



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ECONOMÍA ♦ DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES EN ECONOMÍA

*El Costo Social y Ambiental de la Expansión Urbana sobre el
Suelo de Conservación de la Ciudad de México en la Forma de
Asentamientos Humanos Irregulares*

ENSAYO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
Especialista en Economía Ambiental y Ecológica

PRESENTA:
Erik Omar Mata Guel

TUTOR:
Dr. Daniel Alfredo Revollo Fernández

Ciudad de México, MARZO DE 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mi familia, particularmente mis padres y hermano, por su incesante apoyo en la realización de todos mis proyectos, de los cuales son a la vez testigos y fuente de inspiración.

A Daniel A. Revollo por su amistad, su vocación para la enseñanza y su guía constante para la realización de este trabajo.

A Karina Caballero y Marco A. Nieto por su disposición para ser lectores y aportar sus opiniones en el desarrollo de este ensayo.

A mis compañeros del Programa de Especializaciones, que se volvieron amigos, en especial Paula, Quetzalma, Joshua, Irving, Héctor, Andrea, Sofía, Aline y Tatiana, quienes me acompañaron a lo largo de este ciclo y que con su buen humor y palabras de ánimo me impulsaron a concluir esta obra.

Índice

Resumen y Código JEL	5
<i>Abstract</i>	6
1. Introducción	7
2. La Ciudad de México en Contexto: Ambiente y Tendencias.....	10
2.1. El Suelo de Conservación de la Ciudad de México	10
2.2. La Ciudad de México en el Contexto Internacional	12
2.3. El Crecimiento Histórico de la Ciudad de México	14
3. La Cobertura Vegetal de la Ciudad de México: Importancia y Amenazas	21
3.1. Cobertura Vegetal Urbana y Periurbana.....	21
3.2. El Carbono en el Suelo de Conservación	23
4. Problemática (Regulatoria) de los AHI	30
5. Estimación de los Costos Asociados a la Pérdida de Cobertura Vegetal por Deforestación en el SCDF	35
5.1. Magnitud del Cambio de Uso de Suelo en el SCDF	35
5.2. Costos en Términos de Almacenamiento y Captura de Carbono	37
5.3. Costos en Términos de Pérdida de Infiltración de Agua	41
6. Los Costos como Herramienta de Análisis de Política Pública.....	46
6.1. ANP, Áreas Naturales Protegidas	46
6.2. PSAH, Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos	47
6.3. PROFACE, Programa de Fondos de Apoyo para la Conservación y Restauración de los Ecosistemas a través de la Participación Social	49
6.4. Discusión y Recomendaciones de Política Pública	51
7. Conclusiones.....	54
Referencias.....	56

Resumen

En términos de gestión ambiental, la Ciudad de México está dividida en dos grandes zonas: el Suelo Urbano y el Suelo de Conservación. Los espacios naturales presentes en el segundo generan una amplia variedad de servicios ecosistémicos de importancia estratégica para los habitantes de la capital mexicana. Sin embargo, la aparición de asentamientos humanos irregulares pone en riesgo la viabilidad a mediano y largo plazos de dichos ambientes. Para hacer frente a esta amenaza, una categoría legal de protección no basta, sino que se requiere la formulación e implementación de una normatividad más estricta, para lo cual es de gran ayuda contar con mediciones socioeconómicas del valor de los servicios ambientales a proteger y de los costos potenciales de su pérdida. En el presente trabajo se ofrece una propuesta de valoración del servicio de almacenamiento y captura de carbono, así como de infiltración de agua en el Suelo de Conservación, concluyendo que el valor de cada hectárea no urbanizada es de entre \$21,975 y \$103,500 MXN/año, sólo por concepto de esos dos servicios. Asimismo, tomando como referencia la última tasa de deforestación reportada entre 2006 y 2014 de 210 ha/año, y un costo social del carbono aproximado de 26 USD/tCO₂e, tomado de la literatura, se obtiene que las pérdidas económicas por almacenamiento y captura de carbono oscilan entre \$2.1 y \$15.9 millones MXN anuales. Si bien estas cifras son aproximaciones, se espera que sirvan a la vez como argumento de peso a favor de la preservación de los ambientes naturales y como referente metodológico para efectuar valoraciones económicas de los servicios ecosistémicos del Suelo de Conservación.

Palabras clave: *Ciudad de México, Suelo de Conservación, asentamientos humanos irregulares, valoración económica, carbono, infiltración*

Código JEL (*Journal of Economical Literature*): Q560 Environment and Development; Environment and Trade; Sustainability; Environmental Accounts and Accounting; Environmental Equity; Population Growth

Abstract

In terms of environmental management, Mexico City is divided into two large zones: Urban Land and Conservation Land. The natural spaces present in the latter generate a vast array of ecosystem services that are strategically important to the Mexican capital's inhabitants. Nonetheless, the appearance of irregular human settlements jeopardises the long term viability of said environments. In order to face this threat, a legal protection decree is not enough, but rather the devising and enforcement of stricter norms is necessary, and in doing this, it is very helpful to have economic estimates of the to-be-protected environmental services' value, as well as potential costs of their loss. In the present work, a valuation method is proposed that includes both carbon storage and sequestration and water infiltration services within the Conservation Land, concluding that the value of every non-urbanized hectare lies between \$21,975 and \$103,500 MXN/year, considering only those two services. Furthermore, taking into account the last reported deforestation rate between 2006 and 2014 of 210 ha/year, and an approximate social cost of carbon of \$26 USD/tCO_{2e}, taken from the literature, the obtained economic losses of carbon storage and sequestration fluctuate between \$2.1 and \$15.9 million MXN per year. Although these numbers are approximates, they will hopefully serve as strong arguments in favour of natural spaces' preservation, and as a methodological reference to carry out economic valuations of the environmental services within Mexico City's Conservation Land.

Key words: *Mexico City, Conservation Land, irregular human settlements, economic valuation, carbon, infiltration*

El Costo Social y Ambiental de la Expansión Urbana sobre el Suelo de Conservación de la Ciudad de México en la Forma de Asentamientos Humanos Irregulares

1. Introducción

La Ciudad de México es una de las mayores concentraciones urbanas de todo el hemisferio occidental, enmarcándose en un conjunto de tendencias mundiales, entre las que sobresale la concentración progresiva de las poblaciones humanas en centros urbanos de cada vez mayor tamaño. Sin embargo, el vertiginoso crecimiento de las ciudades ha ocasionado que alrededor del mundo muchas de ellas comiencen a ver sus perspectivas de desarrollo socavadas por causa de las externalidades de sus actividades económicas. Los desafíos en materia ambiental a los que se enfrentan son tanto de alcance global, destacando el cambio climático, como regionales o locales, en la forma de sobreexplotación de recursos o destrucción expresa de los espacios naturales restantes.

Sorprendentemente, sin embargo, la Ciudad de México representa una interesante posibilidad de experimentación de nuevas formas de desarrollo compatibles con el medio ambiente. Siendo una concentración urbana tan grande y activa, es notorio que más de la mitad de su territorio se encuentre bajo categoría legal de Suelo de Conservación, manteniendo una proporción considerable de su superficie cubierta por ecosistemas naturales con muy poco grado de alteración humana directa. No obstante, ante el impulso de la expansión urbana, el decreto en papel no basta para garantizar la permanencia de sus ecosistemas y de los servicios que éstos aportan a la megalópolis. En concreto, los asentamientos humanos irregulares (AHI) constituyen una forma insidiosa en que se dan los

cambios de uso de suelo en esta zona de importancia estratégica y son manifestación sobre todo de la población más desfavorecida que demanda los derechos que las autoridades parecen incapaces o indispuestas¹ a satisfacer, como una vivienda digna y la creación de un patrimonio.

Aun así, los desafíos que presenta el deterioro ambiental a escala planetaria han despertado un cambio de conciencia en el que ha dejado de verse al medio ambiente como un almacén de materias primas por extraer o un espacio desaprovechado por colonizar. Ahora se le reconoce como un proveedor insustituible de un amplio abanico de servicios que suman a su valor económico real y, quizá más importante aún, se ha vuelto evidente que el deterioro ambiental acarrea costos que la sociedad en su conjunto acaba pagando, sea directamente en forma monetaria o indirectamente en pérdida de bienestar. De este modo, queda claro que no se pueden privilegiar las exigencias inmediatas de una porción de la sociedad, si ello conlleva poner en riesgo la viabilidad a largo plazo de la mayoría, y aún menos cuando dicha fracción está incurriendo en un delito.

¹ Identificar las causas exactas de la proliferación de los AHI es una tarea complicada, debido a que es un fenómeno multifactorial, donde la asignación de peso a cada factor resulta un ejercicio subjetivo. Algunos expertos consideran que el problema principal es una falta de voluntad política, sea la laxa aplicación de la normatividad, la ausencia de coordinación entre entidades gubernamentales, o bien, corrupción expresa (D.A. Revollo-Fernández, comunicación personal, marzo de 2018). En cambio, otros académicos señalan que el problema central son los regímenes de propiedad ejidal y comunal, que simultáneamente generan una situación de incertidumbre sobre la tenencia de la tierra e imposibilitan a las autoridades locales para actuar de forma consistente, dada la ausencia de una base legal en la cual respaldarse; así, la resolución de la problemática recaería en principio sobre el poder legislativo y subsecuentemente sobre el judicial y el ejecutivo (M.A. Nieto-Vázquez, comunicación personal, mayo de 2018). Esclarecer objetivamente este debate desde un punto de vista político está más allá de los objetivos del presente trabajo, pero indudablemente sería recomendable como estudio complementario que se adicione a los resultados aquí presentados para fines de formulación de políticas públicas de corte ambiental.

Entonces, si bien la figura legal de Suelo de Conservación por sí misma supone un importante avance en la gestión ambiental, la aparición y permanencia de AHI dentro de este espacio pone de manifiesto la pobre aplicación de la normatividad por parte de las autoridades locales; situación que a largo plazo se traduce en costos difíciles de cuantificar, pero que alguien (con certeza la ciudadanía) deberá asumir. En este contexto general, en el presente trabajo se presenta el resultado de una revisión sobre el desarrollo histórico de la capital mexicana, una descripción del Suelo de Conservación, sus ecosistemas e importancia, un análisis de la situación socioeconómica y política que conduce a la persistencia de asentamientos irregulares y, finalmente, una propuesta de estimación de los costos sociales derivados de la degradación de los espacios naturales, para propósitos de una futura formulación o replanteamiento de políticas públicas que den solución a esta compleja problemática.

2. La Ciudad de México en Contexto: Ambiente y Tendencias

2.1. El Suelo de Conservación de la Ciudad de México

La Ciudad de México² (CDMX) cuenta con una extensión total de 1,485 km² (148.5 mil hectáreas) (GCDMX, 2017) y desde el punto de vista de la gestión ambiental está constituida por dos grandes zonas: el Suelo Urbano y el Suelo de Conservación (SC) (mapa 1). El segundo de ellos abarca una extensión total de 87,297.1 ha (59% de la superficie) y se concentra a lo largo de las serranías que delimitan el Valle de México mayormente hacia el sur (Sierras Chichinautzin y del Ajusco) y suroeste (Sierra de las Cruces), así como una pequeña zona al norte (Sierra de Guadalupe) y las áreas lacustres de Xochimilco y Tláhuac. El Atlas Geográfico del Suelo de Conservación del D.F. (GDF, 2012a) lo define como “las zonas que, por sus características ecológicas, proveen servicios ambientales, necesarios para el mantenimiento de la calidad de vida de los habitantes de la Ciudad de México, de conformidad con lo establecido en la Ley Ambiental del Distrito Federal”.

Este territorio es de gran importancia para los habitantes de la ciudad desde varios puntos de vista; de acuerdo con la fuente antes mencionada, el SC provee a los habitantes de la capital un importante conjunto de servicios ambientales, que se detallan en el cuadro 1. Se ha reportado que dentro de la delimitación del SC habitan alrededor de 2.2 millones de personas, 700 mil de las cuales (8% de la población de la CDMX) constituyen asentamientos rurales y, por tanto, mantienen una relación

² En enero de 2016 se modificó el estatus legal de la capital, de manera que el Distrito Federal (D.F.) cambió su nombre oficial a Ciudad de México (CDMX) y se constituyó como la entidad federativa número 32 del país (Expansión, 2016). En el presente documento se emplean indistintamente, pero dando preferencia a la denominación actual.

