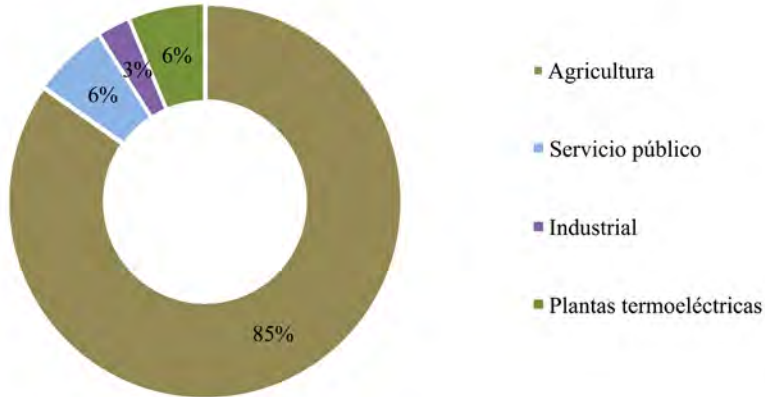


Fuente: Modificado de PPIC, 2015; con datos del Departamento de Recursos Hídricos de California.

En Baja California, de los 3,048.4 millones de m³ asignados a usos consuntivos durante 2014, 2,586 millones de m³ se destinaron a la agricultura (59% fue agua dulce), 192 millones de m³ se usaron en las centrales termoeléctricas (las fuentes reportadas fueron exclusivamente de origen subterráneo), 188 millones de m³ fueron para el abastecimiento público, y 83 millones de m³ se utilizaron en la industria (excluyendo plantas de energía eléctrica) (Conagua, 2015). Ver figura 2.

A diferencia de California, no existen registros de usos de agua urbana en Baja California; sin embargo, se espera que sigan la tendencia nacional y que se concentren en los usuarios domésticos donde, considerando las características predominantes en hogares mexicanos, es probable que el uso se dé primordialmente en los interiores de los hogares.

Figura 2. Usuarios de Agua en Baja California



Fuente: Conagua, 2015

El consumo de agua per cápita promedio en Baja California es de 215 litros/día. En las ciudades costeras de Baja California se concentra 77% de la población total del estado. Hasta ahora el abastecimiento de agua ha sido asegurado por las transferencias de agua desde el Este a través del acueducto Río Colorado-Tijuana, ciudad que depende en cerca del 90% de tales transferencias de agua.

Características del sector energético

México y EUA tienen 18 puntos de interconexión de gasoductos para importar gas natural a México (SENER, 2016). Además, hay dos terminales de almacenamiento y licuefacción de gas natural en México, ambas en la zona fronteriza: una en el puerto marítimo de Altamira, en Tamaulipas, y la otra cerca de Ensenada, en Baja California.

Ambos países también comparten nueve interconexiones con diferentes capacidades y voltajes, de los cuales cinco funcionan como respaldos en caso de distorsiones o pérdidas de suministro eléctrico en ambos lados de la frontera. La transferencia es controlada por el Sistema Eléctrico Mexicano (SEM), en el lado mexicano, y por dos consejos regionales en EUA, el Western Electricity Coordinating Council (WECC) y el Electric Reliability Council of Texas (ERCO) (SENER 2008-A; SENER, 2008-B).

Bajo los nuevos arreglos derivados de la Reforma Energética aprobada a finales de 2013, así como de las medidas regulatorias decretadas durante la primera parte de 2014, en particular en lo que respecta a la participación de actores privados en el sector energético mexicano, es posible que se den cambios en los arreglos energéticos en la zona fronteriza.

A. Sector energético en Baja California

I. Electricidad

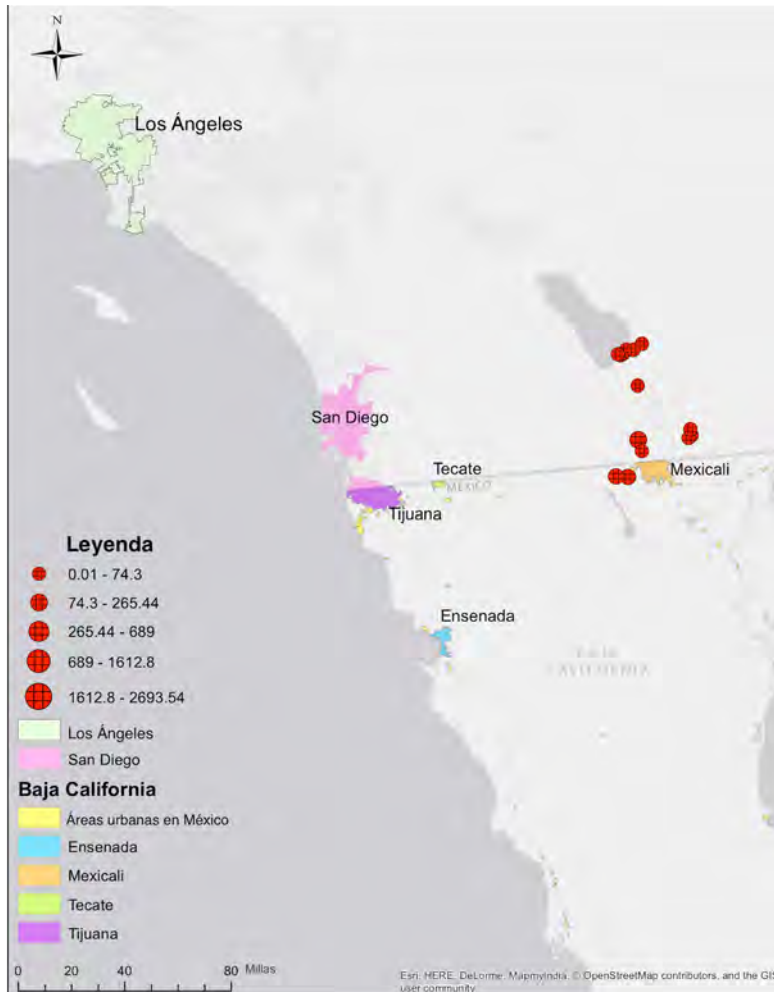
Baja California es uno de los estados con una de las demandas energéticas más altas de todo el país, primordialmente debido a dos cuestiones: a) altas temperaturas, sobre todo en el verano; y b) consumo creciente de electricidad por actividades económicas, en especial aquellas relacionadas a las industrias de exportación tales como las “maquiladoras” (plantas de ensamblaje) de automóviles. En 2016, la generación bruta de electricidad fue de 13,122 GWh, con una demanda máxima de 2,374 MWh provocada por el drástico aumento del uso de equipos de aire acondicionado durante el verano (PRODESEN, 2016).

La infraestructura de electricidad se compone de cuatro plantas principales de electricidad, cuatro plantas menores y un sistema de líneas de transmisión. Se concentra en dos zonas bien definidas: el Valle (de Mexicali) y la Costa (Tijuana, Rosarito y Ensenada). La red eléctrica de Baja California proporciona

servicios públicos y de exportación, estos últimos en gran parte debido a que la red de electricidad de Baja California no está conectada a la Red Nacional sino a California, ello mediante tres líneas de 230 kilovoltios (kV): una se encuentra en Tijuana, y las otras dos en Mexicali. Las líneas pertenecen a compañías estadounidenses: San Diego Gas & Electric, Sempra e InterGen. Las fuentes de energía para generar electricidad han cambiado profundamente durante los últimos 15 años. Antes del año 2000, hasta 70% de la electricidad era generada mediante fuentes geotérmicas (ver figura 3), seguida de 25% generada por combustóleo y en menor grado diésel. El gas natural como combustible para generar electricidad fue introducido en 2001 en la región y bastaron sólo cinco años para que se convirtiera en la principal fuente. En la actualidad, la generación de energía eléctrica se encuentra dominada por plantas de ciclo combinado de gas natural (CCGN) (ver figura 4). La participación de fuentes de energía renovable en la matriz energética es aún incipiente.

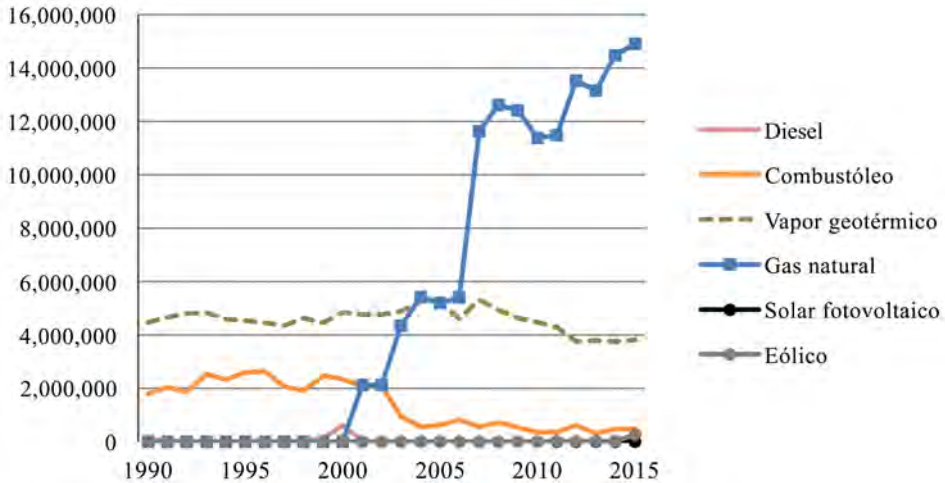
Al 2014, la capacidad total de generación efectiva fue de 3,929 MW, con 2,693 MW de capacidad de interconexión y una generación bruta de 19,482 GWh. El servicio público abasteció 1,800 MW, de los cuales 1,300 MW fueron operados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) mediante dos plantas, principalmente: la estación geotérmica de “Cerro Prieto” en el Valle y la planta CCGN “Presidente Juárez” en la Costa. Los 500 MW de servicio público restantes fueron suministrados por la planta CCGN localizada en Mexicali y propiedad de InterGen “La Rosita” (que tienen una capacidad instalada de 1,100 MW). Por otro lado, el servicio de exportación a California alcanzó 1,200 MW. La mitad de ese monto fue generado por “La Rosita”, y la mitad restante por la planta CCGN TDM, propiedad de Sempra Energy (también ubicada en Mexicali).

Figura 3. Centrales geotérmicas de generación de electricidad en el sur de California, EUA, y en Baja California, México.



Fuente: elaboración propia con base en ESRI.

Figura 4. Fuentes de energía usadas para la generación de electricidad en Baja California de 1990 a 2015 (las unidades están dadas en MWh)



Fuente: preparada por los autores usando datos de INEGI, 1991 al 2014; PRODESEN, 2016 y CEC, 2015-A

II. Gas natural

No existe producción de gas natural en Baja California, sin embargo, en la última década el consumo de este combustible se ha incrementado considerablemente. La demanda de gas natural creció de 13.9 millones de pies cúbicos diarios ó 393.6 mil m³ diarios en el año 2000, a 256.4 MCFPD o 7.2 millones de m³ diarios en el 2009 –un incremento anual promedio de 38 por ciento. El consumo de gas natural ha aumentado 300% desde 2010 y es posible que se doble hacia el año 2019 (Lobet, 2017).

Todo el gas natural consumido en Baja California es importado de EUA. El Estado no está conectado a la red nacional de gasoductos. SEMPR opera la red de gasoductos de 180 millas o 290 km que importa el gas natural a Baja California. Esta red se interconecta con El Paso Natural Gas Co., cerca de

Ehrenberg, Arizona, atraviesa el sureste de California, cruza la frontera en dirección oeste hacia Baja California, alrededor del poblado “Los Algodones”, y termina interconectándose con la red “Transportadora de Gas Natural” (TGN) misma que interconecta SDG&E del sur de San Diego a la central termoeléctrica “Presidente Juárez” en Rosarito, Baja California.

El último tramo de la red TGN en Baja California tiene una conexión lateral a la terminal de “Costa Azul” (www.northbajapipeline.com/company_info/) y desde 2016 la red también se conecta a la planta CCGN “La Jovita” en Ensenada, propiedad de Iberdrola y con fecha de entrada en funcionamiento en 2017. Al 2015, unos 333.8 millones de pies cúbicos diarios o 9.4 millones de m³ por día fueron importados a través del punto de interconexión “Los Algodones” (SENER, 2016).

Como se observa, el principal usuario de gas natural es el sector eléctrico. En 2009 éste consumió 93% del total de gas natural demandado en Baja California. Esta tendencia inició en 1999 cuando la generación de energía eléctrica en la Costa transitó de combustóleo a gas natural, aunque este cambio fue positivo para la calidad del aire en la zona, la penetración de gas natural en el Valle desplazó el uso de vapor geotérmico (Campbell *et al*, 2006).

III. Petróleo

En Baja California no existen refinerías petroquímicas, por lo que no se procesan productos derivados del petróleo. Ello no ha sido un obstáculo para que los productos refinados de petróleo sean altamente consumidos en el Estado, por el contrario, éstos se importan desde el sur de México por buque-tanque y se reparten mediante una red de distribución estatal que se compone de ductos y vehículos de transporte de combustibles. El sector transporte es el principal usuario de gasolina; combustible que alcanzó una demanda de 75% del total suministrado al Estado. Los asentamientos costeros de Tijuana,

Rosarito y Ensenada consumieron cerca del 60% del total de gasolina y diésel suministrados a Baja California durante 2008.

En 2017, producto de los nuevos arreglos traídos por la Reforma Energética, Petróleos Mexicanos (Pemex) cesó de ser el único proveedor de productos derivados de petróleo, por lo que a partir de ese año otras empresas tanto nacionales como extranjeras podrán comercializar combustibles –en particular gasolina y diésel– en Baja California.

B. Sector energético en California

El sector energético en California es extenso y suficientemente integrado. Las ciudades costeras californianas están bien conectadas al sistema energético del Estado, y por esta razón, en los siguientes párrafos se provee un resumen del sector energético estatal, con un especial énfasis en algunas características del Sur de California.

I. Electricidad (incluida la generación mediante gas natural)

El requerimiento de electricidad total anual en California es de unos 280,000 GWh, con una demanda máxima de más de 60,000 MW (CEC, 2015-A), misma que ocurre por el incremento en el uso de equipos de aire acondicionado durante el verano.

La generación eléctrica está dominada por centrales eléctricas que usan gas natural, aunque la generación está altamente diversificada y cuenta con participaciones substanciales de fuentes de energía renovable, en especial generación hidroeléctrica y geotérmica (véase figura 5). La penetración de fuentes eólicas y solares está aumentando rápidamente como resultado de marcos regulatorios que establecen que 33% de la electricidad suministrada deberá provenir de fuentes de energía renovable para el 2020; un porcentaje que se eleva a 50% para el 2030 (CEC, 2015-B). Debe precisarse que la

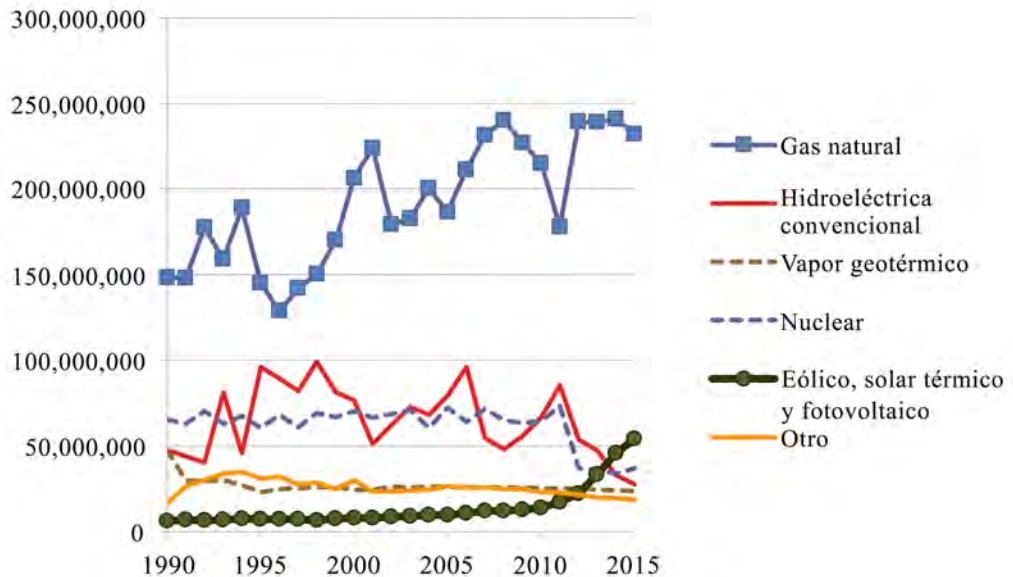
definición legal de “fuente renovable” excluye a la hidroelectricidad con capacidad mayor de 30 MW y a la generación *in situ* (aquella que queda después de sustraer la medida por los proveedores del servicio). Dado que la hidroelectricidad es una fuente importante en California, y considerando que la generación *in situ* mediante paneles fotovoltaicos cada vez tiene mayor presencia, la definición legal de energías renovables termina excluye ambos casos, de ahí que se estime que la electricidad consumida en California al 2020 y 2030 tenga una participación de renovables aún mayor al 33% y 50%, respectivamente.

California también importa grandes cantidades de electricidad de los estados del noroeste y suroeste del Pacífico, y es parte del Western Energy Coordinating Council (WECC). California importa la mayoría de su electricidad generada en plantas hidroeléctricas del noroeste del Pacífico, mientras que la electricidad producida usando combustibles fósiles es importada de la región suroeste. Por regulación, la importación de “carbón por cable” (*coal by wire*) está en vías de desaparecer dado que se mandata eliminar los contratos a largo plazo de electricidad generada en carboeléctricas fuera del Estado (CEC, 2015-B). Sin embargo, controlar las fuentes exportadoras de electricidad es un reto y una tarea técnicamente casi imposible dadas las muchas y varias interconexiones de la WECC y el hecho de que el flujo de electrones en una red obedece a las leyes de la naturaleza y no a los mandatos entre contratos.

Se argumenta que el mandato de importación de electricidad limpia para plantas de generación fuera del Estado podría fomentar una reducción de emisiones de bióxido de carbono (CO₂) mediante la reducción de generación en California; sin embargo, ésta podría venir acompañada de un incremento de emisiones en otras partes de la WECC (Bushnell *et al*, 2014). Si bien la contribución de carbón para generar electricidad en la WECC ha decrecido, debería considerarse que esto podría deberse al retiro de plantas carboeléctricas

viejas y su sustitución por centrales que usan gas natural. Dicho cambio ha sido posible debido al fácil acceso a gas natural barato y al aumento de la eficiencia en plantas de ciclo combinado que queman gas natural. El mandato californiano podría haber tenido impacto en esta transición, pero se desconoce su magnitud.

Figura 5. Fuentes de energía usadas para la generación de electricidad en California de 1990 al 2015 (MWh)



Fuente: elaboración propia con base en datos de la US EIA.

Cabe advertir que, debido a las altas e inesperadas tasas de emisión de metano en sistemas de gas natural, los beneficios climáticos de dicho combustible se ven mermados en comparación con otros combustibles fósiles (Álvarez *et al*, 2012). La magnitud del nivel de emisión de metano ha sido objeto de disputas

científicas; sin embargo, estudios integrales recientes han demostrado que el cálculo de emisiones de “súper-emisores” se acerca a mediciones en campo usando aeronaves, torres instrumentales y otros “métodos descendentes”. Estos métodos se caracterizan por su habilidad para detectar emisiones globales de metano en campos de extracción de yacimientos de gas natural, en las redes de gasoductos y en otras partes del sistema del gas natural, pero son incapaces de identificar y cuantificar fuentes individuales (por ejemplo, un pozo de extracción de gas natural individual) (Lyon *et al*, 2016). Al momento no es claro cuán exitosos y costosos podrían ser los esfuerzos para reducir emisiones de metano en los sistemas de gas natural por la falta de identificación de súper-emisores. Al mismo tiempo, si se encuentra que la identificación de tales fuentes es simple, controlarlas podría hacerse a costos menores dado que los súper-emisores representan una pequeña fracción de las fuentes de emisión. Cualquier fuga reducirá la ventaja de gas natural en comparación con otros combustibles fósiles y podría comprometer su papel percibido como combustible de transición en las décadas por venir.

En el sur de California, la generación de electricidad está dominada por la combustión de gas natural, aunque también incluye una nucleoelectrica en la costa y campos eólicos y solares en el desierto de Mojave.

II. Gas natural

La producción de gas natural en California está dominada por “pozos asociados”, es decir pozos que producen dicho combustible y crudo. Con todo, la producción de gas natural en California ha declinado, y en años más recientes, el Estado importa de otras partes de EUA cerca del 90% del gas natural que consume. El sur de California está abastecido por una red de gasoductos que importan gas natural de las reservas en Nuevo México, Texas, Utah, Colorado y Wyoming. Además, existe una red de gasoductos que

transfiere gas natural desde el Oeste de Canadá, y otra interestatal que conecta el sur de California con las líneas de abastecimiento en el norte (www.eia.gov/pub/oil_gas/natural_gas/analysis_publications/ngpipeline/ngpipelines_map.html).

El gas natural es el combustible fósil dominante que se consume en todos los sectores en California con excepción del transporte, el cual está dominado por productos refinados de petróleo tales como gasolina. La transición al gas natural en los sectores doméstico, industrial y comercial se ha dado por múltiples factores, incluidas consideraciones sobre la calidad del aire. Las emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x), material particulado (PM), óxidos de azufre y monóxido de carbono tienden a ser mucho menores en unidades que usan gas natural, en comparación con aquellas infraestructuras que queman combustibles fósiles.

III. Petróleo

Los combustibles derivados de petróleo dominan el sector transporte debido a su alto contenido energético por unidad de volumen. En el sur de California hay varias refinerías que suministran al mercado local pero también se importan derivados del oeste de EUA. Como en el caso del gas natural, la mayor cantidad de petróleo crudo que es refinado en California es importado de otras regiones, incluyendo el exterior. Por ejemplo, en 2015 las importaciones de crudo en orden descendente provinieron de Arabia Saudita, Ecuador, Colombia, Kuwait, Iraq, Brasil, Angola, Canadá y otras regiones del mundo.²

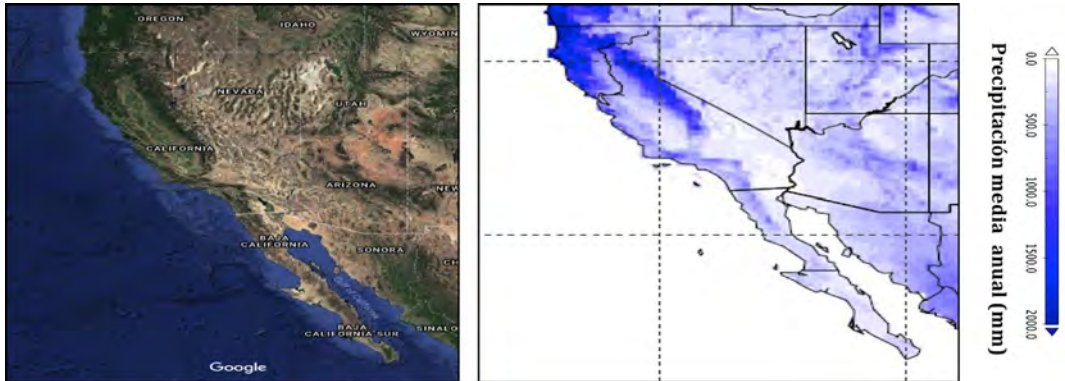
² Véase: www.energy.ca.gov/almanac/petroleum_data/statistics/2015_foreign_crude_sources.html

Características del sector agua

México y EUA comparten tres cuencas hídricas: las de los ríos Bravo, Colorado y Tijuana. De éstas, las últimas dos se encuentran divididas entre California y Baja California, siendo la Cuenca del Río Colorado la más importante dado que provee cerca del 60% de los recursos hídricos a Baja California. Por tal relevancia, el resto de este párrafo describe brevemente la forma de manejo binacional de esa cuenca. El Tratado sobre Aguas Internacionales de 1944 requiere que EUA provea 1.5 millones de acres-pies o unos 1,850 millones de m³ por año de agua del Río Colorado a México. Esa cantidad representa cerca de 10% del caudal del río. En virtud del Tratado, las controversias binacionales sobre la cantidad, calidad y conservación pueden ser resueltas mediante enmiendas denominadas actas (“minutes”, en inglés); por ejemplo, el Acta 319 –la última convenida– de 2012, provee un manejo de cuenca y almacenamiento, así como una iniciativa binacional de mejora ambiental (Carter *et al*, 2015).

California y Baja California no sólo comparten recursos hídricos sino también la potencial escasez de agua asociada a las condiciones semi-áridas que poseen. En la figura 6 se muestran las características topográficas de la región entera, donde puede verse claramente qué condiciones climáticas están marcadas por lluvias anuales escasas, mismas que se extienden desde el sur de California en EUA, hasta la Península de Baja California en México.

Figura 6. Topografía y precipitación media en California y Baja California



Fuente: Google Earth y modificación de Livneh *et al*, 2015.

A. Recursos hídricos en Baja California

Los recursos hídricos disponibles en Baja California ascienden a 3,250 millones de metros cúbicos (Mm^3) anuales, de los cuales $2,950 \text{ Mm}^3$ se concentran en el Valle de Mexicali. De éstos, $1,850 \text{ Mm}^3$ provienen de fuentes de agua superficiales (57% del Río Colorado) y $1,100 \text{ Mm}^3$ son de origen subterráneo. Del total disponible para el Estado, 300 Mm^3 provienen de acuíferos ubicados en la zona costera. La cantidad disponible en Baja California, como se describió anteriormente, se limita a las cifras anteriores dado que la mayor parte del territorio tiene una precipitación anual de 68 mm y, por lo tanto, su aportación al “agua renovable” (la cantidad máxima de agua que es factible explotar anualmente sin alterar el ecosistema y que se renueva por medio de la lluvia) es prácticamente insignificante (GobBC, 2015). Cuando llueve, las precipitaciones pueden ser abundantes y continuas, y en el pasado ya han provocado inundaciones, sobre todo en las ciudades costeras. En este contexto, cabe señalar que, además, Baja California carece de infraestructura para retención de agua pluvial y ésta escurre directamente

al mar.

Ahora bien, cabe preguntarse por el estado de los acuíferos existentes en esta región de estrés hídrico. Al respecto, en diciembre de 2010 se reportó que siete acuíferos se encontraban sobreexplotados, de los cuales tres exhibían muestras de intrusión salina. Desgraciadamente, no se registraba ninguna medida para su estabilización.

En relación con los usuarios del agua, de los 3,004.4 Mm³ de agua dulce asignados en 2012, 2,556.6 Mm³ se destinaron a la agricultura, 170.3 Mm³ al servicio público y 82.3 Mm³ a la industria (excluyendo la generación de electricidad) (Conagua, 2013-A). Como puede observarse, las actividades agrícolas son a las que se les destina la mayor cantidad de agua, sin embargo, el sector no es exactamente eficiente en su manejo. Se ha calculado que las pérdidas podrían alcanzar hasta 500 Mm³ anuales (Departamento de Estadísticas Agrícolas de la Comisión Nacional del Agua- Distrito de Riego 14-Río Colorado). El desperdicio de agua es sin duda un factor adicional al ya existente grado de presión sobre el recurso hídrico (o la cantidad de agua disponible que puede ser extraída) y que en Baja California alcanza un grado de “fuerte” (< 40%).

Dado que la región es tendiente a la escasez hídrica, es lógico esperar que se hayan tomado medidas para enfrentar la baja disponibilidad de agua. En Baja California la medida adoptada ha sido el desarrollo de infraestructura, en particular la construcción de represas, que al momento ofrecen una capacidad total de 127.40 Mm³. Se suman también 12 acueductos, siendo el más importante el del “Río Colorado-Tijuana” que se extiende a lo largo de 135.5 km, con una capacidad de 5,333 litros por minuto, mismo que transfiere agua a la zona costera, en especial a la ciudad de Tijuana –la más poblada del Estado– la cual recibe a través de dicha infraestructura más del 80% de su suministro. Por otro lado, en Baja California el uso de fuentes adicionales de agua se

centra en el uso de agua reciclada, que asciende a 30% a nivel estatal. Sin embargo, el porcentaje varía regionalmente: mientras el uso de aguas tratadas es de cerca del 80% en el Valle de Mexicali, las ciudades costeras de Ensenada, Tijuana y Rosarito no usan más allá del 10% de las aguas residuales tratadas (GobBC, 2016). La desalinización aún no opera de manera regular en el área, aunque en 2016 comenzó la construcción de una planta desalinizadora de 4.4 m³/s en Rosarito.

B. Recursos hídricos en California

La precipitación en la costa de California es muy variable de un año a otro. Registros paleoclimáticos, incluidos el análisis de crecimiento de anillos de árboles que datan de hace 1,200 años, indican que la región es proclive a sequías multidecadales asociadas a aumentos de temperatura (Woodhouse *et al*, 2009). Sin embargo, la aridez de la región también ha estado marcada por años lluviosos e inundaciones asociadas con tormentas y ríos atmosféricos³ (Dettinger 2011).

La variabilidad decadal e interanual no han limitado el suministro de agua dulce a los pueblos costeros. Durante el último siglo se han desarrollado más allá de los límites hídricos físicos, ciudades importantes y pobladas en la zona costera de California, tales como San Francisco, Los Ángeles y San Diego, ciudades que para subsistir han embalsado y redirigido agua de las montañas nevadas y otras áreas con disponibilidad hídrica (Reisner, 1993; Worster, 1985). De manera adicional, las zonas agrícolas y ciudades costeras fueron capaces de explotar los acuíferos subterráneos con el advenimiento, a mediados del siglo XX, de tecnologías novedosas para extraer agua subterránea, lo cual se hizo

3 Los ríos atmosféricos son regiones relativamente angostas en la atmósfera que son responsables del grueso del transporte horizontal del vapor de agua fuera de los trópicos.

generalmente a un ritmo insostenible (c.f. Ostrom, 1990). Los asentamientos urbanos y rurales en la costa también tuvieron acceso a una “nueva” fuente de agua cuando empezaron a reciclar agua y a desalinizar agua de mar.

Cuando llueve, cerca de dos terceras partes de la precipitación pluvial cae en el norte de California, donde vive apenas una tercera parte de la población (Hanak *et al*, 2011). El desequilibrio geográfico norte-sur, en materia de población y disponibilidad de agua, ha sido compensado mediante la creación de un sistema complejo de represas, canales y estaciones de bombeo que desvían aguas superficiales de los ríos principales alrededor del delta de Sacramento-San Joaquín, a través del acueducto California donde se bombea agua a una altitud de cerca de 2,000 pies (609 m) y por una distancia de 700 millas ó 1,126 km (DWR, 2008). Las aguas superficiales se conectan después a aguas de origen subterráneo o recicladas y desalinizadas en proyectos administrados conjuntamente por gobiernos federales y locales. Por ejemplo, el agua reciclada es inyectada en un acuífero con intrusión salina en San Diego a fin de evitar el avance del frente de agua salada; el agua dulce se usa para recargar acuíferos sobreexplotados; mientras que el agua subterránea se utiliza para aumentar flujos manguantes de agua superficial (Surge *et al*, 2016; DWR, 2015).

A la zona costera de California se destinan aproximadamente 29.9 millones de acre-pies (36.8 km³) por año para consumo humano –esto es, excluyendo manejo de ecosistemas y mantenimiento de flujos ribereños (Hanak *et al*, 2011). La región cuenta con cerca de 9.1 millones de acres-pies (11.2 km³) de capacidad de almacenamiento y otros 197.6 millones de acres-pies ó 247.3 km³ de almacenamiento subterráneo (Hanak *et al*, 2011).

La mayor cantidad de agua en California se ha destinado a la agricultura, misma que asciende al 80% del total estatal (PPIC 2014); el Valle Central es la región que más consume dicho volumen de agua.

El consumo urbano está dominado por la demanda en las ciudades costeras. Durante las últimas dos décadas, a pesar de que la población ha crecido, el uso urbano de agua se ha mantenido constante. El consumo per cápita ha declinado de 200 galones (757 litros) de agua al día en 1990 a 178 galones (673 litros) por día en 2010 (PPIC, 2014). El riego de jardines es la actividad residencial que más agua utiliza (Ibid).

Normativas federales y estatales del vínculo entre el agua y la energía en California y Baja California

Una revisión de las leyes que regulan el nexo agua-energía en México y EUA, mostró que al 2014 en este último país no había un manejo federal del vínculo y que sólo nueve estados en EUA –Arizona, California, Colorado, Connecticut, Nevada, Dakota del Sur, Washington, Virginia Occidental y Wisconsin– tienen leyes que reconocen dicho vínculo. Arizona, California y Nevada tienen normas que consideran el uso del agua para generar electricidad (NCSL, 2015).

Por su parte, en México la Ley Nacional de Aguas (LNA, 2012) considera el vínculo entre el agua y la energía en su sección seis, capítulo III, “Agua para la generación de electricidad”. Además, existen Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que toman en cuenta dicho nexo, en particular aquellas enfocadas a incrementar la eficiencia energética en lavadoras y bombas de agua. Este último tipo de control es relevante dado que el consumo eléctrico del bombeo de agua potable, residual y de irrigación alcanzó 13,000 GWh/año ó 6.5% del total de electricidad consumida en el país (Conuee, 2013). Estas cifras indican que hay otras consideraciones del nexo agua-energía en México; no obstante, se examinan de una manera poco sistemática. Por su parte, no hay regulaciones en Baja California que normen dicho nexo.

En California, contrario a lo que sucede a nivel federal, sí se considera un

manejo integrado que contempla el nexo agua-energía, pues se cuenta con programas que tienen como objetivo mejorar la eficiencia en sistemas de agua y energía, tales como estándares en electrodomésticos para ahorrar agua y energía (www.energy.ca.gov/releases/2015_releases/2015-04-08_water_appliance_standards_nr.html); también hay regulaciones que en las últimas décadas han fomentado el uso de sistemas de enfriamiento en seco en centrales de generación eléctrica. Adicionalmente, hay tres proyectos de ley para la adaptación al cambio climático que contemplan el mencionado nexo. Por ejemplo, la ley del Senado 246 (Wickski, Climate Change Adaptation) ordena la creación de un Programa de Adaptación y Resiliencia Climática a la Oficina de Planeación e Investigación del Gobernador, mismo que busca coordinar las acciones de adaptación a nivel local, regional y estatal. En 2015, el gobernador Brown firmó estos proyectos en leyes. Su implementación podría facilitar la consideración del nexo agua-energía en California.

Impactos en la calidad del aire y la emisión de gases de efecto invernadero

I. Energía

Los impactos ambientales del sector eléctrico en Baja California se deben primordialmente a las emisiones atmosféricas generadas por la quema de combustibles fósiles. Otros impactos son: 1) el consumo de agua, 2) la generación de residuos, y 3) el calor, ruido, y hundimiento de suelo en campos geotérmicos.

La emisión de GEI provenientes de plantas generadoras de electricidad alcanzó 1.8 millones de toneladas de CO₂ en 1990, 78% de las cuales se originaron en la central termoeléctrica convencional de Rosarito (que quemaba combustóleo), ubicada en la zona costera de Baja California. El cambio tecnológico de las plantas generadoras en Rosarito en 1991 tuvo un efecto positivo durante los primeros años; no obstante, conforme la demanda energética creció también

lo hicieron las emisiones de CO₂: para 2010 se generaron 3.7 millones de toneladas. Con todo, la zona costera disminuyó su contribución de CO₂ a 57% (Muñoz *et al*, 2012-A).

En relación a la calidad del aire, en 1990 unas 19 mil toneladas de bióxido de azufre (SO₂) se generaron en las plantas eléctricas de Baja California. De esa cantidad, 94% fueron generadas por la quema de combustóleo en la zona costera. A partir de 2001, las emisiones de SO₂ decrecieron debido a la sustitución de combustóleo por gas natural. Al 2004 las emisiones de SO₂ alcanzaban unas 8,300 toneladas.

Por su parte, las emisiones de NO_x se incrementaron de 2,500 toneladas en 1990 a 6,000 toneladas en 2010; 63% de las emisiones se originaron en la zona costera (Muñoz *et al*, 2012-A). Tal incremento de emisiones NO_x fue un efecto secundario que tuvo la transición a gas natural y, sobre todo, el aumento de la demanda eléctrica (ver la figura 4).

Como se observa, la transición a gas natural en Baja California tuvo impactos diversos. Si bien el gas natural se considera el combustible fósil más limpio, está lejos de no generar emisiones. Su combustión libera concentraciones menores de SO₂, NO_x, CO₂ y óxido de carbono y otros hidrocarburos reactivos (<http://naturalgas.org/environment/naturalgas/>).

El sector energético es la principal fuente de emisiones GEI en California ya que contribuyó con más del 80% de las emisiones totales del Estado. Es importante mencionar que por sector energético se adopta la definición del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), es decir dentro del sector se cuentan transporte, iluminación, calefacción y usos térmicos en la industria.

De acuerdo a las regulaciones actuales, al año 2020 California debe tener el mismo nivel o estar por debajo del volumen de emisiones que se emitía en

el año 1990 (AB 32). El inventario oficial de emisiones GEI de California es operado por la Junta de Recursos del Aire (ARB) de California, e incluye estimaciones de las emisiones de las plantas generadoras que suministran al Estado.

En términos del consumo energético, el gas natural es el combustible fósil dominante en California. Sin embargo, en términos de emisiones GEI, el gas natural y la gasolina tienen contribuciones muy similares. El hecho de que el gas natural tenga relativamente una menor contribución de emisiones GEI se debe sobre todo a tres factores: 1) un menor contenido de carbón por unidad de calor liberado durante la combustión; 2) falta de entendimiento del comportamiento de las emisiones de metano asociadas al gas natural; y 3) el hecho de que las emisiones de metano que se generan fuera de California no son contadas en el inventario oficial de ARB. Este último punto no es menor, ya que California importa cerca del 90% del gas natural que consume, de ahí que su exclusión del inventario represente una seria deficiencia desde el punto de vista ambiental. Aunque hay otros programas tales como el de Estándares de Combustible Limpio, que por ley deben tomar en cuenta las emisiones GEI en todo el ciclo de vida, éstos solo se aplican a los combustibles usados en el sector transporte (AB 32, EO S-01-07, ver Yeh *et al*, 2015).

Es interesante comparar las principales fuentes emisoras de CO₂ y NO_x normalizados a emisiones totales, es decir emisiones estatales de diferentes fuentes como fracción de su contribución al total. Las emisiones de NO_x originadas en las plantas generadoras de electricidad contribuyen con menos del 1% de las emisiones totales de NO_x en California; sin embargo, estas plantas son las principales fuentes de CO₂. De manera inesperada, las emisiones de NO_x han disminuido en California, ello quizás debido a que los automóviles ya no son la fuente principal de NO_x, lo cual puede considerarse un resultado exitoso de la lucha por controlar tales emisiones. Al momento, las

principales fuentes de NO_x son las maquinarias de equipo pesado todo terreno (CEC, 2015-B).

II. Agua

En Baja California, de acuerdo al *Inventario nacional de plantas municipales de tratamiento de agua y aguas residuales en operación* (Conagua, 2011), hay 31 plantas de tratamiento de agua, la mayoría de filtración directa. Para el año 2012, la cobertura del servicio urbano de agua potable alcanzaba 95.6% (3,069,818 habitantes) (Conagua, 2013-B). Por otro lado, se contaba con 36 plantas de tratamiento de agua residual usando en su mayoría el tratamiento de lodos activados (Conagua, 2011). La cobertura del alcantarillado sanitario alcanzó 83% a nivel estatal, aunque varió en la zona costera de 58% en Ensenada, a 89% en Tijuana-Rosarito. Para la primera mitad del año 2016 se habían generado 83,783,483 m³ de agua residuales a nivel estatal, de los cuales 58% tuvieron lugar en la zona costera.