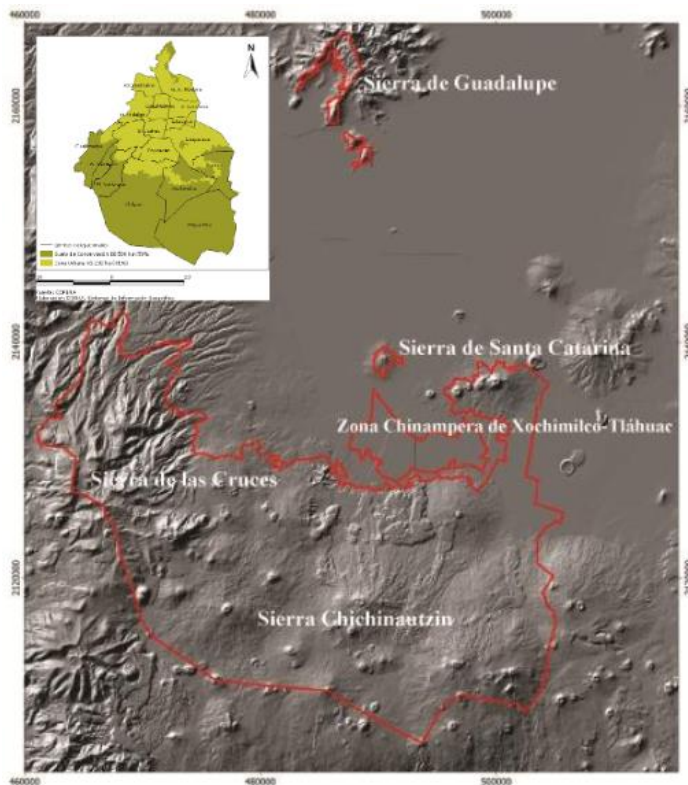
estrecha con los ambientes naturales (SEDEMA, 2012). De este modo, con base en la información del cuadro 1 se observa que los beneficios que genera el SC atañen tanto a las comunidades que habitan dentro del mismo como a los habitantes de toda la cuenca del Valle de México.

Cuadro 1. Servicios ecosistémicos proporcionados por el Suelo de Conservación de la Ciudad de México.

Servicio	Descripción
Suministro de agua	Provee entre el 60% y 70% del agua que consume la ciudad. La capacidad de infiltración estimada al acuífero es de 165 millones de m ³ /año.
Disminución de niveles de contaminación	La cobertura vegetal fija gases de efecto invernadero (GEI), actuando como importante sumidero de CO ₂ y con una cantidad acumulada de entre 2 y 2.5 millones de tCO ₂ en la vegetación aérea.
Reservorio de biodiversidad	Con más de 2,500 especies de flora y fauna en una variedad de ecosistemas (INIFAP y PAOT, 2010), el SC alberga alrededor del 11% de la riqueza biológica nacional y cerca del 2% de la mundial.
Regulación del microclima regional	La cobertura vegetal, conjuntamente con el corredor Las Cruces-Chichinautzin, absorbe una cantidad importante de radiación solar, amortiguando ondas de calor y eventos extremos, lo que permite que la región mantenga un clima templado.
Retención de suelo y agua	La vegetación mitiga los procesos de erosión eólica e hídrica. Al retener el suelo, mantiene la productividad, limita la cantidad de partículas suspendidas y reduce el flujo de azolve hacia las zonas bajas de la cuenca y desagües. Asimismo, el mantenimiento de la estructura del suelo posibilita la recarga del acuífero.
Producción agropecuaria y rural	La producción agropecuaria es la fuente de subsistencia y empleo de alrededor de 21 mil habitantes, especialmente en los pueblos y comunidades rurales. Los principales cultivos son nopal, hortalizas, avena, forrajes, romerito, maíz, flores de ornato y amaranto. La producción ganadera es principalmente ganado bovino.
Posibilidades de recreación, valores escénicos y culturales	El turismo ecológico y de aventura es el que más se ha desarrollado en el SC y recientemente comienzan a ganar importancia otras modalidades de turismo alternativo, por ejemplo, el turismo en pueblos originarios y el especializado en medicina tradicional.

Fuente: elaboración propia con información del GDF (2012a).

Mapa 1. Delimitación del Suelo de Conservación de la Ciudad de México.



Fuente: tomado de Vela-Correa *et al.*, en: Ospina-Noreña *et al.* (2010).

2.2. La Ciudad de México en el Contexto Internacional

Los servicios ecosistémicos descritos anteriormente son de particular interés a escala regional, especialmente si se toma en cuenta que la CDMX no es ajena a las tendencias globales de crecimiento y desplazamiento demográficos, así como de urbanización. El Quinto Informe de Evaluación del IPCC (Revi *et al.*, 2014) señala que a partir de 2008 más de la mitad de la población mundial vive en ciudades y se espera que la proporción continúe aumentando, así como el tamaño y la cantidad de centros urbanos. De acuerdo con dicho informe, el área urbanizada total del planeta representa menos del 0.6% de la superficie

terrestre y, sin embargo, su huella ecológica es considerablemente más extensa, puesto que su desarrollo conlleva la conversión y/o degradación de áreas naturales para cubrir las necesidades y demandas de sus residentes. De hecho, se estima que alrededor del 25% de las emisiones del CO₂ a la atmósfera son atribuibles a los cambios de uso de suelo, especialmente en la forma de deforestación (Vela-Correa *et al.*, 2012).

Así, el reporte *Perspectivas de Urbanización Mundial* de las Naciones Unidas (UN, 2014) reconoce a la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)³ como la cuarta mayor aglomeración urbana del planeta y la más grande en el hemisferio occidental, superando por poco más del doble los 10 millones de habitantes que definen una megalópolis. Asimismo, varios autores (p. ej. Lambin *et al.*, 2001; Foley *et al.*, 2005) han indicado que alrededor del mundo, y en especial en países en desarrollo, el crecimiento urbano no sigue ningún plan. Explican que en muchos casos sus legislaciones contemplan instrumentos para garantizar la conservación de áreas consideradas críticas, pero sus autoridades se ven rebasadas por las demandas de vivienda, infraestructuras de comunicación e industria. En América Latina, y particularmente en la CDMX, el crecimiento se ha dado sin planeación e históricamente la mayor producción de viviendas ocurre en asentamientos humanos irregulares⁴ (AHI, ver recuadro 1) (Molla, 2006; Connolly, 2009).

³ La Zona Metropolitana del Valle de México incluye las 16 delegaciones de la CDMX, más un total de 59 municipios conurbados del Estado de México y 1 del estado de Morelos (OECD, 2015), que en conjunto suman alrededor de 20 millones de habitantes (INEGI, 2014a; UN, 2014).

⁴ A pesar de que los conceptos de arrabal y asentamiento humano irregular se empleen conjuntamente, o incluso indistintamente en algunas fuentes (ver recuadro 1), en el presente documento sólo se empleará el segundo, el cual, en el lenguaje coloquial de la Ciudad de México, corresponde a las llamadas “colonias populares”.

Recuadro 1. Definición de Asentamientos Humanos Irregulares (AHI).

Tal como evidencia el título mismo del documento *The Challenge of Slums: Global Report on Human Settlements 2003* de las Naciones Unidas (UN, 2010) el concepto de asentamientos humanos, y por ende el de asentamientos humanos irregulares, suele vincularse con el concepto de *arrabal*. Según dicho informe, un arrabal es en su denotación más simple “un área densamente poblada, caracterizada por la sordidez y viviendas de estándar inferior”, y además presenta definiciones alternativas que se han empleado en distintos reportes oficiales, algunas de las cuales se aproximan a la definición de asentamientos humanos irregulares (AHI) que ofrece Wigle (2014), quien ha realizado estudios de caso específicos en la CDMX y explica la dificultad que presenta su cuantificación, dada la ambigüedad en torno a la definición de “irregular”.

Así pues, dicho autor propone, con base en los casos estudiados al sur de la capital, especialmente en la delegación Xochimilco, que un AHI está determinado por dos condicionantes: 1) falta de acceso a servicios urbanos (como agua potable, drenaje y saneamiento) y 2) ausencia de permisos de uso de suelo y/o títulos de propiedad. De este modo, quedan excluidas aquellas zonas que alguna vez gozaron de mejores condiciones y que sufrieron de deterioro posterior. Además, es a partir de esta definición que derivan los conceptos de *regularización* (cuando son otorgados los permisos correspondientes de uso de suelo y/o títulos de propiedad) y *consolidación* (cuando se obtiene el acceso al equipamiento urbano y mejoran las condiciones de vida).

2.3. Crecimiento Histórico de la Ciudad de México

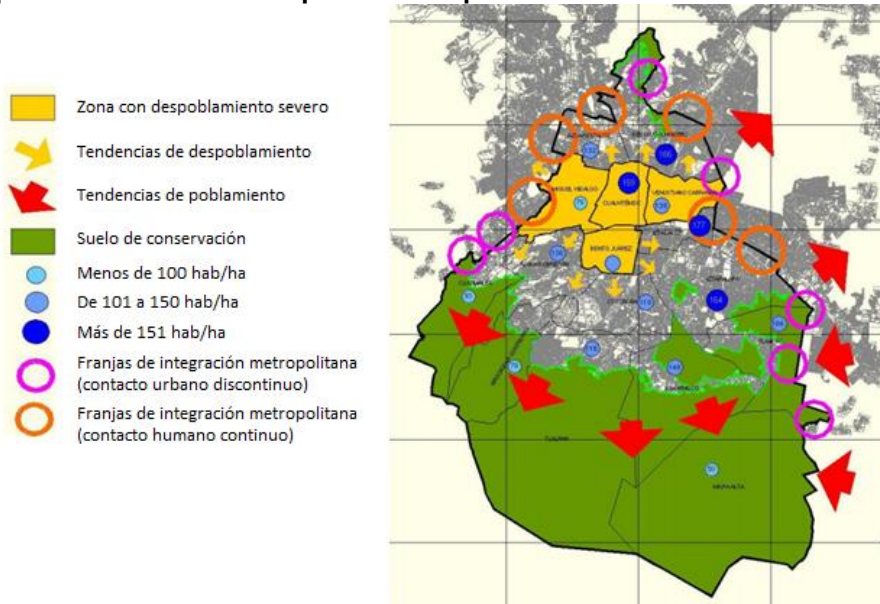
De acuerdo con el informe *Perspectivas Mundiales de Urbanización* de las Naciones Unidas (UN, 2014), la Ciudad de México es la cuarta mayor aglomeración urbana del mundo y la más grande tanto en el continente americano como en el hemisferio occidental, con alrededor de 22 millones de habitantes. El mismo reporte apunta a que actualmente las regiones más urbanizadas del planeta son Norteamérica (82%), América Latina y el

Caribe (80%) y Europa (73%), recordando además el proceso de urbanización global progresivo mencionado anteriormente. Es decir, que tanto el país como la capital se encuadran perfectamente en un contexto de tendencias mundiales que conducen a la población a concentrarse en núcleos urbanos de cada vez mayor tamaño en busca de mejor calidad de vida y oportunidades de desarrollo.

En este sentido, la CDMX se reconoce como el centro económico y el mayor generador de riqueza en el país, contribuyendo desde los años 1940 con cerca de una tercera parte del PIB a nivel nacional⁵ (Evalúa DF, 2011). Coincidentemente, se reporta que fue durante esa década que el crecimiento de la ciudad se aceleró de forma agresiva en todas direcciones, especialmente en la forma de AHI hacia el sur, debido a las características físicas del terreno que facilitan el proceso de cambio de uso de suelo (Molla, 2006). Esto es, la transformación no ocurrió en principio en las laderas montañosas, sino sobre todo en las planicies aluviales de la zona sur, de manera que, del antiguo sistema lacustre de la cuenca de México, actualmente sólo quedan cuatro remanentes (Xochimilco y Chalco en el sur, Ciénega de Tláhuac al oriente y Zumpango al norte) (CONABIO, s.f.). Además, fue entre los años 1940 y 1950 que arrancó el proceso de desconcentración de la población desde el centro hacia la periferia de la ciudad, el cual persiste hasta la fecha (Unikel, 1974; Molla, 2006) (mapa 2).

⁵ De acuerdo con cifras más recientes, el PIB de la Ciudad de México y el de la ZMVM representan el 16.5% (INEGI, 2014b) y el 23% (OECD, 2015) del nacional, respectivamente, es decir, que la participación proporcional de la capital ha disminuido con respecto a los años 1940. Aun así, continúa teniendo la mayor participación, seguida del Estado de México (9.3%), Nuevo León (7.3%) y Jalisco (6.5%) (INEGI, 2014b).

Mapa 2. Tendencias de desplazamiento poblacional en la Ciudad de México.



Fuente: Azuara-Monter (2016).

A pesar de la importancia que ha tenido la capital desde tiempos precolombinos, el vertiginoso desarrollo de la CDMX no se puede explicar simplemente por tendencias demográficas, dejando de lado las políticas que lo han impulsado de manera expresa. A finales del siglo XIX y principios del XX, hubo políticas claramente centralizadoras, como la construcción de ferrovías, que favorecieron la llegada y establecimiento de miles de familias de otras zonas del país (Evalúa DF, 2011). A partir de ese momento, la explosión demográfica se hizo evidente, puesto que apenas en 1910 se contabilizó medio millón de habitantes en la capital (Cervantes-Sánchez, 1988), en tanto que para 1970 la población había alcanzado los 8.6 millones (Unikel, 1974). Es decir, que en sesenta años la población de la CDMX se multiplicó por 17, en tanto que la superficie urbana aumentó de 8 mil a 130 mil hectáreas entre 1930 y 1980 (incremento de 16 veces) (Cervantes-Sánchez, 1988).