Las emisiones GEI originadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales y sus lagunas de lodos activados consistieron primordialmente en metano. El volumen de ese contaminante se incrementó 43%, siendo de 2.7 Gg en 1990 y de 4.7 Gg en 2005. Para 2014, tales emisiones alcanzaban 5.3 Gg, cantidad que representó un aumento de 49% en comparación a los niveles encontrados en 1990 (Muñoz y Vázquez, 2012). En términos de CO₂ equivalente, el volumen generado en las plantas de tratamiento fue de 57.2 Gg en 1990 a 112.0 Gg en 2010 (Ibid).

En California, se considera que las emisiones de metano son difíciles de calcular debido a que alrededor del 12% de la energía total consumida se asocia al uso del agua. Cerca del 19% de la electricidad consumida en California es usada para transportar, limpiar y proveer agua. Sin embargo, en esta sección no se

discutirán las emisiones GEI por el uso de energía en el sector del agua, y como se hizo en el caso mexicano, se discuten las emisiones GEI directamente asociadas con las plantas de tratamiento de aguas residuales. Las emisiones de metano originadas en tales infraestructuras han pasado de 2,470 Gg en el 2000 a 2,410 Gg de CO₂ equivalente en 2013 (ARB, 2015). Se trata de una modesta reducción producto de la implementación de programas para reducir las emisiones de metano, tales como el uso de digestores o el aprovechamiento para producir electricidad y/o calefacción.

Factores que influyen sobre la demanda futura de agua y energía en la región

Geografía

I. Clima

Baja California es altamente vulnerable a los cambios climáticos. De acuerdo a los escenarios del IPCC, toda la región noroeste de México tendrá una reducción de precipitación pluvial anual de entre 10% y 20%, en tanto que la temperatura media anual se incrementará entre 1.5° C y 2.5° C en los próximos 50 años. Estos incrementos modificarán parámetros climáticos adicionales que en conjunto impactarán el ciclo hidrológico y posiblemente fenómenos tales como El Niño, La Niña y tormentas tropicales (Knutson y Tuleya, 2004). En Baja California, El Niño podría provocar inundaciones en el invierno, en tanto que la Niña podría causar sequías, ondas de calor (Meehl y Tebaldi, 2003) e incendios (Westerling *et al*, 2006). El aumento de variabilidad climática ya ha tenido efectos desastrosos tales como inundaciones, deslaves y pérdidas económicas en áreas costeras, cañones y zonas llanas en 1993 y entre 1997-1998 cuando se presentó el fenómeno de El Niño en California y Baja California (Cavazos y Rivas, 2004).

Los diagnósticos sobre los efectos asociados al cambio climático en Baja

California indican que los impactos podrían ser altos para sistemas humanos y naturales. En relación al sector energético, se ha reportado que las centrales termoeléctricas en la zona costera que abastecen a Tijuana y Ensenada tienen una vulnerabilidad muy alta (Sánchez y Martínez, 2004). Por su parte se reconoce que la infraestructura hídrica de Baja California se encuentra en la actualidad al límite de su capacidad por lo que, de continuar las tendencias actuales de crecimiento poblacional en las zonas costeras, aunado a una disminución de los caudales del Río Colorado que se ha pronosticado con base en los modelos de cambio climático global, se generarán importantes impactos en la distribución del agua, esto es, se gestará una redistribución de los recursos debido a que se tendrá que reducir el uso de agua por parte de la agricultura para poder abastecer las necesidades de la población (PEACCBC, 2012).

California, por su parte, ha experimentado un incremento en la temperatura de más de 1° C desde 1895⁴ y se espera que la temperatura media anual en dicho Estado aumente de 1° C a 3° C para el 2050. Se ha calculado que las temperaturas podrían elevarse entre 2° C a 5° C a finales del presente siglo, en función de la tendencia global de emisiones que se siga (Franco *et al*, 2011). La precipitación pluvial no se ha modificado demasiado en los últimos 150 años; sin embargo, la “huella de calentamiento” es visible en múltiples factores, tales como la tendencia del derretimiento de la nieve acumulada en la Sierra Nevada antes de lo usual, así como la cada vez mayor frecuencia de precipitación en forma de lluvia en lugar de agua nieve o nieve. A ello se suma el hecho de que las altas temperaturas exacerbarán los efectos de la sequía mediante mecanismos de evapotranspiración (Diffenbaugh *et al*, 2015). Los

4 Véase: www.wrcc.dri.edu/monitor/cal-mon/frames_version.html

modelos climáticos dinámicos regionales y estadísticos aplicados en California –partiendo del punto AR4– sugieren que hay una mayor probabilidad de que la precipitación pluvial se incremente en el norte y que disminuya en el sur (Pierce *et al*, 2013).

Hay estudios múltiples que muestran que los impactos del cambio climático pueden ser severos en California (véase: Moser, Elkstrom, y Franco, 2012), aunque diferenciados por regiones y sectores. De cara a tal situación, se desarrollan esfuerzos para adaptarse y reducir la vulnerabilidad que podrían sustancialmente reducir los costos económicos en los sectores de electricidad y de agua (Franco *et al*, 2011). Esto no se extiende a los sistemas naturales que sufrirán el efecto combinado de demanda de servicios por crecimiento poblacional y un clima cambiante.

II. Disponibilidad de agua

En Baja California, la disponibilidad de agua al año 2020 será menor a 1,000 m³/hab/año; una cifra cercana al límite de escasez. Además, las escorrentías del Río Colorado probablemente disminuirán 20% para el 2050 (Milly *et al*, 2008). Este escenario complicará la situación de acceso al agua, más aún si se consideran los cambios proyectados en los patrones de precipitación pluvial y temperatura. En conjunto, todas estas variaciones llevarán a Baja California a una situación crítica en relación a la presión sobre los recursos hídricos que, si bien, al momento es “fuerte”, podrá volverse “severa”, en particular en las zonas semiáridas del estado donde la presión podrá incrementar hasta en un 30 por ciento.

En California, la nieve acumulada en la Sierra Nevada es la principal fuente de agua superficial, a tal grado que suministra en promedio más del 60% del agua dulce consumida en el Estado. El aumento de temperaturas y la posibilidad

de manifestaciones de sequía asociadas al cambio climático en la región, podrían reducir drásticamente la cubierta de nieve al final del invierno. Se han estimado reducciones de hasta 80% en los niveles de nieve al 1 de abril para finales de siglo. Ante esto, cabe preguntarse: ¿cuál será el efecto neto en el suministro de agua en California? Responder a esta pregunta es difícil dado que tal abastecimiento depende de múltiples factores, incluyendo la administración del suministro (por ejemplo, de las grandes reservas de agua y el potencial uso de acuíferos subterráneos en el Valle Central; Langridge *et al*, 2012), así como los cambios en la propia demanda.

Las grandes reservas de agua son actualmente administradas usando reglas anticuadas de manejo de inundación, que dictan la cantidad máxima de agua que puede ser almacenada durante los meses de inundación en el invierno. Estas reglas de curva (“*rule curves*”) fueron formuladas usando series de tiempo limitadas a pocos datos históricos y no han sido actualizadas en décadas (Willis *et al*, 2011). Se ha demostrado que el uso de proyecciones probabilísticas hidrológicas y sistemas computacionales de administración integral podrían mejorar sustancialmente la disponibilidad de agua para consumo y para propósitos ambientales, e incluso aumentar la generación de electricidad bajo las condiciones hídricas actuales y futuras. Sin embargo, las barreras legales e institucionales han obstaculizado una modernización en el manejo de las grandes reservas. Por su parte, los acuíferos subterráneos tienen cerca de diez veces más capacidad de almacenamiento que las represas construidas, no pierden agua por evaporación y pueden ser recargados durante años lluviosos o inviernos y suministrar agua durante temporadas de secas o periodos prolongados de sequía. Esta opción puede ser implementada en el marco de una ley recientemente aprobada para el manejo sustentable del agua subterránea (Sugg *et al*, 2016).

III. Disponibilidad de fuentes de energía, incluidas las renovables

En Baja California, la matriz energética actual para la generación de electricidad está compuesta en 79% por combustibles fósiles (dominada hasta en 77% por gas natural) y 21% por fuentes de energía renovable (vapor geotérmico [20%], solar y eólica).

La introducción de renovables empezó a finales de 2009 con el inicio de operaciones del campo eólico “La Rumorosa” con 10 MW de capacidad, una instalación que pertenece y es operada por la Comisión Estatal de Energía con el objeto de suministrar energía para la operación de servicios públicos en Tecate y Mexicali. En junio de 2015, inició operaciones el campo eólico “Energía Sierra Juárez” con una capacidad instalada de 155 MW, siendo propiedad de Sempra e Intergen; la instalación se encuentra cerca del Valle de Mexicali en Baja California, pero la energía producida es exclusiva para su exportación a California.

En California, el sistema eléctrico está cambiando rápidamente, como ya se mencionó antes. La generación de electricidad mediante renovables está aumentando a un paso acelerado como se muestra en la figura 5. Además, debido a que el mercado eléctrico es grande y en expansión, la creciente demanda está impactando la matriz de generación energética fuera de California con el propósito de abastecer el lucrativo mercado californiano. También se están planeando líneas de transmisión que permitan aprovechar las grandes fuentes eólicas en el Medio Oeste de EUA y otras partes de la WECC que poseen altos potenciales de renovables.

IV. Calidad del aire

California y Baja California comparten dos cuencas atmosféricas: una en la zona costera y otra en el Valle de Mexicali. En la primera se localiza la zona

metropolitana de San Diego-Tijuana, que cuenta con cerca del 40% de la población total de la zona fronteriza México-EUA (más de 4.5 millones de habitantes). A pesar de la conexión física, el monitoreo de la calidad del aire no se desarrolla de manera conjunta ni coordinada. Ello ha provocado obstáculos para desarrollar proyecciones del comportamiento de la calidad del aire. A manera de estudiar este indicador para Baja California, se han tomado las proyecciones de calidad del aire para 2020 desarrolladas por el Almanaque de Emisiones y Calidad del Aire de California (Cox *et al*, 2009). De acuerdo con este documento, se espera que las emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ se incrementen entre 2010 y 2020. El aumento de emisiones de PM_{10} se estima que alcanzará 85% y que las emisiones de $PM_{2.5}$ se incrementarán 67% en dicha década, siendo las principales fuentes de tales emisiones las de área. Por otro lado, se estima que la concentración de ozono (O_3) al 2020 decrezca como resultado de la reducción de sus principales precursores: NO_x y COV. Sin embargo, dado que este contaminante puede ser transportado largas distancias, es relevante considerar las transferencias en la cuenca atmosférica binacional e incluso el transporte intercontinental desde el Este de Asia.

En este momento, no se sabe con certeza si la calidad del aire en Baja California se comportará como la de California. Sin embargo, todo indica que, de continuar la tendencia actual, los residentes que habitan dentro de las cuencas atmosféricas binacionales, incluida la de la zona costera de Tijuana-San Diego, estarán expuestos a concentraciones de contaminantes atmosféricos que bien podrían ser peligrosos para su salud, tales como O_3 , PM, y CO_2 (Muñoz *et al*, 2012-B); todas estas emisiones están asociadas al sector energético.

La calidad del aire en California, en particular en el sur, ha mejorado sustancialmente desde 1950. Con todo, el sur de California y el Valle de San Joaquín (la zona sur del Valle Central) no cumplen con los estándares federales de calidad del aire para O_3 y PM. La generación de electricidad

contribuye con menos del 1% del NO_x total en California. Esto aunado a la necesidad de reducir drásticamente las emisiones GEI, podría significar que la electrificación masiva (CARB, 2012) sea perfil como una estrategia de reducción de emisiones de NO_x .

Crecimiento poblacional y desarrollo económico

Las proyecciones de población para Baja California indican que la población pasará de 3.2 millones de habitantes en 2010 a 5.4 millones de habitantes en el 2035. Esto significa que la población bajacaliforniana crecerá a una tasa anual de alrededor de 2% en los próximos 15 años, para posteriormente colocarse en una tasa de 1.35% hasta el 2050 (CONAPO, 2010).

De acuerdo a la Secretaría de Energía (SENER, 2010), el consumo eléctrico en Baja California aumentará a una tasa de crecimiento medio anual de 3.7%, pasando de un consumo de 12,280 GWh en 2010, a 21,649 GWh en el 2025; un contexto en el que la demanda energética esperada será mayor en la zona Valle (Mexicali). En contraste, se ha estimado que la demanda de agua será más alta en la zona costa (Tijuana, Rosarito y Ensenada) porque en esta región se concentra hasta 77.3% de la población estatal, una tendencia que se espera continúe.

El actual abastecimiento de agua a las ciudades costeras de Baja California ha sido posible gracias a las transferencias de agua que se llevan a cabo en el acueducto Río Colorado-Tijuana. Dicha infraestructura proporciona hasta 54.4% del agua consumida en la costa, y el restante 45.6% proviene de la explotación de acuíferos locales, los cuales ya dan señales de sobreexplotación o desequilibrio.

Como se observa, la zona costera de Baja California puede volverse aún más vulnerable debido al crecimiento poblacional esperado y al incremento en la demanda de energía y agua en una región ya de por sí con estrés hídrico. Un

escenario de crecimiento tiene sustento pues la región ha sido y es percibida como una tierra de oportunidades, por lo que se espera continúe atrayendo migrantes que consideran que la región del norte de México ofrece posibilidades de trabajo, especialmente debido al desarrollo industrial ahí presente, el cual se consolidó con la implementación del Tratado de Libre Comercio (TLCAN) en 1994. En México, la región fronteriza ha tenido los índices más bajos de desempleo y los salarios más altos. El desarrollo económico en la región ha generado empleos, pero el crecimiento no ha estado acompañado ni por la infraestructura para proporcionar servicios, ni por medidas de control de contaminación.

En California, el Departamento de Finanzas de California ha proyectado que la población del Estado crecerá de 37.3 millones en 2010 a 46 millones de habitantes en 2035 y hasta 52.6 millones en el 2060 (Schwarm *et al*, 2013). En los condados del sur de California, Los Ángeles y San Diego, las proyecciones de población estiman un incremento de 15.4% al 2050 con respecto a la actual población de 13.4 millones de habitantes (Ibid).

En California, el consumo de energía eléctrica fue de 227.575 GWh en 1990, mismo que se incrementó en 22% al 2013 y se espera que aumente en 40% para el 2025, ello en comparación con los niveles de 1990 (Kavalec, 2015); esta tasa acelerada de consumo es producto del crecimiento poblacional y la expansión de actividades económicas. La demanda de agua para los sectores agrícola y urbano se ha estabilizado desde 1980 y 1990, respectivamente. La demanda de agua para la agricultura podría decrecer de 2 a 5.9 millones de acres-pies por año (de 2.4 a 7.2 km³) para el 2050, mientras que la demanda de agua urbana podría incrementarse de entre 1 y 6.7 millones de acres-pies por año (entre 1.2 y 8.2 km³) (DWR, 2013). El efecto neto de tal incremento implicará un cambio relativamente pequeño en la demanda total de agua dulce en California.

Opciones políticas para la energía y el agua

Como se ha observado a lo largo de este documento, a pesar de la relevancia del vínculo que existe entre el agua y la energía, las políticas que regulan ambos sectores se hacen en aislamiento una de otra, incluso en regiones como la de California y Baja California que comparten recursos hídricos y energéticos, así como también vulnerabilidad, aunque debe reconocerse que ciertamente esta última es diferenciada.

Una acción urgente es que los marcos regulatorios del agua y la energía deberían ser enmendados en puntos críticos para incorporar soluciones viables e integrales a corto, mediano y largo plazo. Previo a este proceso, sin embargo, deben atenderse problemas que llevan arrastrándose desde mucho tiempo atrás, en particular en Baja California. En este Estado mexicano se requiere urgentemente implementar y mejorar las estrategias de conservación, tanto en agua como en energía; aunque otra solución razonable es la de ampliar las carteras de fuentes alternativas de agua y energía, incluidas las renovables.

En Baja California, con una infraestructura hídrica al límite, el suministro de agua podría incrementarse a corto plazo si se controlan las pérdidas de agua destinadas a la irrigación en el Valle de Mexicali, ello en tanto que éstas ocurren por prácticas obsoletas de inundación de canales. Los ahorros de agua podrían ascender a 11,258 l/s ó 355 millones de m³/año, cantidad que bien podría sostener el crecimiento poblacional estimado en las ciudades costeras. No obstante, debe reconocerse que en las propias ciudades también se debería atender la pérdida actual por fugas, estimada en un 20% del total del agua suinistrada. A mediano y largo plazo, aumentar las alternativas de fuentes de agua es una solución viable, en principio si se extiende a las ciudades costeras el uso de aguas residuales tratadas a los niveles que ya actualmente se aprovechan en Mexicali. La opción de desalinizar agua de mar ha sido considerada por mucho tiempo como una solución viable, limpia y

confiable para suministrar agua dulce; sin embargo, los potenciales impactos ambientales deben ser considerados, en particular la disposición de salmuera y la generación de emisiones GEI –esto es, suponiendo que no se usen fuentes de energía renovable– (Nava, 2009). Estos impactos deben ser urgentemente analizados en las ciudades costeras de Ensenada y Rosarito que es donde se está dando la construcción de plantas desalinizadoras. En ese sentido, existe la necesidad de desarrollar análisis integrales sobre los impactos de la salmuera en las actividades turísticas que hoy por hoy constituyen la fuente económica más importante de dichos sitios. Se ha especulado que la desalinización en México podría dar paso a un mercado de agua binacional (<http://otaywater.gov/about-otay/water-information/desalination/rosarito-desalination>). Al respecto, debe decirse que no hay experiencia de comercio, ni existen regulaciones en esa área.

En relación con la intensidad energética, es recomendable diseñar programas de ahorro energético con mecanismos específicos, obligatorios y con metas alcanzables dirigidos a los diferentes usuarios, mismos que podrían implementarse en etapas; una primera con un objetivo de reducción del 15% a corto plazo mediante prácticas de ahorro *in situ*, y otra más ambiciosa con objetivos de hasta 30% a mediano plazo que podrían alcanzarse mediante estrategias de aumento de eficiencia energética en el bombeo de agua, alumbrado público y la implementación de programas de mantenimiento.

Conclusiones

Aunque en diferentes países, California y Baja California comparten recursos hídricos bajo presión, situación que podría agravarse bajo condiciones de cambio climático. Además, el desarrollo acelerado en la región, conlleva actividades que son altamente demandantes de energía y agua. En la zona se comparte infraestructura de energía y se intercambia y comercia electricidad

en cantidades modestas al momento pero que bien podrían incrementarse bajo las nuevas condiciones traídas en México a través de la Reforma Energética de 2013 y la Ley de Transición Energética, así como por la Norma de Cartera de Renovables de California.

A pesar de visibles diferencias y formas independientes de lidiar con los mismos problemas, hay puntos de encuentro para planeaciones futuras, en particular para enfrentar el cambio climático, tales como la Ley de Soluciones al Calentamiento Global (AB 32) para California (CARB, 2012) y el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACCCB, 2012), que bien podrían servir de plataforma para acciones puntuales y conjuntas.

Los avances en la implementación de acciones para la mejora de la eficiencia energética y la diversificación de fuentes alternativas de agua en California es un modelo que Baja California debería estudiar con el objeto de identificar dónde debería ser considerado el nexo agua-energía y en qué medida debería ser atendido mediante una colaboración entre agencias gubernamentales y otros actores relevantes locales en ambos lados de la frontera.

Debe reconocerse, sin embargo, que las regulaciones federales y locales de cada país terminan en la división fronteriza y que la cooperación histórica ha tenido altas y bajas. Pero, dado que se han compartido históricamente recursos hídricos y energéticos, y puesto que existen ejemplos de cooperación sobre todo entre California y Baja California, el desarrollo de una iniciativa que considere y administre el nexo agua-energía, debería ser una iniciativa prioritaria.

Referencias

AB 32 - Assembly Bill 32. 2006. *California Global Solutions Act of 2006*. En línea: www.arb.ca.gov/cc/docs/ab32text.pdf (Consultado: 16 de abril de 2017).

- Allouche, J., Middleton, C., y Gyawali, D. 2015. "Technical veil, hidden politics: Interrogating the power linkages behind the nexus." *Water Alternatives*. 8(1): 610-626.
- Alvarez, R.A., Pacala, J.S., W., Winebraker, J., Chameides, W.L., y Hanburg, S.P. 2012. "Greater focus needed on methane leakage from natural gas infrastructure." *PNAS*. 109(17): 6435-6440.
- Bennett, B., Park, L., y Wilkinson, R. 2010-A. *Embedded Energy in Water Studies: Water Agency and Function Component Study and Embedded Energy – Water Load Profiles*. California Public Utilities Commission. California, EUA.
- Bennett, B., Park, L., y Wilkinson, R. 2010-B. *Embedded Energy in Water Studies: Statewide and Regional Water- Energy Relationship*. California Public Utilities Commission. California, EUA.
- Blanco, H. 2012. "Chapter 9. The Energy and Emissions Intensity of Urban Water Supply Sources in Two Southern California Water Districts", en: Blanco, H., Newell, J., Stott, L., y Alberti, M. (eds). 2012. *Water Supply Scarcity in Southern California: Assessing Water District Level Strategies*. Center for Sustainable Cities, Price School of Public Policy, University of Southern California. Los Ángeles, California, EUA.
- Brears, R. 2015. *The circular economy and the water-energy-food nexus*. NFG Policy Paper Series, No. 7. NFG Research Group-Freie Universität Berlin. Berlín, Alemania.
- Bushnell, J., Chen, Y., y Zaragoza-Watkins, M. 2014. "Downstream regulation of CO₂ emissions in California's electricity sector." *Energy Policy*. 64: 313-323.
- Campbell Ramírez, H., Benites Zamora, J.L., Montero Alpírez, G., Palacios Barrios, R., Pérez Tello, C., y Sosa Gordillo, J.F. 2006. *Actualización de la Planificación Energética de las ciudades de Mexicali y Tijuana, Baja California*. Reporte Final del Contrato de Prestación de Servicios Profesionales con el Centro de Productividad de la Industria Electrónica de Baja California, A.C. Mexicali, Baja California. México.
- CARB - California Air Resources Board. 2012. *Vision for Clean Air: A Framework for Air Quality and Climate Planning. Public Review Draft*. 27 de junio. Sacramento, California, EUA.
- Carter, N.T., Mulliga, S.P., y Seelke, C.R. 2015. *U.S.-Mexico Water*

- Sharing: Background and Recent Developments*. Congressional Research Service. 7-5700, R43312. EUA, 23 de enero. En línea: www.fas.org/sgp/crs/row/R43312.pdf (Consultado: 25 de noviembre de 2016)
- Cavazos, T., y Rivas, D. 2004. “Variability of extreme precipitation events in Tijuana, Mexico.” *Climate Research*. 25: 229-243.
- CEC. 2015. *Power Plant Statistical Information*. California, EUA. En línea: www.energy.ca.gov/almanac/electricity_data/web_qfer/Power_Plant_Statistical_Information.php (Consultado: 10 de enero de 2017).
- CEC. 2015. *2015 Integrated Energy Policy Report*. Publication Number: CEC-100-2015-001-CMF. Sacramento, California, EUA.
- CEC [Klein, G., Krebs, M., Hall, V., O’Brien, T., y Blevins, B.]. 2005. *California’s Water –Energy Relationship*. California Energy Commission. Sacramento, California, EUA.
- Coppeland, C. 2013. *Energy-Water Nexus: The Water Sector’s Energy Use*. Congressional Research Service. 7-5700. R43200. 28 de agosto. En línea: http://aquadoc.typepad.com/files/crs_energy_water_nexus_water_sectors_energy_use.pdf (Consultado: 25 de noviembre de 2016).
- Climate Registry, The. 2015. *Water-Energy Greenhouse Gas, Technical Brief. Key Issues for the Development of the Water-Energy Greenhouse Gas Guidance*. California, EUA.
- CONAGUA. 2015. *Estadísticas del Agua en México, Edición 2015*. Comisión Nacional del Agua / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- CONAGUA. 2013-A. *Estadísticas del Agua en México, Edición 2013*. Comisión Nacional del Agua / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- CONAGUA. 2013-B. *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2013*. Comisión Nacional del Agua / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- CONAGUA. 2011. *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación*. Comisión Nacional del Agua / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

- CONAPO. 2010. *Proyecciones de la Población 2010-2050*. Consejo Nacional de Población México. En línea: www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos (Consultado: 4 de enero de 2017).
- Cooley, H., Christian-Smith, J., y Gleick, P. 2008. *More With Less: Agricultural Water Conservation and Efficiency in California. A Special Focus on the Delta*. Pacific Institute. Oakland, California, EUA.
- Cooley, H., y Wilkinson, R. 2012. *Implications of Future Water Supply Sources for Energy Demands*. WaterReuse Research Foundation / U.S. Department of the Interior-Bureau of Reclamation. Alexandria, Virginia, EUA.
- Cox, P., Delao, A., Komorniczak, A., y Weller, R. 2009. *The California Almanac of Emissions and Air Quality*. Planning and Technical Support Division, California Air Resources Board. California, EUA. En línea: www.arb.ca.gov/aqd/almanac/almanac09/almanac2009all.pdf (Consultado: 5 de enero de 2017).
- Diffenbaugh, N. S., Swain, D.L., y Touma, D. 2015. “Anthropogenic Warming has Increased Drought Risk in California.” *PNAS*. 112(13): 3931-3936.
- DOF. 2016. *Ley Nacional de Aguas*. Diario Oficial de la Federación. México. En línea: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_240316.pdf (Consultado: 11 de abril de 2017).
- DWR. 2015. *California Water Plan. Update 2015*. Department of Water Resources. California, EUA.
- DWR. 2013. *California Water Plan. Update 2013*. Department of Water Resources. California, EUA.
- DWR. 2008. *California Water Plan. Update 2008*. Department of Water Resources. California, EUA.
- EO S-01-07. 2007. *Executive Order S-01-07*. Office of the Governor, State of California. EUA. En línea: www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/eos0107.pdf (Consultado: 5 de enero de 2017).
- Franco, G., Cayan, D.R., Moser, S., Hanemann, M., y Jones, M.A. 2011. “Second California Assessment: integrated climate change impacts assessment of natural and managed systems.” *Climatic Change*. 109(1): 1-19.
- Glassman, D., Wucker, M., Isaacman, T., y Champilou, C. 2011. *The Water Energy Nexus. Adding Water to the Energy Agenda*. World Policy Papers. World Policy Institute and EBG Capital. Zurich, Suiza.

- Gleick, P. 1994. "Water and Energy." *Annual Review of Energy and Environment*. 19: 267-299.
- GobBC - Gobierno del Estado de Baja California. 2015. Hidrología. En línea: www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/recursos/hidrologia.jsp (Consultado: 15 de noviembre de 2016).
- IMTA. 2002. *Uso urbano del agua en México* [video]. Instituto México de Tecnología del Agua. México. En línea: www.youtube.com/watch?v=XOS1fB4BjhM (Consultado: 11 de abril de 2017).
- INEGI. 2014. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2014*. México.
- INEGI. 2013. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2013*. México.
- INEGI. 2012. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2012*. México.
- INEGI. 2011. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2011*. México.
- INEGI. 2010. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2010*. México.
- INEGI. 2009. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2009*. México.
- INEGI. 2008. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2008*. México.
- INEGI. 2007. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2007*. México.
- INEGI. 2006. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2006*. México.
- INEGI. 2005. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2005*. México.
- INEGI. 2004. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2004*. México.
- INEGI. 2003. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2003*. México.
- INEGI. 2002. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2002*. México.
- INEGI. 2001. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición*

2001. México.
- INEGI. 2000. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 2000*. México.
- INEGI. 1999. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 1999*. México.
- INEGI. 1998. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 1998*. México.
- INEGI. 1997. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 1997*. México.
- INEGI. 1996. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 1996*. México.
- INEGI. 1995. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 1995*. México.
- INEGI. 1994. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 1994*. México.
- INEGI. 1993. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 1993*. México.
- INEGI. 1992. *Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Edición 1992*. México.
- Kavalec, C. 2015. *California Energy Demand Updated Forecast, 2015-2025*. California Energy Commission, Electricity Supply Analysis Division. Publicación: CEC-2002014-009-CMF. Sacramento, California, EUA.
- Knutson, T.R., y Tuleya, R.E. 2004. "Impact of CO₂-induced warming on simulated hurricane intensity and precipitation: Sensitivity to the choice of climate model and convective parameterization." *Journal of Climate*. 17: 3477-3495.
- Langridge, R., Fisher, A., Racz, A., Daniels, B., Rudestam, K., y Hihara, B. 2012. "Climate Change and Water Supply Security: Reconfiguring Groundwater Management to Reduce Drought Vulnerability." California Energy Commission. Publicación: CEC-500-2012-017. Santa Cruz, California, EUA.
- Livneh, B., Bohn, T.J., Pierce, D.W., Muñoz-Arriola, F., Nijssen, B., Vose, R., Cayan, D.R., y Brekke, L. 2015. *A spatially comprehensive hydrometeorological data set for Mexico, the U.S., and Southern Canada 1950-2013*. *Nature Scientific Data 2*. Artículo No. 150042. En línea: www.

- nature.com/articles/sdata201542 (Consultado: 11 de abril de 2017).
- Lobet, I. 2017. *U.S. natural gas to Mexico skyrockets, now some worry about dependence*. En línea: <http://inewsource.org/2017/03/27/natural-gas-mexico-skyrockets/> (Consultado: 11 de abril de 2017).
- Lyon, D.R., Álvarez, R.A., Zavala-Araiza, D., Brandt, A.R., Jackson, R.B., y Hamburg. S.P. 2016. “Aerial surveys of elevated hydrocarbon emissions from oil and gas production sites.” *Environmental Science & Technology*. 50(9): 4877-4886.
- Meehl, G.A., y Tebaldi, C. 2003. “More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st Century.” *Science*. 305(5686): 994-997.
- Milly, P.C.D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R.M., Kundzewicz, Z.W., Lettenmaier, D.P., y Stouffer, R.J. 2008. “Stationarity is dead: Whither water management.” *Science*. 319: 573-574.
- Moser, S., Ekstrom, J., Franco, G. 2012. *Our Changing Climate 2012. Vulnerability & Adaptation to the Increasing Risks from Climate Change in California*. Publicación: CEC-500-2012-007. Sacramento, California. EUA. En línea: www.energy.ca.gov/2012publications/CEC-500-2012-007/CEC-500-2012-007.pdf (Consultado: 11 de abril de 2017).
- Muñoz Meléndez, G., Díaz González, E., Campbell Ramírez, H., y Quintero Núñez, M. 2012-A. *Perfil Energético 2010-2020 para Baja California: Propuesta y Análisis de Indicadores Energéticos para el Desarrollo de Prospectivas Estatales*. Comisión Estatal de Energía de Baja California. USAID. En línea: www.investinbaja.gob.mx/docs/en/infrastructure/services/electricity/perfil-energeticoBC2010-2020.pdf (Consultado: 11 de abril de 2017).
- Muñoz-Meléndez, G., Quintero-Núñez, M., y Pumfrey, R. 2012-B. “Chapter IX. Air quality at the U.S.-Mexican border: current state and future considerations towards sustainability”, en: Lee, E., y Ganster, P. (eds). *The U.S.-Mexican border environment: Progress and Challenges for Sustainability*. SCERP Monograph Series. No. 16. San Diego State University Press. EUA: 219-266.
- Muñoz-Meléndez, G., y Vázquez, G.L.B. 2012. *Inventario de Gases de Efecto Invernadero para el estado de Baja California*. El Colegio de la Frontera Norte / Secretaría de Protección al Ambiente del Gobierno de Baja California. Baja California, México.

- Nava Escudero, C. 2009. “Agua y Desalación en México: del Engaño al Oscurantismo Jurídico”, en: Nava Escudero, C., y Hiriart LeBert, G (coords). *Desalación de agua con energías renovables*. IIJ-UNAM. México: 59-81. En línea: <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/6/2524/9.pdf> (Consultado: 15 de abril de 2017).
- NCSL - National Conference of State Legislatures. 2015. *Overview of the Water-Energy Nexus in the United States*. Washington, D.C., EUA. En línea: www.ncsl.org/research/environment-and-natural-resources/overviewofthewaterenergynexusintheus.aspx (Consultado: 14 de septiembre de 2016).
- Newell, B., Marsh, D.M., y Sharma, D. 2011. “Enhancing the resilience of the Australian National Electricity Market: taking a systems approach in policy development.” *Ecology and Society*. 16(2):15.
- OPTI-IDAIE. 2010. *Estudio de Prospectiva—Consumo Energético en el Sector del Agua*. Fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI) e Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAIE). Ministerio de Energía, Turismo y Comercio. Madrid, España.
- PEACCBC. 2012. *Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático*. Gobierno del Estado de Baja California. Baja California, México.
- Pierce, D.W., Das, T., Cayan, D.R., Maurer, E.P., Miller, N.L., Bao, Y., Kanamitsu, M., Yoshimura, K., Snyder, M.A., Sloan, L.C., Franco, G., y Tyree, M. 2013. “Probabilistic estimates of future changes in California temperature and precipitation using statistical and dynamical downscaling.” *Climate Dynamics*. 40: 839-856.
- PPIC - Public Policy Institute of California. 2015. *California’s Water*. PPIC Water Policy Center. No. 7. California, EUA.
- PRODESEN. 2016. *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional*. SENER, Subsecretaría de Electricidad. Dirección General de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica. Dirección General de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica y Vinculación Social. Poder Ejecutivo Federal. México.
- Sánchez, S.M.T., y Martínez, G.M. 2004. *La Vulnerabilidad en la Industria y los sistemas energéticos ante el cambio climático global en México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. UNAM / SEMARNAT / US Country Studies Program. México.

- Schwarm, W., y California Department of Finance Demographic Research Unit. 2013. *State and County Population Projections*. Reporte No. P-1 (Total de Población). En línea: <http://169.237.124.55:8080/CRC/ourwork/projects/cccep/california-demographic-data-and-gis-maps/california-population-projections-2010-2060-1/california-department-of-finance-population-projections-2010-2060-data-tables> (Consultado: 15 de abril de 2017).
- Scott, C.A., Pierce, S.A., Pasqualetti, M.J., Jones, A.L., Montz, B.E., y Hoover, J.H. 2011. “Policy and institutional dimensions of the water–energy nexus.” *Energy Policy*. 39: 6622-6630.
- SEI. 2011. “Understanding the Nexus. Background paper for the Bonn2011 Nexus Conference - The Water, Energy and Food Security Nexus: Solutions for the Green Economy”. Stockholm Environmental Institute. Estocolmo, Suecia. En línea: http://wef-conference.gwsp.org/fileadmin/documents_news/understanding_the_nexus.pdf (Consultado: 19 de mayo de 2017).
- SENER. 2016. *Prospectiva de Gas Natural 2016-2030*. Secretaría de Energía. México.
- SENER. 2010. *Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025, Primera Edición*. Secretaria de Energía. México. En línea: www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub (Consultado: 19 de mayo de 2017).
- SENER. 2008-A. *Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2008–2017*. Secretaria de Energía. México.
- SENER. 2008-B. *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008–2017*. Secretaria de Energía. México.
- Siddiqi, A., y Díaz Anadon, L. 2011. “The water–energy nexus in Middle East and North Africa.” *Energy Policy*. 39: 4529-4540.
- Stillwell, A.S., King, C.W., Webber, M.E., Duncan, J., y Hardberger, A. 2010. “The Energy-Water Nexus in Texas.” *Ecology and Society*. 16 (1): 2.
- Sugg, Z.P., Ziaja, S., Schlager, E.C. 2016. “Conjunctive groundwater management as a response to socio-ecological disturbances: a comparison of 4 western US states”. *Texas Water Journal*. 7(1): 1-24.
- UNESCAP. 2013. *Water, Food and Energy Nexus in Asia and the Pacific*. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. Tailandia.
- USEIA. 2016. *Annual Net Generation for California, 1990-2015*. United

- States Energy Information Agency. En línea: www.eia.gov/electricity/ (Consultado: 11 de abril de 2017).
- Velázquez, E., Madrid, C., y Beltrán, M.J. 2011. “Rethinking the Concepts of Virtual Water and Water Footprint in Relation to the Production–Consumption Binomial and the Water–Energy Nexus.” *Water Resources Management*. 25: 743-761.
- Water in the West. 2013. *Water and Energy Nexus. A literature Review*. Stanford University. Stanford, California, EUA.
- Westerling, A.L., Hidalgo, H.G., Cayan, D.R., y Swetnam, T.W. 2006. “Warming and Earlier Spring Increase Western U.S. Forest Wildfire Activity.” *Science*. 313(5789): 940-943.
- Wilkinson, R. 2000. *Methodology for analysis of the energy intensity of California’s water systems, and an assessment of multiple potential benefits through integrated water-energy efficiency measures*. Proyecto de investigación exploratorio financiado por el Lawrence Berkeley Laboratory y el California Institute for Energy Efficiency. Acuerdo No. 4910110. EUA. En línea: <http://large.stanford.edu/courses/2012/ph240/spearrin1/docs/wilkinson.pdf> (Consultado: 11 de abril de 2017).
- Wilkinson, R. 2007. *Analysis of the Energy Intensity of Water Supplies for West Basin Municipal Water District*. Carson, California, EUA. En línea: www.yumpu.com/en/document/view/32911067/analysis-of-the-energy-intensity-of-water-supplies-for-west-basin- (Consultado: 11 de abril de 2017).
- Willis, A.D., Lund, J.R., Townsley, E.S., y Faber, B.A. 2011. “Climate Change and Flood Operations in the Sacramento Basin, California”. *San Francisco Estuary & Watershed Science*. 9(2): 1-18.
- Yeh, S., Witcover, J., y Bushnell, J. 2015. *Status Review of California’s Low Carbon Fuel Standard - April 2015 Issue* (versión revisada). Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, Reporte de investigación UCD-ITS-RR-15-07. En línea: <https://its.ucdavis.edu/californias-low-carbon-fuel-standard/> (Consultado: 11 de abril de 2017).

CAPÍTULO 8

LA TRANSFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO: LOS CASOS DE LOS ÁNGELES Y LA CIUDAD DE MÉXICO

GIAN CARLO DELGADO-RAMOS
HILDA BLANCO

Introducción

Las ciudades son altamente dependientes de las cuencas vecinas, sea para el aprovisionamiento de agua fresca o la descarga de aguas residuales. Este moderno *ciclo hidro-social* (Lynton y Budds, 2014)¹, es un esquema bien establecido en un gran número de asentamientos urbanos del planeta y, por lo general, no está libre de contradicciones y controversias.

En un principio, la expansión de la infraestructura urbana hidráulica se enfocó en canalizar o entubar los flujos de agua, esencialmente por razones sanitarias. Con la expansión del espacio construido y el crecimiento poblacional, particularmente desde la segunda mitad del siglo XX, tal aproximación ha resultado en la pérdida y agotamiento de fuentes locales por lo que, consecuentemente, el aprovisionamiento de agua se ha tornado un asunto cada vez más importante y energéticamente intensivo, ello en tanto que las fuentes de agua están cada vez más lejanas o profundas y porque la contaminación del

1 Siguiendo a Linton y Budds (2014), el ciclo hidro-social deliberadamente se enfoca en la naturaleza social y política del agua, es decir, en el proceso socio-natural a través del cual el agua y la sociedad se crean y recrean mutuamente en el espacio y el tiempo. En otras palabras, "...atiende la naturaleza social de los flujos de agua, así como la agencia que juega el agua, ello al tiempo que denota el proceso dialéctico y relacional por medio del cual se interrelacionan el agua y la sociedad" (Ibid: 170).

agua se agudiza (aumentando así los requerimientos de tratamiento). De igual modo, se han elevado tanto las implicaciones socioecológicas y los conflictos asociados con las prácticas de gestión y los patrones de consumo imperantes, como los costos financieros de construir y mantener extensas infraestructuras para el abastecimiento, purificación, descarga y tratamiento de agua.