Cuadro 2. Proceso de crecimiento histórico de la Ciudad de México y la Zona Metropolitana de finales del siglo XIX a principios del siglo XXI.

Periodo	Principales eventos de crecimiento urbano en la Ciudad de México
1880-1910	Porfiriato; la construcción de vías férreas y la instalación de líneas eléctricas incentivan el establecimiento de fábricas en la periferia de la capital. Las familias de menores ingresos se asientan en el oriente, consolidando la zonificación general de la ciudad hasta la actualidad. Se aceleran la desecación de los lagos, la deforestación, la extracción de agua subterránea, el desagüe de la cuenca, la recarga del acuífero y el hundimiento de la ciudad.
1910-1930	Tasas de crecimiento relativamente altas, pero con la mayor parte de la población (98%) aún circunscrita a los límites políticos de la ciudad. Sólo el 2% habitaba en las delegaciones Coyoacán y Azcapotzalco.
1930-1950	Mayor ritmo registrado de crecimiento demográfico y territorial de la ciudad. Aumento de la superficie urbana de 8 mil a 130 mil ha. A partir de 1940 inicia la desconcentración de la ciudad, sobre todo hacia el sur y sureste. Industrialización intensiva en el norte.
1950-1960	El área urbana de la ciudad rebasa los límites del Distrito Federal hacia el Estado de México. Se multiplican los AHI, originando más de 200 “colonias populares”, con una población combinada de más de 1 millón de personas. A partir de 1955 el DDF ⁶ prohíbe los AHI, negándoles la incorporación a los servicios urbanos y desalojando algunos de ellos.
1960-1970/80	El área urbana se extiende desde la Ciudad Central (52.5% de la población) hacia las Delegaciones Periféricas contiguas (33.3%) y del sur (4.5%), y el Estado de México (9.7%). La alta demanda de suelo, vivienda y servicios provocó la especulación de la tierra, la venta ilegal de áreas ejidales, comunales y privadas y la invasión de terrenos. Persiste la política de no incorporación de los AHI, conduciendo a la toma clandestina de electricidad y agua. El proyecto “Ejes viales” y la construcción de vías rápidas fomentan la motorización.
1977-1981	Periodo de crecimiento con densificación y consolidación de asentamientos irregulares, especialmente en el Estado de México con la formación del asentamiento de Nezahualcóyotl. Ante el proceso de urbanización, el Gobierno Federal establece el Programa de Regularización de Tenencia de la Tierra, con el que se incorporan los AHI a los servicios urbanos y se inicia el cobro del impuesto predial.
1982-1989	“La década perdida”; expansión de la periferia de la ciudad debida a una nueva oleada de asentamientos irregulares a gran escala y proyectos públicos de subsidio de vivienda.
1989-1994	Crecimiento constante del PIB acompañado de inflación moderada; los valores se recuperaron de la recesión previa y se dio la densificación y consolidación tanto de los desarrollos formales como de los irregulares.

⁶ DDF, antiguo Departamento del Distrito Federal, luego Gobierno del Distrito Federal (GDF) y actualmente GCDMX (Gobierno de la Ciudad de México).

-
- 1994-1997** “El error de diciembre”; aumento dramático de todos los valores, excepto el de la tierra, por lo que se dio un incremento de las viviendas empobrecidas.
- 1997-2005** Hacia 1997 la economía se recupera; hay estabilidad macroeconómica con reestructuración de los sistemas de crédito hipotecario que generaron una escalada en los valores de la tierra, con aumento de más del doble de los precios entre 2001 y 2005.
-

Fuente: Elaboración propia con información de Unikel (1974), Cervantes-Sánchez (1988), Connolly (2009) y Evalúa DF (2011).

De forma más detallada, en el cuadro 2 se presenta una síntesis del proceso de crecimiento urbano de la Ciudad de México, simultáneamente con los municipios conurbados que conforman la Zona Metropolitana. En el mismo se observa que la relación de la ciudad con los asentamientos irregulares ha sido fluctuante, con periodos de ocupación ilegal de tierras intercalados con eventos de consolidación y regulación. También se manifiesta el proceso antes mencionado de desconcentración, siendo que a inicios del siglo XX casi la totalidad de la población residía en la llamada *ciudad central*⁷, mientras que hacia los años 1960 la proporción se había reducido casi a la mitad. Conjuntamente, se vislumbran los comienzos de otras problemáticas a las que se enfrenta la ciudad en la actualidad, como el desabasto de agua, los hundimientos diferenciales y la insuficiente oferta de transporte público, que vuelve a la ciudadanía fuertemente dependiente de los vehículos particulares.

Alternativamente a la detallada crónica que se presenta en el cuadro 2, el GDF (s.f.) resume el crecimiento de la ciudad a lo largo del siglo XX en cuatro etapas: 1) 1900-1930, formación y crecimiento de la ciudad central; 2) 1930-1950, bases para el crecimiento metropolitano; 3) 1950-1970, proceso metropolitano; y 4) 1970-2000, transición demográfica. La misma fuente oficial recuerda que en 1936 (segunda etapa) se promulgó la

⁷ La definición oficial de *ciudad central* abarca las delegaciones Benito Juárez, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza (GDF, s.f.).

primera Ley General de Población en México, en la cual se estipulaba que la población debe aumentar con base en su crecimiento natural, es decir, hacer esfuerzos por disminuir las tasas de mortalidad y promover la natalidad. La fuerte tendencia de crecimiento demográfico derivada se mantuvo hasta los años 1970. Hacia la cuarta etapa comienza el declive de las tasas de crecimiento del D.F., pero se fortalece el proceso de interrelación urbana que conduce a la formación de la megalópolis actual, de la cual más de la mitad corresponde a los municipios conurbados.

Pero independientemente de la categorización que se asigne a los distintos periodos de crecimiento de la CDMX y su zona conurbada, el resultado fue que, para el cambio de milenio, el gobierno local determinó que el suelo urbano estaba prácticamente agotado, mientras que las necesidades de vivienda de su población aún en crecimiento se mantenían; su respuesta fue la emisión del llamado Bando 2 (Molla, 2006). Tamayo (2007) explica que este último fue un instrumento de política de desarrollo urbano con miras a revertir el crecimiento desordenado de la ciudad a través de una serie de objetivos específicos, tales como restringir la expansión urbana y el despoblamiento de las áreas centrales, preservar el suelo con valor ecológico y facilitar a la población pobre el acceso a vivienda en las delegaciones centrales. No obstante, el autor señala que la efectividad de dicho instrumento se vio mermada, debido a que implicó el alza en el costo del suelo, de modo que la oferta privada se orientó mayoritariamente a la vivienda media y alta, es decir, a la población de ingresos mayores.

En efecto, los diferentes autores que han realizado investigaciones sobre la problemática de los AHI, particularmente en el caso de la CDMX, suelen identificar los mismos factores causales, que en gran medida son de origen económico, pero potenciados por cuestiones políticas. En concordancia

pues con lo presentado por el GDF (s.f.), González *et al.* (2003) señalan que se trata de población que no tiene la capacidad económica ni el acceso a los mecanismos de crédito para obtener una vivienda en los mercados formales. Al respecto, algunos autores (p. ej. Aguilar, 2008; Wigle, 2010) reconocen que los cambios de uso de suelo dentro del SC se efectúan principal, aunque no exclusivamente, por familias de bajos ingresos. Por tanto, para fines de formulación de políticas públicas, es conveniente diferenciar los AHI de procesos tales como la expansión de pueblos rurales y ocupaciones de tierra por hogares de altos y bajos ingresos, aun cuando sus consecuencias en términos ambientales sean equivalentes.

3. La Cobertura Vegetal de la Ciudad de México: Importancia y Amenazas

3.1. Cobertura Vegetal Urbana y Periurbana

El área bajo denominación oficial de Suelo Urbano (en contraposición al Suelo de Conservación) mantiene un 20.4% (12,485 ha) de su superficie ocupado por áreas verdes públicas y privadas, de las cuales 55.9% (6,979 ha) son zonas arboladas y 44% (5,494 ha) son pastos y arbustos⁸ (GDF, 2012b). Tomando en consideración la importancia que tienen estos espacios verdes dentro del contexto urbano⁹, tiene sentido la intención tanto de las autoridades locales como de los residentes de frenar la transformación de esos espacios en viviendas, comercios o infraestructura urbana. Es razonable pensar además que la apropiación y transformación irregulares de las áreas verdes urbanas sean más difíciles, en comparación con los ambientes periurbanos, dados la visibilidad de la que gozan y el interés directo de sus beneficiarios por preservarlas.

Y, sin embargo, justamente por el hecho de que el SC se ubica contiguamente a una de las más grandes urbes del planeta, sorprende la importante diversidad de ecosistemas con diverso grado de conservación que aún mantiene, entre los que se cuentan comunidades rurales con actividades agropecuarias entremezcladas con bosques, pastizales de alta montaña, pedregales y humedales. El origen de dichos ambientes no

⁸ Estimaciones propias de superficie con base en porcentajes reportados.

⁹ Los beneficios proporcionados por las áreas verdes urbanas han sido señalados y analizados abundantemente en la literatura científica, incluyendo desde efectos positivos sobre la salud y el bienestar psicológico, pasando por mejoramiento de la percepción estética, reducción del ruido urbano e incremento de los precios de las propiedades, hasta potenciales de mitigación y adaptación ante el cambio climático. (p. ej. Gidlöf-Gunnarsson y Öhrström, 2007; Niemelä *et al.*, 2010; Lee y Maheswaran, 2011; Wolch *et al.*, 2014).

antrópicos se atribuye a la actividad volcánica de la zona que dio como resultado una amplia variedad de pisos altitudinales, geformas, climas y paisajes (SEDEMA, 2016). De esta diversidad de áreas naturales, los bosques templados son espacios estratégicos, tanto para fines de mitigación y adaptación ante el cambio climático como por su vulnerabilidad directa e indirecta ante las actividades humanas.

Aunque la estimación de la superficie ocupada por cada tipo de vegetación varía según la fuente, en todos los casos se reporta que la cobertura forestal representó en 2010 alrededor del 43% (~37,500 ha, ver cuadro 3) del SC (INIFAP y PAOT 2010; GDF 2012a; PAOT y CentroGeo, 2014). Cabe aclarar que ese porcentaje incluye toda la superficie con cobertura arbórea, independientemente de su grado de preservación, de modo que en el cuadro 3 corresponde a las categorías de bosque sin perturbar (29%) y bosque perturbado (14%) del Atlas Geográfico del SCDF.

Cuadro 3. Superficie ocupada por tipos de vegetación o usos de suelo reportados al año 2010 en el Atlas Geográfico del SCDF.

Categoría	Superficie (ha)	% del total
Uso forestal	46,137.5	52.85
*Bosque sin perturbar	25,242.7	28.92
*Bosque perturbado	12,209.1	13.99
Matorral	4,174.8	4.78
Pastizal de alta montaña	4,510.9	5.17
Uso no forestal	40,524.5	46.42
Agricultura	17,729.2	20.31
Pastizal inducido	8,840.6	10.13
Humedales	851.1	0.97
Cuerpos de agua	476.8	0.55
Equipamiento	2,010.4	2.30
Asentamientos humanos	10,616.3	12.16
<i>Total</i>	<i>87,297.0</i>	<i>100.00</i>

*Tipos de vegetación considerados cobertura forestal.

Nota: La suma del total puede no coincidir por efecto del redondeo.

Fuente: GDF (2012a).

Ahora bien, retomando el punto de vista de los servicios ambientales que proporciona el SC, tanto la preservación como el mantenimiento de la

salud de sus ecosistemas es de interés inmediato de las autoridades locales y, sobre todo, de los residentes de la megalópolis. Entonces, de toda la gama de servicios que aportan los ecosistemas periurbanos, destacan en especial dos que se enmarcan en el contexto del cambio climático, tanto como potencial contribución a mitigarlo, como en la adaptación ante sus efectos. Dejando de lado la heterogeneidad de sus tipos de vegetación, estos son: 1) el potencial como sumidero y almacén de carbono, y 2) la capacidad de infiltración y recarga del manto freático de la cuenca.

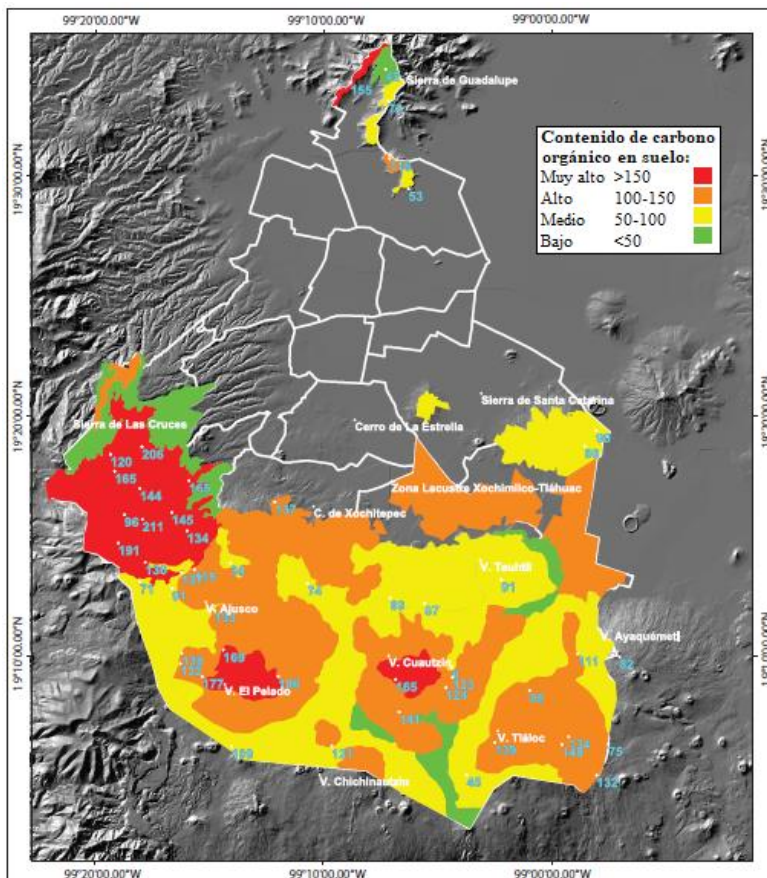
3.2. El Carbono en el Suelo de Conservación

Como se explica en el libro *Suelo de Conservación* (SEDEMA, 2016), desde el punto de vista de la atención al cambio climático, los bosques son prioritarios por su capacidad de asimilar CO₂ atmosférico, así como por acumular carbono que de otro modo sería liberado de nuevo a la atmósfera. Se señala, además, que la cantidad de carbono acumulado se relaciona con la biomasa del ecosistema, del cual una importante proporción se encuentra ubicada en la porción aérea de la vegetación (fuste, ramas y follaje), especialmente en los bosques templados, como los que existen en torno a la CDMX (Vela-Correa *et al.*, 2010, 2012; SEDEMA, 2016).

Poniendo el servicio ambiental de captura de carbono en cifras, se estima que en la totalidad del SC se encuentran acumuladas alrededor de 8.5 millones de toneladas de CO₂e (GDF, 2014). Las estimaciones de la cantidad atribuible a la vegetación aérea, en cambio, presentan una alta variabilidad que responde a la diversidad de tipos de vegetación. En el año 2010 se reportó que entre 1.8 y 2.5 millones tCO₂e (21–29%) del total de

carbono en el SC correspondían a la vegetación aérea, en especial en los bosques de pino (*Pinus spp.*) (INIFAP y PAOT, 2010). Por otro lado, también se ha indicado que esa proporción es dinámica y ha ido en incremento, posiblemente como efecto positivo de las políticas de conservación de este territorio, tal que el contenido estimado de carbono aéreo en los bosques perennes pasó de 1.7 a 3.1 millones de tCO₂e (aumento de 20–36%) entre 1985 y 2015 (SEDEMA, 2016).

Mapa 3. Distribución del carbono orgánico en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México.



Fuente: tomado de Vela-Correa *et al.* (2012).

De lo anterior se puede deducir que el carbono restante corresponde a la vegetación no aérea (sistemas radicales) y la biota subterránea, así como a los compuestos orgánicos del sustrato, denominado carbono orgánico del suelo (COS). Este reservorio mantiene una estrecha relación con la cobertura vegetal que realiza la captura del carbono desde la atmósfera y lo deposita gradualmente en forma de mantillo, y también con el relieve, al cual responden tanto la distribución de las masas vegetales como la posibilidad de acumulación del material orgánico depositado. El mapa 3 muestra la distribución espacial del COS dentro del SC. Asimismo, en el cuadro 4 se presenta el contenido de COS estimado por tipo de cobertura vegetal.

Cuadro 4. Contenido de carbono orgánico en el suelo (COS) por tipo de cobertura vegetal en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México.

Tipo de cobertura vegetal	Especies	Nombre común	COS (ton/ha)
Forestal	<i>Abies religiosa</i>	Oyamel	155.01
	<i>Pinus</i> spp.	Pino	127.75
	<i>Quercus</i> spp.	Encino	124.84
Áreas de reforestación	<i>Abies religiosa</i> y <i>Pinus</i> spp.	Oyamel y pino	155.20
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto	153.40
	<i>Cupressus lindleyi</i>	Cedro blanco/ciprés	56.60
	Mixto	N/A	85.90
Áreas con matorral	<i>Opuntia</i> spp., <i>Senecio praecox</i> , <i>Acacia</i> spp., <i>Prosopis</i> spp., otras.	Nopal, palo loco, huizache, mezquite, otros.	104.33
Áreas agrícolas	<i>Zea mays</i>	Maíz	32.90
	<i>Avena sativa</i>	Avena forrajera	42.60
Pastizal	<i>Festuca tolucensis</i> y <i>Muhlenbergia macroura</i>	Zacate/pasto amacollado	90.00

N/A: no aplica.

Fuente: Elaboración propia con información de Vela-Correa *et al.*, en: Ospina-Noreña *et al.* (2010).

Como se observa en el cuadro 4, el contenido de materia orgánica almacenado en los suelos depende del tipo de comunidad vegetal predominante en el sitio, siendo los bosques naturales de oyamel los más

relevantes, dada su capacidad de capturar carbono y almacenarlo en el suelo, seguidos de los bosques de pino y de encino. También se observa que las áreas reforestadas pueden alcanzar la misma capacidad de almacenamiento de carbono que los bosques naturales, tanto si se emplean especies nativas (oyamel y pino) como si se introducen especies exóticas (eucalipto). Esto último, sin embargo, no es muy recomendable por dos motivos. En primer lugar, porque la reforestación es una técnica de remediación tras un daño ambiental y, por tanto, no es de carácter preventivo. En segundo, porque alterar la composición de especies en un ecosistema podría poner en riesgo otros servicios ambientales relevantes, aun cuando no se les haya identificado o contabilizado.

Cuadro 5. Descripción de los reservorios de carbono en el Suelo de Conservación, de acuerdo con el gradiente altitudinal.

Rango altitudinal (msnm)	Descripción de los sitios	Vegetación dominante	Superficie (ha)	% del SC	tCO ₂ e/ha	Contenido de COS
3000-3550	Laderas de montaña superiores	<i>Pinus hartwegii</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>Abies religiosa</i> , <i>Alnus jorullensis</i>	12,739	14	>150	Muy alto
2279-3000	Laderas de montaña superiores, medias e inferiores y zonas lacustres.	<i>P. montezumae</i> , <i>P. hartwegii</i> , <i>A. religiosa</i> , <i>A. jorullensis</i> , <i>Juniperus</i> spp., <i>Quercus</i> spp.	37,193	42	100-150	Alto
2250-2800	Piedemontes y laderas inferiores	<i>P. montezumae</i> , <i>P. patula</i> , <i>P. ayacahuite</i> , <i>Quercus</i> spp., <i>Senecio praecox</i> , <i>Yucca</i> spp., <i>Opuntia</i> spp., <i>Eucalyptus</i> spp.	31,838	36	50-100	Medio
N/R	Planicies aluviales intermontanas y piedemontes inferiores	Zonas agrícolas productoras de maíz, avena forrajera, zanahoria, papa, haba y chilcharo.	6,761	8	<50	Bajo

N/R: no reportado.

Fuente: Elaboración propia con información de Vela-Correa *et al.* (2012).

Como se señaló anteriormente (ver sección 2.1), la distribución de las comunidades vegetales, y por tanto el contenido de carbono, también se correlaciona con el relieve. En el cuadro 5 se muestran los tipos de comunidades, su vegetación dominante y el contenido de carbono que acumulan, de acuerdo con el rango altitudinal en el que se encuentran. Dado lo escarpado del terreno en el SC, tiene sentido que más del 50% se encuentre a más de 2,500 msnm, que es justamente donde se distribuyen las especies forestales con mayor capacidad de captura y almacenamiento de carbono aéreo y en el suelo. Desde el punto de vista de la mitigación de las emisiones, esta situación representa una enorme ventaja, ya que como se explicó en la sección 2.3, la expansión de la ciudad ocurre con mayor facilidad en las regiones planas a menor altitud.

Desafortunadamente, el hecho de que estos bosques no se encuentren bajo amenaza inminente de cambio de uso de suelo no significa que su preservación esté garantizada, sobre todo tomando en cuenta los efectos esperados del cambio climático. Allen *et al.* (2010) reportaron que entre 1997 y 2010 alrededor de 10 mil hectáreas de vegetación leñosa a nivel mundial sufrieron afectaciones atribuibles a las elevadas temperaturas y el consecuente estrés hídrico, comprendiendo una amplia gama de comunidades, tales como matorrales, selvas tropicales y bosques templados. Los mecanismos a través de los cuales el cambio climático incide sobre la mortalidad de los árboles son complejos y sinérgicos, ya sea que se rebasen sus umbrales fisiológicos de tolerancia¹⁰, que aumente su vulnerabilidad ante brotes de plagas y enfermedades (Avendaño-

¹⁰ Se ha reportado que las especies longevas, como muchos árboles, tienen una plasticidad genética limitada que se correlaciona con sus ciclos de vida largos, de modo que son altamente vulnerables ante condiciones ambientales cambiantes que no se han presentado en al menos un millón de años (Gutiérrez y Trejo, 2014; McPherson *et al.*, 2018).

Hernández *et al.*, 2009) o que incremente la incidencia de incendios (Liu *et al.*, 2010), por mencionar algunos.

Así, ante un clima que se modifica, también puede esperarse un desplazamiento progresivo de las masas forestales hacia zonas con condiciones ambientales más favorables; en el caso de los bosques de coníferas de climas semifríos, se espera que se refugien en altitudes cada vez mayores y que sean remplazadas por comunidades de clima más cálido, como encinares (Villers y Trejo, 1997, 2000). En un estudio específico sobre la reducción del área de distribución potencial del oyamel bajo diferentes escenarios, se pronostica que hacia el año 2090 casi no quedarán áreas favorables para la especie, más que en elevaciones superiores a los 4,500 msnm (Sáenz-Romero *et al.*, 2012). De forma complementaria, conviene generar información sobre la capacidad de cada especie para desplazarse naturalmente, así como desarrollar técnicas de manejo forestal que ayuden a mantener la salud y permanencia de las comunidades boscosas (Lindler *et al.*, 2010).

Resumiendo lo antes presentado, el panorama en el mediano y largo plazos luce poco prometedor, dada la evidencia de que la CDMX corre el riesgo de ver disminuida su cobertura forestal, aun cuando ésta se encuentre bajo una categoría legal de conservación. No obstante, hay que tener cuidado de que este hecho no se tome como un pretexto para relajar la normatividad ambiental. Por el contrario, debe tomarse como una llamada de atención por parte de las autoridades ambientales locales, de modo que no se permita que una presión adicional antropogénica directa se adicione a los ya de por sí graves impactos esperables del cambio climático sobre los bosques templados y sus respectivos servicios ecosistémicos.

Cabe asimismo recordar que las medidas regulatorias deben ser elaboradas con cuidado y revisadas con regularidad, puesto que, en conjunción con la tendencia expansiva inherente de las ciudades, pueden constituir un mayor grado de presión sobre los ecosistemas periurbanos, tal como dejó ver la experiencia del Bando 2 (ver sección 2.3). Es más, se ha señalado que la conservación y el buen mantenimiento de los espacios verdes, si bien deben ser prioritarios, pueden tener repercusiones socioeconómicas con efectos sobre la distribución demográfica. En concreto Wolch *et al.* (2014) señalan que la inversión en espacios verdes con fines de justicia ambiental, simultáneamente vuelve los vecindarios más atractivos, así que aumentan los valores inmobiliarios, provocando la gentrificación del área y el desplazamiento de los residentes que se pretendía beneficiar, todo lo cual se explora con mayor detalle en la siguiente sección.

4. Problemática (Regulatoria) de los AHI¹¹

En contraposición al Suelo Urbano, el Suelo de Conservación fue decretado oficialmente en 1992 (FAO, 2015) y, sin embargo, los cambios de uso de suelo más sustanciales han tenido lugar dentro del segundo de ellos. El resultado, una disminución del área para preservación ecológica, que es remplazada por los AHI y/o áreas de producción agroindustrial. En opinión de algunos autores, el precedente histórico para este proceso quedó determinado desde la creación de 81 ejidos dentro del D.F., que a la larga harían ineludible la confrontación entre el suelo rural ejidal y la inercia de la expansión urbana. Más recientemente, la transformación de los espacios naturales recibió un importante impulso en 1973 con la creación de la CORETT¹² (ver cuadro 2), organismo que dio seguridad a los nuevos propietarios sobre las adquisiciones ilegales de suelo, mediante la concesión de escrituras públicas en muchos asentamientos urbanos ubicados sobre previo suelo ejidal.