Los crecientes costos del suministro y saneamiento de agua, así como el agotamiento y la apropiación desigual de las fuentes del líquido, ya han dejado a cientos de millones de personas en el mundo con agua inadecuada y a miles de millones sin saneamiento. Esta situación, como se dijo, no libre de retos y conflictos sociales², llevó a que en 2010 la Asamblea General de Naciones Unidas aprobara la Resolución 64/292 en la que “explícitamente se reconoce el derecho humano al agua y saneamiento y reconoce que el agua limpia y la sanidad son esenciales para la realización de todos los derechos humanos”.³

En 2015, Naciones Unidas adoptó 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El sexto objetivo se propone alcanzar el acceso universal al agua limpia y saneamiento (PNUD, 2017). En tal contexto de necesidades humanas, derechos y compromisos globales, los efectos locales y regionales del cambio climático en el ciclo del agua, y los eventos hidrometeorológicos extremos, prometen hacer de la denominada gobernanza del agua, un asunto cada vez más desafiante y complejo.

El cambio climático puede disminuir la disponibilidad de agua y cambiar la demanda como resultado de un aumento en las condiciones de estrés, de la vulnerabilidad ante el riesgo de inundaciones o ambas, tal y como sucedió

2 De 1950 al día de hoy, se verifican 313 conflictos de agua alrededor del mundo, de los cuales 71% han sucedido sólo en el siglo XXI.

3 La resolución precisa que, en ese entonces, aproximadamente 884 millones de personas carecían de acceso al agua potable y que más de 2.6 mil millones no tenían acceso a saneamiento básico (www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/64/292&lang=E).

en 2017 en California cuando, después de una sequía severa, siguió la amenaza de inundación (caso del desbordamiento de la represa de Oroville) (Vertabedian, 2017). Desde luego, las limitaciones y retos que actualmente enfrenta la infraestructura de agua y saneamiento responden también a una combinación de otros factores, incluyendo el envejecimiento y mantenimiento insuficiente de la misma y, sobre todo, a prácticas y patrones puntuales del uso de suelo, dentro y más allá de la periferia urbana. Dar cuenta de la seguridad hídrica urbana en un contexto de cambio climático demanda pues, considerar variables hidro-climáticas locales y las interacciones existentes entre el sistema acoplado ser humano-agua (Jaramillo y Nazemi, 2017), mismas que incluyen particularidades biofísicas concretas y cambiantes, características sociales, capacidades tecnológicas y técnicas existentes, prácticas socioculturales, y las capacidades de las instituciones y de los actores a partir de los cuales se gobierna el agua. Lo dicho no sólo involucra estructuras de decisión multinivel y relaciones de poder imperantes, sino también la construcción de capacidades locales, el involucramiento y participación social, y el financiamiento y planeación a largo plazo. Todos estos componentes conforman la gobernanza urbana del agua.

Gobernanza urbana del agua: una breve formulación

La Conferencia de Naciones Unidas sobre el Agua de 1977 en Mar del Plata reconoció las limitaciones de la gestión convencional de la infraestructura hidráulica y la necesidad de una mayor integración para poder hacer frente a la complejidad que, hoy por hoy, caracteriza al sector en un contexto de crecimiento poblacional y erosión ecológica. En tal contexto, poco después, en 1992, también se reconocería el valor económico y ambiental del agua en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente en Dublín, y la Cumbre de la Tierra en Río. Posteriormente, en la Cumbre del Milenio

en Nueva York, 2000, se haría el llamado a reconocer el valor “social”, lo que derivó en el reconocimiento del derecho humano al agua en el contexto de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales de 2002. También se ha señalado la necesidad de mejorar la ‘gobernanza del agua’ y la integración de la política desde actores como Naciones Unidas o la Global Water Partnership que, dígame de paso, define la gobernanza del agua, en boca de Rogers y Hall (2003: 7), del siguiente modo: “...el alcance de los sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos para desarrollar y gestionar los recursos hídricos y ofrecer servicios de agua a diferentes niveles sociales”.

Desde la academia se han sumado numerosas observaciones y críticas, tanto al propio concepto de gobernanza (Ioris, 2014; Swyngedouw, 2005) y de su traducción e implementación al caso del agua (Schulz *et al*, 2017), como a otras cuestiones, tales como la falta de coordinación entre los esfuerzos para integrar la gobernanza del agua y la planeación territorial, lo cual es clave pues se trata de un recurso inevitablemente territorializado (Neto, 2016); de ahí que involucre diferentes paradigmas de producción de espacio. Como resultado, lo urbano se coloca en el centro de la discusión pues, hoy por hoy, la producción de espacio, independientemente de su paradigma, tiende a hacerse desde y para lo urbano.

En este tenor, resulta pues pertinente hablar de una gobernanza urbana del agua que se construye desde una gestión integral, socio-espacialmente localizada, que trasciende la mera coordinación y planeación de acciones por parte de diversos actores de interés (Neto, 2016). Se trata pues de gestionar el agua desde una aproximación holística que considere múltiples y cambiantes aspectos y necesidades a diversas escalas espaciales y temporales, como un todo, un contexto en el que una aproximación meramente antropocéntrica simplemente no sólo es indeseable, sino inviable de cara a la creciente transgresión de las fronteras planetarias (Steffen *et al*, 2015). Por ello, se busca dar cuenta de las

diversas funciones del agua, por un lado, las vitales y de salud humana, para la producción de alimentos, y la generación de energía, pero por el otro, también de aquellas ecosistémicas, es decir, las que se vinculan al agua como soporte de los hábitats y como medio para transportar nutrientes y disolver materiales degradados (Neto, 2016).

En tanto noción reflexiva, en la práctica la gobernanza del agua parte desde diversos valores y toma cuerpo de diferentes maneras (Schulz *et al*, 2017), desde aquellas denominadas *normativas*, que no logran del todo desprenderse de nociones de mercado y medidas jerárquicas de interacción del Estado, los ‘expertos’ y la sociedad, hasta las de carácter *analítico*, que más bien abogan por la construcción de capacidades y condiciones para el empuje de procesos plurales, deliberativos, y participativos en torno a un bien común.

En este trabajo abogamos por una noción analítica, es decir, una lectura de la gobernanza del agua sociopolíticamente situada, pero no ideologizada; una gobernanza que reconoce tanto los aspectos biofísicos, tecnológicos, técnicos, ecológicos, legales, económico-administrativos y socioculturales (incluyendo cuestiones de género), como las relaciones de poder que modelan los imaginarios de escenarios futuros (in)deseados. Y es que, en efecto, es importante dar cuenta de las relaciones de poder y los intereses presentes ya que “...refuerzan las configuraciones sistémicas existentes; las configuraciones de poder a través de diversas escalas (institucionales, espaciales); la agencia de los actores a la vanguardia de la promoción de acciones para la transición, y la participación y deliberación en los procesos de transformación” (Olsson *et al*, 2014: 9, citado en Patterson *et al*, 2016).

Es por ello que nuestro entendimiento de gobernanza coincide en gran medida con el de Patterson *et al* (2016) quienes la describen como un proceso intencional de transformación, inevitablemente de carácter político, “...que implica cambios profundos, relacionales, e incluso cognitivos que habilitan

nuevas modalidades de interacción y logros” (Ibid: 2). Por ello, agregan, la gobernanza refiere a “...estructuras, procesos, reglas y tradiciones que determinan cómo la gente, en sociedad, toma decisiones, comparte el poder, ejerce la responsabilidad y asegura la rendición de cuentas” (Ibid: 3). Tales procesos de transformación, en efecto, implican un encuentro o choque de visiones, lenguajes de valoración e intereses diversos, de formas de percibir procesos, retos y soluciones. Por ello, la construcción de consensos, aunque en principio no pueden maximizar todos los factores en juego, supone ser, en la práctica, la base de la gobernanza; de ahí que cualquier desviación hacia escenarios fragmentados, verticales, excluyentes, antidemocráticos u opacos, contribuye a una “débil” o incluso “mala” gobernanza (en el sentido de una gobernanza indeseable). Lo mismo sucede cuando se excluyen los cambiantes retos biofísicos que suponen la creciente erosión ecológica y el cambio climático, foco de atención en este trabajo.

Consideramos que la valoración de casos específicos y el análisis comparativo pueden arrojar luces sobre cómo estimular este tipo de gobernanza urbana del agua, preparada ante los efectos del cambio climático, eficiente, e incluyente, que dé cuenta de los potenciales vacíos, contradicciones, sinergias, soluciones y cobeneficios. Con tal propósito, este capítulo se enfoca en dos casos similares, pero al mismo tiempo contrastantes: Los Ángeles y la Ciudad de México.

Como más adelante brevemente se describe, ambos casos experimentan retos similares como la escasez de agua en un contexto de cambio climático e infraestructura vulnerable y envejecida; no obstante, cada caso involucra diferentes territorialidades, prácticas y realidades, tanto de gestión, como socioculturales, políticas y financieras.

En la siguiente sección, contextualizamos brevemente ambos casos de estudio para después presentar algunos de los principales procesos históricos que

llevaron al actual emplazamiento de la infraestructura hidráulica. Incluimos una revisión de los flujos actuales de entrada y salida de agua a partir de una aproximación analítica multidimensional, propia del denominado metabolismo urbano del agua que se basa en una revisión *input-output*. Posteriormente describimos, para ambos casos de estudio, los retos actuales y esperados para poder alcanzar el sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible que, como ya se dijo, busca “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”. Ponemos atención también a las condiciones de la infraestructura, así como a los impactos locales y regionales del cambio climático y los requerimientos y oportunidades para la sustentabilidad, ello a partir de enfocarnos en algunos aspectos de los ‘nexos urbanos’ del agua. Finalmente, abordamos el tema de las necesidades y limitaciones financieras, y concluimos con algunas recomendaciones para la mejora de la gobernanza urbana del agua, mismas que resultan de una revisión de la literatura y de un ejercicio de fertilización cruzada basado en el análisis comparativo de los dos casos de estudio.

Contextualizando los dos casos de estudio

Aspectos Generales

A. Los Ángeles

Con el continuo proceso de expansión del suelo construido, las zonas urbanas en el mundo han excedido sus tradicionales fronteras municipales. El caso de Los Ángeles ilustra este fenómeno de metropolización y conformación de regiones urbanas o megalopolitanas.

Los Ángeles puede referirse a: la municipalidad; al condado de Los Ángeles en el que el municipio de Los Ángeles se encuentra; al Área Estadística Metropolitana de Los Ángeles-Long Beach-Anaheim, California (MSA, por sus siglas en inglés) que se reconoce en el Censo de EUA y que incluye los

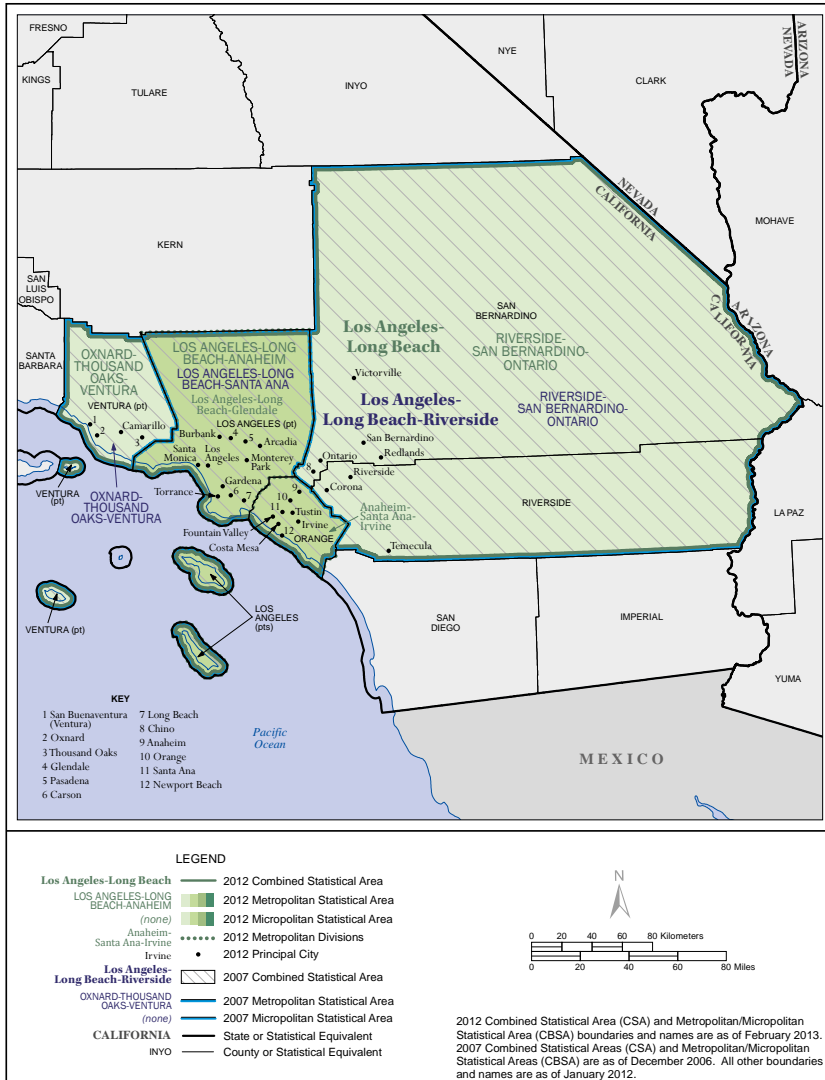
condados de Los Ángeles y Orange; y finalmente a El Gran Los Ángeles que incluye los condados de Los Ángeles, Ventura y Orange, así como dos asentamientos del Inland Empire y que en conjunto integran la denominada Área Estadística Combinada de Los Ángeles-Long Beach, California. El Área Estadística Combinada, el Gran Los Ángeles, es el asentamiento urbano más grande de California con cerca de 18.7 millones de habitantes en el año 2016 (U.S. Census, 2017) y más de 4.5 millones de unidades residenciales. El Área Estadística de Los Ángeles-Long-Beach-Anaheim se extiende a lo largo de 12,562 km² y El Gran Los Ángeles ocupa 87,945 km². Véase figura 1.

El área metropolitana de Los Ángeles está dominada por una economía de servicios e industria, incluyendo los servicios relacionados al puerto en Los Ángeles y Long Beach, el cual es el puerto más grande de contenedores de EUA y el noveno complejo portuario del mundo. El PIB del área metropolitana alcanzó los 930.8 mil millones de dólares en 2015, colocándola en la segunda posición de entre todas las zonas metropolitanas de EUA (antecedida por el área metropolitana de Nueva York-Newark-Jersey).

Las proyecciones para los condados de Los Ángeles y Orange sugieren que la población aumentará de 13.3 millones en 2015, a 14.97 millones de habitantes en 2040; el ingreso personal total pasará de 375 mil millones de dólares a más de un billón de dólares⁴; el número de unidades residenciales crecerá a más 4.8 millones, y la flota vehicular irá de 10.5 a 12.5 millones de unidades en el mismo periodo (Caltrans, 2015). Para enero de 2017, la ciudad de Los Ángeles, la municipalidad más grande de California, tenía ya una población de 4,0141,707 de habitantes (San Diego le seguía con una población de 1.4 millones) (California Department of Finance, 2017).

4 En adelante, un billón alude a 10¹².

Figura 1. Área Estadística Combinada de Los Ángeles-Long Beach, California



Fuente: U.S. Department of Commerce, 2012

En 2015, el 15% de la población metropolitana vivía por debajo del nivel de pobreza, estimado con base en un ingreso anual menor a 24,250 dólares, pero tal cifra aumenta hasta 25.6% –el nivel más alto de California– cuando, en cambio, se observa la Medida de Pobreza de California, contexto en el que los Latinos y los Afroamericanos, así como los menos educados, verificaban los niveles más altos de pobreza (www.ppic.org/main/publication_show.asp?i=261).

La sustentabilidad de Los Ángeles se ve afectada por la inversión térmica que sufre la ciudad casi todo el año. Ello se debe a la brisa marina fría y al hecho de que está rodeada de montañas en el norte y el este, un fenómeno que contribuye a que los contaminantes atmosféricos queden atrapados, figurando así como un reto para poder alcanzar una buena calidad del aire. A lo dicho se suma que las áreas bajas de Los Ángeles son propensas a inundación ante eventos hidrometeorológicos extremos. La inundación de 1938 es un claro ejemplo de este tipo de vulnerabilidad que el cambio climático seguramente intensificará en el futuro.

B. Ciudad de México

La Zona Metropolitana del Valle de México o de la Ciudad de México, es el asentamiento más grande de dicho país, colocándose entre los diez asentamientos más grandes del mundo en términos de su población. Su expansión ha sido muy dinámica, empezando en la década de 1950 en la ciudad central, y progresivamente moviéndose hacia la periferia. La Ciudad de México creció de 3 millones de habitantes y una superficie construida de 229.89 km², a unos 8.8 millones de habitantes y una superficie construida de 612.06 k² en 2010 (Delgado, De Luca y Vázquez, 2015). La zona metropolitana (incluyendo las 16 delegaciones de la Ciudad de México, los 59 municipios del Estado de México y los 21 municipios de Hidalgo que integran el conurbado)

sumaba 21 millones de habitantes y 1,460.32 km² de suelo construido en 2010 (SEDESOL, 2012). La complejidad de este asentamiento no sólo se debe a su tamaño –densidad y extensión del entorno construido– sino al hecho de que se expande a lo largo de diversos municipios de tres Estados del centro de México; de ahí que, como veremos más adelante, su gestión, planeación y evaluación plantee grandes retos políticos y de coordinación.

La Zona Metropolitana del Valle de México concentra 17% de la población nacional, produce 27.2% del PIB nacional, y genera el 18% del empleo total. La Ciudad de México contribuye con 7%, 16.5% y 8%, respectivamente. Para 2030, se espera que la población metropolitana crecerá 13% mientras que su contribución al PIB nacional se mantendrá en niveles similares, entre 25% y 27% del total nacional. Hoy día, hay 5.7 millones de viviendas y cerca de 5.3 millones de vehículos (un tercio con una antigüedad promedio de 21 años) aunque, de continuar las tendencias actuales, el parque vehicular podría duplicarse para 2030.

A pesar de ser el centro económico más relevante de México, casi el 34.7% de la población de la Ciudad de México es pobre y 4.8% extremadamente pobre, en su mayoría ubicada en la periferia; 23.4% de su población carece de acceso a servicios públicos de salud y 52.5% a seguridad social, mientras que el 13% tiene un acceso insuficiente a alimentos (CONEVAL, 2012).

La sustentabilidad de la Ciudad de México está constreñida a sus características biofísicas: la ciudad está en un valle rodeado de montañas, lo que limita la evacuación de partículas contaminantes y crea retos serios para mejorar la calidad local del aire. Asimismo, el valle es propenso a inundaciones en tanto que es parte de una cuenca endorreica que no drena al mar.

Flujos de entrada y salida de agua

A. Los Ángeles

Esta sección describe la complejidad y características hídricas relevantes para entender el metabolismo urbano del agua de la ciudad de Los Ángeles desde una lectura más amplia, esto es, desde el contexto del sur de California.

El sur de California es dependiente de múltiples fuentes de agua: sus propias reservas de agua subterráneas y superficiales, y fuentes externas que son capturadas por represas, almacenadas en reservorios, y transportadas cientos de kilómetros a través de acueductos. El agua superficial, esencialmente importada, provee cerca del 70% de la demanda de agua, aunque en años de sequía, ese porcentaje puede caer y rondar en el 40% de la demanda total. Particularmente, la ciudad de Los Ángeles importa grandes cantidades de agua (véase más adelante). En promedio, a lo largo de 2010-2015, cerca del 12% del total de las fuentes de agua provinieron del subsuelo. Y, aunque la ciudad tiene importantes reservas subterráneas, la contaminación de las mismas ha dificultado su uso. Para cambiar tal situación, Los Ángeles actualmente invierte en una extensa infraestructura para el tratamiento del agua subterránea como vía para aumentar su abastecimiento.

El Distrito Metropolitano de Agua del Sur de California (MWD, por sus siglas en inglés), juega un rol único en el abastecimiento y gestión del agua en dicha región. Fue establecido en 1928, mediante el voto electoral de 13 ciudades de California, con el mandato de desarrollar, almacenar y distribuir agua a los residentes del sur de California. Actualmente incluye 26 agencias miembro (14 ciudades, 11 distritos municipales de agua y una autoridad de agua a nivel de Condado) en diversas porciones de los condados de Los Ángeles, Orange, Riverside, San Bernardino, San Diego y Ventura, atendiendo al 85% de la población que ahí reside.

El Acueducto del Río Colorado (CRA, por sus siglas en inglés) fue el primer

proyecto del MWD que desde 1941 transporta agua desde el río Colorado a las ciudades miembro. Para cubrir la creciente demanda de agua en el sur de California, en 1960, el MWD acordó con el Estado de California la obtención de nuevas fuentes de agua, ahora desde el Proyecto Estatal de Agua (SWP, por sus siglas en inglés) vía el Acueducto de California que es propiedad y está bajo el manejo del Departamento de Recursos Hídricos del Estado de California. Las entregas de agua importada desde el norte de California comenzaron así en 1972. El MWD cuenta pues con dos fuentes principales de agua importada, la del río Colorado vía el CRA, y las del norte de California del SWP vía el Acueducto de California.

De 2006 a 2015, el MWD abasteció entre 50 y 60% del agua municipal, industrial y agrícola usada en su área de servicio (MWDSC, 2016). El resto del abastecimiento de agua provino de fuentes subterráneas, fuentes superficiales locales, del reciclaje y reúso de agua, y de los acueductos de la ciudad de Los Ángeles procedentes de la cuenca de Owens/Mono al este de la Sierra Nevada y de muchas otras fuentes. En total, la zona metropolitana de Los Ángeles consume cerca de 782 millones de m³ al año.

De las 26 agencias de agua que componen el Distrito Metropolitano de Agua, 14 ciudades y un distrito municipal de agua son revendedores del agua que compran directamente al MWD, misma que venden a unidades residenciales y comerciales; 12 Distritos Municipales de Agua –típicamente distritos especiales enfocados al abastecimiento de agua– y una Autoridad de Condado compran agua al por mayor al MWD y la venden a empresas expendedoras. Las expendedoras son propietarios de las redes de distribución de agua, de los derechos de agua subterránea, de bombas, medidores, etcétera. En el área de servicio de la MWD hay un total de 215 revendedores: 85 ciudades como la ciudad de Los Ángeles, 57 distritos especiales como el distrito especial de Cucamonga Valley, 33 empresas de servicios públicos propiedad de inversores

privados (IOUs, por sus siglas en inglés), 32 empresas mutualistas, y otras 4 instituciones como la base naval Camp Pendleton.

Aspectos generales del sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Los Ángeles

Debido a la complejidad en la gestión de las fuentes de abastecimiento de agua en el sur de California, para el propósito de este análisis nos enfocamos en el caso de la ciudad de Los Ángeles (cerca de 4 millones de habitantes en una superficie de 1,214 km²), el cual es posteriormente comparado con la Ciudad de México.

El abastecimiento de agua a la ciudad de Los Ángeles es gestionado por el Departamento de Agua y Energía de Los Ángeles, el cual fue establecido en 1925. Se trata de la empresa de servicio público más grande de EUA con más de 675 mil tomas activas.

Cuatro son las principales fuentes de abastecimiento de la ciudad (véase figura 2):

Figura 2. Principales fuentes de abastecimiento de agua de la Ciudad de Los Ángeles



Fuente: LADWP, 2016: ES-3

- *El Acueducto de Los Ángeles*. Construido por la Ciudad de Los Ángeles en 1913, transfiere agua desde el valle de Owens y la cuenca del río Mono en el este de la Sierra Nevada. En 1970, se sumó un segundo acueducto, parte del mismo sistema, con 75% más de capacidad que el primero. El sistema abasteció el grueso de la demanda de agua de la Ciudad hasta mediados de la década de 1980, pero después de un largo litigio con las comunidades locales del valle de Owens, se acordó todo un abanico de proyectos ambientales de mitigación que han reducido la disponibilidad de agua que puede ser transferida a Los Ángeles. Consecuentemente, la dependencia de la Ciudad con respecto a esta fuente de abastecimiento se ha reducido significativamente en los últimos 5 años.
- *Agua importada del MWD*. La Ciudad de Los Ángeles también compra agua del Distrito Metropolitano de Agua (MDW), el cual a su vez importa agua del río Colorado, del río San Joaquín y del delta fluvial de Sacramento.
- *Fuentes subterráneas*. La Ciudad tiene derechos de agua sobre muchas de las cuencas subterráneas dentro de la ciudad y de otras, como las cuencas de San Fernando, Sylmar y la Costa Central y Oeste. Estas cuencas, combinadas, producen más de 135.6 millones de m³ al año. Pese a ello, su contaminación y ritmos de agotamiento han restringido cada vez más su uso por parte de la Ciudad de Los Ángeles.
- *Reciclaje*. Diversas plantas de tratamiento de aguas residuales reciclan agua en la Ciudad, la cual es principalmente empleada para regar parques, jardines, campos de golf y otras áreas verdes.

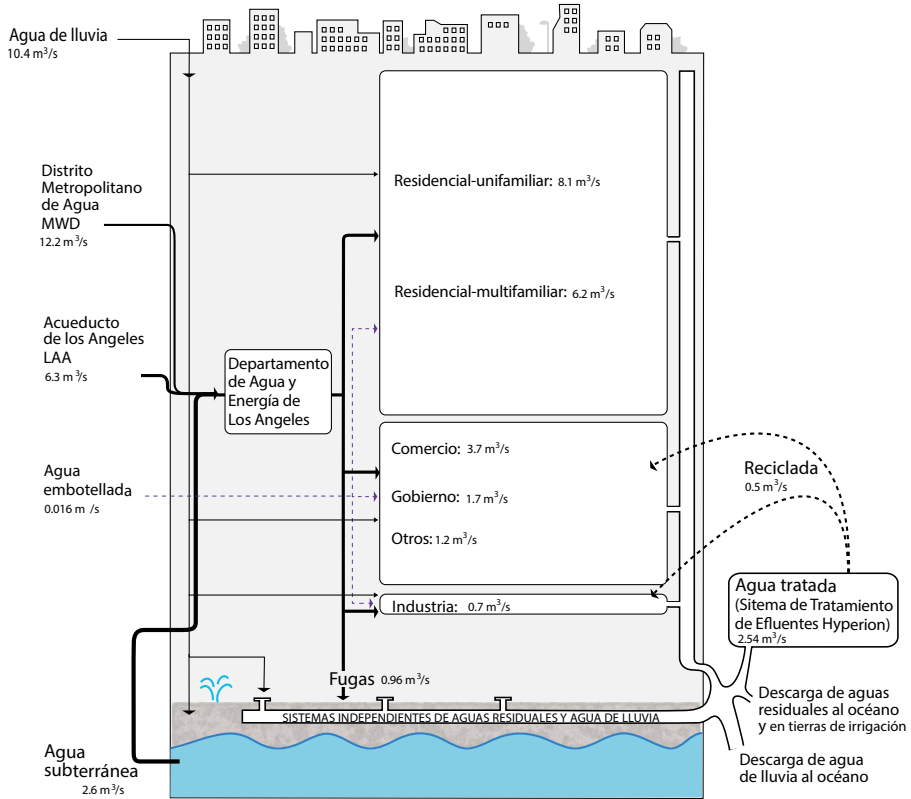
Tabla 1. Abastecimiento promedio de agua por fuente del Departamento de Agua y Energía de Los Ángeles (2010/2011-2014/2015)		
<i>Fuente</i>	<i>Millones de m³/año</i>	<i>Porcentaje</i>
MWD	386.7	57%
LAA	196.7	29%
Agua subterránea	81.4	12%
Agua reciclada	13.5	2%
Total	678.3	100%
Fuente: LADWP, 2016: ES-21		

Los datos disponibles del consumo anual de agua más reciente de la Ciudad corresponden al periodo 2010-2015 (véase tabla 1). Se trata de un quinquenio que experimentó la peor sequía registrada en la historia de California; de ahí que los datos promedio del consumo total sean asimismo de entre los más bajos.

En marzo de 2013, la Ciudad de Los Ángeles reportó un consumo per cápita de agua de 77 galones ó 291 litros por día. Este monto se redujo a 63 galones o 238.5 litros diarios per cápita, para marzo de 2016, más o menos un año después de que el Gobernador Brown demandara una reducción obligatoria del 25% en el consumo urbano de agua durante la ya histórica sequía (el mandato fue aprobado el 1º de abril de 2015) (CA State Water Resources Control Board, 2016).

El sector residencial es el consumidor más grande de agua de la Ciudad, seguido por el comercial (véase figura 3). Debe advertirse que el uso de agua no facturada, que incluye el consumo autorizado sin factura como el de los bomberos y las fugas de agua, se encuentra en niveles bajos (5.6%) cuando se compara con el de otras ciudades.

Figura 3. Flujos de entrada y salida de agua de la Ciudad de Los Ángeles



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

El uso del agua en exteriores es bastante significativo en la ciudad, especialmente en el sector residencial; representó 46% del uso total del agua en el sector residencial unifamiliar y 32% en el multifamiliar durante el periodo 2011-2014. Aún más, el uso al aire libre del agua sumó 39% del uso total del agua de la ciudad durante el mismo periodo. Las fugas de agua reportadas alcanzan por su parte 4% del abastecimiento total de agua, una cifra que es considerada bastante baja por los especialistas pues está por debajo de los

mejores promedios internacionales que se ubican en torno al 10 por ciento. Sin embargo, aún siendo un bajo porcentaje, para la ciudad de Los Ángeles representa una fuga de unos 30.2 millones de m³, suficiente para abastecer 50 mil unidades residenciales al año (Poston, 2015).⁵

En relación con las aguas residuales, la ciudad depende del Sistema de Tratamiento de Efluentes Hyperion cuya capacidad de tratamiento es de casi 2.2 millones de m³ al día. Consiste en cuatro plantas de tratamiento primario; la planta de tratamiento Hyperion que provee de tratamiento secundario con una capacidad de 302,832 m³/día; la planta de agua reciclada LA-Glandale que provee tratamiento terciario con una capacidad de entre 75,708 y 113,562 m³/día; y la planta de agua reciclada, Terminal Island, que trata 56,781 m³/día. El agua reciclada se usa para la irrigación de parques, campos de golf, procesos industriales, así como para la reinyección de agua a los acuíferos.

La ciudad tiene sistemas separados de aguas residuales y agua de lluvia. El agua de lluvia no se trata, y fluye directamente al océano a través una cañería exclusiva y del río Los Ángeles; sólo una pequeña parte reabastece el subsuelo debido a la extensa superficie impermeable de la ciudad.

Un artículo reciente del *LA Times* indicó que, durante dos semanas de lluvia en enero de 2017, cerca de 94.9 millones de m³ drenaron al océano desde la vertiente del río Los Ángeles. El Departamento de Agua y Energía de Los Ángeles estima que la ciudad retuvo cerca de una sexta parte de tal escurrimiento (Boxall, 2017). Para potenciar la percolación de agua de lluvia hacia los acuíferos, usualmente es necesaria cierta superficie de irrigación (*spreading grounds* o áreas que están arriba o se conectan a los acuíferos y que son preparadas y monitoreadas para incrementar la percolación). Las tierras

5 La cifra incluye las fugas de agua y aquella usada por los bomberos, la evaporada, robada y las pérdidas no contabilizadas.

de irrigación en la ciudad de Tujunga cubren un área de 60.7 hectáreas, donde se captura un promedio de 8.1 millones de m³ al año. Para 2018, se espera que la ciudad duplique tal capacidad.

B. Ciudad de México

La Zona Metropolitana del Valle de México, es como en el caso de el Gran Los Ángeles (y, de hecho, de todo el sur de California), altamente dependiente de otras cuencas para el aprovisionamiento de agua y para la descarga de aguas residuales. La *región hidropolitana* (Perló y González, 2009) de la Ciudad de México –y su zona metropolitana– interconecta cuatro cuencas que naturalmente no tienen relación: la del Valle de México, el Alto Lerma, Cutzamala y Tula. Véase figura 4. Para lograrlo, una extensa infraestructura ha sido construida, primero, para drenar el lago que se encontraba en el corazón del Valle de México y sobre el cual se construyó la ciudad precolombina, para luego realizar una serie de intervenciones subsecuentes, desde la construcción del Canal Real de Huehuetoca en 1607 y el de Nochistongo en 1789, hasta el primer (1905) y segundo (1954) Túnel de Tequixquiac, el Sistema de Drenaje Profundo (1975), y el más reciente Túnel Profundo Emisor Poniente (2010).

Figura 4. Cuencas interconectadas en la Zona Metropolitana del Valle de México.



Fuente: ajustada de SACMEX, 2012. **Diseño gráfico:** Ángeles Alegre Schettino.

Hoy día, como se muestra en la figura 5, más de 600 pozos extraen agua del acuífero del Valle de México, abasteciendo cerca del 75% de la demanda total de agua de la zona metropolitana, la cual se estima en $81 \text{ m}^3/\text{s}$ o unos $2,554.4 \text{ hm}^3/\text{año}$; los restantes flujos de agua se importan del Sistema Lerma-Cutzamala ($15 \text{ m}^3/\text{s}$ y $5 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente). La principal fuente de agua, el acuífero del Valle de México, está sobreexplotada, registrando ya un metro de caída por año en el nivel estático del agua debido a un déficit en la recarga de $28 \text{ m}^3/\text{s}$ (Delgado, 2015).

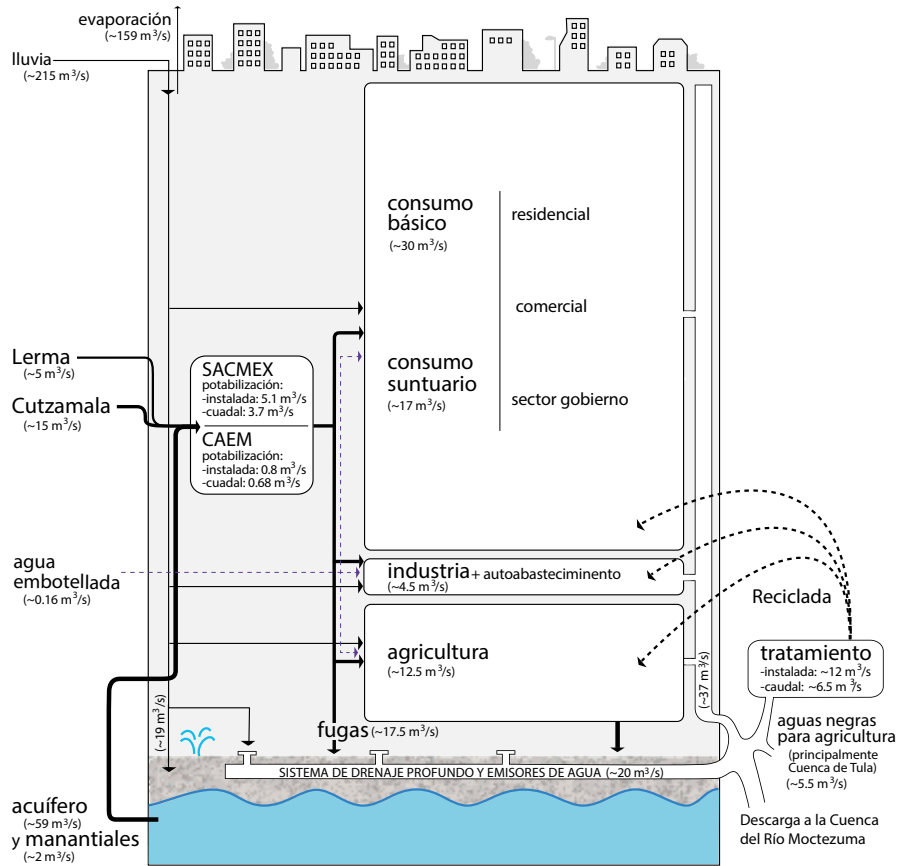
A lo dicho, se suma una importación de agua embotellada en el orden de $2.07 \text{ hm}^3/\text{año}$ que es consumida por el 76.9% de la población que no recibe o cree no recibir agua de buena o suficiente calidad.

La frecuencia y calidad del servicio es desigual, así como también lo son los patrones de consumo. El consumo promedio de agua asciende a 318 litros per cápita/día. No obstante, las delegaciones con los consumos más altos llegan a registrar rangos de entre 400 y 525 litros per cápita/día (delegación Cuajimalpa), mientras que la de más bajo consumo verifica un consumo de 177 litros per cápita/día (delegación Tláhuac).

El grueso de los flujos de salida o de aguas residuales, que rondan los $57 \text{ m}^3/\text{s}$, no son tratados (la capacidad instalada de la Ciudad de México es de apenas $6.7 \text{ m}^3/\text{s}$ y la de la zona metropolitana de $5.1 \text{ m}^3/\text{s}$) (Ibid). El grueso de aguas residuales y de lluvia son canalizadas a la cuenca del Valle de Tula (Tula-Moctezuma-Río Panuco) vía un mismo sistema de drenaje profundo, el Gran Canal (que opera a sólo 30% de su capacidad debido a subsidencias del suelo), y el todavía en construcción Emisor Oriente. Cerca de 60% de esos flujos de salida podrán ser tratados por la planta de Atotonilco una vez que esté completamente operativa. Con una capacidad de tratamiento de $35 \text{ m}^3/\text{s}$, se espera que entre completamente en operaciones durante la segunda mitad del 2018, cuando la construcción del Emisor Oriente culmine. Casi todo el año

la planta recibirá un flujo de 23 m³/s de aguas residuales, excepto durante la época de lluvias cuando se esperan 12 m³/s adicionales.

Figura 5. Flujos de entrada y salida de agua de la Zona Metropolitana del Valle de México



Fuente: Delgado, 2015

Retos actuales y esperados asociados con el cambio climático y la infraestructura para alcanzar el Sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible
Proyecciones climáticas y condiciones de la infraestructura en EUA y California

De acuerdo con el *U.S. National Climate Assessment* de 2014 (Melillo, Richmond y Yohe, eds., 2014), la precipitación anual aumentará en la parte norte del país y decrecerá en la parte sur de EUA, especialmente en el suroeste. Se proyecta un incremento en el número y magnitud de eventos de precipitación extrema a lo largo y ancho del país. Se estima por tanto un aumento de riesgo de inundación en diversas partes de EUA, aún en áreas donde la precipitación total se espera que disminuya. Las sequías de corto plazo también se espera que aumenten en todas las regiones. Las sequías de larga duración podrían, además, intensificarse en el suroeste, en las Grandes Llanuras del sur, y en el sureste. En California, entre 2070 y 2099, las temperaturas anuales promedio también podrían aumentar en todo el Estado en unos 3.2° C en relación a las temperaturas anuales promedio de 1990 (Cal-Adapt, 2017).

En lo que respecta específicamente al recurso hídrico, la *Tercera Evaluación Nacional del Clima* (Georgakakos *et al*, en: Melillo, Richmond y Yohe, eds., 2014) claramente señala que, en muchas regiones del país donde la precipitación decrecerá, pero las inundaciones aumentarán, los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, disminuirán, al tiempo que las inundaciones plantearán un riesgo a la infraestructura hídrica y urbana en general. Las crecientes temperaturas del aire y agua, así como las más intensas precipitaciones, escorrentías, y sequías, podrían afectar la calidad del agua de ríos y lagos (por ejemplo, al aumentar los sedimentos, la concentración de nitrógeno u otros contaminantes, etcétera) (Ibid).

A nivel estatal, California ya ha experimentado altas temperaturas, un aumento en los niveles del mar y un decremento de la nieve acumulada en la Sierra Nevada

(de entre 32% y 79%), lo que a su vez reduce directamente el almacenamiento natural del agua, altera los patrones de escorrentía de invierno-primavera y amenaza la infraestructura costera de abastecimiento de agua. Como resultado, las sequías y las épocas de lluvias se tornarán cada vez más extremas, lo que, a su vez, tendrá profundos efectos sobre la biodiversidad y los asentamientos humanos (en términos de disponibilidad de agua, incendios forestales durante la temporada cálida o de inundaciones en la época de lluvias). De hecho, más de 7 millones de habitantes y 580 mil millones de dólares se estima están expuestos a inundaciones (Gobierno del Estado de California, 2016).

El cambio climático afectará consecuentemente a Los Ángeles y su zona metropolitana. La temperatura podría aumentar de entre 2.2° C y 2.8° C para mediados de siglo y, consecuentemente, las ondas de calor y sus efectos a la salud podrían incrementarse en un orden de magnitud de entre 2 y 6 veces (resultando en deshidratación, fatiga, agudización de condiciones médicas existentes, etcétera) (Smith y Gallon, 2015). Las montañas en el área de Los Ángeles podrían experimentar una reducción en las nevadas de por lo menos 31%, mientras que la duración de la cubierta de nieve acumulada se podría ver reducida en 16 días con relación al promedio habitual (Ibid). Esto es particularmente preocupante en tanto que la nieve acumulada es una fuente esencial de agua fresca en un área donde ya el estrés hídrico es sustancial y las disputas por el agua son frecuentes entre regiones y usuarios (como se describió previamente, Los Ángeles obtiene una cantidad considerable de agua del norte del Estado). La extracción de agua subterránea podría aumentar aún más durante los periodos de sequía, una medida que directamente se relaciona con niveles crecientes en el consumo de energía y, por tanto, de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

El riesgo de inundaciones e incendios forestales, así como el aumento del nivel del mar (de 18 cm a 48 cm al 2050 y hasta 1.4 m a finales de siglo), figuran

también entre los impactos climáticos esperados que amenazan a Los Ángeles. De igual modo lo son las lluvias torrenciales que bien podrían sobrepasar la capacidad de los sistemas de drenaje y tratamiento, así como el aumento en el nivel del mar que puede acrecentar la salinidad de los acuíferos costeros y potencialmente amenazar las instalaciones costeras de tratamiento de agua. Por lo antes dicho, no es menor que la infraestructura hidráulica en EUA ya se encuentre en mal estado y con financiamiento insuficiente. La Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE, por sus siglas en inglés) ha evaluado desde 1998 la condición de la infraestructura de dicho país mediante una boleta de calificaciones. Evalúa las condiciones de la infraestructura con base en ocho criterios: capacidad, condición, financiamiento, necesidades futuras, operación y mantenimiento, seguridad pública, resiliencia, e innovación. En su informe más reciente (2017) otorga una calificación general a la infraestructura de EUA de D⁺ (mala, en riesgo) e identifica que será necesaria una inversión de 4.59 mil millones de dólares entre 2016 y 2025 para dejarla en buen estado (ASCE, 2017). La incapacidad de cerrar tal brecha de inversión podría significar una pérdida de 3.9 billones de dólares en el PIB nacional, 7 billones de dólares en disminuciones de ventas en el sector privado y 2.5 millones de empleos perdidos (Ibid).

La evaluación de la infraestructura hidráulica es aún más negativa. Las represas, canales, diques e infraestructura de agua potable obtuvieron una evaluación de D's (deficiente) y la infraestructura de aguas residuales D⁺.⁶ La edad promedio de las más de 90 mil represas en EUA es de 56 años; en 2016 cerca de 15,500 represas ya se consideraban un riesgo de potencial alto, mientras que 2,170 entraban en la categoría de potencial riesgo por deficiencia. Una edad similar

6 En el sistema de evaluación de EUA –basado en letras de la A a la F– una calificación D o “deficiente”, no es aprobatoria, lo mismo que F (*failed*) la cual se considera “muy deficiente”.

se estima para la infraestructura de canales de agua y de entre 75-100 años de vida para el caso de los 1.6 millones de km de tubería que componen la red de agua del país. En este contexto, debe advertirse que unas 240 mil fugas de agua anuales desperdician cerca de 7.5 billones de m³ de agua potable, según informa la ASCE (Ibid). El reto de reemplazar estos sistemas es enorme dado que el ritmo de reemplazo de la red es del 0.5% anual, lo que de hecho significa que se requerirían 200 años para poder reemplazar por completo el sistema, un periodo de tiempo que simplemente duplica la vida útil de tal infraestructura (Ibid).

Además del ritmo de reemplazo, la renovación de la infraestructura habrá de incorporar criterios ecológicos, de eficiencia y buena planeación, ser resiliente y apta frente al cambio climático. Ello aplica a toda la infraestructura hidráulica, pero particularmente a la asociada al abastecimiento de agua potable y saneamiento; este último de gran importancia para prevenir la propagación de aguas residuales en un contexto de eventos hidrometeorológicos extremos. Asimismo, además de mantener los 1.28 millones de km de cañerías que componen la red pública primaria y los 804 mil km de tuberías secundarias privadas que conectan a los usuarios con la red primaria, habrá una demanda de más infraestructura por parte de nuevos usuarios. Se estima que en las próximas dos décadas se conectarán a los sistemas centralizados unos 56 millones de usuarios adicionales (Ibid).

Desde el punto de vista de la ASCE, la infraestructura de agua y saneamiento demandará una inversión de 150 mil millones de dólares para el 2025, mientras que las represas requerirán 45 mil millones y los diques 80 mil millones de dólares, pero esa inversión no significará que los sistemas estarán completamente renovados. Para ello, sólo la infraestructura de agua potable requeriría una inversión total de por lo menos 1 billón de dólares, mientras que la de saneamiento sumaría unos 217 mil millones de dólares más en los

próximos 25 años (Ibid).

Los impactos esperados del cambio climático en las fuentes de agua, asociados a una mala condición de la infraestructura hidráulica y a un financiamiento insuficiente para renovarla, evidencian claramente los retos que muchas áreas urbanas en EUA crecientemente afrontarán para poder asegurar agua potable de calidad a sus habitantes.

Proyecciones climáticas y condiciones de la infraestructura en México

De manera similar a los impactos proyectados en EUA, los efectos adversos del cambio climático en México podrían impactar 15% del territorio, 68% de la población y 71% del PIB (DOF, 2013). Además del incremento en la temperatura media superficial de poco menos de 2° C verificada entre 1901 y 2009, es previsible un incremento adicional de entre 2° C y 4° C en la temperatura media superficial hacia finales del siglo XXI (Delgado, De Luca y Vázquez, 2015). Por su parte, aunque se observa un ligero aumento en la precipitación durante las últimas décadas, ése se ha expresado y seguramente lo seguirá haciendo de manera geográficamente desigual, todo en un contexto en el que, por otro lado, las sequías podrían afectar hasta un 70% del territorio mexicano. Y, pese a que algunos modelos regionales y globales difieren en las proyecciones de los efectos locales del cambio climático relacionados con el agua, debido al aumento poblacional y a la expansión del suelo construido, el país no dejará de estar bajo condición de estrés hídrico. A tal situación se suman, desde un incremento en los desastres de origen hidrometeorológico y la propagación de incendios y vectores infecciosos, hasta el propio aumento del nivel del mar (Ibid).

Por lo antes dicho, entre otros factores, es que se estima que de los 2,457 municipios que conforman el país, 824 municipios con 61 millones de habitantes están expuestos a inundaciones; 283 municipios con 4 millones de

habitantes a deslizamientos del suelo; 1,202 municipios con 54 millones de habitantes a sequías agrícolas; 584 municipios con 29 millones de habitantes a decrementos en la precipitación; 545 municipios con 27 millones de habitantes a la disminución de la productividad agrícola asociada a cambios en la temperatura; 1,020 municipios con 43 millones de habitantes a ondas de calor; y 475 municipios con 15 millones de habitantes a la transmisión de enfermedades infecciosas como las tropicales (DOF, 2013).

De frente a tal panorama, debe advertirse que, a pesar de que el diseño e implementación de la política de cambio climático ha sido relativamente dinámica a nivel federal, esto no ha sido el caso a nivel municipal o local. En el caso del tejido urbano nacional, los avances son notoriamente desiguales. Mientras no más de 10% de las ciudades con menos de 500 mil habitantes tenían algún tipo de plan de acción climática a principios de 2015, 40% de las ciudades con una población entre 500 mil y 1 millón de habitantes y 30% de las ciudades con población de entre 1 y 5 millones de habitantes, sí lo tenían (Delgado, De Luca y Vázquez, 2015).

La Ciudad de México, el único asentamiento urbano en el país con más de 5 millones de habitantes, ha sido pionera en la elaboración e implementación de un plan de acción climática. No obstante, sólo 16% de las municipalidades que conforman la zona metropolitana tenían algún tipo de planeación específica de adaptación y mitigación del cambio climático (Ibid). De hecho, de las 33 ciudades más grandes del país que contaban con un plan de acción climática, sólo 10 incluían algún tipo de acción de adaptación en el rubro de abastecimiento agua, 11 en el control del desbordamiento de ríos, 14 en mantenimiento de la infraestructura de saneamiento, 4 en eficiencia energética en la gestión del agua, 14 en reducción de fugas, 16 en tratamiento de agua y gestión de lodos, y 13 en captura de agua de lluvia o cosecha de agua (Ibid).

En este punto, dos retos principales pueden por tanto ser identificados: por un

lado, la falta de infraestructura, y por el otro, la antigüedad de la infraestructura o infraestructura sin mantenimiento adecuado. De hecho, como respuesta a tal situación, el *Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018*, ha comprometido 7.7 trillones de pesos (unos 416 mil millones de dólares o 70 mil millones de dólares al año) para renovar y expandir la infraestructura nacional de agua y de otra índole (Gobierno Federal, 2014).

El *Informe Global de Competitividad 2015-2016* sitúa al país en la posición 57 en competitividad y otorga una calificación en infraestructura de 4.2 que lo coloca en el lugar 59 en dicho rubro, de entre 140 países (estaba en la posición 64 en infraestructura en el 2013). En contraste, EUA se encuentra en la tercera posición en competitividad con una calificación de 5.9 en infraestructura, con lo cual se ubica en la undécima posición en infraestructura. Debido al déficit en el mantenimiento de la infraestructura en EUA antes mencionada, el relativo posicionamiento de dicho país (11º/140) es un buen indicador de lo precario de la infraestructura alrededor del mundo.

La infraestructura de agua en México estaba conformada, al año 2016, por 5 mil represas y diques con una capacidad total de almacenamiento de 150 mil hm³; más de 3 mil km de acueductos con una capacidad total de 112 m³/s; 874 plantas de tratamiento con una capacidad agregada de 97.9 m³/s; 2,477 plantas municipales de tratamiento de aguas residuales con una capacidad total de 120.9 m³/s o el 57% del total del agua recolectada; y 2,832 plantas industriales de tratamiento con una capacidad total de 70.5 m³/s (CONAGUA, 2016). La disponibilidad de agua ronda los 4 mil m³ per cápita, 4.5 veces menos que en 1950. Y, a pesar de que el 92.5% de la población nacional tiene algún tipo de acceso a agua y 91.4% a saneamiento, la calidad del agua y el acceso a ambos servicios es geográficamente desigual, entre la población urbana y rural, así como entre la propia población urbana (Ibid).

En respuesta a ello, que en buena medida se vincula con el estado y mantenimiento

de la infraestructura, pero también al crecimiento poblacional y al cambiante estado del clima, la inversión necesaria es sin duda cada vez mayor. Para 2014-2018 se trazó una inversión de 417.6 mil millones de pesos (unos 22,578 millones de dólares): 292.2 mil millones de pesos en nueva infraestructura de abastecimiento, saneamiento y tratamiento; 94.1 mil millones de pesos para infraestructura de agua en el sector agrícola (sobre todo irrigación); y 31.3 mil millones de pesos para la prevención y gestión de inundaciones (Gobierno Federal, 2014). Pese a ello, casi toda la inversión está siendo capturada por un puñado de mega-proyectos, particularmente al servicio del Valle de México, tales como el emplazamiento de infraestructura de agua y saneamiento para el nuevo aeropuerto de la Ciudad de México, el Túnel Emisor Oriente y la planta de tratamiento de Atotonilco (la cual ha cuadruplicado su costo original).⁷ Esta situación afianza las asimetrías espaciales, hoy por hoy existentes.

No es casual por tanto que la Ciudad de México figure como el asentamiento

7 La inversión total en infraestructura de agua en 2014 y 2015 alcanzó los 35.1 billones de pesos al año (CONAGUA, 2006). En 2017, el presupuesto autorizado de PROAGUA para el abastecimiento de agua potable fue de 9 mil millones mientras que en 2016 el presupuesto conjunto de PROAGUA y PROTAR, este último para el tratamiento de aguas residuales, fue de 12.45 mil millones de pesos. Cabe notar que el grueso de la inversión federal en infraestructura hidráulica ha sido capturado por un puñado de mega-proyectos como el que dota infraestructura hidráulica al nuevo aeropuerto de la Ciudad de México y que sumó en 2016 y 2017 un presupuesto de 6,350 millones de pesos (el aeropuerto no entrará en operaciones hasta finales de 2020, en el mejor de los casos). Otra mega obra que ha devorado los recursos es la de Túnel Emisor Oriente cuyo costo total es, hasta ahora, de más de 40 mil millones de pesos, cuatro veces el costo original. A ese caso se suman la planta de tratamiento de Atotonilco con una inversión de 9,564 millones de pesos y la tercera línea del Sistema Cutzamala con un gasto de 5,209 millones de pesos. Además de diversos proyectos de inversión federal aún en estudio, que apuntan a incrementar la oferta de agua en la Zona Metropolitana del Valle de México (Túnel Río de la Compañía II; Macrocircuito; Acueducto del Poniente; pozos Tula-Mezquital; pozos Tecolutla-Necaxa; etapa IV del Sistema Cutzamala), se agregan otras obras en diversas localidades del país, entre las que destacan la edificación de las represas El Zapotillo y El Purgatorio, ambas en Jalisco (www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/229161/Estrat_gicos_-_Junio_-_2017.pdf).

con la mejor infraestructura del país, seguido de Monterrey, Nuevo León. En el caso de la Ciudad de México, 97.8% de su población tiene acceso a agua y 96.2% a saneamiento. El total de la población atendida en la Ciudad de México (excluyendo su zona metropolitana) incluye a 8.8 millones de habitantes y a 4.2 millones de población flotante.

Los retos para la renovación y expansión de los servicios de agua y saneamiento en la Ciudad de México son impresionantes. En un escenario base (*business-as-usual*) para el 2025, se proyecta que más del 55% del agua será importada, mientras que la calidad del agua proveniente del acuífero de la ciudad decrecerá debido a una mayor sobreexplotación. Los efectos del cambio climático intensificarán y acelerarán tales retos y sus implicaciones.

La temperatura promedio anual de la Ciudad de México es de 15° C, con variaciones de 8° C entre el verano y el invierno. Debido al cambio climático, las temperaturas esperadas podrían aumentar en el corto plazo entre 0.5° C y 1.5° C y hasta 2.25° C en el largo plazo (SEDEMA, 2014). La reducción de la precipitación podría ser entre 5% y 10% en los meses de lluvia (junio y julio) y aún más durante diciembre, el mes más seco del año. Tales reducciones, de la mano del crecimiento poblacional y la expansión del suelo construido que reduce la infiltración y por tanto la capacidad de recarga del acuífero de la ciudad, podrían intensificar la interrupción del servicio de agua potable que ya incluso se experimenta en ciertas zonas de la ciudad y de su zona metropolitana.

La proyección del escenario base sugiere que el abastecimiento de agua decrecerá. Actualmente una tercera parte de los usuarios –1.6 millones de habitantes– reciben agua sólo unas horas al día e incluso sólo unos días a la semana (el denominado esquema de “tandeo”). Para 2025 tal porcentaje podría crecer en un escenario base hasta en un 55%, contexto en el que sólo el 28% de los usuarios podría tener un servicio ‘aceptable’ (SACMEX-UNAM,

2013).

Asimismo, las fugas de agua son un problema mayor: actualmente más de una tercera parte (35% a 40%) de la oferta total de agua se pierde a lo largo del sistema debido a la subsidencia del suelo y a lo obsoleto de la infraestructura (la ciudad ya acumula una subsidencia del suelo de 1930 al 2007 de más de 9 metros en ciertas áreas). Debido a tales proyecciones, la Ciudad de México requerirá de una inversión de 4,500 millones de pesos en los próximos 60 años. Esa inversión incluye el reemplazo de más de 3,100 km de tubería para el 2020 (AGU, 2014).

Nótese que, a pesar de la reducción del volumen de las precipitaciones, la lluvia intensa ya es un fenómeno que causa inundaciones en colonias, tanto pobres como adineradas, aunque ciertamente, en los últimos 30 años el grueso de los 180 eventos registrados ha afectado esencialmente zonas populares. El número de habitantes vulnerables a inundaciones y a otros eventos hidrometeorológicos extremos ha sido estimado para el caso de la Ciudad de México en 5.6 millones (SEDEMA, 2014). Es decir, el grueso de su población es vulnerable.

Financiamiento de infraestructura de agua para un nuevo contexto de gestión

Para ambos casos de estudio el reto de integrar la planeación y la gestión del agua es formidable. En la Ciudad de México y su zona metropolitana, la complejidad se relaciona con la diversidad de partidos políticos a cargo de gobiernos locales y estatales, además de la multiplicidad de actores involucrados debido a la importación de agua y al proceso de descentralización y privatización del servicio que ha sido promovido en las últimas décadas. En Los Ángeles, la alta dependencia del sur de California respecto de la importación de agua de la parte norte del Estado se traduce en una complejidad de actores involucrados,

incluyendo gobiernos locales y regionales que gestionan e invierten en infraestructura de agua y saneamiento. En ese sentido, garantizar la seguridad hídrica es sin duda una prioridad para ambos casos, una meta que sólo podría ser eventualmente alcanzada a través de múltiples y simultáneas medidas, tales como: conservación de agua; mejor alineación de la planeación del uso del suelo y de la restauración y preservación de los ecosistemas (particularmente en aquellas áreas de mayor infiltración o de formación de nieve); reciclaje y reúso de agua; captura y tratamiento de agua de lluvia para su reinyección a los acuíferos locales (un reto particular para ambas ciudades que históricamente han emplazado sistemas para el dren de agua de lluvia, una hacia el océano y la otra hacia fuera del Valle); la promoción de mayores eficiencias en el manejo del agua mediante la instalación o desarrollo de mejores tecnologías para la conservación del agua; la introducción de prácticas nuevas; o el avance de estudios sobre los ‘nexos urbanos’ del agua con el objeto de habilitar metas realistas a diferentes niveles de operación, mantenimiento y uso final del líquido (Blanco y Maggioni, 2016; Delgado, 2015; Blanco *et al*, 2012); entre otras.

Los nexos urbanos del agua podrían particularmente influir en la eficiencia energética, sea para lograr eficiencias en el bombeo, tratamiento o distribución, o para la generación de (bio)energía a partir de biosólidos derivados del tratamiento de agua. Como es bien conocido, tales biosólidos pueden ser asociados a la recuperación de nutrientes para el ‘cierre’ de los ciclos de nutrientes, ello mediante su uso como fertilizantes o a través de su peletización e incineración a alta presión y temperatura para la generación de energía (Cano *et al*, 2017; Kollmann *et al*, 2017; Seiple, Coleman y Skaggs, 2017; Joo *et al*, 2015; Rulkens, 2008).

En ambos casos, la Ciudad de México y Los Ángeles, aún hay oportunidades para aumentar las eficiencias y reducir los costos indeseables, tales como los

que se relacionan a la emisión de GEI (véase más adelante algunas acciones posibles). En el caso de la eficiencia energética, el nexo agua-energía es particularmente intenso en ambos casos de estudio. En California cerca del 20% del total del consumo de electricidad se asocia con el sector agua, contexto en el que el sur de California usa 50 veces más electricidad que el norte, particularmente debido a los altos volúmenes de agua importada desde el norte, el Delta de Sacramento y del Acueducto del Río Colorado, pero también por una mayor dependencia al bombeo de agua subterránea en años de sequía (CEC, 2005); por su parte, el sistema de agua de la Ciudad de México usa cerca de 570 millones de kWh para esencialmente bombear agua del sistema Lerma-Cutzamala (Delgado, 2015).

En la ciudad de Los Ángeles, la huella de carbono ha sido estimada en 0.88 tCO₂e acre-pie de agua importada desde el Proyecto Estatal de Agua de California y en 0.87 tCO₂e acre-pie para el agua local reciclada (0.713 gramos y 0.705 gramos por litro, respectivamente) (Fang, Newell y Cousins, 2016; Blanco *et al*, 2012); esto es casi el doble que la huella de carbono del abastecimiento de agua para la Ciudad de México, misma que ha sido estimada en 0.298 gramos - 0.349 gramos por litro, resultando en una emisión anual de 284 mil-332 mil tCO₂e (Delgado, 2015). La zona metropolitana suma a tal huella de carbono 710 mil-830 mil tCO₂e, alcanzándose así una huella total de carbono para la Ciudad de México y su zona metropolitana de entre 0.99 y 1.16 millones de tCO₂e (Ibid). Las emisiones de metano de las aguas residuales –o flujos de salida– de la Ciudad de México y su zona metropolitana suman 1.5 millones de tCO₂e adicionales (Ibid). Por su parte, las emisiones asociadas a los usuarios finales, donde los edificios residenciales juegan un rol central, se asocian especialmente al calentamiento de agua, lo que representa por lo menos el 13% del total de energía consumida por dicho sector (Ibid). El consumo total de energía para calentar agua en la Ciudad de México y su zona

metropolitana se estima pues en el orden de 31.2 Pj anuales (Ibid).

El potencial ahorro futuro es factible para ambos consumos, de agua y energía (y por tanto las emisiones de GEI pueden mitigarse), pero ello dependerá del tipo y eficacia de las medidas implementadas y ciertamente del nivel de financiamiento. Especial atención se puede prestar en este punto a un conjunto de medidas, desde la reducción de fugas y el consumo eficiente de energía mediante la renovación de sistemas de bombeo obsoletos, hasta el aumento en la captura de agua de lluvia, la promoción de infraestructura verde o la generación de energía a partir de aguas residuales.

Además, en el caso de la eficiencia material, una aproximación innovadora en el contexto futuro del reemplazo de la infraestructura deficiente, podría ser el ‘minado’ físico de la propia infraestructura de agua, es decir, el reciclaje y reúso de materiales y residuos de construcción que sean desechados por tal renovación de infraestructura. En la Ciudad de México, como se indicó, el reemplazo de 3,100 km de tuberías representaría una gran oportunidad para recuperar materiales reciclables y retirar aquellos tóxicos como el asbesto y el plomo que aún conforman, en algún grado, la red de agua. Sin embargo, hasta donde es de conocimiento público, tal estrategia de ‘minado urbano’ no ha sido desarrollada, ni tampoco ha sido adecuadamente integrada en los planes de inversión (Delgado y Guibrunet, 2017).

Este conjunto de acciones, entre otras (véase más adelante), requerirá moverse de una gestión y esquemas de financiamiento tradicionales, hacia la gestión y prácticas de financiamiento integrales y eficientes (incluyendo lo biofísico), multidimensionales y multitemporales, que deriven de aproximaciones novedosas y holísticas de la sustentabilidad y la resiliencia urbana (Ibid).

En este contexto, si bien es cierto que serán necesarios importantes niveles de financiamiento en el corto y mediano plazo, en el largo plazo se puede esperar que el financiamiento se reduzca conforme se consolidan las eficiencias

resultantes de las nuevas inversiones.

Tal transición hacia una infraestructura urbana de agua más sustentable, climáticamente preparada, y resiliente ya no es una opción, es un imperativo, ya que la renovación de la infraestructura deficiente, en muchos casos, está más que rezagada.

El cambio climático ciertamente acelerará los retos actuales y futuros. La ‘planeación cortoplacista’, como ha sido aparentemente la práctica ya por algún tiempo en la Ciudad de México, tendrá que cambiar y convertirse en más estratégica y sustentable para el largo plazo, con incentivos, financiamiento e incluso esquemas de aseguramiento más creativos, en lugar de sólo optar por arreglos tradicionales como la deuda y los subsidios.

Una diferencia central entre nuestros casos de estudio es que mientras en la zona metropolitana de Los Ángeles y en la ciudad de Los Ángeles, el grueso de los ingresos proviene del cobro del agua (además de una proporción relativamente pequeña proveniente del gobierno estatal y de asignaciones federales), en la Ciudad de México los recursos parcialmente provienen del cobro del agua (60%), mientras que los recursos restantes son gasto estatal y asignaciones federales.

El cobro del agua en la Ciudad de México es insuficiente porque, por un lado, la facturación incluye sólo al 88% de los consumidores reales, de los cuales sólo 65% tenía medidores de agua instalados al año 2013, y por el otro, el pago sólo se verifica para dos terceras partes del volumen del agua facturada. Por tanto, los ingresos producto del cobro del agua no pueden, en sí mismos, cubrir los gastos de operación, mantenimiento, y renovación/expansión necesaria del sistema. La inversión requerida sólo en la Ciudad de México (excluyendo su zona metropolitana) es de por lo menos 7,500 millones de pesos al año durante los próximos 25 años (Ibid).

En este contexto debe advertirse que la entidad encargada de la gestión

del agua en la Ciudad de México (excluyendo su zona metropolitana), el Sistema de Agua de la Ciudad de México –SACMEX– no tiene poderes de cobranza puesto que sólo es un organismo desconcentrado, auxiliar de la Secretaría de Finanzas de la Ciudad de México. De hecho, no opera ninguna infraestructura directamente puesto que ésta ha sido concesionada a cuatro grupos empresariales.⁸ En consecuencia, SACMEX no tiene incentivo alguno para hacer más eficiente la facturación y el cobro, ni tampoco para optimizar sus gastos.

Aun reconociendo oportunidades de mejora, tal y como se ha señalado, es importante reconocer que la pobreza urbana es una de las principales limitantes: el 75% de los usuarios residenciales, que son pobres o extremadamente pobres, sólo representan un tercio de la recolección total de los ingresos de agua en la Ciudad de México. El aumento en las tarifas de agua es pues, en términos reales, una opción limitada dado que las tarifas para las residencias de medianos y altos ingresos ya están dentro de los parámetros de otras ciudades de Latinoamérica.

Por su parte, las localidades del sur de California, con sistemas de gestión de agua tan fragmentados, también enfrentan problemas de financiamiento para mantener la infraestructura existente y para invertir en nueva. Obstaculizada por el movimiento de limitación de impuestos desde la década de 1970, los aumentos en el impuesto a la propiedad (la mayor fuente de ingresos de los

8 El servicio de agua ha sido parcialmente privatizado desde 1993. Las tarifas se fijan por las autoridades locales, la cual también recolecta los ingresos (la facturación la hacen las empresas concesionadas). El sistema es operado por cuatro grupos empresariales: Proactiva Media Ambiente, S.A. de C.V. (ICA/Veolia-FCC); Industria del Agua de la Ciudad de México, S.A. de C.V. (Peñoles/Suez); Tecnología y Servicios del Agua (Peñoles/Suez); y Agua de México, S.A. de C.V.

gobiernos locales) y en otros impuestos, ha sido restringida en California.⁹ Como resultado, una porción significativa de los costos de la nueva infraestructura y de las reparaciones a los sistemas existentes recae en la emisión periódica de bonos estatales de agua (empréstitos), lo cual es políticamente contencioso debido a la diversidad de fuentes de agua en el norte y sur del Estado. El clima político puede demorar su aprobación y en el proceso reducir su monto. Los últimos dos bonos emitidos fueron aprobados en 2006 y a finales de 2014. El bono de 2014 por 7,545 millones de dólares, fue originalmente propuesto por 11 mil millones de dólares y tuvo un retraso de cinco años. El financiamiento estatal en California es vital para financiar la infraestructura de agua en el sur del Estado, pero no es suficiente para mantener la infraestructura existente y la inversión necesaria en el futuro. El programa estatal de bonos de agua sólo alcanza para cubrir una fracción de la inversión necesaria, la cual ha sido estimada, sólo para cubrir las necesidades de agua potable, en 44.5 mil millones de dólares (ASCE, 2017).

Como se dijo anteriormente, éste es también un desafío compartido por la Ciudad de México. El reto que representa un gobierno y una ‘gobernanza’ fragmentada, es un problema mayor tanto en EUA como en México. Como hemos discutido, hay más de 200 agencias de abastecimiento de agua en el MWD o el área del sur de California; y ello no incluye muchas otras agencias involucradas en el tratamiento de aguas residuales y la gestión del agua de lluvia. Con todo, es evidente que el reto de financiamiento y del cambio

9 La Propuesta 13, de 1978, una iniciativa popular que modificó la Constitución de California, restringió el impuesto a la propiedad al 1% del valor de mercado de bienes raíces. La Proposición 218, de 1996, estableció el voto mayoritario para aprobar cualquier nuevo impuesto, tarifa (incluyendo la del agua) o aumentos a nivel local. La propuesta 218 también estipula que los impuestos cobrados a los propietarios no deben exceder los costos de proveer el servicio (CA Legislative Analyst’s Office, 1996). Las tarifas escalonadas de agua son pues legalmente cuestionadas por la Propuesta 218 (Cadelago, 2015).

climático para el aprovisionamiento de agua requerirá de una mejor y más integrada gestión de los sistemas hídricos en su conjunto. Para poder cubrir la demanda creciente de agua derivada del crecimiento poblacional y de un clima más cálido, será necesario, además del financiamiento para mantener la actual infraestructura de agua, una sustancial inversión para el tratamiento y reciclaje de aguas residuales, así como para la captura y tratamiento de agua de lluvia. En este trabajo nos hemos enfocado en los servicios de agua y la necesidad de una mayor integración en su planeación y gestión. No obstante, la conexión entre tales servicios y la planeación del uso del suelo es asimismo esencial dado que los usos del suelo, y sus densidades, determinan la demanda de agua (y de saneamiento).

Gober *et al* (2013), al analizar las barreras entre planeación y gestión del agua en Portland, Oregón, y Phoenix, Arizona, concluyen, sin embargo, que las perspectivas conflictivas y los intereses creados hacen de la colaboración entre los planificadores de los servicios de agua y del uso del suelo algo muy complicado. La existencia de personal inadecuado y la falta de recursos son obstáculos importantes, especialmente en comunidades pequeñas, además de que la fragmentación de responsabilidades en la gestión del agua tiende a obstaculizar la planeación integral. Atendiendo esta situación, la Asociación Americana de Planificación (la asociación profesional de planificadores de EUA) recientemente ha reconocido al agua como “un elemento organizador central y esencial para un ambiente urbano saludable” y, en consecuencia, reconoce la necesidad de una conexión cercana entre el agua y la planeación del uso del suelo (Cesaneck y Wordlaw, 2015). Pese a ello, aún en el Estado de California, donde el agua es un tema crucial para el desarrollo territorial, las conexiones entre la planeación del uso del suelo y los servicios de agua, sigue aún siendo débil (Blanco y Maggioni, 2016).

El reconocimiento de la necesidad de una mayor integración entre los diversos

servicios de agua ya está siendo encabezada en EUA y en California, por la *One Water Initiative* de la ciudad de Los Ángeles (City of Los Angeles Bureau of Sanitation, 2017). Dirigida por el Buró de Sanidad de la ciudad, busca fortalecer la colaboración entre departamentos de diversas ciudades, diversas agencias y partes interesadas para desarrollar una planeación conjunta y “una guía de principios para la gestión coordinada del agua y la planeación de instalaciones a lo largo y ancho de la ciudad”. La visión ampliada de *One Water* –de la cual el programa de Los Ángeles es un esfuerzo pionero– es una estrategia liderada por la US Water Alliance y la Asociación Nacional de Agencias de Agua Potable en EUA que argumenta que la separación entre el abastecimiento de agua potable, el tratamiento de aguas residuales y la captura de agua de lluvia, es contraproducente. En tal sentido, hace el llamado para una mayor integración de los servicios de agua (US Water Alliance, 2016). La planeación de *One Water* y eventualmente de la empresa pública de servicios One Water, busca pues reducir los costos de transacción y los costos generados por la fragmentación institucional. Además, su enfoque enfatiza las conexiones con la planeación urbana, reconociendo las barreras institucionales, la falta de incentivos (incluyendo los económico-financieros) para desarrollar nuevos paradigmas en la gestión del agua, reconoce el valor que tiene la colaboración entre las diferentes partes interesadas y las comunidades, y promueve cambios en la legislación y programas federales para lograr una aproximación más integral (Mukheibir, Howe y Gallet, 2015). Este enfoque es igualmente apoyado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en un informe en el que aboga por incorporar los temas ambientales en la planeación urbana (Dodman, McGranahan y Dalal-Clayton, 2013).

Lo antes dicho es sin duda útil para los tomadores de decisiones de la Ciudad de México y, en un sentido más amplio, para todas las partes interesadas en la mejora de la gobernanza del agua y la coordinación del uso del suelo y la

planeación de los servicios de agua.

Un acercamiento más modesto y transitorio para dar cuenta de la multiplicidad y la fragmentación de los servicios de agua en EUA es el establecimiento de autoridades con poder común (*joint power authorities*)¹⁰. El Estado de California permite que diversos gobiernos locales establezcan acuerdos para la adopción o implementación de programas de gestión del agua a través del establecimiento de autoridades con poder común (Blanco y Maggioni, 2016). Mediante tal mecanismo, los gobiernos locales pueden incrementar eficiencias, promover sinergias, y aprovechar oportunidades que los esfuerzos de coordinación y las alianzas pueden ofrecer en proyectos de reciclaje de agua, captura de agua de lluvia, instalaciones para el tratamiento de aguas residuales, el trasvase de agua, etcétera, sin que ello implique reducir sus poderes actuales o interfiera en la actual organización de las agencias. En el caso de la Ciudad de México, se podría pensar en diferentes agencias de gobierno a escala metropolitana e incluso megalopolitana. Tales esfuerzos podrían incluir arreglos o colaboraciones entre las agencias del Estado, pero también entre éstas y las comunidades locales y agentes de mercado. Por ejemplo, podría no haber disponibilidad de tierras apropiadas para el emplazamiento de una planta de tratamiento en una cuenca de agua debido a la extensión de la urbanización en dos regiones, pero una agencia cercana a la región sí podría contar con tierra apropiada o acceso a financiamiento. Una autoridad de poder común podría fungir como el instrumento viable para el avance de proyectos de agua más integrados dado que la conformación de Autoridades con Poderes Comunes es relativamente sencilla. Este tipo

10 Las ‘autoridades con poder común’ son entidades que faculta la Ley de algunos Estados de EUA para que dos o más autoridades públicas, no necesariamente ubicadas en la misma locación, puedan unirse en el ejercicio del poder que les es común a todas ellas.

de organización podría facilitar el tipo de proyectos de infraestructura que pudieran asegurar la sustentabilidad de las fuentes de agua (para el caso de California, sobre todo de aquellas subterráneas). Además, las autoridades con poderes comunes podrían ayudar a explorar otro tipo de soluciones que no se relacionen exclusivamente con la gestión de la infraestructura de agua y saneamiento y su renovación y expansión, tales como la prevención del riesgo y la adaptación.

La Ciudad de México tiene en cierto sentido experiencia en ese tipo de esquemas de poder conjunto, por ejemplo, por medio de la consolidación de la Comisión Ejecutiva de Coordinación Metropolitana que desde 2008 incluye a la Comisión Metropolitana en Agua y Saneamiento. Este es, sin embargo, un esquema de gestión reciente por lo que el manejo concreto del agua y saneamiento está aún relativamente fragmentado, al tiempo que depende de los ciclos de la política local.

La gobernanza participativa o de abajo-hacia-arriba, puede acompañar dicho proceso puesto recientemente en práctica, ello sea a través de una activa integración de los actores sociales a los procesos de planeación, o por medio de la movilización y presión social, o ambos. En México, el movimiento *Agua para Todos. Agua para la Vida* ha promovido en los últimos años una propuesta de reformar la Ley de Aguas Nacionales. La iniciativa, resultante de una amplia consulta pública, incluye una evaluación bien informada de la actual crisis del agua en México, así como medidas y acciones concretas. El movimiento ha encontrado diversos aliados, particularmente de cara a los cada vez más numerosos conflictos relacionados al agua y que, en el contexto urbano, incluyen cuestiones como la falta o el deficiente servicio, altas tarifas, expropiación de agua, emplazamiento de infraestructura, y descargas de aguas residuales. En este punto vale la pena mencionar que, a nivel nacional, un estudio encontró más de 5 mil artículos de periódico sobre conflictos por el

agua de entre 1990 y 2002; 49% de tales conflictos se localizaban en el Valle de México (Jiménez *et al*, 2011). Las movilizaciones sociales incluían marchas y otras demostraciones y toma de instalaciones públicas. Cerca del 56% de los conflictos respondían a la falta de agua y 24% al aumento de las tarifas. En la Zona Metropolitana del Valle de México, las delegaciones o municipios que registraron más descontento social fueron precisamente aquellas con un menor acceso al agua debido a la falta de infraestructura adecuada, como sucede en ciertas áreas del este de la Ciudad de México y su zona conurbada (por ejemplo, el caso de Cerro de la Estrella en la delegación Iztapalapa) (Ibid). La movilización de fondos en tal escenario es compleja, pero posible e inevitable. En tal tenor, basándonos en una revisión de la literatura sobre estos temas, así como en investigación que hemos realizado anteriormente, hemos identificado metas y aproximaciones claves para SACMEX, así como para otras agencias similares en México y California: a) incrementar la eficiencia de las agencias y avanzar hacia una planeación metropolitana más integrada (U.S. Water Alliance, 2016); b) aumentar la eficiencia en la facturación y cobro (incluyendo cuotas aplicables a usos no-residenciales y, de ser posible, aquellas derivadas de impuestos por contaminar) (OECD, 2013); c) reducir la dependencia de la ciudad a reservas de agua distantes y en disputa (Gobierno del Estado de California, 2016; Delgado, 2015; Jiménez *et al*, 2011; Perló y González, 2009); d) diversificar las estrategias para aumentar el reciclaje de agua, reducir las fugas y los usos ineficientes (por ejemplo, impulsando aún más programas como el de “mujeres plomeras” que desde 2008 provee capacitación gratuita a mujeres entre 18 y 65 años de edad que tengan hasta 9 años de estudios) (Jiménez *et al*, 2011); e) considerar pagos por servicios ecosistémicos que puedan ayudar a preservar o incrementar las reservas de agua (Caro-Borrero *et al*, 2015; SEDEMA, 2013); f) uso de análisis de ciclo de vida y análisis de metabolismo urbano del agua para promover una

planeación integral de la gestión de agua a escala metropolitana, incluyendo aproximaciones del ‘nexo agua’ y sus potenciales *trade-offs* (por ejemplo, soluciones para asegurar el abastecimiento de agua y saneamiento pueden exacerbar las emisiones de carbono) (Fang *et al*, 2016; Delgado, 2015; Kennedy *et al*, 2014); g) uso de análisis multicriteriales para la evaluación de costos socioecológicos; h) considerar tanto tecnologías emergentes y tradicionales, como soluciones no tecnológicas a diferentes escalas (incluyendo, por ejemplo, infraestructura descentralizada para la captura de agua de lluvia, o a través de infraestructura verde o del denominado desarrollo de bajo impacto) (Johnstone *et al*, 2012); i) crear incentivos novedosos; j) buscar subsidios de los gobiernos estatales y del federal; y k) exigir un mejor entendimiento de la variedad y tipos de fondos y financiamientos disponibles a nivel nacional e internacional y sus implicaciones (incluyendo el mercado de carbono, por ejemplo, a partir de la captura de metano de las aguas residuales para la producción de energía); entre otras cuestiones relacionadas a la investigación y desarrollo, la educación, la divulgación y la participación pública.