Si bien el caso de la CORETT representa el cambio de postura más drástico por parte de la autoridad en materia de ordenamiento territorial, ejemplifica a la perfección la ambigüedad con respecto a la aplicación de la ley. En principio se maneja un discurso de inflexibilidad, mientras que a la vez se actúa de forma laxa. De ahí que Garza (1997) haya calificado la planeación urbana en la CDMX como un “ejercicio virtual”, en vista de la brecha persistente entre la planeación formal y los patrones de urbanización reales, donde la existencia y permanencia de los AHI es la

¹¹ Este apartado está basado en los trabajos de Molla (2006), Wigle (2010, 2014) y Caro-Borrero (2012), cuyos análisis, discusiones y reflexiones se enfocan en el caso específico de la Ciudad de México.

¹² Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra.

prueba más clara. Y dado que el SC engloba un amplio rango de tipos de propiedad, actividades económicas, políticas de conservación y designaciones de uso de suelo administradas por un ensamble de agencias de gobierno federales y locales, la planeación adaptativa y la supervisión continua resultan indispensables para fines de preservación de los espacios naturales y sus servicios ecosistémicos.

En específico, las causas de carácter regulatorio que se han enlistado para esta problemática incluyen: la falta de comunicación (y por tanto de coordinación) entre agencias de gobierno¹³, las excesivas y con frecuencia conflictivas regulaciones de uso de suelo y los escasos esfuerzos de aplicación y seguimiento de las políticas existentes. Esta combinación de factores resuelve para muchas familias la aparente contradicción entre el deseo de adquirir un patrimonio y la ausencia de títulos, ya que, ante la falta de control gubernamental evidente, la ciudadanía es consciente de que las leyes en materia de propiedad del suelo y sus usos no serán aplicadas. De forma comparable, hay casos en que existe la propiedad legítima de la tierra, pero los cambios de uso de suelo se efectúan de forma ilegal.

A la de por sí compleja situación antes descrita, hay que añadir la naturaleza política de la gestión urbana. En este sentido, Wigle (2014) denuncia que durante los gobiernos del PRI gran parte de la regularización tuvo lugar bajo un modelo de clientelismo, sistema que se mantuvo bajo el PRD. Bajo esta premisa, la definición binaria regular/irregular se vuelve maleable, puesto que las acciones de regularización se vinculan con

¹³ La responsabilidad de elaborar los planes de desarrollo urbanos recae en la SEDUVI (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la CDMX), en tanto que los programas generales de planeación ecológica son competencia de la SEDEMA (Secretaría de Medio Ambiente de la CDMX).

relaciones de clase y poder, es decir, que la criminalización de las “irregularidades” depende de quién las comete, o bien, las decisiones de aplicación de la normatividad u otorgamiento de concesiones se toman a cambio de influencia política.

Ahora bien, desde el punto de vista operativo, la elaboración de los planes de ordenamiento y su ulterior implementación resultan igualmente complicadas. El procedimiento implica la cuantificación, mapeo y categorización de los AHI, a los cuales se les asignan diferentes posibilidades de regularización en lo que Wigle (2010) denomina “el modelo de Xochimilco”. La principal crítica del autor a este sistema es que los esfuerzos que lleva a cabo la delegación en cuestión se enfocan más en la resolución de conflictos y minimización de impactos, en vez de ser de carácter preventivo, tal que quedan comprometidas las metas de sustentabilidad, al ceder ante la presión social por vivienda. Inversamente, se puede argüir que esta última situación no es del todo negativa, ya que se mantiene un margen de negociación, evitando caer en un ejercicio autoritario que desatienda las necesidades sociales.

En cualquier caso, el mecanismo de regularización requiere cuando menos una revisión, con el fin de conciliar las metas sociales y ambientales dentro de un mismo espacio, ya que el resultado hasta el momento ha sido el fomento a la llamada “invasión hormiga” del SC. Desde una perspectiva programática, Yiftachel (2009) habla de un proceso de “griseamiento” (*graying*) en torno a los espacios urbanos, cuyas periferias son invadidas de forma irregular. Estos AHI, permanecen en un limbo de planeación o “espacio gris”, es decir, en un estado de “temporalidad permanente” que no es desalojado ni regularizado, a la vez tolerado y condenado, pero que a largo plazo deja abierta la posibilidad al Estado de realizar “correcciones”

sobre su situación legal a cambio de soporte político. En otras palabras, se acusa a las autoridades de emplear una estrategia de gobernanza espacial que consiste en promover y mantener espacios fragmentados, pero “gobernables”, que fuerza a las comunidades a competir por la regularización de sus usos de suelo.

Dentro de la terminología que se emplea en la CDMX, tales espacios grises, con posibilidades de regularización diferenciadas, corresponden a tres denominaciones: 1) zonas sujetas a regulación especial, 2) zonas sujetas a estudios específicos y 3) zonas sujetas a control. La primera categoría incluye los asentamientos elegibles para recibir los permisos correspondientes de uso residencial, así como acceso a los servicios urbanos, mas solamente después de concretarse estudios ambientales y urbanos que determinen las medidas a tomar para mitigar y compensar por los daños ambientales de su presencia dentro del SC. Una vez alcanzado un acuerdo, se firma un Convenio de Colaboración. Este mecanismo responde a un doble propósito. En términos prácticos, el pago provee de recursos para acciones de mitigación del impacto ambiental del AHI; en términos políticos, la sanción revalida a la figura de gobierno y reafirma la legitimidad de las normas de planeación, aunque sea brevemente.

A diferencia de la primera categoría arriba descrita que puede ver su situación legal resuelta, al menos en el corto plazo, se entiende que las otras dos deben continuar negociando. Las zonas sujetas a estudios específicos tienen que pasar por estudios ambientales y urbanos más exhaustivos para poder optar por la eventual regularización. En cambio, las zonas sujetas a control no son elegibles y pueden ser objeto de medidas de contención, desalojo o reubicación. Cabe mencionar, empero, que aun cuando se cuente con la participación voluntaria de la ciudadanía en la

forma de comités de vigilancia, con frecuencia la actuación de las autoridades es inconsistente. Wigle (2014) habla específicamente del caso de El Asentamiento, localidad ubicada en Xochimilco, donde una residente a cargo del comité de vigilancia declaró haber reportado a las autoridades invasiones y ventas de tierra ilegales, pero cuya única respuesta fue acudir a tomar fotografías sin dar más seguimiento.

Más allá de la especulación, no se puede asegurar que las acciones gubernamentales respondan enteramente a intereses políticos. Aun así, es claro que la gestión de las zonas de conservación y la aplicación de la normatividad han sido cuando menos deficientes, obligando a las autoridades a cargo a emplear un discurso que los desvincule de la responsabilidad, al calificar la proliferación de AHI como un proceso anárquico, ajeno al orden y la planeación del gobierno local, y asignándoles una categoría que suene oficial. Resumiendo, en palabras de Wigle (2014), el Suelo de Conservación “es un terreno complejo de relaciones socio-espaciales, usos de suelo en conflicto y reclamos que compiten por la apropiación y el control de la tierra y sus recursos”, de donde se deduce que es imprescindible la participación consciente de todos los actores socioeconómicos involucrados, con tal de garantizar la permanencia de los espacios naturales, los servicios que proporcionan y la calidad de vida de sus moradores.

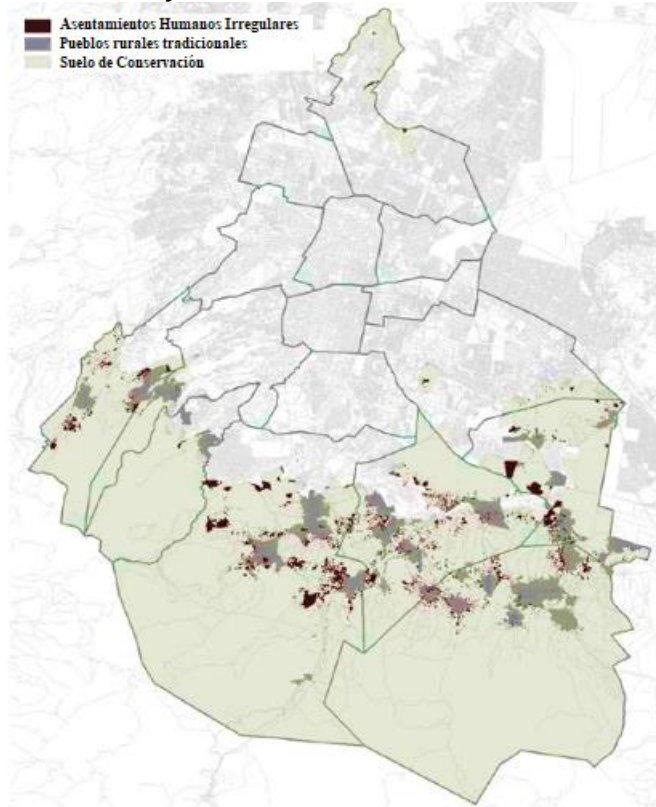
5. Estimación de los Costos Asociados a la Pérdida de Cobertura Vegetal por Deforestación en el SCDF

Habiendo revisado los beneficios que generan el suelo de conservación y la salud de sus respectivos ecosistemas, así como las amenazas antropogénicas directas e indirectas que enfrentan, se pueden derivar conclusiones de tipo cualitativo sobre por qué la relevancia de establecer medidas con visión de largo plazo, tanto de protección como de manejo, de dichos ambientes. Sin embargo, a fin de contar con más argumentos en favor de la defensa de los ambientes naturales, como bosques de coníferas, de encinos y pastizales de alta montaña, e incluso de las zonas de producción agropecuaria, es menester hacer uso de técnicas de valoración que permitan aproximar un costo derivado de la inacción.

5.1. Magnitud del Cambio de Uso de Suelo en el SCDF

Como se explicó en el capítulo 4, la contigüidad del SC a la CDMX supone un fuerte factor de presión en la forma de cambio de uso de suelo por parte de los asentamientos humanos irregulares. En el mapa 4 se muestra la distribución de los pueblos rurales tradicionales, es decir, aquellos que cuentan con reconocimiento oficial bajo esquema ejidal o comunal, al igual que la de los AHI. Como se puede observar, es en la delegación Xochimilco donde se encuentra el mayor número de AHI, comprendiendo 300 de las 835 localidades identificadas oficialmente como tales (Wigle, 2010, 2014). En términos de superficie, el gobierno local reportó tasas de deforestación de 500 ha/año y de 300 ha/año de ocupación urbana directa hacia el año 2000 (GDF, 2003).

Mapa 4. Ubicación de los Pueblos Rurales Tradicionales y los AHI dentro del SCDF.

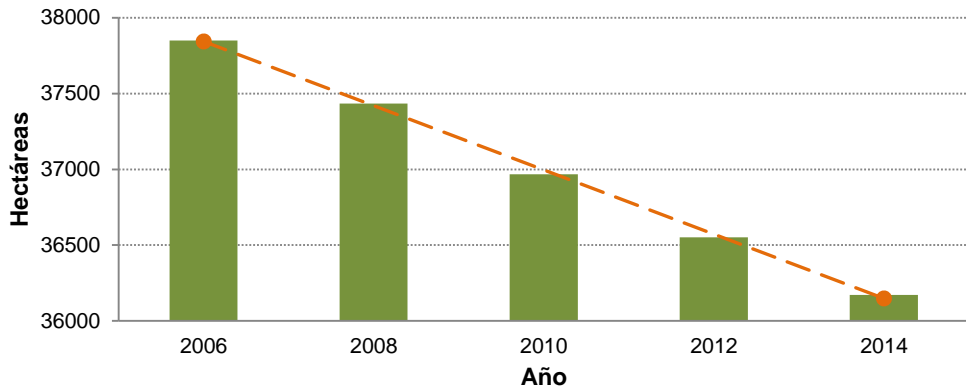


Fuente: tomado de CentroGeo (2014).

Posteriormente, entre los años 2001 y 2008, se reportó una transformación de 912 ha, es decir, una tasa de cambio de uso de suelo de aproximadamente 130 ha/año (INIFAP y PAOT, 2010). Y más recientemente, el Sistema de Monitoreo del Suelo de Conservación del Distrito Federal (PAOT y CentroGeo, 2014) reportó de que de 2006 a 2014, la cobertura arbórea disminuyó de forma casi lineal, pasando de 37.8 mil a 36.1 mil ha, es decir, una tasa de deforestación promedio de 210 ha/año (gráfica 1). Cabe señalar que en principio pareciera que la situación mejoró con respecto al año 2000, con una reducción de la tasa de deforestación

de 500 a 130 ha/año, para luego volver a aumentar a 210 ha/año. No obstante, las metodologías de cuantificación entre los diferentes estudios, así como sus criterios para determinar la cobertura forestal, no son equivalentes ni equiparables, de modo que las estimaciones deben tomarse con cuidado.