Las estrategias antes identificadas son importantes, especialmente para la Ciudad de México donde el mero aumento de las tarifas, o del precio de agua, en un país en desarrollo donde oficialmente el 45.5% de la población es pobre (una figura que según algunos analistas pudiera ser de hasta el 80%), es altamente cuestionable y políticamente costoso. En un grado menor, es aplicable también a Los Ángeles, por lo menos en el caso de las comunidades más desfavorecidas. A continuación, discutimos con mayor detalle este punto, así como sus implicaciones para dar garantía al derecho humano al agua.

El agua como derecho humano y el logro del Sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible

Para asegurar que la infraestructura hidráulica, sustentable y climáticamente

apta pueda cubrir las necesidades actuales y futuras es esencial fijar los siguientes objetivos clave: una gestión del agua más coordinada e integral (incluyendo cuestiones como la planeación del uso de suelo), la implementación de tecnologías y de otras soluciones alternativas novedosas, el uso eficiente de los recursos hídricos, y atender la necesidad de inversión en infraestructura y de construcción de capacidades locales. Estos objetivos demandan la incorporación a fondo del derecho humano al agua y saneamiento para todos, comenzando por las comunidades e individuos más desfavorecidos, todo al mismo tiempo que se incorpora la función ecosistémica del agua, ya antes mencionada.

California ha sido el primer Estado de EUA en reconocer el agua como un derecho humano (AB 685, 2012). Durante el punto más álgido de la reciente e histórica sequía en el Estado, cientos, si no es que miles de viviendas experimentaron recortes en el abastecimiento de agua. El Estado de California reconoció que actualmente 300 sistemas de agua potable, localizados en comunidades desfavorecidas y atendiendo a cerca de 200 mil personas, no son capaces de proveer agua potable apta para beber (California Water Boards, 2017). La sequía amplificó dicho problema. Un estudio (Feinstein *et al*, 2017: 22) sobre la sequía y sus impactos en comunidades desfavorecidas en California, encontró que $\frac{2}{3}$ de los 149 sistemas públicos de agua que reportaron impactos relacionados a la sequía, los cuales afectaron a 480 mil personas (la mayoría en el Valle Central), prestaban servicio a comunidades económicamente desfavorecidas. Asimismo, de los 4 mil hogares que no recibían servicio de parte de los sistemas públicos de agua y que reportaron desabasto de agua durante la sequía, se ubicaban desproporcionadamente en comunidades desfavorecidas.

En febrero de 2016, el Consejo Estatal de Agua aprobó un acuerdo para considerar el derecho humano al agua como una prioridad, haciendo un

llamado a los Consejos Regionales de Agua para que consideraran el derecho humano al agua en cualquier acción que involucrara el abastecimiento de agua potable, así como para que incluyeran a las comunidades en los procesos de planeación relacionados al agua y en la implementación de soluciones (CA State, 2016). Mientras que en California se gastan 2.5 mil millones de dólares para subsidiar a los residentes de bajos recursos en servicios de electricidad, gas y telecomunicaciones, 56% de los habitantes de California tiene proveedores de agua que no ofrecen ayuda en sus tarifas para viviendas de bajos ingresos. Para implementar el compromiso del Estado de dar garantía al derecho humano al agua, el State Water Resources Board está en proceso de desarrollar un plan, que terminará en 2018, para extender la asistencia a la vivienda de bajos recursos en todo el Estado (California Water Board, 2017). Nótese, sin embargo, que el Departamento de Agua y Energía de Los Ángeles, en alianza con otros proveedores de servicio público de agua, ya provee asistencia a usuarios de bajos recursos, mayores de edad y discapacitados.

De manera similar, y en respuesta a la reforma de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos del 8 de febrero de 2012, que reconoce en su artículo 4º el derecho humano al agua y saneamiento, el gobierno de la Ciudad de México incluyó en el artículo 9.F de su nueva Constituyente (en 2015 pasó de ser Distrito Federal a un Estado de la República) el derecho humano al agua y saneamiento “...de modo suficiente, salubre, seguro, asequible, accesible y de calidad para el uso personal y doméstico de una forma adecuada a la dignidad, la vida y la salud”.

El derecho humano al agua no está libre de críticas y retos, en tanto que tal derecho no es entendido como gratuidad del servicio, lo que a su vez plantea preguntas de cómo, en lo concreto, interpretar e implementar el derecho al agua y saneamiento, cuando menos para el caso de las comunidades desfavorecidas. Mientras que en México las empresas privadas de servicios

públicos y la industria embotelladora de agua y bebidas azucaradas son los principales actores interesados en el negocio del agua, en California la resistencia a la concreta implementación del derecho humano al agua proviene principalmente de la agroindustria y las agencias de agua. El camino hacia la implementación, en ambos casos, está en disputa, aún en desarrollo, con falta de financiamiento y débil en su ejecución.

En la Ciudad de México, como se dijo, oficialmente se reconoce que el 97.8% de las viviendas tienen acceso a agua y 96.2% a servicios sanitarios, pero la frecuencia del servicio de agua, los patrones de consumo y la calidad del agua es geográficamente desigual (Delgado, 2015). En tal contexto, los habitantes de bajos recursos se benefician de dos mecanismos: por un lado, las tarifas son establecidas por ingreso según la localización de la vivienda (tarifa por manzana de ingreso popular, bajo, mediano y alto), tipo de consumo (residencial u otro), y nivel de consumo (el agua tiene precio escalonado, castigándose los consumos más altos); ello excepto en aquellas zonas donde, por el otro lado, se provee el servicio por tandeo, unas horas y días a la semana (en cuyo caso las tarifas son fijas en un rango que actualmente oscila entre 93 y 643 pesos).¹¹

El grado de éxito de una aproximación basada en el ingreso para acceder al servicio de abastecimiento de agua potable en un país en desarrollo es cuestionable, sobre todo de cara a la alternativa de asignar gratuitamente un volumen básico de agua.¹² Más allá de qué ruta sea tomada, cualquier

11 Para mayores detalles, véase: www.sacmex.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/6_tarifas172.pdf

12 Por ejemplo, tal esquema ya ha sido implementado para los primeros 50 litros de consumo de agua residencial al día, en Soweto, Sudáfrica, ello en seguimiento al párrafo 27 de la Observación General No. 15 de 2002 relacionada a los artículos 11 y 12 de la Convención Internacional de las Naciones Unidas sobre los Derechos Económicos, Sociales y Culturales.

decisión y esquema concreto de implementación debe considerar una visión multidimensional de la pobreza; y es que en la Ciudad de México y su zona metropolitana, 69.3% de la población carece de al menos una necesidad social básica (CONEVAL, 2014). El significado e implicaciones de tal cifra en un contexto de cambio climático debe ser claramente entendido en tanto que este último puede ser un ‘multiplicador de amenazas’ (como así ha sido calificado por el Departamento de la Defensa de EUA [2015]). Esto es particularmente cierto si las medidas de adaptación urbana son tímida y lentamente adoptadas, como parece ser el caso de la Ciudad de México (Aragón y Delgado, 2016). En suma, aún hay mucho por hacer en relación a las estrategias de adaptación vinculadas a la prevención y gestión de los riesgos asociados al clima, especialmente en lo que concierne a cuestiones de agua y saneamiento, un contexto en el que una aproximación y agenda inclusiva e integral es crucial (inclúyase aquí la dimensión de género; Ímaz *et al*, 2014; GWA, 2006; WEDO, 2003; <http://genderandwater.org>).

Reflexiones finales

El abastecimiento y el saneamiento de agua en un contexto de cambio climático, especialmente en regiones megalopolitanas como la Ciudad de México y Los Ángeles, requerirá crecientemente de una gobernanza híbrida, es decir, aquella que logra una genuina integración del proceso de diseño y ejecución de las políticas públicas (lo que difiere de políticas de gobierno); esto es, una integración de cuestiones relativas a aspectos institucionales, relaciones de poder presentes y mecanismos e instrumentos necesarios para lograr los resultados deseados (Schulz *et al*, 2017). Tal integración se asume de carácter multidireccional: de arriba hacia abajo, de abajo hacia arriba, y horizontalmente, es decir, entre los diferentes instrumentos o mecanismos de planeación y toma de decisiones que buscan atender la complejidad de la problemática del agua.

Lo dicho supone alejarse del modo tradicional de pensar y “gestionar” al *sector* agua que, además, tiende a disociarse de la política de los usos del suelo. En cambio, se busca dar cuenta de la problemática del agua en toda su complejidad, multidimensionalidad y multiescalaridad espacial y temporal, ello con el objeto de transitar hacia un cambio de paradigma desde el que se puedan coproducir, de manera consistente, soluciones más robustas y creativas, herramientas de evaluación y monitoreo, y esquemas legales, de administración, financiamiento y rendición de cuentas. Tales imaginarios híbridos de gobernanza urbana del agua, no sólo requieren de mayores y mejores capacidades locales, sino sobre todo de un amplio consenso entre diversos discursos, puntos de vista, estructuras organizativas, y relaciones de poder para poder así promover una transformación hidro-social profunda y territorialmente localizada.

La falta de reconocimiento de tal diversidad y procesos en conflicto, incluyendo la propia producción del espacio urbano y no-urbano, dificultará el impulso de las transformaciones necesarias para poder alcanzar resultados de largo plazo más resilientes y socioecológicamente robustos; mientras que la seguridad hídrica, incluyendo el derecho humano al agua, podría estar en riesgo de cara a la aceleración y agudización del cambio climático, y de las vulnerabilidades que, de uno u otro modo, se asocian con el agua.

Nuestros casos de estudio permiten identificar algunos de los más complejos retos técnicos, tecnológicos, ecológicos, socioculturales, políticos, institucionales, y financieros actuales y previsibles de dos regiones megaurbanizadas.

Agradecimientos

Parte de este capítulo es producto de la investigación sabática de Delgado sobre “Retos y oportunidades para la transformación sustentable y resiliente de asentamientos urbanos”, auspiciada por el programa PASPA de la Dirección General de Apoyo al Personal Académico de la Universidad Nacional

Autónoma de México (UNAM). La investigación de Blanco en política del agua en la región de Los Ángeles ha sido financiada por la Fundación Haynes en Los Ángeles.

Referencias

- Aragón-Durand, F., y Delgado Ramos, G.C. 2016. “Mexico: Bringing together development and climate change adaptation and mitigation agendas”, en: Bartlett, Sheridan y Satterthwaite, David. *Cities on a finite planet. Transformative responses to climate change*. Routledge. Londres, Reino Unido / Nueva York, EUA: 149 – 168.
- ASCE–American Society of Civil Engineers. 2017. *Infrastructure Report Card. A comprehensive assessment of America’s infrastructure*. EUA. En línea: www.infrastructurereportcard.org/wp-content/uploads/2016/10/2017-Infrastructure-Report-Card.pdf (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- Blanco, H., y Maggioni, E. 2016. “California Models for Regional Groundwater Management”, en: Blanco, H., y Maggioni, E. *Towards a Groundwater Strategy for Southern California*. Center for Sustainable Cities, University of Southern California. Los Ángeles, California, EUA.
- Blanco, H., Newell, J., Stott, L., y Alberti, M. 2012. *Water Supply Scarcity in Southern California: Assessing Water District Level Strategies*. Center for Sustainable Cities, University of Southern California. California, EUA. En línea: <http://sustainablecities.usc.edu/news/water-scarcity-in-southern-california.html> (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- Boxall, B. 2017. “When it rains, Los Angeles sends billions of gallons of ‘free liquid gold’ down the drain.” *LA Times*. Los Angeles, California, EUA. 8 de marzo. En línea: www.latimes.com/local/lanow/la-me-ln-stormwater-20170308-story.html (Consultado: 14 de marzo de 2017).
- Cadelago, C. 2015. “California cities fret over tiered water rates court decision.” *Sacramento Bee*. 21 de abril. En línea: www.sacbee.com/news/state/california/water-and-drought/article19194072.html (Consultado: 24 de abril de 2017).
- CA Legislative Analyst’s Office. 1996. *Understanding Proposition 218*. State of California. EUA. En línea: www.lao.ca.gov/1996/120196_prop_218/understanding_prop218_1296.html (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- CA State. 2016. *Adopting the Human Right to Water as a Core Value and Directing its Implementation in Water Board Programs and Activities*. CA State Water Resources Control Board Resolution No. 2016-0010. 16 de

- febrero. En línea: http://waterboards.ca.gov/board_decisions/adopted_orders/resolutions/2016/rs2016_0010.pdf (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- CA State Water Resources Control Board. 2016. *Supplier Conservation. Per Capita Daily Water Use*. Marzo. En línea: www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/conservation_portal/docs/2017may/supplierconservation050217.pdf (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- Cal-Adapt. 2017. Maximum temperatures projected for California by 2070-2099. <http://beta.cal-adapt.org/tools/annual-averages/#climatevar=tasmax&scenario=rcp45&lat=34.05777&lng=-119.10591&boundary=ca&units=fahrenheit> (Consultado: 9 e marzo de 2017).
- California Department of Finance. 2017. “Tables of January 2017 City Population Ranked by Size, Numeric, and Percent Change.” *Demographic Research Unit, California Department of Finance*. California, EUA. En línea: www.dof.ca.gov/Forecasting/Demographics/Estimates/E-1/ (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- California Water Boards. 2017. *Fact Sheet. Affordable and Safe Drinking Water Initiative*. http://waterboards.ca.gov/water_issues/programs/hr2w/docs/data/fs020817_asdw_act.pdf (Consultado: 1 de abril de 2017).
- Caltrans. 2015. *California County-level economic forecast 2015-2040*. EUA. En línea: www.dot.ca.gov/hq/tpp/offices/eab/docs/Full%20Report%202015.pdf (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- Cano Londono, N., Gallego Suarez, D., Velásquez, H., y Ruiz-Mercado, G. 2017. “Energy analysis for the sustainable utilization of biosolids generated in a municipal wastewater treatment plant”. *Journal of Cleaner Production*. 141: 182-193.
- Caro-Borrero, A., Corbera, E., Neitzel, K.C., y Almeida-Leñero, L. 2015. “‘We Are the City Lungs’: Payments for Ecosystem Services in the Outskirts of Mexico City.” *Land Use Policy*. 43: 138–148.
- CEC – California Energy Commission. 2005. *California’s Water-Energy Relationship*. Sacramento, California, EUA. En línea: www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-700-2005-011/CEC-700-2005-011-SF.PDF (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- Cesaneck, B., y Wordlaw, L. 2015. *Recommendations and Report of APA’s Water Task Force*. American Planning Association. En línea: https://planning-org-uploaded-media.s3.amazonaws.com/legacy_resources/leadership/agendas/2015/spr/pdf/WaterTaskForceFinal.pdf (Consultado: 9 de marzo de 2017).

- City of Los Angeles Bureau of Sanitation. 2017. *One Water LA. Plan Development*. En línea: www.lacitysan.org/san/faces/home/portal/s-lsh-es/s-lsh-es-owla/s-lsh-es-owla-au/s-lsh-es-owla-au-aowla-pd?_adf.ctrl-state=ugctg1lag_4&_afzLoop=4228744728661514#! (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- CONAGUA. 2016. *Estadísticas del agua en México. Edición 2016*. CONAGUA -SEMARNAT. Gobierno de la República. México. En línea: http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- CONEVAL. 2014. *Pobreza urbana y de las zonas metropolitanas de México 2012*. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México. En línea: www.coneval.org.mx/Informes/Pobreza/Pobreza%20urbana/Pobreza_urbana_y_de_las_zonas_metropolitanas_en_Mexico.pdf (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- CONEVAL. 2012. *Informe Anual sobre la situación de la pobreza y rezago social*. Ciudad de México, México. En línea: www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/31492/Distrito_Federal_1_.pdf (Consultado: 9 de marzo de 2017).
- Delgado Ramos, G.C. 2015. "Water and the political ecology of urban metabolism: the case of Mexico City". *Journal of Political Ecology*. 22: 98-114.
- Delgado Ramos, G.C., De Luca Zuria, A., y Vazquez Zentella, V. 2015. *Adaptación y Mitigación Urbana del Cambio Climático en México*. CEIICH-PINCC, UNAM. México.
- Delgado Ramos, G.C., y Guibrinet, L. 2017. "Assessing the ecological dimension of urban resilience and sustainability". *International Journal of Urban Sustainable Development*. 9(2): 151-169.
- Dodman, D., McGranahan, G., y Dalal-Clayton, B. 2013. *Integrating the Environment in Urban Planning and Management*. International Institute for Environment and Development (IIED). PNUD. Nairobi, Kenia.
- DOF. 2013. "Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40." *Diario Oficial de la Federación*. Secretaria de Gobernación, México, 3 de junio. En línea: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013 (Consultado: 14 de febrero de 2017).
- Fang, A.J., Newell, J.P, y Cousins, J.J. 2016. "The energy and emissions footprint of water supply for Southern California." *Environmental Research Letters*. 11: Artículo 119501.

- Feinstein, D., *et al.* 2017. *Drought and Equity in California*. Pacific Institute. Oakland, California. EUA. En línea: http://pacinst.org/app/uploads/2017/01/PI_DroughtAndEquityInCA_Jan_2017.pdf (Consultado: 14 de february de 2017).
- Georgakakos, A., Fleming, P., Dettinger, M., Peters-Lidard, C., Richmond, T.C., Reckhow, K., White, K., y Yates, D. 2014. “Water Resources”, en: Melillo, J.M., Richmond, T.C., y Yohe, G.W. (eds). 2014: *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. EUA. Global Change Research Program: 69-112.
- Gober, P., Larson, K.L., Quay, R., Polsky, C., Chang, H., y Shandas, V. 2013. “Why Land Planners and Water Managers Don’t Talk to One Another and Why They Should!” *Society & Natural Resources*. 26(3): 356–364.
- Gobierno Federal. 2014. *Programa Nacional de Infraestructura 2014 – 2018*. México. En línea: <http://cdn.presidencia.gob.mx/pni/programa-nacional-de-infraestructura-2014-2018.pdf?v=1> (Consultado: 20 de febrero de 2017).
- Government of the State of California. 2016. *California Water Action Plan 2016 Update*. California Natural Resources Agency, CDFR, CalEPA. California, EUA. http://resources.ca.gov/docs/california_water_action_plan/Final_California_Water_Action_Plan.pdf (Consultado: 20 de febrero de 2017).
- GWA – Gender and Water Alliance. 2006. *Resource Guide. Mainstreaming Gender in Water Management*. PNUD. En línea: <file:///Users/Gian/Downloads/IWRMGenderResourceGuide-English-200610.pdf> (Consultado: 20 de febrero de 2017).
- Ímaz, M., Blazquez, N., Chao, V., Castañeda, I., y Beristain, A. 2014. *Cambio Climático. Miradas de género*. CEIICH-PINCC-PUES, UNAM / PNUD. México. En línea: <https://sustentabilidad.unam.mx/pdf/publicaciones/generoycc.pdf> (Consultado: 20 de febrero de 2017).
- Ioris, A.A. 2014. “Environmental governance at the core of statecraft: unresolved questions and inbuilt tensions.” *Geography Compass*. 8(9): 641-652.
- Jaramillo, P., y Nazemi, A. 2017. “Assessing urban water security under a changing climate: Challenges and ways forward”. *Sustainable Cities and Society*. En línea: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.04.005> (Consultado: 11 de mayo de 2017).
- Jiménez Cisneros, B., Gutiérrez Rivas, R., Marañón Pimentel, B., y González Reynoso, A. (coords). 2011. *Evaluación de la política de acceso al agua*

- potable en el Distrito Federal*. PUEC-UNAM. México.
- Johnstone, P., Adamowicz, R., Haan, F.J.D., Ferguson, B., y Wong, T. 2012. *Liveability and the Water Sensitive City - Science-Policy Partnership for Water Sensitive Cities*. Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities. Melbourne, Australia.
- Joo, S.H., Monaco, F.D., Antmann, E., y Chorath, P. 2015. “Sustainable approaches for minimizing biosolids production and maximizing reuse options in sludge management: A review.” *Journal of Environmental Management* 158: 133-145.
- Kennedy, C., Baker, L., y Brattebø, H. 2014. “Analyzing a city’s metabolism”, en: Mazmanian, D., y Blanco, H. (eds). *Elgar Companion to Sustainable Cities: Strategies, Methods and Outlook*. Edward Elgar. Cheltenham, Reino Unido: 255-282.
- Kollmann, R., et al. 2017. “Renewable energy from wastewater – Practical aspects of integrating a wastewater treatment plant into local energy supply concepts”. *Journal of Cleaner Production*. 155. Part 1: 119-129.
- LA-DWP. 2015. *Urban Water Management Plan 2015*. Los Angeles Department of Water & Power. Los Ángeles, California, EUA. En línea: www.ladwp.com/ladwp/faces/ladwp/aboutus/a-water/a-w-sourcesofsupply/a-w-sos-uwmp?_adf.ctrl-state=r324t6nvx_4&_afzLoop=529497829896513 (Consultado: 21 de abril de 2017).
- Linton, J., y Budds, J. 2014. “The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water”. *Geoforum*. 57: 170-180.
- Melillo, J.M., Richmond, T.C., y Yohe, G.W. (eds). 2014. *The Third National Climate Assessment*. U.S. Global Change Research Program. EUA. En línea: <http://nca2014.globalchange.gov/> (Consultado: 21 de abril de 2017).
- Mukheibir, P., Howe, C., y Gallet, D. 2015. “Institutional Issues for Integrated ‘One Water’ Management.” IWA Publishing. En línea: <https://opus.lib.uts.edu.au/handle/10453/36204>. (Consultado: 21 de abril de 2017).
- MWDSC. 2016. *2015 Urban Water Management Plan*. Metropolitan Water District of Southern California. California, EUA. En línea: www.mwdh2o.com/PDF_About_Your_Water/2.4.2_Regional_Urban_Water_Management_Plan.pdf (Consultado: 21 de abril de 2017).
- Neto, S. 2016. “Water governance in an urban age.” *Utilities Policy*. 43: 32-41.
- OECD. 2013. *Making Water Reform Happen in Mexico*. OECD Studies on Water. OECD Publishing. México.
- Olsson, P., Galaz, V., y Boonstra, W.J. 2014. “Sustainability transformations:

- resilience perspective”. *Ecology and Society*. 19(4): 1.
- Patterson, J., et al. 2016. “Exploring the governance and politics of transformations”. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 24: 1-16.
- Perlo Cohen, M., y Gonzalez Reynoso, A.E. 2009. *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*. PUEC / Coordinación de Humanidades-UNAM / Friedrich Ebert Stifting. México. En línea: http://centro.paot.org.mx/documentos/unam/guerra_por_agua_digital.pdf (Consultado: 9 de abril de 2017).
- Poston, B. 2015. “L.A.’s aging water pipes; a \$1-billion dilemma”. *LA Times*. 16 de febrero. Los Ángeles, California., EUA. En línea: <http://graphics.latimes.com/la-aging-water-infrastructure/> (Consultado: 27 de marzo de 2017).
- Rulkens, W. 2008. “Sewage Sludge as a Biomass Resource for the Production of Energy: Overview and Assessment of the Various Options”. *Energy Fuels*. 22(1): 9-15.
- SACMEX. 2012. *El gran reto del agua en la Ciudad de Mexico. Pasado, presente y prospectivas de solución para una de las ciudades mas complejas del mundo*. SACMEX. Ciudad de México, México.
- SACMEX-UNAM. 2013. *La crisis del agua en la Ciudad de México. Retos y soluciones*. Documento base del Foro. Palacio de Minería. Ciudad de México, México. En línea: www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/doc_base.pdf (Consultado: 21 de marzo de 2017).
- Schulz, C., Martin-Ortega, J., Glenk, K., y Ioris, A. 2017. “The Value Base of Water Governance: A Multi-Disciplinary Perspective.” *Ecological Economics*. 131: 241–249.
- SEDEMA. 2014. *Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020*. Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal / Centro Mario Molina. Ciudad de México, México.
- SEDEMA. 2013. *Ciudad Verde. Ciudad Viva. Primer Informe de Trabajo*. Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal. Ciudad de México, México. En línea: www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/577127d/3d2/57727d3d23347724922776.pdf (Consultado: 27 de marzo de 2017).
- SEDESOL. 2012. *Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México. Actualización 2012*. SEDESOL-CDMX-Estado de Hidalgo-EDOMEX. México.

- Seiple, T., Coleman, A., y Skaggs, R. 2017. "Municipal wastewater sludge as a sustainable bioresource in the United States". *Journal of Environmental Management*. 197: 673-680.
- Smith, D., y Gallon, C. 2015. *Los Angeles Region Framework for Climate Change Adaptation and Mitigation*. California Water Boards. California, EUA.
- Steffen W., et al. 2015. "Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet." *Science*. 347(6223). DOI:10.1126/science.1259855
- Swyngedouw, E. 2005. "Governance Innovation and Citizen: The Janus Face of Governance-beyond-the-State". *Urban Studies*. 42(11): 1991-2006.
- United Nations General Assembly. 2015. *2030 Resolution A/RES/70/1 of 25 Sept. 2015. Agenda for Sustainable Development and 17 Sustainable Development Goals*. En línea: www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/ (Consultado: 27 de abril de 2017).
- United Nations General Assembly. 2010. *The human right to water and sanitation. Resolution Adopted by the General Assembly on 28 July 2010. 64/292*. En línea: www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/64/292&lang=E (Consultado: 27 de abril de 2017).
- U.S. Department of Defense. 2015. *Congressional Report on National Implications of Climate Change*. EUA. En línea: <http://archive.defense.gov/pubs/150724-congressional-report-on-national-implications-of-climate-change.pdf> (Consultado: 21 de marzo de 2017).
- U.S. Water Alliance. 2016. *One Water Roadmap*. EUA. En línea: <http://uswateralliance.org/sites/uswateralliance.org/files/publications/Roadmap%20FINAL.pdf> (Consultado: 21 de marzo de 2017).
- Vartabedian, R. 2017. "Serious design, construction and defects doomed Oroville Dam, report says." *Los Angeles Times*. 17 de abril. En línea: www.latimes.com/local/california/la-me-oroville-failure-analysis-20170417-story.html (Consultado: 18 de abril de 2017).
- WEDO. 2003. *Untapped Connections. Gender, water and poverty*. Women's Environment & Development Organization. Nueva York, EUA. En línea: http://wedo.org/wp-content/uploads/2003/01/untapped_eng.pdf (Consultado: 21 de marzo de 2017).

**IV. TEMAS TRANSVERSALES EN LA AGENDA
DE TRANSICIÓN–TRANSFORMACIÓN URBANA:
FINANCIAMIENTO, GÉNERO Y EDUCACIÓN**

CAPÍTULO 9

FINANCIAMIENTO VERDE PARA CIUDADES: OPCIONES ACTUALES Y FUTUROS RETOS

ANTONINA IVANOVA

Introducción

El mundo en 2050 tendrá más de 9 mil millones de personas, de las cuales, tres cuartas partes vivirán en ciudades. Las necesidades serán crecientes, tanto de vivienda, educación y empleo, como de agua y energía y otros servicios indispensables como el transporte, las comunicaciones y el procesamiento de desechos. En dicho tenor, no es menor que la tasa de urbanización en los países en desarrollo pueda alcanzar 50% en la próxima década (Z/Yen Group Ltd y WWF, 2015).

Este capítulo explora las fuentes de financiamiento que podrían ser implementadas con apoyo nacional, internacional, y los esquemas de financiamiento locales o de instituciones financieras privadas. Se presentan las principales opciones para financiar el desarrollo de las ciudades, analizando las posibilidades para su mejora, un contexto en el que es importante mencionar que no todos los problemas existentes se pueden resolver mediante la ingeniería financiera puesto que hay muchas barreras regulatorias y especificidades regionales que hay que tomar en cuenta.

Las ciudades y su problemática: objetivos y retos

De acuerdo con las estimaciones actuales, la población mundial crecerá de aproximadamente 7 mil millones en 2012 a más de 9 mil millones en 2050, y prácticamente todo el incremento de la población será absorbido por las zonas

urbanas de los países en desarrollo. Con un 70% de la población que vivirá en áreas urbanas en 2050, no es ninguna sorpresa que a pesar de que las ciudades seguirán siendo centros de riqueza y prosperidad relativa, el número de pobres urbanos podrá superar a la población rural pobre (EIB, 2013-A).

Se prevé que el número de megaciudades (con poblaciones de más de 10 millones de habitantes) aumentará de 19 en la actualidad a 27 en 2025, cuando el 10% de la población urbana mundial residirá en estas ciudades. De las proyectadas 27 megaciudades, 21 estarán localizadas en países en vías de desarrollo. En 2025, habrá 48 ciudades con poblaciones de entre 5 y 10 millones de habitantes, ubicadas tres cuartas partes de éstas en los países en desarrollo (City of London, 2014). Las áreas metropolitanas generan más de un cuarto del PIB nacional en los países industrializados (Ibid). Lo mismo aplica para los países en desarrollo; por ejemplo, el 27% del PIB de Turquía se genera en Estambul, mientras que el 52% del PIB de Argentina se genera en Buenos Aires (Banco Mundial, 2013).

En tal panorama se advierten costos significativos para el crecimiento metropolitano, sobre todo si está mal gestionado. El peligro para la vida humana por la contaminación del aire en Beijing y Delhi, la congestión de tráfico en Bangkok y São Paulo, la proliferación de barrios pobres urbanos, la corrupción y la delincuencia en muchas ciudades de los países en desarrollo, dan fe de los desafíos del desarrollo urbano (Bahl y Linn, 2013). Más allá de tales costos, es cierto que existen algunos efectos positivos, por ejemplo, el crecimiento de las industrias en áreas metropolitanas y la generación de ingresos fiscales que se redistribuyen a los gobiernos locales en el resto del país (Smoke, 2013; Banco Mundial, 2013).

Los factores clave que impulsan el crecimiento fuerte y sostenible de ingreso y empleo en las metrópolis son: (1) base económica que sea competitiva en los mercados nacionales y mundiales; (2) transporte y fuertes vínculos por medio

de las tecnologías de información y comunicación (TIC) dentro de la ciudad y con el resto del mundo; (3) concentración de capital humano capacitado; y (4) un gobierno que apoye el crecimiento metropolitano y aproveche las oportunidades que éste genera (Agster, 2015).

El objetivo central para los planificadores y administradores urbanos es pues la creación de una ciudad competitiva que atraiga la inversión moderna y trabajadores calificados. Entre los objetivos particulares están la creación de una ciudad inteligente, ecológica, segura y divertida (ASU, 2014; EC, 2013). *Inteligente* significa el acceso a la información y a los medios de comunicación modernos (TIC), así como a la tecnología de transporte que conecta los negocios, el gobierno y los habitantes de la ciudad entre sí y con el resto del mundo. *Verde* se refiere al uso eficiente y sostenible de la energía, el agua y el aire. *Segura* significa protección contra el crimen y los desastres naturales, incluidos los potenciales estragos derivados o amplificadas por el cambio climático (Gouldson, 2015). Por último, ser *divertida* se refiere a los espacios recreativos, al patrimonio cultural, a infraestructura para el deporte y a la disponibilidad de espacios verdes (EIB, 2013-B). Los cinco objetivos interactúan entre sí, por lo que el logro de uno contribuye al éxito de los demás. En la búsqueda de estos cinco objetivos, urbanistas y administradores cuentan con cinco instrumentos principales a su disposición: la prestación de servicios públicos, la planificación del uso del suelo, la regulación de las empresas, la conectividad y el financiamiento.

Como en el caso de los objetivos, existe una estrecha interrelación entre los instrumentos: la prestación de servicios públicos eficaz crea las bases para una mejor conectividad y tiene que estar relacionada con la planificación del uso del suelo, mientras que la regulación de negocios puede apoyar o impedir la prestación eficiente de servicios, la implementación del uso del suelo y la eficaz conectividad.

El financiamiento es fundamental para la prestación eficaz de servicios públicos y la regulación metropolitana, y viceversa. Las demandas crecientes de gasto que las metrópolis ejercen en los sistemas fiscales de los países se convierten en una cuestión especialmente importante. La presión sobre el presupuesto para apoyar los servicios y la infraestructura en las ciudades aumentará en las próximas décadas, aunque la gravedad del problema variará de una ciudad a otra.

La demanda de servicios seguirá generando altos costos, cuya gestión será compleja, especialmente en relación con los problemas de los barrios pobres. Los factores que impulsarán el aumento del gasto público en áreas urbanas incluyen: (1) crecimiento de la población; (2) crecimiento de los ingresos per cápita; (3) demandas de las empresas para mejorar la infraestructura y los servicios públicos necesarios para atraer y retener trabajadores capacitados; (4) la necesidad de abordar las externalidades negativas que vienen con la urbanización, como la contaminación, el manejo de residuos sólidos, y la congestión del transporte; y (5) las necesidades especiales de una gran concentración de familias en barrios pobres en expansión, que exigen grandes gastos públicos de los gobiernos metropolitanos.

Es muy importante destacar que a nivel internacional cada vez más se reconoce que la colaboración entre los gobiernos de municipios y ciudades con el sector empresarial, resulta ser más eficiente para fomentar el desarrollo y el progreso social, en comparación con las acciones unilaterales de los gobiernos federales.

Financiamiento para el desarrollo urbano verde

Antecedentes

Aunque se apliquen diferentes metodologías y estimaciones, hay un amplio consenso en que existen necesidades de gran importancia para financiar obras de infraestructura en las ciudades. De acuerdo con Standard & Poor's (2014),

para el año 2030 tales necesidades sumarán 57 mil millones de dólares, aunque la OCDE estima una cifra de 82 mil millones de dólares para el período 2009-2030 (incluyendo la generación de energía e infraestructura relacionada; EIB, 2013-A).

Históricamente los gobiernos han sido los principales financiadores para el desarrollo de infraestructura. Sin embargo, después de la crisis financiera de 2008, el financiamiento público de infraestructura y servicios relacionados ha mostrado un descenso. Después de la crisis de la deuda, también los gobiernos de los países miembros de la OCDE han disminuido su financiamiento de infraestructura a cerca de 3% de su PIB, en comparación con el 4% de los años ochentas, y con el 5% de los años setentas (EIB, 2013-A). En Europa, el financiamiento público de infraestructura ha descendido, de cerca de 5% en los años setenta a sólo 2.5% después del año 2000 (EIB, 2013-A).

En el sector privado los bancos han proporcionado de manera tradicional financiamiento a largo plazo para proyectos de infraestructura, mismo que actualmente representa 300 mil millones de dólares al año (Standard & Poor's, 2014). Sin embargo, su capacidad para otorgar financiamiento se ha afectado con la crisis y por las nuevas regulaciones, como Basilea III. Por lo tanto, si se consideran las futuras proyecciones del PIB y la falta de infraestructura, y asumiendo que el financiamiento gubernamental mantendrá los mismos niveles, Standard & Poor's (2014) estima un déficit anual de al menos 500 mil millones de dólares para financiar la infraestructura global. Esta falta de recursos se convierte en una de las mayores preocupaciones políticas y refuerza la necesidad de involucrar más al sector privado.

Por otro lado, en el sector financiero están apareciendo nuevos organismos como proveedores de financiamiento a largo plazo, tales como los fondos de pensiones, las aseguradoras y los fondos soberanos, todos ellos conocidos como inversionistas institucionales. Con más de 70 mil millones de dólares en activos

en los países de la OCDE, estos inversionistas muchas veces se mencionan como una fuente alternativa de financiamiento (Della Croce y Yermo, 2013). Durante la década pasada estas instituciones han diversificado sus inversiones hacia opciones alternativas, tales como bienes raíces y, recientemente, hacia la infraestructura, incluyendo la denominada “infraestructura verde” (USS, 2014). La infraestructura es un área de oportunidad para los inversionistas institucionales debido a sus necesidades de manejar activos y obligaciones a largo plazo, recibiendo al mismo tiempo mayores rendimientos de los que ofrecen las opciones de inversión tradicionales en deuda gubernamental o corporativa (Della Croce y Yermo, 2013).

Sin embargo, la proporción de la infraestructura financiada por inversionistas institucionales todavía es muy baja, sólo 1% de los fondos de pensiones están alojados en proyectos de infraestructura. Según la estimación de Standard & Poor’s, las finanzas aportadas por los inversionistas institucionales podrían aumentar a 4%, es decir, alrededor de 200 millones de dólares al año en fondos adicionales para el sector de infraestructura, lo que llevaría a una suma total de 3.2 mil millones de dólares para el 2030, sin duda un aumento sustancial respecto al nivel actual (Standard & Poor’s, 2014).

Asegurar el financiamiento de proyectos urbanos puede ser un reto, especialmente durante las primeras fases de construcción, cuando las necesidades son mayores y el nivel de riesgo puede ser inaceptable para muchos inversionistas y proveedores de fondos potenciales. Los posibles instrumentos y fuentes de financiamiento son variados y múltiples, pero la combinación adecuada de éstos dependerá, en última instancia, del tiempo de retorno y la duración de los proyectos que se financiarán, de la capacidad, así como de la voluntad de las entidades competentes para asumir niveles adecuados de riesgo y formas aceptables de seguridad (BLP, 2012).

Mejorar la resiliencia de las ciudades

Entre 2000 y 2012, los desastres naturales, el clima, la salud y los eventos sísmicos, causaron daños y perjuicios por 1.1 mil millones de dólares a nivel mundial, tanto en impactos directos sobre la infraestructura, los recursos, las comunidades y el medio ambiente, como en impactos indirectos, tales como el descenso de la rentabilidad y del crecimiento económico en las regiones afectadas (Siemens, 2013).

La construcción de la resiliencia requiere coordinación a largo plazo y la cooperación entre las ciudades, comunidades, empresas y otras partes interesadas para afrontar el riesgo de desastres, tanto a través de las políticas y las inversiones para reducir los riesgos específicos, como mediante la mejora de la infraestructura y la prestación de servicios (CCFLA, 2015; Carraro *et al*, 2013).

Los sistemas de infraestructura resiliente pueden requerir cambios a gran escala en los modos de planificación, diseño, gestión y mantenimiento. Si bien la tecnología es parte de la solución, la capacidad de anticipar los riesgos y planificar el desarrollo urbano a largo plazo es fundamental. La resiliencia no sólo debe ser incluida como un criterio de toma de decisiones de los nuevos proyectos de infraestructura, también debe tenerse en cuenta sistemáticamente en la evaluación de los proyectos destinados a mantener y mejorar la infraestructura existente (Siemens, 2013).

La resistencia al cambio climático influye sobre la capacidad de responder a los fenómenos meteorológicos extremos y tiene implicaciones para la seguridad de la vida en las ciudades (Agster, 2015). El seguro contra eventos catastróficos y otras formas de transferencia de riesgos es esencial para mantener los activos urbanos y para financiar la recuperación de daños provocados por eventos extremos.