Gráfica 1. Disminución de la Cobertura arbórea del Suelo de Conservación.



Fuente: elaboración propia con información de PAOT y CentroGeo (2014).

5.2. Costos en Términos de Almacenamiento y Captura de Carbono

Pese a la variabilidad derivada de las metodologías de cuantificación del cambio de uso de suelo, las tasas estimadas de pérdida de cobertura forestal posibilitan la realización de aproximaciones a los costos derivados de la expansión urbana en términos del servicio ambiental de captura y/o retención de carbono. Para ello se requiere tener una estimación del contenido de carbono, ya sea total en la superficie de interés, o desagregado por tipos de reservorio (vegetación aérea, contenido orgánico del suelo, entre otros) o por tipo de vegetación. De este modo, se presentan en el cuadro 6 las estimaciones de los contenidos de carbono

reportados para el SCDF por tipo de reservorio. Para los contenidos de carbono por tipo de vegetación, ver cuadro 4 (sección 3.2, pág. 23).

Cuadro 6. Contenido de carbono reportado en el Suelo de Conservación de la CDMX por tipo de reservorio.

Contenido	Reservorio		
	Suelo de Conservación	Vegetación aérea del SC	Suelo y vegetación no aérea (raíces) del SC
Total (millones de tCO₂e)	8.5	1.8 – 2.5	6.0 – 6.7
por hectárea (tCO₂e/ha)	97.4	20.6 – 28.6	68.7 – 76.7

Fuente: elaboración propia con datos de GDF (2012, 2014).

Teniendo en mente la conveniencia de emplear un intervalo de valores, en vez de una única cifra puntual, a fin de atender el problema de la incertidumbre en las estimaciones, y por consiguiente en la valoración, en el presente ejercicio se emplean las tres tasas de cambio de uso de suelo antes mencionadas, reportadas por fuentes oficiales desde el año 2000 (130, 210 y 500 ha/año). Con ellas se obtienen estimaciones de las pérdidas anuales de carbono almacenado por cambio de uso de suelo¹⁴. En lo que respecta a las pérdidas potenciales de carbono, es decir, aquel que dejaría de capturarse, se emplea el intervalo de tasas anuales de fijación de carbono de 4 a 10 tCO₂e/ha reportado para bosques templados (Flores-Nieves *et al.*, 2011). Así pues, las estimaciones de las pérdidas de carbono por cambio de uso de suelo se presentan en el cuadro 7.

Las primeras tres filas del cuadro 7 corresponden a los contenidos de carbono promedio por hectárea de la fila inferior del cuadro 6. Es decir, que

¹⁴ Este cambio de uso de suelo asume la remoción completa de la cobertura vegetal de forma abrupta (deforestación o incendio), lo cual significaría la pronta liberación a la atmósfera del carbono que se encuentra almacenado tanto en la vegetación en pie como en el suelo. En caso de que la superficie fuese sellada rápidamente, el carbono en este último quedaría confinado, pero aun así se perderían el carbono aéreo y el servicio de secuestro de carbono.

con un contenido estimado de carbono promedio de 97.4 tCO₂e/ha en la totalidad del SC, una tasa de deforestación de 130 ha/año supondría una pérdida de 12.6 mil tCO₂e/año, 20.4 mil tCO₂e/año con deforestación de 210 ha/año y 48.9 mil tCO₂e/año con deforestación de 500 ha anuales. Asimismo, esas pérdidas se desglosan en los intervalos correspondientes a los contenidos de carbono aéreo y no aéreo (suelo y sistemas radicales) estimados por hectárea, de modo que el total de la primera fila equivale a las sumas cruzadas (máximos con mínimos) de la segunda y tercera filas¹⁵.

Cuadro 7. Pérdidas potenciales del carbono acumulado en el Suelo de Conservación de la CDMX por afectación de las comunidades vegetales.

Reservorio/Servicio ecosistémico	Pérdida de carbono (miles de tCO ₂ e/año)		
	Tasa de deforestación (ha/año)		
	130	210	500
Suelo de Conservación	12.6	20.4	48.9
- Vegetación aérea del SC	2.7 – 3.7	4.3 – 6.0	10.3 – 14.3
- Suelo y vegetación no aérea (raíces) del SC	8.9 – 10.0	14.4 – 16.1	34.4 – 38.4
COS de bosque de oyamel (<i>A. religiosa</i>)	20.2	32.6	77.5
COS de bosque de pino (<i>Pinus spp.</i>)	16.6	26.8	63.9
COS de bosque de encino (<i>Quercus spp.</i>)	16.2	26.2	62.4
Captura de Carbono*	520 – 1300	840 – 2100	2000 – 5000

* Servicio estimado de 4 a 10 tCO₂e/ha al año en bosques templados (Flores-Nieves *et al.*, 2011).

Fuente: elaboración propia.

Traducir las pérdidas estimadas en unidades de carbono (p. ej. tonelada) a un valor económico es posible, siempre que se cuente con una cifra monetaria aproximada para cada una de dichas unidades de carbono. Con tal propósito, Caballero *et al.* (2017) realizaron una revisión bibliográfica

¹⁵ Las sumas pueden no coincidir exactamente por efecto del redondeo.

sobre el costo social del carbono (CSC) y obtuvieron un valor aproximado de \$26 USD por tonelada de CO₂e para el caso específico de América Latina. Atendiendo nuevamente la incertidumbre inherente a las técnicas de valoración económica ambiental, en este ejercicio se toma como referencia ese valor monetario, así como dos valores de la tonelada de carbono cercanos a la mitad (\$15 USD) y al doble (\$50 USD). De esta forma, los costos estimados se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Costo social estimado de la pérdida de los reservorios de carbono o del servicio de captura de carbono por afectación de las comunidades vegetales en el Suelo de Conservación de la CDMX.

Reservorio/Servicio ecosistémico	Costo social del carbono (\$USD/tCO ₂ e)	Costo social (miles de \$USD/año)		
		Tasa de deforestación (ha/año)		
		130	210	500
Suelo de Conservación	15	189.9	306.7	730.3
	26	329.1	531.6	1,265.8
	50	632.9	1,022.4	2,434.2
- Vegetación aérea del SC	15	40.2 – 55.8	65.0 – 90.2	154.6 – 214.8
	26	69.7 – 96.8	112.6 – 156.4	268.0 – 372.3
	50	134.0 – 186.1	216.5 – 300.7	515.5 – 715.9
- Suelo y vegetación no aérea (raíces) del SC	15	134.0 – 149.7	216.5 – 241.8	515.5 – 575.6
	26	232.3 – 259.4	375.3 – 419.0	893.5 – 997.7
	50	446.6 – 498.9	721.8 – 805.9	1,718.3 – 1,918.7
COS de bosque de oyamel (<i>A. religiosa</i>)	15	302.3	488.3	1,162.6
	26	523.9	846.4	2,015.1
	50	1,007.6	1,627.6	3,875.2
COS de bosque de pino (<i>Pinus</i> spp.)	15	249.1	402.4	958.1
	26	431.8	697.5	1,660.8
	50	830.4	1,341.4	3,193.8
COS de bosque de encino (<i>Quercus</i> spp.)	15	243.4	393.2	936.1
	26	421.9	681.5	1,622.7
	50	811.3	1,310.6	3,120.5
Captura de Carbono	15	7.8 – 19.5	12.6 – 31.5	30.0 – 75.0
	26	13.5 – 33.8	21.8 – 54.6	52.0 – 130.0
	50	26.0 – 65.0	42.0 – 105.0	100.0 – 250.0

Fuente: elaboración propia.

Nuevamente, las cifras sintetizadas en el cuadro 8 son intervalos de valores con los que se busca captar la enorme variabilidad presente en la superficie del SC, así como la posibilidad de asignar diferentes costos sociales a la tonelada de carbono. Así por ejemplo, si se toma como referencia el valor de \$26 USD/tCO₂e reportado en la literatura, los costos

con una tasa de deforestación de 130 ha/año al tipo de cambio actual oscilan entre \$1,300,000 y \$9,800,000 MXN al año en términos de carbono almacenado y de \$252,000 a \$633,000 MXN por captura. En cambio, con el mismo valor del carbono, pero con la mayor tasa de deforestación de 500 ha/año, los costos van de \$5,021,000 a \$37,760,000 MXN al año en términos de almacenamiento de carbono, y de \$974,000 a \$2,435,000 MXN por lo que se deja de capturar.

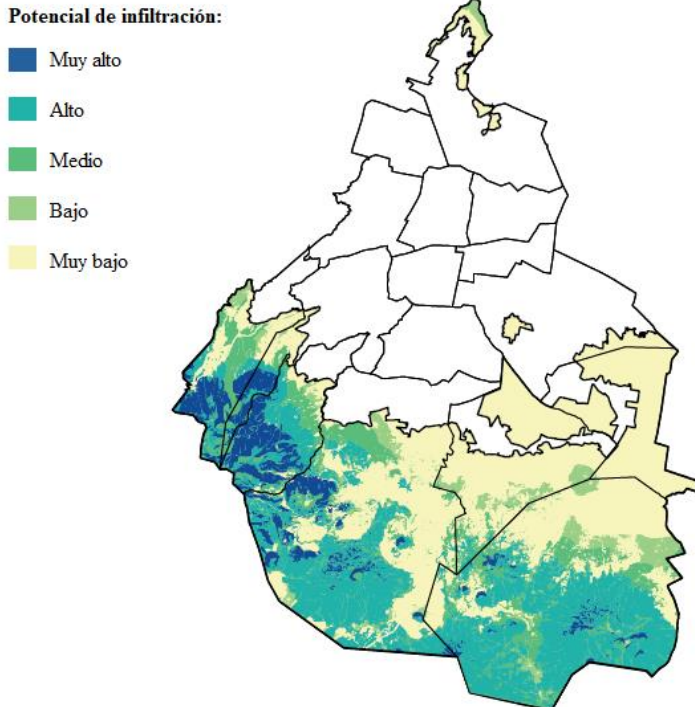
5.3. Costos en Términos de Pérdida de Infiltración de Agua

A los costos sociales estimados por medio del llamado costo social del carbono se pueden sumar otros impactos económicos más directos de la pérdida de superficie forestal en el SC. Entre los servicios ecosistémicos que se reconocen de este territorio (ver cuadro 1, pág. 9), uno de los más importantes es el de recarga del acuífero, y consecuentemente, el suministro de agua para los habitantes de la megalópolis. De hecho, la escorrentía superficial en el SC se calcula en 37 millones de m³ al año, en tanto que su superficie mantiene la recarga del acuífero a una tasa de entre 165 y 190 millones de m³ al año (SEDEMA, 2016). En el mapa 5 se muestran las mayores zonas de recarga dentro del SC, donde se observa nuevamente relación que existe entre este servicio y la distribución de las masas forestales.

A pesar de la magnitud de tales volúmenes de agua, se ha reportado que la disponibilidad del recurso dentro de la cuenca de la Ciudad de México alcanza para cubrir menos del 60% de la demanda (Molla, 2006; Wigle, 2010). Ante la preocupación que esta situación suscita, el gobierno local advierte que la recarga del acuífero presenta una disminución promedio anual de 2,500 m³ por cada hectárea urbanizada (GDF, 2011), así que, si se considera que en el lapso de 2006 a 2014, se registró una pérdida neta

de 1,679 ha de cobertura forestal (ver gráfica 1, pág. 35), significa que cada año se dejaron de captar alrededor de 4.2 millones de m³.

Mapa 5. Capacidad de infiltración en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México.



Fuente: tomado de SEDEMA (2016).

El hecho de que la demanda de agua en la CDMX supere al volumen disponible dentro la cuenca tiene un doble efecto. Primeramente, aumenta el costo de extracción del recurso cada vez más escaso en el sitio, mientras que, en segundo lugar, la cantidad faltante se debe suministrar desde cuencas aledañas, con sus respectivos costos. De ahí que, para hacer una valoración económica del servicio de recarga del acuífero, se puede emplear el método de costo de remplazo, aun cuando sólo contabilice una pequeña fracción del costo real.

Para tal efecto, Breña-Puyol *et al.* (2009) realizan tanto una descripción de los sistemas de abastecimiento de agua a la CDMX como una estimación del costo de bombeo en términos de la energía empleada por cada m³ que se provee a la ciudad. Estos autores señalan, pues, que el gasto del PAI¹⁶ se incrementó de \$0.21 a \$2.59 MXN por m³ de forma casi lineal de 1993 a 2007. Igualmente, el gasto de traer agua desde el Sistema Cutzamala creció casi linealmente de \$0.31 a \$3.21 MXN en el mismo periodo. Ambos casos evidencian el costo creciente de extracción y/o transporte de agua por bombeo.

Entonces, bajo el supuesto de que el costo de la energía empleada para el suministro del agua a la ciudad continuase creciendo de forma lineal, actualmente cada m³ proveniente del PAI y del Sistema Cutzamala representaría un gasto de \$4.55 y \$5.12, respectivamente. Esto significa que, en términos del coste de la electricidad para extraer agua desde los pozos subterráneos o para bombearla desde cuencas vecinas, la pérdida del servicio de infiltración le cuesta a la ciudad de \$19.1 a \$21.5 millones MXN cada año. Empero, estas cifras se centran en el aumento del gasto unitario por continuar la extracción del modo en que ya se está haciendo.

Alternativamente, existen tecnologías de remplazo del servicio de flujo subsuperficial, tales como depósitos y canales de infiltración, trampas de agua, pozos de inyección en la zona vadosa, pozos de inyección directos, tanques de percolación, tapones de cemento y estructuras de gavión, las cuales son descritas y comparadas por Caro-Borrero (2012), llegando a la conclusión de que “por cuestiones de factibilidad técnica [...], además de la

¹⁶ Plan de Acción Inmediata. Es la denominación que recibe el sistema de pozos de agua subterránea de la ZMVM y que comprende los acuíferos de Chalco-Amecameca, Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Texcoco y Cuautitlán-Pachuca.

opinión de dos expertos en el área de hidrogeología [...], la tecnología escogida para remplazar el servicio ecosistémico de escurrimiento subsuperficial de agua, es la de los pozos de inyección directa”. Estos últimos tienen un costo unitario de \$1.3 millones MXN y son capaces de infiltrar 2.1 millones m³/año, tal que serían necesarios de tres a cuatro pozos para subsanar la pérdida anual antes estimada de 4.2 millones de m³/año, representando un costo total de \$3.9 a \$5.2 millones MXN.

Ahora bien, la descripción de esta última tecnología no esclarece algunos detalles, tales como la procedencia del agua que se propone emplear, ni el costo de operación de los pozos una vez que hayan sido instalados. De acuerdo con el libro *Repensar la cuenca: la gestión de ciclos del agua en el Valle de México* (Burns, 2009), los pozos de inyección son “un método para la infiltración acelerada de aguas tratadas, utilizando presión”. Es decir, que se emplearía agua proveniente de plantas de tratamiento, que posteriormente sería canalizada a los pozos para su inyección, lo cual posiblemente requiera una inversión en tuberías hacia los pozos, más un consumo continuo de energía de bombeo, los cuales no fueron reportados, así como tampoco un análisis de tipo ambiental con respecto a la posible contaminación del manto freático por el aporte de agua de reúso que no pasaría por el proceso natural de filtración del suelo.

Por tales motivos, se puede argüir que los pozos de inyección son una tecnología de remplazo parcial de un servicio ambiental comprometido y cuyo precio sería adicional al costo ya presente de bombeo desde el PAI y el sistema Cutzamala, considerando la cantidad de agua no infiltrada en el periodo 2006-2014. Entonces, tomando en cuenta el gasto creciente del bombeo y la instalación inicial de una tecnología de remplazo, la pérdida de infiltración de agua costaría de \$23 a \$26.7 millones MXN, al menos

durante el primer año. Estas cifras por el remplazo del agua pueden no parecer muy elevadas y dan la impresión de ser cantidades que la CDMX podría darse el lujo de asumir en contrapartida de los beneficios de regularizar los AHI para alcanzar metas de generación de vivienda. Y, sin embargo, cabe advertir tres aspectos.

El primero de ellos es que este ejercicio representa una estimación muy acotada, en la que no se consideran el costo social que las localidades de las que se extrae dicha agua asumen, ni el costo por las emisiones derivadas de la generación de la electricidad, sino sólo el costo de su producción. Luego hay que considerar también que conforme más escaso se vuelva el recurso en cuestión, es decir, que se reduzca su oferta, y con una demanda siempre creciente, el costo por unidad de agua irá incrementando de forma más que lineal y/o deberá ampliarse la capacidad de la tecnología de remplazo que se elija, en contraste con como se ha hecho aquí. Finalmente, el costo de la pérdida de los servicios de corte hidrológico no ocurriría de forma aislada, sino que se debe sumar a las pérdidas de los demás servicios que aporta cada hectárea de vegetación en el SC, tales como los de almacén y secuestro de carbono estimados en la sección 5.4.

6. Los Costos como Herramienta de Análisis de Política Pública

Llegados a este punto y con la descripción de la situación actual del Suelo de Conservación, de su problemática y de los costos potenciales que puede representar su descuido, se cuenta con una base para poner en tela de juicio las estrategias de conservación implementadas por las autoridades locales, para elaborar recomendaciones bien informadas de política pública y para exigir una aplicación más estricta de la normatividad. Pero quizá más importante aún, se espera que la estimación cuantitativa del alcance de los costos sociales de la degradación ambiental sirva como una herramienta de difusión, educación y replanteamiento de políticas ambientales que fomenten el interés y la participación consciente y activa de la ciudadanía para preservar los ecosistemas y los beneficios que de ellos recibe.

En efecto, existen varios programas con miras al mantenimiento de los ecosistemas dentro del SC y de los servicios que proveen, pero cuya efectividad ha sido cuando menos cuestionable, dados los cambios de uso de suelo que siguen ocurriendo. De esta situación se puede inferir 1) que aún existen importantes incentivos para la transformación de los espacios naturales que superan los riesgos de hacerlo fuera de la ley, y 2) que las medidas de conservación no están atendiendo las causas de la expansión urbana. Así pues, a continuación se presentan brevemente tres de los instrumentos de conservación que se han puesto en marcha y se ofrecen algunas reflexiones sobre su pertinencia y efectividad.

6.1. ANP, Áreas Naturales Protegidas

El GDF (2012b) reporta que existen bajo decreto 23 áreas naturales protegidas, más un área comunitaria de conservación ecológica (ACCE),

que conjuntamente abarcan 26,047 ha (17%) del total del SC. De acuerdo con la definición que ofrece dicha fuente, se trata de “espacios físicos naturales en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por las actividades antropogénicas o que requieren ser preservadas y restauradas, por su estructura y función, para la recarga del acuífero y la preservación de la biodiversidad”. Esta definición manifiesta un claro enfoque ecosistémico integral que sería recomendable expandir a otras zonas y esquemas de manejo ambiental¹⁷.

Una característica importante de estas ANP, es que su administración, protección y conservación, en muchos casos está a cargo de los dueños de la tierra, a quienes se les ofrece una retribución económica por ello. Desde un punto de vista estrictamente conservacionista, la categoría legal de ANP puede parecer muy atractiva y una solución fácil, pero aun sin tomar en cuenta los costos de vigilancia y protección en los que habría que incurrir, hay que advertir que las ANP implican fuertes restricciones a las actividades productivas. Tal solución sería injusta y generaría malestar y conflictos sociales, ya que se calcula que en el SC hay alrededor de 16 mil personas que desarrollan y dependen de actividades agropecuarias en alrededor de 22,800 ha y cuyo valor de producción ascendió a más de \$100 millones de USD en 2012 (FAO, 2015).

6.2. PSAH, Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos

El mecanismo de Pago por Servicios Ambientales (y cualquier variante específica que de él se desprenda, como el PSAH) consiste en una

¹⁷ De hecho, en el mismo documento (GDF, 2012b) se denuncia que dentro de la delimitación de Suelo Urbano en la CDMX, las áreas verdes, pese a su enorme importancia, son insuficientes y están inequitativamente distribuidas con respecto a la densidad poblacional, tal que no se cumple con el estándar de superficie de áreas verdes por habitante establecido por la Organización Mundial de la Salud.

compensación económica a los propietarios de la tierra generadora de servicios ecosistémicos, por parte de los demandantes de estos últimos; es decir, se fundamenta en la idea de que, para garantizar la buena calidad de los ecosistemas, hay que contrarrestar mediante pagos los costos de oportunidad (Perevochtchikova *et al.*, 2015)

En el caso mexicano, el programa PSAH está a cargo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y funciona a través de convocatorias abiertas publicadas anualmente, pero dirigidas principalmente a comunidades y ejidos, y en menor proporción a propietarios privados, sobre todo en zonas boscosas de alta montaña con al menos 50% de cobertura forestal por hectárea, y consiste de un pago de alrededor de \$300 MXN/ha al año, distribuido en 5 años, con posibilidad de renovación (Perevochtchikova y Torruco, 2014). Entonces, si se realiza una sencilla comparación entre la cifra monetaria que ofrece el mecanismo de PSAH y el valor del servicio de recarga del acuífero, resulta clara la desvinculación entre la formulación de la política pública y la realidad de los propietarios de la tierra.

Recapitulando de la sección 5.3, cada hectárea no urbanizada dentro del SC supone eludir la pérdida potencial de alrededor de 2,500 m³ de agua de infiltración, y con un precio de \$4.55 a \$5.12 MXN por m³, significaría un valor de entre \$11,375 y \$12,800 MXN por hectárea al año, tan solo por concepto del gasto eléctrico de bombeo. Es decir, que el esquema de PSAH con sus \$300 MXN/ha al año no representa ni el 3% del costo de remplazo del servicio hidrológico que ofrece cada hectárea de suelo conservado y que pretende proteger.

No sorprende entonces que este mecanismo padezca de serios problemas de efectividad. Adicionalmente a la más que obvia insuficiencia del pago,

también se han señalado otros problemas de formulación y operación del PSAH (CCMSS, 2014), como son: 1) que el pago es extemporáneo, pues llega a final de año, 2) mucha gente no sabe de dónde proviene el dinero y lo confunde con otros programas sociales, 3) las autoridades comunales suelen ser poco transparentes, y 4) hay desconocimiento por parte de los beneficiarios sobre los compromisos que adquieren.

6.3. PROFACE, Programa de Fondos de Apoyo para la Conservación y Restauración de los Ecosistemas a través de la Participación Social

A diferencia del PSAH, que es de competencia federal, el PROFACE está a cargo de SEDEMA, enmarcado en el contexto del Programa Sectorial Ambiental y de Sustentabilidad (PSAS) 2013-2018 de la CDMX (GDF, 2014). Con una postura más productivista (ver recuadro 2), este programa pretende impulsar el desarrollo agroempresarial “de bajo impacto”, ofreciendo subsidios a proyectos principalmente de comunidades, asociaciones productivas y sociedades agroforestales. Tales proyectos deben estar organizados en grupos de trabajo y contar con un plan de trabajo (GDF, 2016). Los apoyos se concentran territorialmente en las

Recuadro 2. Conservación ambientalista vs. Conservación productivista.

De acuerdo con Pensado-Leglise (2001), a nivel de gobierno existen dos claras corrientes de pensamiento en torno al tema de la conservación. El lado *ambientalista* se enfoca en la protección de los recursos naturales y en sentar las bases de un desarrollo sostenible por medio de mecanismos de remuneración económica a las comunidades rurales. En contraste, la corriente *productivista* aspira a la rentabilidad social, ecológica y económica, a través de la vía agroempresarial modernizada y con bajo impacto ambiental. El PSAH y el PROFACE corresponden respectivamente a estas dos vertientes.

faldas de las montañas y los pagos van de \$2 mil a \$600 mil MXN anuales (Perevochtchikova y Torruco, 2014).

Sin necesidad de una revisión detallada de cada plan de trabajo que ha sido incorporado a este programa, se puede hacer una comparación entre las sumas que se entregan a los beneficiarios y una cifra obtenida por algún método de valoración ambiental por cada hectárea bajo algún esquema de manejo sustentable; en este caso se emplea el costo social del carbono como referencia¹⁸. Para ello se toma el contenido de carbono promedio del SC en su totalidad, estimado en 97.4 tCO₂e/ha (ver cuadro 6), en tanto que el contenido promedio para áreas agrícolas es de 37.8 tCO₂e/ha (ver cuadro 4). Asimismo se utilizan los tres valores propuestos por tonelada de carbono, reportados en el cuadro 8.

Entonces, con un CSC de \$15 USD/tCO₂e, cada hectárea tendría un valor de \$567 a \$1,461 USD (~\$10,600 a \$27,200 MXN al tipo de cambio actual); con un CSC de \$26 USD/tCO₂e, una hectárea valdría entre \$983 y \$2,532 USD (~\$18,300 a \$47,200 MXN); y con un CSC de \$50 USD/tCO₂e, el valor sería de \$1,890 a \$4,870 USD (~\$35,200 a \$90,700 MXN). Ahora bien, puesto que las sumas que contempla el PROFACE varían dentro de un intervalo tan amplio (\$2 mil a \$600 mil MXN anuales) y que éstas se establecen de acuerdo con el plan de trabajo, más que con la superficie que abarca, no es posible especificar qué porcentaje del valor ambiental alcanza a cubrir. Aun así, al menos se puede conceder que, con respecto

¹⁸ Para este ejercicio se consideran el valor promedio por hectárea, respondiendo a la distribución espacial de la mayor parte de los apoyos en la zona de piedemonte, donde el contenido de carbono es intermedio (ver cuadro 5, pág. 24). Asimismo, se contemplan también las zonas agrícolas, debido a que el programa está enfocado en proyectos agroempresariales.

al CSC, este mecanismo ofrece una remuneración en un orden de magnitud visiblemente más adecuado que el PSAH.