Aunque históricamente los gobiernos han estado absorbiendo la diferencia

entre las pérdidas cubiertas por seguros privados y las pérdidas económicas totales, su capacidad para seguir haciéndolo se ve limitada por el deterioro de las finanzas públicas.

Por otra parte, la imprevisibilidad de tales eventos y la magnitud de las pérdidas están socavando la “asegurabilidad” de la infraestructura y los activos urbanos (CCFLA, 2015). Las ciudades y las aseguradoras tienen mucho que ganar si trabajan juntas para fortalecer la seguridad urbana a través de una mejor capacidad de recuperación (ClimateWise, 2013).

Ciudades inteligentes

El financiamiento de ciudades inteligentes requiere soluciones para asegurar el desarrollo urbano con eficiencia energética. Las redes eléctricas, los edificios energéticamente eficientes, los sistemas de suministro de energía, el transporte y las actitudes de los ciudadanos pueden llevar a considerables ahorros de energía y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

La planeación estratégica, los departamentos municipales y los procesos de suministro deberían ser respaldados por mecanismos financieros innovadores para nivelar la inversión privada necesaria en la transformación del uso de energía a gran escala.

Durante las siguientes décadas los costos de energía continuarán fluctuando y las ciudades tendrán el reto de elevar su crecimiento económico, reportando al mismo tiempo una disminución en las emisiones de GEI. En tales condiciones, aumentarán las posibilidades para el sector público de fomentar la inversión en tecnologías inteligentes, en servicios y bienes de bajo carbono y ambientalmente amigables. Entre éstos cuentan las redes inteligentes y el acceso de banda ancha, los sistemas de recarga de vehículos eléctricos, la instalación de sistemas de calefacción, la generación de energía eléctrica *in situ* y otras iniciativas de adaptación y mitigación. Este sector tiene un claro

impacto socioeconómico y se basa en una creciente demanda a nivel global. Los beneficios de la transformación energética no se reconocen sólo en términos de retornos económicos, sino también como beneficios socioeconómicos y de salud. La inversión inicial y los más largos plazos de recuperación a veces son barreras para la inversión privada. Otras barreras son las incertidumbres sobre los precios de las energías renovables y los precios de la energía fósil. En este sentido, se considera importante contar con estímulos gubernamentales y fomentar la inversión público-privada.

Para movilizar las inversiones, los gobiernos y las instituciones públicas gubernamentales necesitan promover instrumentos y soluciones innovadores. Para ello es muy importante garantizar que los marcos regulatorios no constituyan barreras a dicha innovación.

Principales opciones de financiamiento: análisis y vías para mejora

Transferencias intergubernamentales

Presentación y análisis

El grado de dependencia de las áreas metropolitanas a las transferencias intergubernamentales puede variar mucho entre las ciudades. Por un lado, ciudades centrales, como Buenos Aires, tienen asignada la capacidad de recaudar impuestos y financian cerca de 70% de su presupuesto con ingresos propios. Un caso semejante lo representan las grandes ciudades en Sudáfrica. Sin embargo, en la mayoría de las ciudades, la dependencia de las transferencias intergubernamentales es muy alta (Boex, 2009). Aunque los analistas financieros favorecen el autofinanciamiento, por lo general, éste no recibe el apoyo de los políticos en turno, tanto por razones financieras como por cuestiones de control político. Las ciudades que generan alto ingreso están siendo controladas mediante las políticas de transferencias versus impuestos, con la justificación de reparto más igualitario de los recursos o para financiar

los gastos del gobierno central (Ivanova, 2016).

Estas políticas a veces son apoyadas por las autoridades a nivel subnacional, las cuales no desean perder su popularidad al establecer impuestos no aceptados por la sociedad. Con el aumento de la población urbana, y más oportunidades de pertenecer a los congresos nacionales o estatales, los gobernantes locales prefieren no perder el apoyo popular (Boetti, Piacenza y Turati, 2010). Por otro lado, a veces se han dado los casos en los que el otorgamiento de más poder para establecer impuestos a los gobiernos subnacionales ha llevado a distorsiones en la toma de decisiones económicas.

En ocasiones, por razones de distribución equitativa, no se favorecen las áreas metropolitanas y las ciudades grandes. Esto se ha observado, por ejemplo, en São Paulo, Brasil, pero también en la India (Peterson y Annez, 2007). En Sudáfrica se otorga un financiamiento especial a los municipios, destinado a mejorar los servicios en los barrios pobres (Paulais, 2012). Otro enfoque es a dedicar una parte de las transferencias intergubernamentales hacia la amortización de la deuda, como se hace en México.

Algunos países han desarrollado agencias especiales (fondos de desarrollo municipales), para apoyar el desarrollo de las capacidades del gobierno para manejo de áreas urbanas. Mediante estas agencias se han canalizado fondos financieros para los gobiernos locales en apoyo a la construcción e infraestructura (Ivanova, 2016). Los financiamientos de apoyo, por lo general, establecen los objetivos del proyecto y las obligaciones contractuales de las autoridades locales. Los gobiernos nacionales muchas veces se involucran como aval, lo que puede derivar en la suspensión del apoyo en caso de incumplimiento.

Existen casos exitosos registrados en el uso de este tipo de financiamiento en el Estado indio de Tamil Nadu, en Senegal y otros lugares de Asia del Sur y África subsahariana (Paulais, 2012; Streitferd, 2012; Peterson y Annez, 2008).

Vías para mejora

Por lo general, los países en desarrollo realizan esfuerzos para reestructurar sus sistemas de transferencias intergubernamentales. Pero rara vez las reformas coinciden con el desarrollo de una estrategia de financiamiento público metropolitano. Para lograr esto, la estrategia para la reestructuración de los regímenes de transferencia para las grandes ciudades debería incluir tres componentes de la reforma.

El primero se centraría en la independización gradual de los gobiernos locales metropolitanos con respecto a las transferencias intergubernamentales, garantizando al mismo tiempo que tengan suficiente autoridad para cobrar impuestos a los usuarios. Una fuerte restricción presupuestaria para los déficits de financiamiento de las subvenciones del gobierno de nivel superior sería parte de esta estrategia. Actualmente, el financiamiento de la inversión en infraestructura se desplazó de las transferencias hacia la financiación de la deuda, donde el endeudamiento es apoyado por ingresos de origen local. Las transferencias nunca deben desaparecer del todo como fuente de financiamiento, puesto que siempre habrá que contar con factores externos; no obstante, en muchas áreas metropolitanas las subvenciones podrían reducirse drásticamente.

Un segundo componente de la estrategia sería rediseñar un sistema de transferencia para que los gobiernos locales de las áreas metropolitanas sean tratados bajo un régimen diferente al de los demás gobiernos locales. El porcentaje de transferencia para los gobiernos de un área metropolitana debería ser menor, ello debido a su mayor capacidad contributiva. La pérdida de ingresos resultante de los gobiernos locales metropolitanos sería compensada por el aumento de la potestad tributaria. Con un régimen separado, sería posible que el gobierno central reconozca las diferencias en la estructura del gobierno metropolitano (mayor dependencia de los subsidios cuando el gobierno local

está más fragmentado), y establezca incentivos para implementar esquemas impositivos regionales más eficientes y un mayor esfuerzo fiscal. La fórmula de transferencia para las subvenciones centrales (del Estado) podría ser complementada mediante la transferencia horizontal de los gobiernos locales más ricos a los más pobres, así como mediante subsidios con fines específicos tales como los programas de mejoramiento de barrios marginales.

El tercer componente es vincular la creación de capacidad institucional con la concesión de subvenciones mediante la creación de un fondo de desarrollo municipal. Tales fondos proporcionarían subvenciones para la inversión en infraestructura, apoyarían el diseño y ejecución de proyectos, el desarrollo de la capacidad de movilización de los ingresos, así como mejoras en las operaciones y el mantenimiento de los servicios urbanos. Asimismo, atenderían el fortalecimiento del personal y la capacidad de gestión de la planificación urbana, la regulación y la gestión financiera. El tipo de apoyo financiero podrá pasar gradualmente de subvenciones a préstamos en cuanto la capacidad fiscal de los gobiernos locales mejore, o bien, podría estructurarse de forma asimétrica proporcionando subvenciones a los municipios más pequeños, al mismo tiempo que ofrece préstamos a los gobiernos metropolitanos con bases de ingresos relativamente fuertes.

Préstamos

Presentación y análisis

La práctica y el éxito de utilizar préstamos por los gobiernos locales de áreas metropolitanas varía mucho entre uno y otro caso. Los gobiernos locales en Sudáfrica, por ejemplo, usan préstamos de los bancos gubernamentales y de intermediarios financieros privados. La práctica de endeudamiento de los gobiernos locales metropolitanos y el éxito en el financiamiento de la deuda varía ampliamente entre los grandes gobiernos urbanos. Los gobiernos

metropolitanos sudafricanos toman prestado de un banco gubernamental a través de un intermediario privado, pero sin una garantía de reembolso del gobierno central (van Ryneveld, 2007).

En el otro extremo están los gobiernos locales chinos. Debido a que no pueden pedir prestado, se creó una ruta alternativa para que empresas de inversión urbana puedan pedir préstamos en nombre del gobierno municipal. Estos fueron apoyados por ingresos suministrados por el gobierno municipal (Wong, 2013). Por otra parte, los bonos municipales se utilizan en Colombia, México, Brasil, Sudáfrica, India y las Filipinas (IADB, 2012; Peterson y Annez, 2007). Debe subrayarse que resultado de lo antes descrito, se ha producido un sobreendeudamiento en varias ciudades y ha dado lugar a algún tipo de rescate en las áreas metropolitanas, como Buenos Aires, São Paulo y Johannesburgo, y más recientemente también en China (UNEP y Gwangju City, 2012; Cao, Feng y Tao, 2008). Muchos países tratan de controlar el endeudamiento excesivo por medio de diversas formas de legislación sobre responsabilidad fiscal, aunque estos programas han reportado diversos grados de éxito (Liu y Webb, 2011).

Los fondos de desarrollo municipales se han utilizado en algunos países de ingresos medios para desarrollar las condiciones institucionales para servicio de préstamos del gobierno local, así como para ayudar a los gobiernos locales urbanos a crear la capacidad para acceder a préstamos, ello a menudo con asistencia externa (Kharas y Linn, 2013; Peterson y Annez, 2007). Uno de los casos más exitosos es FINDETER en Colombia, que se creó a principios de 1990 con la asistencia del Banco Mundial (BM) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con base en el redescuento de créditos comerciales a largo plazo a los municipios. Con el tiempo, FINDETER se convirtió en un intermediario financiero que funciona adecuadamente con el apoyo de instituciones de calificación de crédito locales y con mejores servicios

catastrales. Esto condujo a una mayor recaudación de ingresos locales y a una solvencia más alta, al acceso efectivo de los municipios a crédito a largo plazo, y en última instancia, a la mejora de los servicios urbanos (Kharas y Linn, 2013).

Vías para mejora

Los gobiernos podrían considerar las siguientes directrices en el diseño y ejecución de políticas para fortalecer el uso del financiamiento de deuda y mejorar los servicios de infraestructura metropolitana:

- Proporcionar a los gobiernos locales mayor autonomía tanto por el lado de los ingresos como del gasto presupuestal. Si la infraestructura tiene que mantenerse y si las obligaciones de deuda se quieren cumplir, los gobiernos locales tienen que ser capaces de controlar los recursos presupuestales. Incluso un marco de endeudamiento bien estructurado no puede ser un sustituto de la capacidad de pago del gobierno local.
- Límite de financiamiento de la deuda para proyectos de capital a largo plazo. Hay que asegurarse de que cualquier riesgo de cambio sea cubierto, ya sea mediante coberturas comerciales, o bien, a partir de que el gobierno central asuma el riesgo del tipo de cambio.
- Imponer una fuerte restricción presupuestaria sobre los prestatarios sin la posibilidad de un rescate “sin costo” por los gobiernos de nivel superior, esto en caso de que el problema de fondo sea que el gobierno local ha sido imprudente al incurrir en las obligaciones de la deuda. Es recomendable crear un marco normativo al endeudamiento central, con reglas claras para pedir un préstamo: cuánto, con qué propósito, de quién, por medio de qué instrumentos y con qué restricciones (Nixon, Cambers, Hadley y Hart, 2015). El cumplimiento del marco debe ser monitoreado cuidadosamente.

Asociaciones público-privadas (APP)

Presentación y análisis

El financiamiento por medio de APPs se expandió rápidamente en la

década de 1990 y superó la asistencia externa oficial en casi diez veces. La mayor parte de su inversión en infraestructura se ha orientado hacia las telecomunicaciones, seguida por la energía. Juntos, estos dos sectores fueron responsables de casi cuatro quintas partes del total de inversiones de APPs desde 1990 hasta 2008. Menos de una quinta parte fue hacia el transporte, y sólo un 5% se invirtió en agua y saneamiento. Carraro *et al* (2013) atribuyen estas diferencias entre los sectores principalmente a la distinta capacidad de cobrar impuestos a los usuarios comercialmente viables en los dos primeros sectores, en comparación con los dos últimos. Sin embargo, a excepción del sector de las telecomunicaciones, las inversiones de APPs, por lo general, han pasado por alto a los países de bajos ingresos. Por lo tanto, no es sorprendente que las APPs han añadido relativamente poco al financiamiento de ciudades en los países en desarrollo durante las últimas dos décadas (Bahl y Linn, 2013; Patterson y Annez, 2007). Sin embargo, ha habido casos en los que las inversiones de APPs han excedido la ayuda oficial externa. Inclusive, en el sector de agua y saneamiento, han sido financiados proyectos altamente visibles por las APPs en áreas metropolitanas de países en desarrollo, entre los que destacan los proyectos del ferrocarril urbano en Bangkok, Kuala Lumpur, y Manila (Liu y Waibel, 2010).

Liu y Waibel (2010) e Inman (2005) sostienen que el riesgo inherente de las inversiones urbanas es el principal obstáculo para aumentar el flujo de capital privado. Existe un registro insuficiente de la recuperación total de los costos, ya que muchas veces los gobiernos locales no están dispuestos a aceptar los tipos de tarifas y disposiciones reglamentarias, necesarias para atraer a los inversionistas privados, especialmente para los contratos a largo plazo. Pethe y Calvani (2006) sostienen que la falta de uso de esquemas de APPs en Mumbai se debe a un “déficit de confianza” entre el sector privado y el público; por otro lado, existe una débil capacidad institucional para manejar

a las inversiones de APPs. Para el sector público existe el riesgo de que los servicios prestados no sean lo que quiere la sociedad. También existe el riesgo de que el socio privado cometa un error y el sector público tenga que asumir la obligación en su totalidad.

Qué tan exitosos son tales arreglos, desde la perspectiva de cualquiera de las partes, depende mucho de los detalles de los acuerdos contractuales y cómo se comparten los riesgos.

Vías para mejora

Aunque no han proporcionado los resultados esperados, las APPs han contribuido de manera importante al financiamiento de la infraestructura en las áreas metropolitanas, especialmente en los países de ingresos medios. Sin embargo, es necesaria una reforma en cinco áreas para hacer frente a los obstáculos y limitaciones que prevalecen (Liu y Waibel, 2010):

- El marco legal en el país debe ser de apoyo y permitir un proceso de arbitraje en el que los socios públicos y privados operen en condiciones de igualdad y transparencia.
- Las ciudades necesitan ser apoyadas en la construcción de las capacidades para hacer frente a los problemas de las APPs, así como para llevar a cabo negociaciones para el diseño de inversiones complejas. Esta es un área en la que las autoridades de nivel superior y las agencias de ayuda exterior pueden ser útiles, incluso a través de los fondos de desarrollo municipales.
- Los proyectos de APPs tienen que ser cuidadosamente planeados y establecer normas y documentos transparentes para los participantes.
- La mejora del clima de los negocios nacionales y locales son fundamentales, ya que son señales importantes para potenciales inversionistas de APPs que van a recibir tratamiento justo y transparente.
- Sería más difícil implementar las inversiones de APPs en un ambiente de gobernabilidad metropolitana fragmentada. Por lo

tanto, es importante que se reglamente el ordenamiento territorial, la negociación y la ejecución de los grandes proyectos de APPs.

Ayuda internacional

Presentación y análisis

Muchos donantes están involucrados en la prestación de ayuda. El Banco Mundial es el más grande, seguido por Japón y luego por los bancos regionales de desarrollo. Sin embargo, en las últimas décadas, el flujo de ayuda a las zonas urbanas se ha estancado y es inferior al necesario para la inversión urbana, ello a pesar de las insistencias para un mayor apoyo de expertos urbanos dentro y fuera de las agencias de ayuda. La ayuda en las zonas urbanas se ha limitado a proyectos particulares, tales como carreteras o de saneamiento, sin abordar cuestiones más generales, transversales o de gestión que podrían reforzar la sostenibilidad de las intervenciones que existen. Las necesidades de inversión urbana de África, en particular, han sido descuidadas por los donantes. De manera más general, la aplicación de estrategias urbanas de los donantes ha quedado muy por debajo de los objetivos fijados.

Esta escasez de determinada ayuda urbana se produjo a pesar del hecho de que las evaluaciones muestran que este tipo de inversiones, en promedio, tienden a ser más exitosos en términos de su impacto sobre el desarrollo de sectores adicionales. La situación ha empeorado debido a que la participación de los donantes a nivel de país y ciudad, en general, ha carecido de una perspectiva estratégica a largo plazo y, por lo tanto, se ha realizado de manera fragmentada y sin coordinación, en lugar de ser sistemática y continua para hacer las intervenciones exitosas. Una limitación clave para la sostenibilidad y la ampliación de los programas apoyados por donantes ha sido la falta de capacidad financiera local para dar continuidad a la iniciativa financiada, una vez que cese el apoyo de los donantes. Esto puede atribuirse a la falta

de atención por parte de los donantes a la capacidad fiscal de los gobiernos urbanos, o su falta de impacto en la mejora de la capacidad local de recaudación de ingresos.

Además, los donantes generalmente no se centran en la cuestión de cómo racionalizar las transferencias intergubernamentales, que representan una parte fundamental de los recursos de los gobiernos locales. Y aunque ha habido algunos ejemplos en que los donantes han ayudado de forma sistemática a fortalecer la capacidad de endeudamiento, los marcos institucionales y la política hacia los gobiernos municipales, en general, han hecho que este tipo de intervenciones hayan tenido poco impacto.

Por último, los donantes no han prestado suficiente atención a las necesidades especiales de financiamiento y a las capacidades de las áreas metropolitanas, que son distintas de otras áreas urbanas (Pethe, 2013). Esto se debe, por un lado, a que muchos donantes están obligados a trabajar con las entidades nacionales a nivel de gobierno y, por otro lado, porque las áreas metropolitanas, por lo general, no son niveles formales de gobierno, en contraste con las autoridades estatales o municipales.

Vías para mejora

Una serie de cambios en el financiamiento por medio de la donación podrían beneficiar el financiamiento metropolitano, y de ciudades en general. En primer lugar, la ayuda de los donantes debe ir más allá de amplias declaraciones de estrategia y centrarse de manera más sistemática en las necesidades de financiamiento y la capacidad institucional de los gobiernos urbanos.

En segundo lugar, la experiencia demuestra que los donantes pueden canalizar de manera efectiva al menos algunos de sus recursos a través de los fondos municipales de desarrollo (también conocidos como fondos de inversión urbanos), que son mecanismos a nivel nacional que proveen fondos y apoyo

técnico a los gobiernos urbanos. Pero esos fondos y el apoyo financiero y técnico que los donantes proporcionan, tienen que ser cuidadosamente adaptados a las condiciones del país; por ejemplo, créditos en los países de ingresos medios, y subvenciones en los países de bajos ingresos (Kharas y Linn, 2013; Peterson y Annez, 2007).

En tercer lugar, los donantes también podrían mejorar la formación de alianzas entre sí y juntar sus recursos para apoyar de manera integral y a largo plazo a las zonas urbanas, incluyendo la creación de instituciones y reformas políticas. Para hacerlo con eficacia, se necesitaría analizar a fondo las condiciones socioeconómicas locales y las necesidades de inversión, evaluar las capacidades institucionales y los intereses de los participantes, y ayudar a crear y poner en práctica estrategias de desarrollo metropolitano a largo plazo. Al hacerlo, se debe prestar especial atención a las finanzas urbanas. Los donantes deben apoyar el desarrollo de la movilización local de los ingresos y la capacidad de gestión, así como los planes de transferencia intergubernamentales y la gestión de la deuda.

Conclusiones

La teoría dominante de la gobernabilidad metropolitana y las finanzas proporciona directrices útiles para las políticas públicas, pero no formula muchas reglas firmes sobre la mejor manera de gobernar y manejar las finanzas. Más bien, los marcos de las opciones políticas se establecen en términos de un conjunto de ventajas y desventajas que implica importantes costos y beneficios. Entre estas ventajas y desventajas están: la centralización o descentralización vertical (dependencia del gobierno central); la consolidación o fragmentación horizontal (entre ciudades y gobiernos locales); la efectividad de recaudación de ingresos; la eficiencia o la equidad en la generación de ingresos locales; el control central a través de subvenciones categóricas o el control local a través

de transferencias generalizadas; y los límites estrictos sobre el endeudamiento local o sobre la libertad de acceder a los mercados de crédito.

Con base en la práctica prevaleciente de la gestión financiera metropolitana durante las últimas décadas, se pueden identificar algunas conclusiones y directrices generales:

- Los países en vías de desarrollo tienen diferentes patrones que los industrializados. Los países en desarrollo tienden en general a ser más centralizados, sus áreas metropolitanas tienden a ser más fragmentadas, sus ciudades son menos autofinanciables y, por lo tanto, más dependientes de las subvenciones. Asimismo, tienden a pedir menos préstamos y tienen menos financiamiento vía APPs. Además, utilizan más la ayuda externa, especialmente los países más pobres.
- En los países en desarrollo hay pocas historias de éxito a largo plazo sobre la gobernabilidad y las finanzas a escala metropolitana. Hong Kong y Singapur han tenido un gran éxito de manera sostenida, pero son casos especiales, en parte debido a su condición de ciudades-Estado. Bogotá y Shanghái también se han convertido en ciudades con muchos avances durante las últimas décadas, pero también demuestran cómo el éxito puede ser efímero, pues ambas ciudades ahora se enfrentan a problemas significativos, ello debido a los cambios en la gestión de la ciudad (Bogotá) o a una acumulación de problemas, incluyendo la congestión y la contaminación (Shanghái).
- Muy pocos gobiernos centrales tienen estrategias claras para apoyar el desarrollo de las ciudades y/o zonas metropolitanas en sus países. Con pocas excepciones (por ejemplo, los casos de desarrollo de nuevas capitales, como Astana, Kazajstán), las autoridades de nivel nacional no se centran en el desarrollo de visiones y estrategias para sus áreas metropolitanas, más bien, se enfrentan a ellos de una manera no diferenciada de otras jurisdicciones locales o regionales. Los servicios prestados a las áreas metropolitanas no se coordinan a través de las instancias correspondientes del gobierno central y rara vez apoyan a las autoridades locales en su difícil tarea de gestionar estas áreas complejas y desafiantes, y a controlar su dinámica.
- La economía política está en el corazón de los problemas de las

finanzas metropolitanas, tanto en los países en desarrollo como en los industrializados (Eaton, Kaiser y Smoke, 2011). Las barreras se reflejan en los intereses creados para preservar el *statu quo*, mientras que los horizontes temporales de corto plazo e incentivos mal alineados llevan al aplazamiento de las decisiones difíciles. Asimismo, la corrupción en los organismos gubernamentales socava la prestación de servicios públicos eficientes y el manejo sano de las finanzas. Como resultado, los gobiernos centrales no ceden el control y crean competencia política a nivel local; los gestores metropolitanos suelen no estar dispuestos a introducir medidas para generar ingresos locales que, aunque impopulares, son esenciales; la competencia entre jurisdicciones a nivel submetropolitano impide una coordinación eficaz; y los administradores locales no suelen ser responsables de la gestión eficaz de las funciones limitadas que tienen.

- Han emergido algunas prácticas innovadoras de financiamiento y su gestión. Estas incluyen el uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC) y los sistemas de información geográfica (SIG) en la planificación del uso del suelo; los impuestos sobre la propiedad y la captura de plusvalías (Seto *et al*, 2014); las emisiones de bonos metropolitanos; los fondos de desarrollo municipal para la canalización de subvenciones y préstamos junto con la asistencia de creación de capacidades; así como el financiamiento de APPs para infraestructura y para alianzas de mejora de barrios.

Es evidente que no hay soluciones universales para la gobernabilidad a nivel urbano y para la reforma de las finanzas. Cada país y cada ciudad tienen que encontrar su propio camino. Sin embargo, algunas recomendaciones pueden orientar a las autoridades nacionales y locales, así como los donantes y asesores externos:

- Crear una visión de largo plazo. Involucrar instituciones nacionales, regionales y locales para, en vez de soluciones rápidas y simples, buscar cambios fundamentales y duraderos que requieren perseverancia y valor en la toma de decisiones políticas difíciles.

- Comprender la historia, las instituciones y la economía política de cada país y ciudad. Mientras las soluciones a los problemas de gobierno y de las finanzas metropolitanas y urbanas pueden funcionar en un país y/o ciudad, no necesariamente lo harán en otro lugar, a menos que se adapten a las características específicas de la historia local, las instituciones, y el interés político.
- Desarrollar una visión integral de las condiciones de gobernabilidad y fiscales de cada país y ciudad. Incluso si las intervenciones, en última instancia, se mantienen relativamente estrechas y selectivas (por ejemplo, la reforma de un impuesto o de un instrumento de subvención), es fundamental que se vean en el contexto institucional más amplio del país. Sin una comprensión del contexto, limitaciones o inesperadas consecuencias no deseadas, se puede menoscabar la eficacia de las intervenciones.
- Prestar atención a la gobernabilidad efectiva (para la administración, las finanzas y los funcionarios) y para la tríada de la autonomía, la responsabilidad y la capacidad, en la secuencia correcta. La asignación de recursos financieros debe seguir a la asignación de la responsabilidad administrativa, que depende de la correspondiente estructura del gobierno vertical y horizontal. La gestión eficaz y personalizada debe ser realizada por las autoridades locales para funcionar bien. Los funcionarios deben tener la autonomía suficiente para hacer bien su trabajo, pero también tienen que ser considerados responsables de los resultados y contar con los conocimientos y la capacidad institucional para funcionar con eficacia.
- Poner en marcha los instrumentos financieros adecuados. Una vez más, no hay transferencia fácil de un instrumento de un lugar a otro. Sin embargo, vale la pena explorar algunas instituciones y acuerdos fiscales innovadores, incluyendo los mencionados anteriormente: impuestos sobre la propiedad en general y al valor de la tierra específicamente, con base en las TIC y SIG; subsidios competitivos, basados en resultados; un financiamiento bien regulado de préstamos para inversiones de capital en infraestructura; asociaciones y alianzas de múltiples agentes públicos y privados; así como la implementación de fondos para el desarrollo municipal.

Referencias

- Agster, R. 2015. *Improving the mobilization of climate finance for cities: Potential and role of local financial institutions*. French Development Agency - AFD. Francia.
- ASU - Arizona State University. 2014. *Smart Cities Financing Guide. Expert analysis of 28 municipal finance tools for city leaders investing in the future*. En línea: <http://smartcitiescouncil.com/resources/smart-cities-financing-guide> (Consultado: 24 de enero de 2017).
- Bahl, R.W., y Johannes, F.L. 2013. *Governing and Financing Cities in the Developing World*. Policy Focus Report. Lincoln Institute of Land Policy. Cambridge, Reino Unido.
- BM – Banco Mundial. 2013. *Planning and financing low-carbon, livable cities*. 26 de septiembre. En línea: www.worldbank.org/en/news/feature/2013/09/25/planning-financing-low-carbon-cities (Consultado: 18 de enero de 2017).
- Boetti, L., Piacenza, M., y Turati, G. 2010. *Decentralization and Local Governments' Performance: How Does Fiscal Autonomy Affect Spending Efficiency?* Working Paper 11. University of Turin. Turin, Italia.
- Boex, J. 2009. *Fiscal Decentralization and Intergovernmental Finance Reform as an International Development Strategy*. IDG Working Paper 2006-09. Center on International Development and Governance / The Urban Institute. Washington, D.C., EUA. En línea: www.urban.org/url.cfm?renderforprint=1&ID=411919 (Consultado: 3 de febrero de 2017).
- Cao, G., Feng, C., y Tao, R. 2008. "Local "land Finance" in China's Urban Expansion: Challenges and Solutions." *China & World Economy*. 16(2): 19-30.
- Carraro, C., Favero, A., y Massetti, E. 2013. "Investments and public finance in a green, low carbon, economy". *Energy Economics*. 34(1): S15-S28.
- ClimateWise. 2013. *ClimateWise Report*. En línea: www.hiscoxgroup.com/~media/Files/H/Hiscox/content-pdf/climate-wise-report-2013.pdf (Consultado: 21 de febrero de 2017).
- CCFLA. 2015. *The State of City Climate Finance 2015*. Cities Climate Finance Leadership Alliance - CCFLA. Nueva York, EUA.
- City of London. 2014. *Financing Tomorrow's Cities. Meta-Analysis*. City of London and Z/Yen Group. Londres, Reino Unido. En línea: www.cityoflondon.gov.uk

- longfinance.net/images/reports/pdf/COLC_FTCCMetaAnalysis_2014.pdf (Consultado: 3 de febrero de 2017).
- Della Croce, R., y Yermo, J. 2013. *Institutional investors and infrastructure financing*. OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions.No.36.OECDPublishing.En línea: www.oecd.org/daf/fin/private-pensions/WP_36_InstitutionalInvestorsAndInfrastructureFinancing.pdf (Consultado: 21 de febrero de 2017).
- Eaton, K., Kaiser, K., y Smoke, P. 2011. *The Political Economy of Decentralization Reforms*. World Bank. Washington, D.C., EUA.
- EC - European Commission. 2013. *Financing Models for Smart Cities*. Smart Cities Stakeholder Platform. En línea: <https://eu-smartcities.eu/sites/all/files/Guideline-%20Financing%20Models%20for%20smart%20cities-january.pdf> (Consultado: 21 de febrero de 2017).
- EIB - European Investment Bank. 2013-A. *Shaping Sustainable Cities*. Luxemburg. En línea: <http://tinyurl.com/k2wwxse> (Consultado: 21 de febrero de 2017).
- EIB - European Investment Bank. 2013-B. *Supporting Urban Development (JESSICA)*. En línea: www.eib.org/products/blending/jessica/ (Consultado: 21 de febrero de 2017).
- Gouldson, A., Colenbrander, S., Sudmant, A., Godfrey, N., Millward-Hopkins, J., Fang, W., y Zhao, X. 2015. "Accelerating low-carbon development in the world's cities". *The New Climate Economy*. The Global Commission on the Economy and Climate. En línea: http://newclimateeconomy.report/2015/wp-content/uploads/sites/3/2015/09/NCE2015_workingpaper_cities_final_web.pdf (Consultado: 21 de febrero de 2017).
- IADB. 2012. "EcoCasa program: Mexico' energy efficiency program part II: Proposal for submission to the CTF Trust-Fund Committee". Inter-American Development Bank. En línea: www.climateinvestmentfunds.org/sites/default/files/PID_Mexico%20ECOCASA%20Program.pdf (Consultado: 21 de febrero de 2017).
- Inman, R.P. 2005. *Financing Cities*. NBER Working Paper Series. Working Paper 11203. National Bureau of Economic Research. Cambridge, Massachusetts, EUA. En línea: www.nber.org/papers/w11203.pdf (Consultado: 21 de febrero de 2017).
- Ivanova, A. 2016. "Financiamiento para acción climática: consideraciones de

- equidad y justicia”, en: Guillen, A., Ivanova, A., Girón, A., y Correa, E. (eds). *Políticas públicas para enfrentar la crisis y alcanzar un desarrollo sustentable*. Miguel Ángel Porrúa / UAM-I. México.
- Kharas, H., y Linn, J.F. 2013. “External Assistance for Urban Finance Development: Needs, Strategies, and Implementation”, en: Bahl, R.W., Linn, J.F., y Wetzels, D.L. (eds). *Financing Metropolitan Governments in Developing Countries*. Lincoln Institute of Land Policy. Cambridge, Massachusetts, EUA.
- Liu, L., y Waibel, M. 2010. *Managing Subnational Credit and Default Risks*. World Bank Policy Research Working Paper Series. World Bank. Washington, D.C., EUA.
- Nixon, H., Cambers, V., Hadley, S., y Hart, T. 2015. *Urban Finance: Rapid Evidence Assessment*. Overseas Development Institute. Londres, Reino Unido. En línea: www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/448853/REA_Urbanisation.pdf (Consultado: 21 de febrero 2017).
- Paulais, T. 2012. *Financing Africa's Cities: The Imperative of Local Investment*. World Bank. Washington, D.C., EUA. En línea: <http://elibrary.worldbank.org/doi/book/10.1596/978-0-8213-9455-7> (Consultado: 21 de febrero de 2017).
- Peterson, G.E., y Annez, P.C. (eds). 2007. *Financing Cities: Fiscal Responsibility and Urban Infrastructure in Brazil, China, India, Poland and South Africa*. Banco Mundial / Sage. Washington, D.C., EUA.
- Pethe, A., y Calvani, M. 2006. *A Comparative Study of Municipal Finances Maharashtrian: Patterns, Problems and Prospects*. Working Paper 16. Department of Economics, University of Mumbai. Mumbai, India.
- Seto, K., et al. 2014. “Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning”, en: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido / Nueva York, EUA: 923-1000.
- Siemens. 2013. *Annual Report 2013*. En línea: www.siemens.com/annual/13/en/download/pdf/Siemens_AR2013.pdf (Consultado: 18 de enero de 2017).
- Smoke, P. 2013. *Why Theory and Practice Are Different: The Gap Between*

- Principles and Reality in Subnational Revenue Systems*. International Center for Public Policy. Working Paper 13-13. Atlanta, Georgia, EUA.
- Standard & Poor's. 2014. *Infrastructure Hub*. En línea: www.spratings.com/en_US/infrastructure?rd=infrastructurereviews.com#top (Consultado: 18 de enero de 2017).
- Streitferdt, V. 2012. *Financing climate change adaptation: Options for Asian cities and the role of third-party brokers*. Trabajo presentado en la sesión G3 del evento "Resilient Cities 2012 - Financing the Resilient City: Public grants and Market-based instruments". En línea: http://resilient-cities.iclei.org/fileadmin/sites/resilient-cities/files/Webinar_Series/Webinar_Presentations/Streitferdt_Presentation_1_9_2012_webinar.pdf (Consultado: 18 de enero de 2017).
- UNEP y Gwangju City. 2012. *Cities and carbon finance: a feasibility study on an Urban CDM*. En línea: http://staging.unep.org/urban_environment/PDFs/UNEP_UrbanCDMreport.pdf (Consultado: 18 de enero de 2017).
- USS - Urban Systems Studies. 2014. *Financing a City: Developing Foundations for Sustainable Growth*. Singapore. En línea: www.clc.gov.sg/documents/uss/USS_Financing_a_city.pdf (Consultado: 18 de enero de 2017).
- Van Ryneveld, P. 2007. "Fiscal decentralization and financing of urban infrastructure in South Africa", en: Peterson, G. y Annez, P. (eds). *Financing cities*. Banco Mundial. Washington, DC., EUA.
- Z/Yen Group Limited y WWF. 2015. *Financing the Transition: Sustainable Infrastructure in Cities*. Londres, Reino Unido. En línea: http://www.longfinance.net/images/reports/pdf/Financing_the_transition_March2015.pdf (Consultado: 18 de enero de 2017).

CAPÍTULO 10

GÉNERO, CAMBIO CLIMÁTICO Y CIUDADES: ESTUDIO DE CASO SOBRE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

ANA DE LUCA ZURIA
MIRIAM GAY-ANTAKI

Introducción

El cambio climático es una amenaza inminente cuyas consecuencias serán, y han sido, diferenciadas, teniendo mayor impacto en países en desarrollo y en aquellos grupos más desfavorecidos, como son los pobres, los indígenas y las mujeres. A nivel local, la magnitud de la inequidad entre privilegiados y pobres es como aquella que se observa entre los países desarrollados y aquéllos en desarrollo. En este contexto, las desigualdades tienen que ver principalmente con el acceso a los recursos económicos, a la educación, a la participación política y a los trabajos remunerados. Las mujeres, por su posición social, debido a las dinámicas desiguales de poder, se encuentran en desventaja para acceder a estos recursos en comparación con los hombres. La literatura sobre género y medio ambiente señala que las mujeres han sido las más desfavorecidas en este sentido (Neumayer y Plümper, 2007). Sin embargo, cabe mencionar que el cambio climático no ha afectado ni afectará a todas las mujeres por igual. Otros factores como son la edad, la clase, la raza y la etnia, son igualmente importantes para entender a profundidad las consecuencias del cambio climático en una sociedad. Consecuentemente, las políticas públicas ante el cambio climático deben considerar esta complejidad y procurar que no continúen relegando a la población más vulnerable.

La mayor parte de la literatura sobre género y medio ambiente se ha enfocado en áreas rurales y estos estudios han encontrado que la mujer, por los roles sexuales que las reserva a actividades y ocupaciones relacionadas con el hogar, pasará más tiempo recolectando recursos cada vez más escasos como son agua, comida y leña. Al mismo tiempo, contará con menos tiempo para participar en la toma de decisiones que le conciernen directamente (Skinner, 2011; Vázquez y Velázquez, 2004; Denton, 2002).

Existen pocos estudios sobre el impacto del cambio climático en las ciudades con perspectiva de género, pero se puede argumentar que la posición socioeconómica de la mujer en la ciudad determina una creciente vulnerabilidad ante impactos climáticos urbanos, pudiendo reforzar desigualdades existentes. Estudios sobre género en espacios urbanos revelan que en la ciudad se experimenta de forma distinta, tanto por hombres como mujeres, como resultado de las actividades que ejercen, producto de la división sexual del trabajo. Se observa en ellas una fragmentación espacial que segrega y excluye a las mujeres y a otros grupos marginados de participar en el ámbito público, muchas veces obstaculizando su movilidad, y su participación social, política y económica, lo cual se expresa en los indicadores de ingreso, ocupación y brechas salariales (Navarro *et al*, 2014).

El objetivo de este trabajo es dar a conocer el estado actual del desarrollo de las políticas públicas de género y medio ambiente en la Ciudad de México, a partir de un contexto de vulnerabilidad ante el cambio climático. Por medio de un programa llamado *Mujer de Huerto*, analizamos de manera concreta la introducción y los impactos de estas iniciativas en la Ciudad de México. Para ello, el trabajo se organizó de la siguiente manera. En un inicio presentamos las bases teórico-metodológicas a partir de tres conceptos: género, interseccionalidad y vulnerabilidad, para contextualizar la importancia del género dentro de políticas de cambio climático. La siguiente sección

sitúa la vulnerabilidad de México ante el cambio climático, considerando sus contextos biofísicos y socioeconómicos con perspectiva de género. Más adelante, ofrecemos un panorama sobre género y cambio climático en México, que da cuenta del marco normativo e institucional que permite el desarrollo de políticas públicas ambientales con perspectiva de género y la forma en la que han aterrizado en la Ciudad de México. Después, hacemos un análisis del programa *Mujer de Huerto* que opera actualmente y que nos permite entender los avances en la materia en la Ciudad de México, así como las oportunidades que se tienen a futuro con respecto a los programas. Por último, esbozamos algunas recomendaciones para el programa y consideraciones generales para que las iniciativas ante el cambio climático no continúen marginalizando a las poblaciones más vulnerables y que, por el contrario, abran nuevos espacios de participación y cambio.

Consideraciones teórico-metodológicas

Este capítulo pretende analizar la situación de las políticas públicas ambientales en México con perspectiva de género, tanto la forma en la que se encuentran contempladas en la legislación y en sus diferentes instrumentos, como en la puesta en marcha en la Ciudad de México, específicamente el programa *Mujer de Huerto*. Para ello, se emplearon herramientas cualitativas de investigación social, principalmente la búsqueda en sitios oficiales, noticias de periódicos y una entrevista semiestructurada a un funcionario de la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA).

En la base teórica de esta investigación se sitúan varios conceptos desde el feminismo crítico, como el de género, interseccionalidad y vulnerabilidad, que son claves para poder estudiar los programas ambientales con perspectiva de género ejecutándose actualmente. Una perspectiva crítica en la definición de estos conceptos nos permite evaluar la forma en la que éstos han sido

adoptados o no desde las instituciones gubernamentales, y cuáles son los retos para su implementación.

El género, de acuerdo con Fernández (1998: 83), “es un conjunto de valores y creencias, normas y prácticas, símbolos y representaciones acerca de la manera en que se comportan hombres y mujeres a partir de su diferencia sexual”. Ese conjunto de valores del sistema de género, configura las relaciones sociales (De Barbieri, 2013) que son las que dan pie a la desigualdad y a la exclusión social. Así, una perspectiva de género vislumbra aquellas áreas en donde se producen y reproducen claramente las brechas de género, visibilizando la forma en que han sido afectadas las mujeres de forma específica.

Dado que una perspectiva de género analiza la situación de las mujeres y su imbricación con otros ordenadores sociales, utilizamos el concepto de interseccionalidad para nuestra investigación. Este enfoque diferencia la experiencia de las mujeres en diversos espacios y culturas, para evitar la categoría única y homogénea de mujer que puede ocultar otros ordenadores sociales igualmente importantes (Crenshaw, 1991). De esa forma, este concepto analiza la forma en que el género está implicado con otras formas de desigualdad, como es la raza, la clase, la etnia, la edad, la sexualidad, la discapacidad, entre otras. Se entienden estas identidades particulares como parte de procesos históricos propios que se dan en contextos de exclusión y dominio (Ibid). La interseccionalidad es esencial para reconocer otras formas de injusticia además del género, y nos permite advertir aquellos proyectos disfrazados de desarrollo que en realidad reproducen posturas colonialistas, clasistas y sexistas.

Así, a partir de la interseccionalidad analizamos la vulnerabilidad en el contexto del cambio climático. En esta literatura nos apartamos de la idea de que la mujer es naturalmente vulnerable por cuestiones biológicas/anatómicas, sino que las desventajas en las que se encuentra son resultado de un contexto

social rastreable históricamente de sistemática exclusión y marginación. Concebir a las mujeres como intrínsecamente vulnerables, de acuerdo con Arora-Jonsson (2011), puede ser problemático, y puesto así, el género se trata como un fenómeno natural que conlleva ciertas desventajas para las mujeres, en vez de ser considerado como un conjunto de relaciones de poder complejas construidas socialmente.

La vulnerabilidad ante el cambio climático con perspectiva de género puede ser definida como aquellas “condiciones de fragilidad que viven mujeres u hombres, debido a las habilidades y capacidades que pudieron o no desarrollar, para enfrentar un impacto ambiental y responder ante él” (Munguía, 2012: 2). Es decir, las condiciones de vulnerabilidad emanan de la construcción social de la diferencia sexual, a través de la cual se asignan distintos roles y grados de poder a los hombres y a las mujeres (Ímaz, 2014). La vulnerabilidad de género depende de varias situaciones de riesgo tanto sociales como físicas, como son la frecuencia de fenómenos climáticos y el grado de exposición a éstos, pero también de la manera en la que se incrementa la capacidad de evitar las situaciones peligrosas, reduciendo las vulnerabilidades antes de que ocurra un desastre (Vázquez *et al*, 2015; Munguía, 2012). Vázquez *et al* (2015), al haber elaborado el estado del arte sobre género y cambio climático en México, confirman que la información que se tiene hasta la fecha es insuficiente para hacer un diagnóstico de la vulnerabilidad social en el país (Gay *et al*, 2015). Aunado a lo anterior, si bien el tema de la vulnerabilidad ante el cambio climático y el género ha sido estudiado de forma insuficiente en México, la literatura en su mayoría se enfoca en los espacios rurales, estando las ciudades escasamente estudiadas.

El contexto biofísico y socioeconómico de México ante el cambio climático

México, por su posición geográfica y situación sociodemográfica, es un país sumamente vulnerable ante el cambio climático (CENAPRED, 2014; Sánchez *et al*, 2012). El país es susceptible a ciclones, huracanes y maremotos y, por su latitud, éstos se asocian con los terremotos y los ajustes de las placas tectónicas. Las condiciones orográficas de México incrementan los eventos extremos; por ejemplo, existen volcanes altos, algunos activos como el Popocatépetl, y Sierras Madres abruptas con deslizamientos de terraplenes (Sánchez *et al*, 2012; Conde *et al*, 2011; COLMEX, 2010; Gay y Estrada, 2007). Este riesgo se incrementa para la gente en condiciones de pobreza urbana, particularmente para las mujeres viviendo en situaciones precarias. El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) estima que 36% de la población nacional está severamente expuesta a desastres naturales, el 22% está moderadamente expuesta y el 42% enfrenta muy bajos riesgos (CENAPRED, 2014). La Ciudad de México está bajo los mismos riesgos biofísicos que el resto del país, pero se le suman otros problemas como la contaminación y el efecto de isla de calor. Además, su vulnerabilidad socioeconómica difiere de la del resto del país por su extensión, densidad demográfica y por ser el centro económico del país.

Existen muy pocos estudios empíricos en México sobre ciudades y cambio climático con perspectiva de género, pero hay varios estudios de vulnerabilidad social ante el cambio climático en ciudades, los cuales delinearán nuestras preguntas de investigación. Por ejemplo, Sánchez *et al* (2011) señalan que cambios atípicos del clima en espacios urbanos como en la Ciudad de México disminuirán la disponibilidad de agua, incrementarán la migración, reducirán los ingresos, afectando la seguridad alimentaria y salud, mientras que incrementarán la marginación de las comunidades pobres (Ibid). Estos

eventos afectarán mucho más a las comunidades pobres porque cuentan con menor acceso a servicios básicos, como el abastecimiento de agua. Sumado a la alta densidad, llegarán a sufrir una mayor incidencia de enfermedades, muchas de éstas relacionadas con la variabilidad climática; mientras que sus salarios bajos e inestables no les proveerán alternativas viables para mejorar sus condiciones de vida.

Datos de 2010 señalan que 77.8% de la población mexicana vive en zonas urbanas, y este proceso de creciente urbanización va en aumento. En 2012, de las 53.3 millones de personas en pobreza en México, 68.6% ó 36.6 millones de personas vivían en zonas urbanas (INEGI, 2010). La mayor incidencia de pobreza de la ciudad se relaciona con un menor nivel educativo, mayor tamaño de la familia y mayor presencia de mujeres como jefas de familia (Ibid). Las zonas más pobres en la Ciudad de México también son las más vulnerables ante los cambios del clima, ya que, a diferencia de las áreas con mejor nivel socioeconómico, no cuentan con recursos monetarios, acceso a información preventiva o la movilidad necesaria para afrontar los impactos climáticos. Como hemos señalado previamente, debido a su posición socioeconómica, estos eventos afectan más a las mujeres. Por eso es importante que las políticas públicas para reducir los riesgos ante cambio climático, ocurran en un primer momento en las zonas más vulnerables de la ciudad.

La vulnerabilidad ante el cambio climático en la Ciudad de México

Las ciudades presentan una paradoja pues, mientras son centros de innovación, fuentes de empleo y proveedoras de todos los servicios, también son zonas de exclusión y marginación, y de profunda desigualdad. Los impactos ante el cambio climático en la Ciudad de México afectarán al suministro de agua, la provisión de energía y a la industria, lo cual perjudicará a la economía local, y despojará a las poblaciones de sus bienes y múltiples formas de ganarse la vida,

provocando en algunos casos la migración a otros centros urbanos (Sánchez *et al*, 2011). Estos impactos climáticos en las ciudades refuerzan desigualdades existentes, afectando de un modo desproporcionado a quienes viven en la pobreza, la cual es experimentada de forma distinta entre hombres y mujeres (PNUMA, 2007). Las mujeres por cuestiones políticas, culturales y sociales tienen roles que las vulneran y que resultan en salarios más bajos, trabajos de cuidado sin remuneración, incremento de su jornada laboral, condiciones que inhabilitan su resistencia a eventos derivados del cambio climático, así como su capacidad de recuperación. La Ley General de Desarrollo Social (DOF, 2016) sostiene que la medición de la pobreza que lleva a cabo el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2014) debe considerar, al menos, ingreso, rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, acceso a servicios básicos en la vivienda, acceso a la alimentación y grado de cohesión social (Ibid). En estos términos, las mujeres están en desventaja en comparación con los hombres por lo que deben ser rubros prioritarios (CEPAL, 2016).

Una perspectiva de género es particularmente importante en la ciudad porque encontramos que la jefatura femenina en el hogar aumentó 4 puntos porcentuales entre 2010 y 2015, llegando a 29% (INEGI, 2015), al mismo tiempo que se vuelve muy evidente que la mujer tiene menos acceso al mercado laboral (45% de las mujeres participa en la actividad económica en comparación con 79% por parte de los hombres) y si tiene acceso a éste, sólo se le remunera el 62.6% del total de lo que ganan los hombres. Además, la mitad de las mujeres dependen de su pareja o familia totalmente, ya que no cuentan con ingresos propios (caso de las mayores de 14 años), y la proporción de mujeres que trabaja sin remuneración es mayor que la de hombres, así como también lo es su participación en el sector informal. Esta última alcanza una tasa de 30.4% frente al 26.4% para los hombres (INEGI, 2012). Además, las

mujeres sufren limitaciones en su movilidad, que se vive tanto por los altos niveles de violencia de género en el transporte público, como por falta de recursos monetarios para acceder a ellos. La violencia a la que están expuestas las mujeres es una limitante que obstruye su movilidad física, incrementando su vulnerabilidad ante el cambio climático. Por consiguiente, promover la independencia económica de la mujer para abatir la violencia de género, tendría que ser el rubro prioritario de toda política que busca contrarrestar desigualdades.

De acuerdo con la Encuesta Nacional de la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (INEGI, 2011), en la Ciudad de México la violencia de género en el ámbito público tiene un porcentaje mucho más alto que la media nacional (18% más que a nivel nacional). En lo que se refiere al abuso sexual, la Ciudad de México es la entidad que tiene el mayor porcentaje de mujeres agredidas con 60 de cada 100 mujeres. Sin embargo, también se viven tasas altas de violencia en el ámbito privado que vulneran a las mujeres. El 49% de las mujeres casadas o unidas de 15 años en adelante, han sido víctimas de algún acto de violencia por parte de su pareja a lo largo de su relación, porcentaje mayor a la media nacional (44.9%).

Las viviendas con jefatura femenina tienen menor seguridad alimentaria y seguridad social, y son dependientes de alguien para tener acceso a servicios de salud (CONEVAL, 2014). Si bien, la Ciudad de México está dentro de las cinco entidades con menor porcentaje de hogares con inseguridad alimentaria, 6 de cada 10 hogares se clasificaron en alguna categoría de inseguridad alimentaria, y al menos uno de cada diez hogares reportó haber padecido hambre en los tres meses previos a la encuesta.

Panorama nacional de género y cambio climático

México siempre ha mostrado su liderazgo internacional en materia climática,

ha estado presente en los debates internacionales de mayor relevancia, y así ha sido reconocido por su importante papel global en las conferencias de las partes (COP) al ser líder promotor de la equidad de género y derechos humanos. Los acuerdos internacionales de género y cambio climático desde la Cumbre de la Tierra, realizada en Río de Janeiro en 1992, con la Declaración Política y el Programa 21, en donde se reconoce a las mujeres como un “grupo principal” en el desarrollo sustentable, han tenido un gran impacto en las políticas nacionales en estos temas. La incorporación del enfoque de equidad en las políticas públicas inició en 1995 en el Programa Nacional de la Mujer: Alianza para la Igualdad (PRONAM 1995-2000) (Ruiz y López, 2003) el cual tuvo incidencia en el sector ambiental.

Actualmente, el tema de género y medio ambiente, al menos en el ámbito formal, se incorpora en la normatividad en todos los niveles de gobierno. A nivel federal, el artículo 71 de la Ley General de Cambio Climático (LGCC) establece que, “...los programas de las Entidades Federativas se elaborarán... procurando siempre la equidad de género y la representación de las poblaciones más vulnerables al cambio climático...” (DOF, 2012). Esta misma ley establece que la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) es el instrumento rector de la política nacional ante el cambio climático, el cual debe considerar “los aspectos de género, etnia, discapacidad, desigualdad, estado de salud e inequidad en el acceso a servicios públicos, e involucrar en su instrumentación a los distintos sectores de la sociedad” (SEMARNAT, 2013). Considera también el diseño y la inclusión del enfoque de género en las estrategias de reducción de la vulnerabilidad social, así como en los programas educativos y de divulgación en materia de cambio climático (Ibid).

A nivel estatal ya hay algunas políticas de género y cambio climático en los Programas Estatales de Cambio Climático (PEACC), así como a nivel municipal, las cuales ya han sido analizadas por Delgado, De Luca y Vázquez

(2015). En esa investigación, los autores dan cuenta de los ejemplos de políticas climáticas con perspectiva de género que están en marcha actualmente, concluyendo que, si bien ha habido un avance significativo en la incorporación de la perspectiva de género, las políticas todavía son limitadas en la medida en que no se hace frente a los efectos del cambio climático exclusivos que sufren las mujeres, y no se dirigen a las causas subyacentes que generan la desigualdad entre los sexos.

La Ciudad de México ante el cambio climático: una perspectiva de género

Actualmente, en su transición hacia la Ciudad de México, el anterior Distrito Federal transita de un proceso en el que pasa de ser un territorio bajo soberanía de un Estado federal a una entidad federativa autónoma, con una nueva Constitución Política. En este contexto se está discutiendo desde ahora la necesidad de incorporar una perspectiva de género en el proyecto de desarrollo de la ciudad, tema que fue abordado en un Foro de ONU MUJERES (2016). En este foro se discutió la necesidad de establecer una perspectiva de género en el proyecto de desarrollo de la Ciudad de México, en el marco de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible. Resulta importante entender el significado que podría tener esto a futuro en el proceso de transición de la Ciudad de México y en la puesta en marcha de políticas ambientales con perspectiva de género. Se podría decir que la Ciudad de México está a la vanguardia en lo que se refiere a políticas públicas de género y cambio climático, al menos a nivel discursivo (ver Delgado *et al*, 2015), pero como los autores aclaran, el proceso de ponerlas en marcha todavía tiene un largo camino que recorrer. Es por ello que en este trabajo nos dimos a la tarea de averiguar qué tipo de políticas públicas hay en la Ciudad de México y conocer una de ellas a profundidad. Existen acciones actualmente que integran una perspectiva de

género. Sin embargo, son difícilmente rastreables y hay poca información al respecto en las páginas institucionales que señalen datos tales como cuándo comenzaron, quiénes participan, cuánto dinero se les destina, cuál es la meta, entre otra información relevante. En principio, todas las políticas ambientales que al menos tengan un componente relacionado al cambio climático deberían estar incorporados en el Plan de Acción Climática de la Ciudad de México (PACCM 2014-2020).

Sin embargo, cabe notar que hay políticas aisladas en este rubro que no están sistematizadas dentro del PACCM, y para poder tener acceso a esta información es necesario hacer una búsqueda por Internet, y en muchas ocasiones la única información disponible es la que se encuentra en las notas periodísticas. Esta es justamente la situación del programa que utilizamos como estudio de caso: *Mujer de Huerto*. A pesar de no estar incorporado en el PACCM, consideramos que tiene componentes que requerirían ser considerados en un programa de adaptación del gobierno de la Ciudad de México.

Estudio de caso: el Programa “Mujer de Huerto”

De acuerdo con la SEDEMA, el objetivo principal del programa *Mujer de Huerto* es “capacitar a las participantes, promoviendo su desarrollo personal y profesional, ofreciéndoles la formación necesaria para crear huertos urbanos en sus hogares, con el fin de fomentar mejores hábitos alimenticios y ahorro en el gasto familiar, a través de la producción de sus propios alimentos frescos y de temporada” (SEDEMA, 2016-A y 2016-B). Tiene como intención empoderar a mujeres que se encuentren en situación de vulnerabilidad a través de la seguridad alimentaria y a darles herramientas para empoderarlas económicamente. La idea es que a través de los huertos puedan tener acceso a alimentos nutritivos y naturales, libres de pesticidas, que tengan la posibilidad de cultivar sus propias plantas medicinales, pero también que las habilidades

adquiridas les sirvan para poder hacer un pequeño negocio, empoderándolas económicamente. Va dirigido a mujeres de la tercera edad, madres solteras, mujeres con discapacidad, amas de casa, mujeres indígenas y empresarias (SEDEMA, 2016-A).

Mujer de Huerto se encuentra dentro del marco de política pública en la Ciudad de México, en este caso del Programa General de Desarrollo. El programa comenzó en 2014, y en marzo de 2016 se llevó a cabo la tercera generación del mismo, el cual duró del 8 al 11 de marzo de 2016 en el Centro de Educación Ambiental Ecoguardas, con 70 participantes. El programa incluyó cinco conferencias impartidas por personal especializado del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la Universidad Autónoma Chapingo, el Instituto de las Mujeres (INMUJERES) el Programa Universitario de Alimentos (PUAL) y el Jardín Botánico de la UNAM. De acuerdo con nuestro informante, el programa Derechos Humanos de la Ciudad de México etiquetó un recurso de 70,000 pesos para que éste se convirtiera en un programa de género de la SEDEMA. Además, precisó que al principio no hubo mucho interés por parte de la SEDEMA para crear un proyecto de género, sin embargo, funcionarios que creían en el tema decidieron sacar adelante el programa, especialmente porque iba dirigido a los grupos vulnerables de la ciudad.

Dado que la principal intención era tener un proyecto que le diera a las mujeres de la tercera edad y a las amas de casa la oportunidad de realizar actividades productivas, este proyecto claramente atiende la vulnerabilidad, ya que se les ha dado prioridad a mujeres de la tercera edad, indígenas, jefas de familia y mujeres con discapacidades físicas, como sordomudas (y en la siguiente generación se pretende incluir a mujeres en silla de ruedas). El funcionario también explicó que el objetivo del programa no era solamente educar a las mujeres sobre la parte técnica del huerto urbano, también se hizo un fuerte énfasis en los beneficios económicos, ambientales, sociales y de salud que

resultarían de su participación en el programa.

La dimensión de género en este programa se abordó al invitar al INMUJERES a dar una conferencia que consistió en impartir una plática sobre temas generales de género, sin necesariamente ahondar en la forma en la que esto se relacionaba con el programa. Más allá de la conferencia no hubo ni recomendaciones ni seguimiento al proyecto que se implementó por parte de esta institución. Esta forma de participación superficial, en un tema tan complejo y vital, evidencia alguna de las fallas en la incorporación de género en *Mujer de Huerto*, y presumiblemente en los demás programas que incorporan una perspectiva de género. Si bien en *Mujer de Huerto* se da seguimiento al aprendizaje adquirido por las mujeres durante el programa, no hay indicadores de género que pudieran medir el aprendizaje en este rubro, pues el programa solamente evaluó los conocimientos técnicos sobre el huerto.

De acuerdo con el funcionario, para sacar adelante el proyecto hubo que derribar barreras, como convencer a las autoridades de la importancia del proyecto, ya que les parecía que atender solamente a 100 personas con el dinero asignado no era atractivo en términos de costo-beneficio, y tampoco era políticamente ventajoso un proyecto de género. Sin embargo, de acuerdo con nuestro informante, ha sido tal el éxito y la demanda del programa, pese a que no se había podido hacer promoción más que en redes sociales, que se ha destinado una suma mucho mayor para la próxima generación: 1.5 millones de pesos, lo cual va a permitir expandir el programa a más de 700 mujeres.

Una de las fortalezas del programa consiste en que garantizar la seguridad alimentaria frente a los efectos del cambio climático es un objetivo vital, ya que las proyecciones actuales para 2030 muestran que la participación de los víveres en el gasto promedio de una familia, seguirá en aumento debido, entre otros factores, a la creciente escasez de agua, tierra y combustible, que ejercen una presión progresiva en los precios de los alimentos generando

mayores niveles de pobreza (Sánchez *et al*, 2011; FAO, 2007). Además, como se vio anteriormente, el estado de nutrición para los habitantes de la Ciudad de México es crítico, tanto para mujeres como hombres. En ese sentido, el programa ha sido muy exitoso para atender algunas condicionantes de la vulnerabilidad, pues quienes han participado han logrado cosechar plantas medicinales, frutas, hortalizas y hacer sus propias compostas.

Cabe aclarar que, como el nombre lo dice, el programa va dirigido a las mujeres, por lo que no se está atendiendo la problemática en el tema de la responsabilidad que se les asigna a las mujeres en el cuidado del hogar. De esta manera, además de las múltiples responsabilidades que tienen las mujeres, se vuelve otra responsabilidad más la del cuidado del huerto y la producción de los alimentos en el hogar, preparación de remedios medicinales para quienes están enfermos, entre otras. Si se incorporará al hombre dentro de este programa se repartirían responsabilidades, empezando a desquebrajar los tradicionales roles de género.

Desde una perspectiva de género vemos un claro peligro de aprovecharse del rol reproductivo de la mujer cuando su trabajo de cuidado subsidia lo que tendría que proveer el estado (Nagar *et al*, 2002). Además, al estar enfocado solamente en mujeres se esencializa el rol que se le ha asignado históricamente a la mujer como cuidadora nata y como la responsable de la alimentación familiar, y al hacerlo ocultamos otros problemas visibles y perdemos oportunidades de hacer cambios significativos.

Conclusiones y recomendaciones

En esta sección esbozamos una serie de recomendaciones que podrían ser de utilidad para las futuras generaciones del programa *Mujer de Huerto*, u otros programas ambientales relacionados que integren una perspectiva de género. De igual manera, nuestras recomendaciones versan de una forma más

general sobre cómo se debe aprovechar el que la perspectiva de género esté contemplada en la normatividad mexicana a todos los niveles para empujar proyectos que puedan tener mayor impacto en reducir la vulnerabilidad de las mujeres.

Específicamente sobre nuestro caso de estudio cabe anotar que encontramos una amplia voluntad y entusiasmo por parte del personal de la SEDEMA para mejorar el programa, además de una vasta sensibilidad a los problemas ambientales y sus implicaciones para la salud humana. Si bien se pueden incorporar aspectos de género que podrían multiplicar los beneficios del programa, queda claro que hasta ahora ha tenido un impacto positivo en las mujeres que tuvieron oportunidad de cursarlo, pues les ha permitido cosechar alimentos nutritivos y plantas medicinales. También les ha servido como terapia ocupacional a mujeres de la tercera edad, entre muchos otros beneficios que podrían ayudar a reducir la vulnerabilidad de las mujeres y mejorar su calidad de vida.¹

Nos dimos cuenta a través del programa *Mujer de Huerto* que se requiere una participación más activa del INMUJERES o de la Secretaría de la Mujer del Distrito Federal, la colaboración interinstitucional con otras dependencias, y el acompañamiento de la academia y la sociedad civil para incorporar plenamente la perspectiva de género; esta situación seguramente se repite en otros programas con perspectiva de género.

Una mirada de género requiere un ejercicio de reflexividad en el que la cuestión de género se convierta en una categoría de análisis que permita rediseñar el programa, para que, además de luchar por la sustentabilidad, se promueva a la

1 No tuvimos la oportunidad de entrevistar directamente a las participantes, pero asumimos que las actividades que se realizaron, de acuerdo con nuestro informante, pueden tener un impacto positivo en la vida de las mujeres.

vez el empoderamiento de las mujeres, eliminando las estructuras jerárquicas que las oprimen. Para lograrlo, consideramos esencial invitar a mujeres y hombres a quienes va dirigido el proyecto a participar desde el diseño del mismo; se les debe consultar acerca de sus necesidades y cómo creen ellos que se puede usar el recurso. También consideramos que los proyectos de género deben incorporar a los hombres de tal forma que se evite reproducir el rol de la mujer como la encargada del cuidado, en este caso del huerto, o de la selección de los alimentos y su cocción. Eso requeriría que en cada etapa del programa se reforzaran aprendizajes de género, y que éstos se vieran reflejados cuando se les invitara a las y los participantes a demostrar sus conocimientos. Es decir, se precisa en todo momento un enfoque crítico que ponga en duda las construcciones socioculturales del género que pueden ser cuestionadas y transformadas en beneficio de las mujeres. Así, la perspectiva de género debe ir más allá de ver la forma en la que se involucra a las mujeres en los temas ambientales, pues esto puede sumarse a sus amplias jornadas de trabajo y a sus múltiples responsabilidades; y en cambio se requiere integrar un criterio sensible en favor de las mujeres en la planificación, diseño, ejecución y control de los programas. Esto requeriría trascender la lógica de los programas que buscan el beneficio inmediato ambiental para poder también mejorar la calidad de vida de las mujeres.

En cuanto a cómo aprovechar lo que ya esté contemplado en la normatividad, cabe precisar que se requeriría asignar mayores recursos para hacer frente a las necesidades de las mujeres ante el cambio climático, ello a través de programas que se concentren en las zonas más vulnerables de la ciudad, que sean exclusivos de género y medio ambiente, y mediante el monitoreo de aquellos que incorporan una “perspectiva de género”.

El enfoque de género es considerado como uno de los ejes rectores del Programa de Acción Climática de la Ciudad de México (PACCM, 2014),

no obstante, aunque en efecto es visible que muchas de las acciones señalan la incorporación de una perspectiva de “equidad de género”, se advierte la necesidad de futuros análisis que midan su alcance y sus impactos. Además, es clara la falta de integración de las políticas relacionadas al cambio climático con componentes de género que están dispersas y no se encuentran sistematizadas. Así es el caso de las acciones relacionadas con el género y el ambiente, que no necesariamente están todas contempladas en el PACCM. De igual forma, nos percatamos de los serios obstáculos en el acceso a la información sobre los programas que están operando actualmente, por lo que se necesita más transparencia y comunicación. Sería útil un sistema centralizado de proyectos de género y ambiente, en el que se pueda encontrar información sobre los recursos monetarios, cómo se utilizan, quiénes son los responsables y cuál es su formación en temas de género, y en el que se explique de qué forma se está abonando a la situación de género en el país, entre otras cuestiones.

Finalmente, con respecto al tema de vulnerabilidad ante el cambio climático con perspectiva de género, la investigación elaborada para este trabajo nos demuestra que la temática requiere mayor necesidad de exploración, pues se visibilizan puntos ciegos alrededor de la escasez de datos desagregados de campos que puedan ser indicadores de vulnerabilidad. En este sentido, se considera pertinente el desarrollo de indicadores de vulnerabilidad social que midan el número de mujeres (con datos desglosados según la clase, edad, orientación sexual, entre otras características) que sufren directamente por inundaciones, olas de calor, falta de agua, abastecimiento de agua (pública y por pipas), número de horas de cuidado de familiares con enfermedades relacionadas al cambio climático, número de horas de recuperación/limpieza después de un desastre, propietarias de viviendas, acceso a transporte público y privado, y seguridad. Este conjunto de indicadores podría conformar un índice al que se le debería sumar también información sobre las actividades

económicas de las mujeres, su participación en las decisiones dentro y fuera del hogar, su nivel de educación, su acceso a la información y a los servicios de salud, si tienen seguros de vejez y si participan en programas de gobierno.

Referencias

- Arora-Jonsson, S. 2011. "Virtue and vulnerability: Discourses on women, gender and climate change." *Global Environmental Change*. 21(2): 744-751.
- CENAPRED. 2014. *Impacto Socioeconómico de los Desastres en México Durante 2014*. Mexico. En línea: www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/325-NO.16-RESUMENEJECUTIVOIMPACTO2014.PDF (Consultado: 25 de abril de 2017).
- CEPAL. 2016. *Pobreza y Género en México Hacia un Sistema de Indicadores*. En línea: www.cepal.org/oig/noticias/noticias/0/50100/PobrezayGeneroenweb.pdf (Consultado: 25 de abril de 2017).
- Conde, C., Estrada, F., Martínez, B., Sánchez, O., y Gay, C. 2011. "Regional Climate Change Scenarios for Mexico." *Atmosfera*. 24(1): 125-140.
- CONEVAL. 2014. *Pobreza y género en México: hacia un sistema de indicadores. Información 2008-2012*. México. En línea: www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza-y-genero-en-México.aspx (Consultado: 25 de abril de 2017).
- Crenshaw, K. 1991. "Mapping the margins: Intersectionality, identity politics, and violence against women of color." *Stanford Law Review*. 43: 1241-1299.
- De Barbieri, T. 2013. "Sobre la categoría género: una introducción teórico-metodológica." *Debates en sociología*. 18: 145-169.
- Delgado, G., De Luca, A., y Vázquez, V. 2015. *Adaptación y Mitigación Urbana del Cambio Climático en México*. CEIICH-PINCC, UNAM. México.
- Denton, F. 2002. "Climate change vulnerability, impacts, and adaptation: Why does gender matter?" *Gender & Development*. 10(2): 10-20.
- DOF. 2016. "Ley general de desarrollo social". *Diario Oficial de la Federación*. Secretaría de Gobernación. México, 1 de junio. En línea: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/264_010616.pdf (Consultado: 25 de abril de 2017).

- 2017).
- DOF. 2012. “Ley General de Cambio Climático.” *Diario Oficial de la Federación*. Secretaría de Gobernación. México, 6 de junio. En línea: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249899&fecha=06/06/2012 (Consultado: 25 de abril de 2017).
- FAO. 2007. *Cambio Climático y Salud Alimentaria*. En línea: www.fao.org/climatechange/16615-05a3a6593f26eaf91b35b0f0a320cc22e.pdf (Consultado: 25 de abril de 2017).
- Fernández, A. 1998. Estudios sobre las mujeres, el género y el feminismo. *Nueva Antropología*. 15(54): 79-95.
- Gay, C., Cos, A.G., y Peña, C. 2015. *Reporte Mexicano de Cambio Climático. GRUPO II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación*. PINCC-UNAM. México.
- Gay, C., y Estrada, F. 2007. *Cambio climático en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México.
- Ímaz, M., Blasquez, N., Chao, V., Castañeda, I., y Beristain, A. 2014. *Cambio climático. Miradas de género*. UNAM-PNUD. México.
- INEGI. 2015. *Encuesta Intercensal 2015. Principales Resultados*. México. En línea: www3.inegi.org.mx/sistemas/componentes/previsualizador/vista.aspx?arch=/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825078966.pdf&tipo=1 (Consultado: 25 de abril de 2017).
- INEGI. 2012. *Encuestas en Hogares*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. En línea: www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/ (Consultado: 25 de abril de 2017).
- INEGI. 2011. *Panorama de violencia contra las mujeres en el Distrito Federal. Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares, ENDIREH 2011*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. 2010. *Población rural y urbana. México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. En línea: http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P (Consultado: 25 de abril de 2017).
- Munguía Gil, M. 2012. “Metodología para el análisis de la vulnerabilidad de género frente al cambio climático”, en: Munguía Gil, M., y Méndez Cárdenas, G. (coords). *Vulnerabilidad Social y de Género: Ixil frente al Cambio Climático*. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México: 51-65.

- Nagar, R., Lawson, V., McDowell, L., y Hanson, S. 2002. "Locating globalization: feminist (re) readings of the subjects and spaces of globalization". *Economic Geography*. 78(3): 257-284.
- Navarro, D.M., Robles, J.N., y Hernández, L.O. 2014. "La mujer en México: inequidad, pobreza y violencia." *Revista mexicana de ciencias políticas y sociales*. 59(220): 117-146.
- Neumayer, E., y Plümper, T. 2007. "The gendered nature of natural disasters: the impact of catastrophic events on the gender gap in life expectancy, 1981–2002." *Annals of the Association of American Geographers*. 97(3): 551-566.
- ONU Mujeres. 2016. *La Constitución de la Ciudad de México será el nuevo instrumento referente de una sociedad con desarrollo sostenible e igualdad de género*. ONU-MUJERES. México. 28 de abril. En línea: <http://mexico.unwomen.org/es/noticias-y-eventos/articulos/2016/04/constitucion-cdmx-igualdad-de-genero> (Consultado: 25 de abril de 2017).
- PNUMA. 2007. *Cities and Urban Vulnerability in the context of Urban Environmental Management*. Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente. En línea: www.unisdr.org/files/5453_092UNE.pdf (Consultado: 25 de abril de 2017).
- Ruiz, D., y López, I. 2003. "Equidad de género, medio ambiente y políticas públicas: el caso de México y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales." *Revista de Estudios de Género. La Ventana*. 17: 43-77.
- Sánchez, A., Gay, C., y Estrada, F. 2011. "Cambio climático y pobreza en el Distrito Federal." *Investigación económica*. 70(278): 45-74.
- SEDEMA. 2016-A. *Mujer de Huerto*. En línea: www.sedema.cdmx.gob.mx/sedema/index.php/historial-de-noticias/853-mujer-de-huerto-2016 (Consultado: 25 de abril de 2017).
- SEDEMA. 2016-B. "Inicia SEDEMA tercera generación de programa 'mujer de huerto'". Gobierno de la Ciudad de México. Ciudad de México, México. 8 de marzo. En línea: www.sedema.df.gob.mx/sedema/images/archivos/sala-prensa/boletines/Mujer%20-%20de%20-%20huerto%20-%202016.pdf (Consultado: 25 de abril de 2017).
- SEMARNAT. 2013. *Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40*. SEMARNAT, Gobierno Federal. México. En línea: www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/06_otras/

- ENCC.pdf (Consultado: 25 de abril de 2017).
- Skinner, E. 2011. *Gender and climate change: Overview report*. Bridge. En línea: http://docs.bridge.ids.ac.uk/vfile/upload/4/document/1211/Gender_and_CC_for_web.pdf (Consultado: 25 de abril de 2017).
- Vázquez García, V., Castañeda Camey, I., Molina Rosales, D., Sosa Capistran, D.M., Chable Can, E.M., y Rivero Castañeda, L. 2015. “Género y Cambio Climático: estado del arte y agenda de investigación en México”, en: Gay, C., Cos, A. G., Peña, C. (coords). *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación*. PINCC-UNAM. México: 313-330.
- Vázquez García, V., y Velázquez Gutiérrez, M. (comp). 2004. *Miradas al Futuro: Hacia la construcción de sociedades sustentables con equidad de género*. PUEG-CRI, UNAM/IDRC-CRDI. México.

CAPÍTULO 11

EDUCACIÓN SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO: ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS EDUCATIVAS EN LOS PLANES DE ACCIÓN CLIMÁTICA DE LOS MUNICIPIOS URBANOS EN MÉXICO

VERÓNICA VÁZQUEZ ZENTELLA

La educación se distingue como un componente esencial y un catalizador para hacer frente al cambio climático, dado que contribuye a la adquisición de competencias¹, conceptos e instrumentos que conducen a la resiliencia de las personas ante los riesgos relacionados con el clima y fomentan su participación y compromiso con medidas de mitigación (UNESCO, 2016-A).

Educar para el cambio climático conlleva tomar medidas de mitigación y de adaptación² frente a este fenómeno. En este afán, dicha educación ayuda a los individuos a tomar decisiones informadas, en tanto que fomenta la comprensión de las causas y los efectos del cambio climático, con lo cual se pueden alentar estilos de vida sustentables³, así como reducir la vulnerabilidad

1 Aunque en el ámbito educativo frecuentemente se define *competencia* como el conjunto de “conocimientos, actitudes y habilidades necesarias para desempeñar una tarea o actividad dada” (Yañiz, 2008), en este trabajo coincidimos con Bernard Rey (1996), director del Servicio de Ciencias de la Educación de la Universidad Libre de Bruselas: la competencia es la capacidad de generar aplicaciones o soluciones adaptadas a cada situación, movilizandolos propios recursos y regulando el proceso hasta lograr la meta pretendida.

2 La mitigación del cambio climático se orienta a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como aumentar los sumideros de carbono o formas de captura. La adaptación al cambio climático implica conocer las transformaciones actuales, así como las esperadas, con el objeto de disminuir la vulnerabilidad a los impactos adversos del clima.

3 Esto incluye la disminución de los desechos, la utilización eficiente del agua y la energía, un mejor empleo de los transportes públicos, apoyo en las políticas favorables al medio ambiente, la participación ciudadana y el activismo ambiental, entre otras acciones (UNESCO, 2016-A).

frente a ése. De esta suerte, la adaptación al cambio climático comprende no sólo identificar las vulnerabilidades y riesgos, sino también definir las áreas prioritarias de atención en el corto, mediano y largo plazos en un escenario climático incierto⁴ (UNITAR, 2013).

En correspondencia con lo anterior, la investigación referente a la adaptación climática conducida por Kawaga y Selby (2012) señala que la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades, que pueden ser de tipo técnico, como es el aprender prácticas agrícolas resistentes a las sequías o a las inundaciones, se torna necesario para enfrentar los impactos climáticos, en tanto que dichas acciones ayudan a mantener una mentalidad vigilante que alienta la comprensión y la atención a dicho cambio, el cual, pese a ser omnipresente, puede ser también sigiloso y a menudo invisible.

De igual forma, los estudios llevados a cabo por Lutz, Muttarak y Striessnig (2014) demuestran que la educación contribuye a la reducción de la vulnerabilidad y a la mejora de la capacidad adaptativa antes, durante y después de un determinado desastre. También se encontró que las personas con más educación de tipo formal⁵ lidiaron mejor con la pérdida de ingresos y con los impactos psicológicos derivados de los efectos de los desastres naturales. Además, la Educación sobre el Cambio Climático reduce la mortalidad relacionada con los desastres, ya que los más instruidos tienden a tener mayor

4 Algunas acciones orientadas a la adaptación ante el cambio climático incluyen la captación y el almacenamiento de agua de lluvia de forma que pueda reutilizarse en el riego de cultivos y para el cuidado de animales; el utilizar barreras naturales como árboles que ayuden a reducir los efectos del viento y de grandes caudales, como, por ejemplo, las inundaciones causadas por lluvias intensas o el desbordamiento de ríos; la eliminación del uso de agroquímicos y de la práctica de quemar los terrenos como preparación para la siembra; la promoción de la seguridad y soberanía alimentaria; y la organización de módulos para la preparación y respuesta ante los desastres naturales.

5 Con esto nos referimos a la escolarización en general.

conciencia del riesgo, la cual inicia con la percepción y continúa con las evaluaciones de la capacidad de respuesta a la amenaza y comprensión de las consecuencias de sus acciones. Así también, la Educación sobre el Cambio Climático trae co-beneficios a nivel comunitario, como es la reducción de la mortalidad infantil como efecto evidente de la educación femenina, y también abre oportunidades de interacción social con miembros más educados.

No obstante, y de manera paradójica, en los contextos urbanos, a menudo son las personas con mayor escolaridad quienes llevan un estilo de vida intensivo en carbono, al generar la mayor cantidad de residuos y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Vaughter, 2016).

Sin embargo, así como los habitantes de los asentamientos urbanos⁶ son los principales contribuyentes de emisiones directas e indirectas de GEI⁷ y, por ende, los mayores generadores de la problemática del clima, también son agentes clave para afrontar dicha problemática en tanto que desempeñan un papel estratégico para darle solución.