6.4. Discusión y Recomendaciones de Política Pública

Adicionalmente a las fallas en torno a la subvaloración de los servicios ambientales, otro problema del que padecen muchos programas es la falta de bases de datos que faciliten el proceso de evaluación en términos de cumplimiento de metas, al menos por parte del sector público, tal que la creación de las mismas está ya contemplada entre los objetivos de desarrollo en el PSAS 2013-2018 (GDF, 2014). Desde el sector académico, son también pocos los estudios detallados con la finalidad de evaluar la efectividad de los programas de manejo sustentable implementados en el SC. Entre ellos desataca el de Perevochtchikova y Torruco (2014), quienes comparan el PSAH y el PROFACE desde los criterios operativo, económico, ambiental y social, identificando varias fallas. El cuadro 9 resume los principales problemas de formulación/operación de ambos programas, las implicaciones más allá de la ineffectividad esperable y también recomendaciones para subsanarlos.

Así pues, de acuerdo con los puntos sintetizados en el cuadro 9, los autores identifican nuevamente algunos obstáculos recurrentes en el ejercicio de las políticas públicas en México. En primer lugar se señala la falta de coordinación entre las entidades gubernamentales que manejan los programas de apoyo. Después se reconoce, en línea con el presente trabajo, que los montos son por demás exiguos como para generar cambios de conducta en los agentes económicos, y mucho menos alcanzan para atender mayor demanda a fin de generar mercados de bienes ambientales. Finalmente, y como probable consecuencia de la falta de seguimiento, tampoco se contemplan acciones a tomar ante el

incumplimiento de los compromisos adquiridos por parte de los beneficiarios. En resumen, se llega a la conclusión de que pese a que el PSAH y el PROFACE comparten una meta común de promover en la sociedad mejores prácticas de manejo y protección de los ambientes naturales, con su funcionamiento actual difícilmente podrán cumplirla¹⁹.

Cuadro 9. Áreas de atención de los mecanismos de PSA y PROFACE aplicados en el SCDF.

Problema	Implicaciones	Requerimientos y/o soluciones propuestas.
Aplicación simultánea de programas y acciones sobre el mismo territorio que provienen de diferente ámbito gubernamental.	Duplicidad de esfuerzos institucionales y gastos innecesarios.	Entender el efecto de cada uno de ellos para producir el mayor impacto posible en términos de la conservación ambiental y la cohesión social. Que ambos programas trabajen con mayor comunicación entre sí y establezcan vínculos entre sus respectivos beneficiarios.
Los programas no cubren los costos mínimos de sobrevivencia y mucho menos los costos de oportunidad.	No son considerados como estímulos de cambio del pensamiento ni modos de vida. Dados los altos costos de oportunidad del suelo, persiste su venta ilegal.	Mayor difusión de las necesidades y problemáticas de los propietarios de tierras. Promover su educación y capacitación en técnicas ambientales alternativas.
Los fondos de cada programa han resultado insuficientes para cubrir la demanda creciente.	Ninguno ha logrado generar o promover mercados de servicios ambientales.	Fortalecer la relación entre los pobladores del SC con la población urbana. Implementar estrategias integrales y dinámicas de conservación que incluyan la participación de todos los sectores de la sociedad.
No ha sido prevista una línea de acción cuando los participantes son excluidos (por incumplimiento o falta de presupuesto).	Las tierras quedan susceptibles al proceso de cambio de uso de suelo.	Promover una mayor comunicación para que sus resultados lleguen a tomadores de decisiones.

Fuente: elaboración propia con base en Perevochtchikova y Torruco (2014).

¹⁹ De forma complementaria a este análisis, cabría incluir la existencia de otros programas sociales y de desarrollo que representan incentivos perversos para la degradación ambiental, al enfocarse en el desarrollo de actividades agropecuarias o construcción de viviendas y vialidades sin criterios ambientales explícitos.

Por lo anterior y bajo el entendido de que el proceso de planeación, diseño e implementación de una nueva política pública es un proceso largo y complejo, que además cuando es de carácter ambiental debe competir con otros objetivos de desarrollo considerados más urgentes (Dannevig *et al.*, 2012), resulta indispensable contar con argumentos robustos al interior del ámbito gubernamental, con tal de que a las metas de protección, conservación y aprovechamiento sostenible se les dé la debida importancia. Con esto último en mente es que el desarrollo de metodologías de valoración económica ambiental resulta crucial, puesto que permiten realizar una comparación razonable entre el costo de renunciar a los servicios provistos por un espacio natural y los beneficios potenciales de realizar prácticas de apropiación y transformación del mismo. Es así que en el presente trabajo se ofrece una propuesta de valoración de apenas dos de los muchos servicios ambientales que ofrece cada hectárea del Suelo de Conservación de la Ciudad de México, pero cuyo valor económico va desde \$21,975 hasta \$103,500 MXN/año²⁰, los cuales además podrían ser mucho más elevados si se realizara una cuantificación más exhaustiva de otros servicios, como de regulación, soporte y culturales, que en este ejercicio no fueron contemplados.

²⁰ Estos valores corresponden a las sumas de las estimaciones mínimas y máximas presentadas en las secciones 5.2 y 5.3 (omitiendo la instalación de la tecnología de pozos de inyección).

7. Conclusiones

Como se ha visto, el crecimiento de las ciudades y la invasión de los espacios naturales remanentes a sus alrededores son procesos que se muestran muy difíciles de frenar, donde se entremezclan realidades sociales desiguales, intereses económicos contrapuestos y dinámicas políticas adversas que juegan en contra de una conciencia incipiente de responsabilidad ambiental. Y pese a que señalar un evento puntual como consecuencia directa de una externalidad tan grande y general como el calentamiento global es inadecuado, la recurrencia de eventos climáticos extremos de magnitud tal que afecten hasta a las clases mejor acomodadas constituye una llamada de atención para todo modelo de desarrollo que privilegia la generación de capital por sobre todo lo demás.

Por poner un ejemplo, apenas a inicios del presente año hizo noticia el caso de Ciudad del Cabo en Sudáfrica, al ser el primer gran centro urbano a nivel mundial con desabasto casi total de agua, y de acuerdo con los medios internacionales, la Ciudad de México se cuenta entre las grandes urbes que podrían seguir la tendencia (BBC, 2018). En este sentido, es importante impulsar un cambio de mentalidad en todos los niveles de gestión, de modo que desde el momento del diseño de los objetivos de desarrollo, hasta la elaboración y posterior implementación de las normativas, se dé especial importancia al cuidado de los espacios naturales con una visión desde los servicios ecosistémicos. Esto último bajo el entendido de que son la base indispensable para el adecuado funcionamiento de todo sistema económico y, por tanto, son de interés estratégico para la vasta mayoría, indistintamente de su posición socioeconómica.

Atendiendo entonces a la innegable importancia de la economía en el quehacer político, es crucial contar con herramientas argumentales que permitan reordenar las metas y objetivos de desarrollo, asignando mayor prioridad a aquéllos de tipo ambiental. En parte se puede aplicar la propuesta de Dulal (2017), quien explica que metas tales como la mitigación y adaptación ante el cambio climático, se alcanzan a modo de cobeneficios de otras políticas públicas centradas en necesidades más apremiantes, como salud, educación y combate a la pobreza, cosa que ocurre especialmente en ciudades de países en vías de desarrollo. Aun así, emplear métodos de valoración económica pone a disposición estimaciones cuantitativas, y por tanto comparables, que se pueden emplear paralelamente al enfoque de los cobeneficios y justifiquen la elaboración y aplicación de normas ambientales más estrictas.

En el caso de la Ciudad de México, con su delimitación entre Suelos Urbano y de Conservación y la superficie forestal que aún persiste, es válido sugerir que una crisis ambiental irreversible no es inminente, pero sí se deben atender las llamadas de alerta, tales como los costos crecientes por el suministro del agua y los recurrentes registros de elevada contaminación atmosférica. Desde luego, existen tendencias demográficas inherentes a cualquier aglomeración urbana, como es la expansión hacia las periferias, pero la incidencia de los asentamientos irregulares deja ver la debilidad, o cuando menos la indiferencia, de las autoridades locales para aplicar seriamente la legislación que elabora. Es así que propuestas de valoración, como la aquí presentada, así como evaluaciones y recomendaciones independientes de corte económico y ambiental son de gran importancia para encaminar las políticas públicas hacia objetivos de desarrollo económicamente rentables, ambientalmente realizables, socialmente justos y sostenibles a largo plazo.

Referencias

- Aguilar, A.G. (2008) Peri-urbanization, illegal settlements and environmental impact in Mexico City. *Cities* 25.3, 133–45.
- Allen, C. D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetrier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidove, N. Lim, J.H., Allard, G., Running, S.W. & Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* Vol. 259, Issue 4, 5, p.p. 660-684.
- Avendaño-Hernández D.M., Acosta-Mireles, M., Carrillo-Anzures, F., Etchevers-Barra, J.D. (2009). Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*. *Filotec. Mex.* Vol. 32(3): 233-238.
- Azuara-Monter, I. (2016). *Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal*. PAOT, Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México. Disponible en:
http://www.paot.org.mx/micrositios/coloquio_suelo_conservacion/pdf/ivan_azuara_Monter.pdf
- BBC. (2018). *The 11 cities most likely to run out of drinking water - like Cape Town*. 11 de febrero de 2018. Recuperado de:
<http://www.bbc.com/news/world-42982959>
- Breña-Puyol, A.F., Breña-Naranjo, J.A. y Naranjo, M.F. (2009). *Costo de energía eléctrica del m³ de agua abastecida por los sistemas de bombeo en la Zona Metropolitana del Valle de México*. IX SEREA –

Seminario Iberoamericano sobre Planificación, Proyecto y Operación de Sistemas de Abastecimiento de Agua. Valencia, España.

Burns, E. [coord.] (2009). Repensar la cuenca: la gestión de ciclos del agua en el Valle de México. *México. UAM/CENTLI*.

Caballero, K., Galindo, L.M., Alatorre, J.E. y Ferrer, J. (2017). El costo social del carbono: una visión agregada desde América Latina. *Documento de trabajo*.

Caro-Borrero, A.P. (2012). Evaluación del pago por servicios ambientales hidrológicos: una perspectiva socio-ambiental en la Cuenca del Río Magdalena, México, D.F. *Tesis de Maestría* en Ciencias. UNAM, México.

CCMSS, Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. (2014). *Pagos por servicios ambientales en el DF: insuficientes y mal comunicados. Blog del consejo civil mexicano*. Recuperado de: <http://www.ccmss.org.mx/pago-por-servicios-ambientales-en-el-df-una-evaluacion-en-el-suelo-de-conservacion/>

Cervantes-Sánchez, E. (1988). El Desarrollo de la Ciudad de México. *Revista de la Coordinación de Estudios de Posgrado*, Año 4, No. 11, México.

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s.f.). Remanentes del complejo lacustre de la Cuenca de México. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_068.html

- Connolly P. (2009). Observing the evolution of irregular settlements: Mexico City's colonias populares, 1990 to 2005. *IDPR*, 31 (1) 2009.
- Dannevig H, Rauken T & Hovelsrud G. (2012) Implementing adaptation to climate change at the local level. *Local Environment*, 17:6-7, 597-611
- Dulal, HB. (2017). Making cities resilient to climate change: identifying “win-win” interventions. *Local Environment*, 22:1, 106-125.
- Evalúa DF, Consejo de Evaluación para el Desarrollo Social del Distrito Federal. (2011). *La evolución de la Ciudad de México*. [Sánchez Almanza, A., responsable]. México, D.F., 128 pp.
- Expansión. (2016). *Se acabó el Distrito Federal: ¡Bienvenida, Ciudad de México!* Economía, Expansión, Recuperado de:
http://expansion.mx/economia/2016/01/29/pena-nieto-promulga-la-reforma-politica-de-la-cdmx?internal_source=PLAYLIST
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe. Agricultura urbana y periurbana en América Latina y el Caribe, Ciudad de México*. Recuperado de:
http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/es/CMVALC/ciudad_de_mexico.html
- Flores-Nieves, P., López-López, M.A., Ángeles-Pérez, G., de la Isla-Serrano, M. de L. y Calva-Vásquez, G. (2011). Modelos para estimación y distribución de biomasa de *Abies religiosa* (Kunth) Schlttdl. et Cham. en proceso de declinación. *Rev. Mex. de Cienc. Forestales*, Vol. 2, No. 8.

- Foley, J., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, C., Ramankutty, N. y