Por ello, es necesario destacar que, aunque se reconoce cada vez más el papel que tiene la escolarización⁸ en la comprensión de la problemática ambiental

6 En México, a partir del Censo Nacional de 2010, se considera como asentamientos urbanos a aquéllos con más de 15 mil habitantes; antes de esto, se consideraba como población urbana a los habitantes de núcleos con más de 2,500 habitantes (INEGI, 1996).

7 Los asentamientos urbanos contribuyen entre 67% y 76% de las emisiones globales de GEI por uso de energía (Seto *et al*, 2014).

8 El enfoque contemporáneo principal de la educación para abordar los desafíos ambientales es a través de la educación formal. La escolarización ayuda a los estudiantes a comprender un problema ambiental determinado, sus consecuencias y los tipos de acción precisos para abordarlo. Con una alfabetización ambiental y ecológica mejorada, los estudiantes están más inclinados a cambiar el comportamiento que afecta a los problemas ambientales. Por esto, el conocimiento acerca del medio ambiente se está incorporando cada vez más en los planes de estudio de la enseñanza escolar formal. De esta suerte, el análisis de 78 planes de estudio nacionales de diversos países muestra que 55% de ellos emplea el término “ecología” y 47% la expresión “educación ambiental” (UNESCO, 2016-B).

para abordar los desafíos del cambio climático, es el aprendizaje a lo largo de toda la vida –es decir, aquello que se aprende en la vida cotidiana– lo que también promueve, sin lugar a duda, el cambio de comportamientos individuales y colectivos (UNESCO, 2016-A).

En tal sentido, la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012) establece como uno de sus objetivos el promover la educación y difusión de la cultura en materia de cambio climático, lo cual ha sido bien acogido por los Planes de Acción Climática Municipales, en tanto que el rubro⁹ *Educación y Participación Ciudadana* aparece en todos los Planes de Acción Climática de los municipios urbanos revisados¹⁰, concentrando 133 medidas o acciones, como se detalla a continuación en la tabla 1.

9 Los rubros que se atienden en los Planes de Acción Climática Municipales son: Salud, Edificios, Energía, Agua, Prevención de Desastres, Transporte, Residuos, Planeación Espacial, Regulación e Investigación, Programas Sociales y Otros.

10 Los Planes de Acción Climática revisados corresponden a municipios urbanos con poblaciones mayores a 500,000 habitantes (Delgado, De Luca y Vázquez, 2015).

Tabla 1. Medidas de educación y participación social en los Planes de Acción Climática Municipales		
<i>Municipio</i>	<i>Área</i>	<i>Medida</i>
1. Benito Juárez CDMX	Agua	1. Difusión educativa de la captación pluvial.
	Residuos	2. Talleres ambientales para reducir, reutilizar y reciclar. 3. Fomento a la denuncia ciudadana de tiraderos clandestinos (acompañado de operativos de vigilancia).
	Otros	4. Campañas de concientización sobre cambio climático. 5. Impartición de pláticas. 6. Difusión en calles y en comités vecinales. 7. Fomento a la denuncia ciudadana y la cultura cívica.
2. Tlalpan CDMX	Agua	8. Capacitación para el ahorro de agua.
	Residuos	9. Apoyos sociales para la promoción de cultura de manejo de residuos. 10. Talleres sobre gestión de residuos y elaboración de composta.
	Otros	11. <i>Ecotips</i> en redes sociales. 12. Concientización sobre cambio climático. 13. Educación ambiental con enfoque orientado a la mitigación. 14. Campañas de comunicación y difusión sobre cambio climático. 15. Talleres de movilidad, huertos urbanos, entre otros. 16. Ciclotón (promoción del uso de la bicicleta). 17. Programa 300 Ecologistas por el Cambio Climático (registro voluntario de acciones ciudadanas en redes sociales).

<i>Municipio</i>	<i>Área</i>	<i>Medida</i>
3. Naucalpan Edo. de México	Agua	18. Difusión del consumo de agua de la población mediante sus recibos.
	Residuos	19. Impulso de la cultura del reciclaje.
	Energía	20. Difusión del consumo de energía de la población mediante sus recibos.
	Reforestación/ conservación de suelos	21. Inauguración de la “Casa de la Tierra” (espacio para eventos y difusión).
	Otros	22. Diseño de un programa de educación ambiental no formal. 23. Campaña de educación vial y de respeto al peatón.
4. Tlalnepantla de Baz Estado de México	Desastres	24. Campañas de prevención en lugares vulnerables a los efectos del cambio climático. 25. Incremento de la cultura de la protección civil para prevenir desastres y evitar incendios forestales.
	Agua	26. Difusión del cuidado del agua.
	Energía	27. Difusión del ahorro de energía.
	Residuos	28. Difusión de información sobre el manejo de residuos (incluyendo aquella sobre programas de gestión de residuos automotrices, pilas y baterías, etcétera). 29. Programa de generación de biodiesel con aceite de cocina (empresa Biofuels de México).
	Otros	30. Semana del medio ambiente. 31. Pláticas de educación ambiental. 32. Programa de inspectores ecológicos en escuelas primarias y visitas guiadas al relleno sanitario. 33. Organización de eventos ambientales (semana del medio ambiente). 34. Promoción de huertos familiares. 35. Atención a denuncias ambientales.

<i>Municipio</i>	<i>Área</i>	<i>Medida</i>
5. Guadalajara, Jalisco	Agua	36. Educación y cultura del agua.
	Salud	37. Información a la población sobre plagas. 38. Campañas de prevención de enfermedades.
	Energía	39. Programas de eficiencia energética.
	Otros	40. Promoción de cultura, educación y capacitación ambiental (para la industria, escuelas y ciudadanía). 41. Página de internet con información sobre el cambio climático. 42. Promoción de las ventajas de pintar techos blancos. 43. Educación ambiental obligatoria en niveles básicos.
6. Zapopan, Jalisco	Agua	44. Educación ambiental en escuelas y comunidad para el uso eficiente del agua.
	Salud	45. Campañas sobre los impactos de la exposición al sol (insolación).
	Energía	46. Educación ambiental en escuelas y comunidades sobre el uso eficiente de la energía.
	Otros	47. Creación de la Dirección de Educación Ambiental Municipal. 48. Red de líderes sociales que hagan difusión sobre cambio climático. 49. Campañas de concientización pública sobre el cambio climático. 50. Educación ambiental para la ciudadanía. 51. Creación de mesas de trabajo con la sociedad.

<i>Municipio</i>	<i>Área</i>	<i>Medida</i>
7. Puebla, Puebla	Reforestación/ con. de suelos	52. Promoción de la participación ciudadana en la reforestación.
	Otros	53. Campañas de sensibilización sobre cambio climático y consumo responsable (énfasis en dependencias públicas y privadas). 54. Talleres y campañas de comunicación y de difusión. 55. <i>Ecotips</i> .
8. San Nicolás de los Garza, N. L.	Salud	56. Cultura de la salud preventiva para mejorar la calidad de vida.
	Desastres	57. Cultura de prevención de desastres con capacitación para disminuir riesgos, primeros auxilios y solución a emergencias.
	Otros	58. Fomento de la cultura ambiental a través de pláticas en centros educativos. 59. Trípticos informativos.
9. Toluca, Edomex	Residuos	60. Reducción en el consumo de empaques.
	Otros	61. Difusión de ecotecnologías. 62. Centro de educación ambiental. 63. Difusión de medidas como salvaguarda de documentos. 64. Trípticos informativos.

<i>Municipio</i>	<i>Área</i>	<i>Medida</i>
10. Aguascalientes, Aguascalientes.	Agua	65. Concientización dirigida al sector industrial sobre el uso y reúso del agua.
	Salud	66. Información sobre consecuencias del cambio climático en la salud. 67. Capacitación sobre prevención de enfermedades.
	Energía	68. Talleres sobre eficiencia energética y energías renovables.
	Reforestación	69. Capacitación sobre especies afectadas por el cambio climático.
	Residuos	70. Programa “Jugando y aprendiendo a manejar mis residuos”.
	Otros	71. Campañas para hacer conciencia en el sector industrial sobre emisiones de GEI. 72. Taller de huertos urbanos y de agricultura sustentable. 73. Capacitación sobre cómo actuar frente a desastres naturales.
11. Benito Juárez, Quintana Roo	Residuos	74. Pláticas e información sobre reciclaje de residuos sólidos. 75. Jornadas de limpieza en colonias para fomentar la conciencia ciudadana.
	Desastres	76. Identificación y formación de líderes comunitarios en prevención de desastres. 77. Campañas de concientización respecto a riesgos potenciales y acerca de las acciones para reducir riesgos.
	Otros	78. Campañas de concientización sobre captura de fauna doméstica y limpieza de patio. 79. Repartición de trípticos.

<i>Municipio</i>	<i>Área</i>	<i>Medida</i>
12. Celaya, Guanajuato	Salud	80. Campañas de prevención de insolación y enfermedades diarreicas. 81. Concientización sobre implicaciones del cambio climático en la salud.
	Energía	82. Cultura del ahorro de energía.
	Desastres	83. Difusión del Plan de Contingencia de Protección Civil. 84. Promover el Programa de Cultura de Prevención. 85. Programa contra Incendios Forestales.
	Otros	86. Campañas de concientización ambiental y climática, así como de educación vial. 87. Difusión de las medidas de adaptación.
13. Cuernavaca, Morelos	Residuos	88. Concientización por medio de pláticas. 89. Talleres para la separación de residuos.
14. Jiutepec, Morelos	Residuos	90. Educación en materia de residuos (separación, reciclaje y manejo adecuado de baterías).
	Energía	91. Cultura de ahorro energético.
	Otros	92. Cursos y talleres con temática ambiental y cambio climático.
15. Temixco, Morelos	Residuos	93. Capacitación sobre reúso y reciclables.
	Energía	94. Jornadas de buenas prácticas para la eficiencia energética. 95. Campañas de concientización para reducir el consumo energético mediante <i>ecotips</i> .
	Otros	96. Campañas de concientización pública sobre cambio climático y desarrollo sustentable, incluyendo personal de instituciones públicas. 97. Promoción de compras verdes.

<i>Municipio</i>	<i>Área</i>	<i>Medida</i>
16. Xochitepec, Morelos	Residuos	98. Programa de concientización y participación ciudadana de separación, clasificación y aprovechamiento de residuos (organización de brigadas comunitarias).
	Agua	99. Cuidado del agua y su consumo responsable.
	Desastres	100. Campañas de difusión de acciones en caso de contingencia ambiental.
	Otros	101. Clases de educación ambiental.
17. Culiacán, Sinaloa	Residuos	102. Educación ambiental sobre residuos (cultura de reducción y reutilización).
	Salud	103. Campañas de prevención de insolación y enfermedades diarreicas. 104. Concientización sobre implicaciones del cambio climático en salud.
	Desastres	105. Difusión del plan de contingencia de protección civil. 106. Cultura de prevención.
	Otros	107. Educación ambiental “Escuela consciente para mejorar el ambiente”. 108. Campañas de concientización sobre cambio climático. 109. Difusión de las medidas de adaptación programadas. 110. Fomento a la normatividad sobre el crecimiento ordenado de la ciudad.
18. Oaxaca, Oaxaca	Agua	111. Concientización de la población dando a conocer medidas de reutilización de agua.
	Otros	112. Programa de sensibilización y educación sobre cambio climático y sus impactos. 113. Taller permanente de cultura ambiental “Disminución desde el consumo”. 114. Campaña de difusión sobre la importancia de respetar los cauces naturales del agua. 115. Identificación de líderes en cambio climático.

<i>Municipio</i>	<i>Área</i>	<i>Medida</i>
19. Jalapa, Veracruz	Residuos	116. Cultura de separación, reciclaje y reutilización de residuos.
	Salud	117. Información sobre las afectaciones del cambio climático en la salud (consultorio municipal, jornadas de salud y visitas de verificadores sanitarios).
	Desastres	118. Orientación a la población migrante sobre el peligro de ocupar zonas de alto riesgo.
	Otros	119. Jornadas de sensibilización para la implementación de proyectos de recuperación urbana y protección ambiental. 120. Promoción de actividades culturales y artísticas de temática ambiental. 121. Trípticos.
20. Poza Rica, Veracruz	Residuos	122. Educación ambiental en gestión integral de residuos.
	Agua	123. Fomento de la cultura de respeto y cuidado del agua.
	Salud	124. Campañas informativas sobre prevención de enfermedades propias de inundaciones y golpes de calor.
	Desastres	125. Campañas para difundir medidas de seguridad. 126. Uso de medios de comunicación para campañas preventivas.
	Otros	127. Campañas de “descacharrización” en comunidades costeras. 128. Campañas preventivas para difundir medidas básicas de seguridad.

<i>Municipio</i>	<i>Área</i>	<i>Medida</i>
21. Tuxtla Gtz., Chiapas	Residuos	129. Información y educación para manejo integral de residuos.
	Salud	130. Campañas de información y concientización para prevenir deshidrataciones y otros problemas de salud.
	Desastres	131. Fomento a la cultura de prevención.
	Otros	132. Educación sobre sustentabilidad al transeúnte. 133. Fomento a la participación ciudadana.
Fuente: elaboración propia con datos de Delgado, De Luca y Vázquez, 2015. ¹¹		

Si bien es cierto que la incorporación de las medidas educativas en todos los Planes de Acción Climática Municipales revisados representa un esfuerzo importante por parte de los municipios y un paso esencial para hacer frente a los retos climáticos actuales y futuros, se advierte la subutilización del sector educativo como recurso estratégico para mitigar y adaptarse al cambio climático. El grueso de las medidas educativas es sensible a mejoras en, por lo menos, dos aspectos importantes a destacar: a) la implementación de las medidas, o sea, la metodología para su consecución, y b) los ejes temáticos de dichas medidas, es decir, los rubros que se pretenden atender mediante estas acciones.

11 En el Anexo 3 del libro *Adaptación y mitigación urbana del cambio climático en México* (Delgado, De Luca y Vázquez, 2015) se da cuenta de todas las medidas de adaptación y mitigación propuestas en los 21 Planes de Acción Climática Municipales que se revisan en dicha obra.

A. Implementación de las medidas educativas

Pese a que la *Educación y Participación Social* es el único rubro que aparece en todos los Planes de Acción Climática Municipales en México, aún no queda del todo clara su implementación para sacar el mayor provecho de éste. Así pues, las 133 medidas educativas que se presentan en los 21 planes de acción climática revisados (Delgado, De Luca y Vázquez, 2015) se pueden agrupar en tres grupos según la metodología que plantean.

Por un lado, como lo establece el artículo 9, sección V, de la Ley General De Cambio Climático (DOF, 2012), vemos que a los municipios les corresponde realizar campañas educativas e informativas, en coordinación con el gobierno estatal y el gobierno federal, para sensibilizar a la población sobre los efectos adversos del cambio climático. Como resultado, la mayoría de las medidas educativas propuestas en los Planes de Acción Climática Municipales sigue un enfoque tradicional y un proceso lineal en el que “informar” se presenta como el objetivo educativo más importante. Este grupo de medidas podrían denominarse como “pasivas” en tanto que se limitan a informar sin que el participante haga algo con esta información, como podría ser el analizar y reflexionar sobre sus propios valores, actitudes y conductas que, inscritos en los patrones de producción y consumo, inciden en la problemática ambiental. El solo hecho de informar sobre el cambio climático no puede lograr la modificación de los actuales modos de vida. A este respecto, la investigación ha demostrado que la información por sí sola no es suficiente para que las sociedades cambien su comportamiento. Es crucial destacar la importancia de la competencia de acción.¹² La educación sobre el cambio climático requiere

12 El aprendizaje experiencial (*experiential learning*), esbozado por John Dewey en su obra

no sólo de un compromiso de informar, sino de un compromiso de actuar (Vaughter, 2016). Empero, 40.6% de todas las medidas educativas propuestas se orientan a dar información, ya sea por medio de trípticos, pláticas, *ecotips* o campañas de difusión.

Sobre esto último, es importante tener en cuenta que, si se va a realizar una campaña de difusión, por ejemplo, sobre un determinado problema ambiental, ésta debe indicar sus causas y señalar cómo es que la gente puede resolverlo considerando un tiempo suficiente, como fue el caso de la campaña de sensibilización pública que el gobierno etíope y sus asociados pusieron en marcha durante dos años para alentar la utilización de productos de iluminación por energía solar (UNESCO, 2016-A).

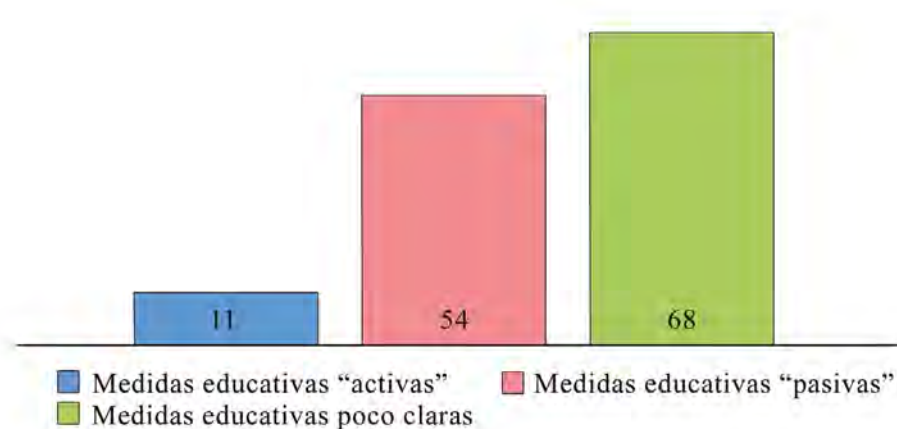
Por otro lado, hay medidas educativas que se podrían catalogar como “activas” las cuales se caracterizan por la aplicación de la información, es decir, se trata de medidas educativas que se orientan a la acción, al *aprender haciendo*, lo cual ofrece una comprensión integrada de los conceptos, conocimientos y habilidades prácticas que se pueden aplicar. Éste es el caso del *Ciclotón*; los talleres sobre eficiencia energética y energías renovables; los talleres ambientales para reducir, reutilizar y reciclar; y los talleres de gestión de residuos y elaboración de composta en los que el concurrente tiene una participación activa. Así también, se destacan los talleres de huertos urbanos y de agricultura sustentable, los cuales representan una experiencia situada por medio de la cual se aprenden valores, se crea una conexión con la naturaleza y se desarrollan competencias ambientales con un sentido de lugar (UNESCO,

Experiencia y educación (1938/2010), se basa en la premisa de que el conocimiento se crea a través de la transformación provocada por la experiencia, esto es, el *aprender haciendo* fincado en el principio de que las personas aprenden mejor cuando entran en contacto directo con sus propias experiencias y vivencias. Así, para este autor, el aprendizaje debe ser activo para poder generar cambios en la persona y en su entorno.

2016-B). Éste es el tipo de implementación de medidas más deseable y, sin embargo, el más escaso, contando con sólo 11 medidas¹³ en este grupo, o sea, nada más 8.2% de todas las medidas.

Por último, hay un grupo de medidas que resultan imprecisas dada su ambigüedad; son medidas que usan términos como “programas” o “clases” y conceptos como “cultura de la salud”, “cultura de la prevención”, “educación ambiental” o “educación sobre sostenibilidad” en los que no se explica qué se entiende por esto ni cómo se piensa atender o implementar. Llama la atención que, de las 133 medidas analizadas, el grupo más numeroso sea el grupo de las medidas educativas imprecisas o poco claras, en el que se cuentan 68 medidas, o sea, 51.2% del total de las medidas educativas propuestas en los Planes de Acción Climática Municipales, como puede verse en la figura 1.

Figura 1. Número de medidas educativas por tipo de implementación



Fuente: elaboración propia con datos de Delgado, De Luca y Vázquez, 2015.

13 Éste es el caso de las medidas 2, 10, 15, 16, 32, 52, 66, 70, 87, 90 y 111 que se presentan en la tabla 1.

B. Temática de las medidas educativas

Es de señalarse que la educación está interrelacionada con todos los demás sectores en tanto que la salud, la nutrición, el agua y las fuentes de energía, entre otros, son esenciales para la educación¹⁴. De esta suerte, con el ánimo de construir una cultura que fortalezca a México en materia climática y así favorecer el logro de los objetivos de mitigación y adaptación que se han establecido en la política climática nacional, se precisa de un enfoque educativo que integre de manera concertada todos los ejes temáticos. Así pues, para afrontar los desafíos multidimensionales hace falta un enfoque holístico (UNESCO, 2016-A).

No obstante, las medidas educativas propuestas en los Planes de Acción Climática Municipales se orientan a un determinado eje temático; en ello se advierte una cierta predilección o preferencia por determinados temas, como puede verse en la tabla 2, decantándose por ciertos rubros y, en consecuencia, desatendiendo otros.

Tabla 2. Ejes temáticos de las medidas educativas propuestas en los Planes de Acción Climática Municipales		
<i>Eje temático</i>	<i>Número de medidas que lo atienden</i>	<i>Porcentaje de las medidas que lo atienden</i>
Reforestación y conservación de suelos	3	2.25 %
Energía	9	6.76 %
Agua	10	7.51 %
Salud	13	9.77 %
Desastres	15	11.27 %
Residuos	20	15.03 %
Otros	63	47.36 %
Fuente: elaboración propia con datos de Delgado, De Luca y Vázquez, 2015.		

14 Por ejemplo, el acceso al agua y a la energía tiene una influencia positiva en la educación. En Ghana, la reducción del tiempo dedicado a acarrear agua aumentó la asistencia a la escuela de niñas y mujeres adolescentes, especialmente en las zonas rurales. En el Perú rural, el aumento del porcentaje de hogares con acceso a electricidad propició el aumento en el tiempo de estudio de los niños (UNESCO, 2016-A).

Como puede verse en la tabla 2, el eje temático menos atendido es el de *Reforestación y Conservación de Suelos*, lo cual es de notar dado que México se encuentra entre los primeros países con mayor deforestación del mundo: sólo en el periodo 2005-2010 se perdieron alrededor de 155,000 hectáreas de bosques y selvas por año (Chávez Maya, 2014).

En el rubro *Energía*, las 9 medidas propuestas están dirigidas al ahorro de energía y al uso eficiente de la misma. Causa extrañeza que si la educación sobre el cambio climático debe promover el aprendizaje de nuevos conocimientos y habilidades que redunden en la mitigación y adaptación del cambio climático, en este rubro no se propongan talleres para la producción de calentadores y paneles solares, los cuales, además de mitigar los GEI, también incrementan la seguridad energética de los usuarios, permitiendo con esto el acceso a energía independiente de la red, lo cual se torna particularmente importante en circunstancias de desastre.

De igual manera, llama la atención que el rubro *Agua* cuente únicamente con 10 medidas educativas, 7.51% de todas las medidas, dado que en nuestro país hay 90 millones de mexicanos que viven con escasez de agua (Sin Embargo, 2016), y que de estas 10 medidas, 9 se concentren en el uso eficiente del preciado líquido y solamente una se oriente a la difusión educativa de la captación pluvial, la cual consideramos de suma importancia dado que ésta permite disminuir el consumo de energía derivado del bombeo desde fuentes remotas, a la vez que aumenta la seguridad hídrica.

Asimismo, pese a que México es altamente vulnerable al cambio climático, pues se estima que 80.86% de los 2,457 municipios que lo conforman presenta alta vulnerabilidad y alto riesgo de ocurrencia de eventos climáticos (SEMARNAT, 2013), en el rubro *Desastres* se cuentan 15 medidas educativas. Nótese que uno de los atributos más importantes de la educación sobre el cambio climático debe ser preparar a las personas para enfrentar los efectos

adversos del clima; esto es, desarrollar y fortalecer su capacidad adaptativa¹⁵ mediante la identificación de las áreas prioritarias de atención, las opciones potenciales de reducción de riesgo y la participación efectiva de los actores comunitarios (Gallardo Milanés, 2013).

En cambio, uno de los ejes temáticos que concentra un mayor número de medidas educativas es el de *Residuos*. Como ejemplo de esto, debemos mencionar que, en la Ciudad de México y su zona metropolitana, más de la mitad de los proyectos escolares ambientales que se desarrollan están centrados en el tema de los residuos, el cual, generalmente, se reduce a promover el acopio de los mismos con fines de reciclaje. Es importante señalar que el reciclaje conlleva un costo energético en sí mismo y, en consecuencia, un costo ambiental importante, por lo cual la mejor medida para el manejo de residuos es evitar su generación (González Gaudiano, 2007).

Finalmente, en el rubro *Otros* se anotan todas las medidas que mantienen una orientación general a la temática ambiental sin concentrarse en una en específico, como son los programas de educación ambiental, la educación sobre la sustentabilidad, las jornadas de sensibilización para la protección ambiental y la concientización sobre el cambio climático, entre otros.

Conclusiones

La educación sobre el cambio climático exige la necesidad de adquirir nuevos conocimientos y habilidades con miras a movilizar acciones responsables y realizar cambios conductuales significativos en los patrones actuales de producción y consumo, a fin de reducir los efectos adversos del cambio

15 La educación puede ayudar a las comunidades a prepararse para desastres relacionados con el clima y adaptarse a sus consecuencias. Según un estudio sobre Cuba, Haití y República Dominicana, la falta de instrucción y los bajos índices de alfabetización impedían a la gente entender los avisos del desastre (UNESCO, 2016-A).

climático y las emisiones de GEI mediante estilos de vida más sostenibles. Insistimos en que, para que la Educación sobre el Cambio Climático tenga efectos transformadores, es necesario ir más allá de meramente brindar información sobre las cuestiones relacionadas con el medio ambiente y la sustentabilidad y, en cambio, favorecer la reflexión relacional, integradora, empática, anticipativa y sistemática. Por ello, para cerrar la brecha entre conocimiento y acción, los hacedores de políticas deben transitar de las medidas educativas que simplemente transmiten información hacia aquellas que son más significativas y genuinamente comprometedoras en términos de lograr un compromiso a largo plazo para el cambio sistémico.

Educar para enfrentar el cambio climático implica desarrollar las competencias necesarias para hacer frente a dicho fenómeno fomentando los procesos de apropiación social del conocimiento en las nuevas generaciones, en torno a la mitigación y la adaptación al cambio climático, así como propiciar actividades de aprendizaje que se orienten al desarrollo de capacidades que permitan afrontar los desafíos climáticos presentes y futuros, en la promoción de una mejora en la calidad de vida de todos los seres humanos.

Referencias

- Chávez Maya, H.A. 2014. “México pierde 155,000 hectáreas de bosques y selvas”. *El Financiero*. México. En línea: www.elfinanciero.com.mx/archivo/mexico-pierde-155-000-hectareas-de-bosques-y-selvas.html (Consultado: 11 de abril de 2017).
- Delgado Ramos, G.C., De Luca Zuria, A., y Vázquez Zentella, V. 2015. *Adaptación y mitigación urbana del cambio climático en México*. CEIICH-PINCC, UNAM. México.
- Dewey, J. 1938/2010. *Experiencia y educación*. Biblioteca Nueva. Madrid, España.
- DOF. 2012. “Ley General de Cambio Climático.” *Diario Oficial de la Federación*. Secretaría de Gobernación. México, 6 de junio. En línea:

- http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249899&fecha=06/06/2012 (Consultado: 11 de abril de 2017).
- Gallardo Milanés, O.A. 2013. “Experiencias en la aplicación de la educación ambiental como herramienta para la adaptación al cambio climático en espacios comunitarios, en Holguín-Cuba”. *Sociedade & Natureza*. 26(2): 261-270.
- Gonzalez Gaudiano, E. 2007. *Educación ambiental: trayectorias, rasgos y escenarios*. UANL-IINSO- Plaza y Valdés. México.
- INEGI. 1996. *Estados Unidos Mexicanos. Cien años de Censos de Población*. INEGI. México.
- Kagawa, F., y Selby, D. 2012. “Ready for the Storm: Education for Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation and Mitigation”. *Journal of Education for Sustainable Development*. 6(2): 207-217.
- Lutz, W., Muttarak, R., y Striessnig, E. 2014. “Universal education is key to enhanced climate adaptation”. *Science*. 346(6213): 1061-1062.
- Rey, B. 1996. “Les competences transversales en question.” *Grand N*. 59: 107-113.
- SEMARNAT. 2013. *Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40*. SEMARNAT, Gobierno Federal. México. En línea: www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/06_otras/ENCC.pdf (Consultado: 11 de abril de 2017).
- Seto, K.C., *et al.* 2014. “Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning”, en: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido / Nueva York, EUA: 923-1000.
- Sin Embargo. 2016. “México está entre los países que enfrentan escasez de agua: 90 millones padecen desabasto”. México. En línea: www.sinembargo.mx/06-03-2016/1630781 (Consultado: 11 de abril de 2017).
- UNESCO. 2016-A. *La educación al servicio de los pueblos y el planeta: creación de futuros sostenibles*. UNESCO. Paris, France.
- UNESCO. 2016-B. *Global Education Monitoring Report Summary. Planet: Education for Environmental Sustainability and Green Growth*. UNESCO. Paris, Francia.
- UN Institute for Training and Research-UNITAR. 2013. *Resource Guide*

- for Advanced Learning on Integrating Climate Change in Education at Primary and Secondary Level.* UNITAR. Suiza.
- Vaughter, P. 2016. *Climate Change Education: From Critical Thinking to Critical Action.* UNU-IAS Policy Brief. No. 4. United Nations University. Institute for the Advanced Study of Sustainability (UNU-IAS). Tokio, Japón.
- Yaniz, C. 2008. “Las competencias en el currículo universitario: implicaciones para diseñar el aprendizaje y para la formación del profesorado”. *Red U. Revista de Docencia Universitaria.* 4(2): 31-39. En línea: <http://sitios.itesm.mx/va/dide/recursos/docs/competenciacurriculo.pdf> (Consultado: 11 de abril de 2017).

SOBRE LOS AUTORES

MARISOL ANGLÉS HERNÁNDEZ

Doctora en Derecho Ambiental por la Facultad de Derecho de la Universidad de Alicante, *sobresaliente cum laude* por unanimidad. Licenciada en Derecho por la Facultad de Derecho de la UNAM. Investigadora de Tiempo Completo en el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM y Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I. Premio Nacional Malinalli 2016 por la promoción de las artes, los derechos humanos y la diversidad cultural.

HILDA J. BLANCO

Maestra y doctora en Planeación Urbana y Regional de la Universidad de California. Fue profesora en el Departamento de Asuntos Urbanos del Hunter College (1988-96), de la Universidad de Washington (1996-2009), donde dirigió el Departamento de Planeación y Diseño Urbano (2000-2007) y de donde es actualmente profesora emérita. De 2010 a 2016 fue profesora investigadora de la University of Southern California, donde actualmente dirige el Proyecto del Centro para Ciudades Sustentables. Es editora de Norte América del *Journal of Environmental Planning and Management* e integrante del consejo editorial de *Progress in Planning* y del *Journal of Emergency Management*.

FERNANDO BRIONES GAMBOA

Doctor en Antropología por la Escuela de Estudios Superiores en Ciencias Sociales (París) y miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT. Es investigador en el Consortium for Capacity Building del Institute of Arctic and Alpine Research de la Universidad de Colorado, Boulder. Su trabajo de investigación se centra en las relaciones sociedad-

clima, la reducción de los riesgos de desastres, el estudio de la vulnerabilidad social y las políticas públicas sobre el cambio climático.

ANA DE LUCA ZURIA

Licenciada en Relaciones Internacionales de la UNAM con estudios de maestría en Medio Ambiente y Desarrollo por la London School of Economics and Political Science. Es estudiante de Doctorado en Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM donde investiga sobre los vínculos entre población y medio ambiente desde una perspectiva de género. Es coautora del libro *Adaptación y Mitigación Urbana del Cambio Climático en México* (CEIICH, UNAM, México, 2015) y co-coordinadora del libro *Transformaciones ambientales e igualdad de género en América Latina. Temas emergentes, estrategias y acciones* (CRIM, UNAM, 2016).

GIAN CARLO DELGADO RAMOS

Economista egresado de la UNAM, con estudios de maestría en Economía Ecológica y Gestión Ambiental y de doctorado en Ciencias Ambientales, ambos por el Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales de la Universidad Autónoma de Barcelona. Es investigador titular B de tiempo completo, definitivo, del programa de investigación “Ciudad, gestión, territorio y ambiente” del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM. Recibió el Premio de Investigación 2014 de la Academia Mexicana en el área de Ciencias Sociales. Fue autor líder del Capítulo 12, Grupo III, del 5º Informe del IPCC.

JORGE ESCANDÓN CALDERÓN

Biólogo graduado por la UNAM, Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales por el Colegio de la Frontera Sur y Doctor en Ciencias Políticas y

Sociales por la UNAM. Actualmente es coordinador ejecutivo de proyectos en el Programa de Investigación en Cambio Climático-UNAM y profesor de asignatura en la Facultad de Ciencias-UNAM en el Seminario de Biología I (Ecología Política). Del 2000 a la fecha se ha desempeñado como asesor de proyectos y campañas y consultor independiente en temas de medio ambiente y cambio climático en asentamientos humanos, tanto en instancias de gobierno, como en organizaciones ambientalistas.

GUIDO FRANCO

Es el líder en investigación sobre cambio climático y medio ambiente en la Comisión de Energía de California. Ha sido uno de los principales responsables en la producción de tres estudios para el Gobernador sobre cambio climático en California en la última década. Ha publicado en *Science* y *Climatic Change* y otras revistas científicas. Fue miembro de un grupo de asesores del gobierno federal (de EUA) que produjo la Evaluación Nacional sobre Cambio Climático en 2014. Actualmente participa en la Evaluación de California, así como en la Nacional de 2018.

MIRIAM GAY-ANTAKI

Profesora Visitante en Colorado College dentro del Programa de Estudios del Suroeste, donde imparte clases de Ecología Política y Sociedad y Medio Ambiente. Su trabajo se centra en las relaciones socioambientales, basándose en los marcos de la ecología política feminista y la geografía feminista.

ANTONINA IVANOVA

Profesora-investigadora y directora del Centro de Estudios APEC de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT, Nivel II. Desde 2002 es miembro

del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), donde de 2008 a 2015 fue vicepresidenta del Grupo de Trabajo III sobre “Mitigación”. Doctora en Economía por la UNAM (con mención honorífica), con estudios de posdoctorado en el Departamento de Estudios de la Paz de la Universidad de Bradford, Reino Unido. Es autora o editora de 23 libros y más de 200 artículos en revistas arbitradas.

BLANCA JIMÉNEZ CISNEROS

Ingeniera Ambiental con doctorado en Calidad del agua. Es Investigadora titular del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es directora de la División de Ciencias de Agua y secretaria del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO en París. Colaboró con el IPCC para el 4º y 5º reporte en el capítulo de agua.

SIMONE LUCATELLO

Investigador del Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora (CONACYT) en la Ciudad de México. Egresado con Maestría de la London School of Economics and Political Science (LSE) del Reino Unido en Relaciones Internacionales (MSc) y doctor en Análisis y Gobernanza del Desarrollo Sustentable por la Universidad Internacional de Venecia, Italia (PhD). Es investigador asociado del Programa de Investigación en cambio climático (PINCC) de la UNAM y de varios programas de investigación mexicanos e internacionales, y participa en redes académicas sobre temas de cooperación internacional, seguridad, y desarrollo sustentable.

RAQUEL MONTES ROJAS

Doctora en Agua y Cambio Climático. Actualmente es la responsable de este tema en el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México.

GABRIELA MUÑOZ-MELÉNDEZ

Es profesora de Energía, Cambio Climático y Calidad del Aire en El Colegio de la Frontera Norte desde 2008. Estudió Ingeniería Química y tiene doctorado en Ciencias Ambientales por el Colegio Imperial de Londres. Ha publicado en *Environmental Science and Technology*, *Journal of Cleaner Production* y *Journal of Borderland Studies*. Desde septiembre de 2016, se encuentra en su sabático en la Universidad de Stanford, investigando el nexo entre el agua y la energía.

INÉS NAVARRO GONZÁLEZ

Experta en la evaluación cuantitativa del riesgo. Es profesora de posgrado en Ingeniería Ambiental en la UNAM y es miembro del personal académico del Instituto de Ingeniería de la misma universidad.

CELIA RUIZ DE OÑA PLAZA

Doctora en Desarrollo Sustentable, ecóloga por la Universidad de Edimburgo, y especialista en Relaciones Internacionales por la Universidad del País Vasco. Desde 2006, participa en varios proyectos relacionados con el cambio climático y las políticas de conservación en Chiapas, donde actualmente realiza investigaciones sobre adaptación desde una perspectiva de ecología política. Tiene su sede en el Centro de Investigaciones Multidisciplinarias de Chiapas y la Frontera Sur (CIMSUR) de la UNAM.

VERÓNICA VÁZQUEZ ZENTELLA

Doctora en Pedagogía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con estudios de licenciatura y maestría en Pedagogía por esa misma casa de estudios y especialización en la enseñanza del español. Autora del libro de texto *Mi Mundo en Otra Lengua* (SEP-Édere, 2012) y

co-autora del libro *Adaptación y Mitigación Urbana del Cambio Climático en México* (CEIICH-PINCC, UNAM, 2015).

SONYA ZIAJA

Abogada por la Universidad de California en Hastings (2009). Está por completar su Doctorado en Geografía en la Universidad de Arizona, con una investigación sobre la interrelación entre ciencia y legislación en la gobernanza del agua y la energía.

ADRIANA A. ZÚÑIGA-TERÁN

Es investigadora en el Centro Udall para Estudios en Política Pública y catedrática en la Universidad de Arizona. Estudió arquitectura en el Tecnológico de Monterrey y trabajó como arquitecta por varios años en México. Cuenta con dos títulos de posgrado de la Universidad de Arizona: una maestría en Arquitectura y un doctorado en Ciencias y Recursos de Tierras Áridas con un grado menor en Cambio Global. Su área de especialización es la seguridad hídrica en las ciudades de tierras áridas.

Esta obra se terminó de realizar en el mes de septiembre de 2018
Programa de investigación en Cambio Climático
Universidad Nacional Autónoma de México
Circuito de la Investigación Científica s/n
Edificio de Programas Universitarios de la UNAM, Planta Alta
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510.
Ciudad de México, México.

Lo urbano es responsable, directa e indirectamente, de buena parte de la degradación ecológica global y de la emisión antropogénica de gases de efecto invernadero, principal causa del cambio climático. Es donde reside la mayor parte de la población mundial, donde se concentra el poder político y el grueso de la riqueza, donde se localiza gran parte del consumo de bienes y servicios y donde se concentra la infraestructura. Por ello, y considerando que el proceso de urbanización se está dando a una velocidad nunca antes vista en la historia, lo urbano se perfila inevitablemente como parte de la solución, como espacio de oportunidad clave para hacer ajustes y tomar medidas correctivas y preventivas, todo dentro de un marco temporal de acción cada vez más reducido.

Ciudades sensibles al cambio climático ofrece una revisión interdisciplinaria sobre la creciente sensibilidad de las ciudades ante los riesgos asociados al cambio climático. Explora las posibilidades para la toma de medidas de adaptación y mitigación que empujen procesos de evaluación y gestión integral y holística, incluyendo las oportunidades y sinergias presentes en los denominados nexos urbanos; ello sin dejar de lado la relevancia de temas transversales clave, como lo son el financiamiento, la cuestión de género, la educación y la participación social.

El conjunto de trabajos, en los que participan académicos y tomadores de decisiones tanto de México como de Estados Unidos, busca abonar a la cada vez más necesaria reflexión sobre el estado de situación actual, las oportunidades, y los retos para la transición y transformación hacia asentamientos urbanos cada vez más sustentables, resilientes, justos e incluyentes.

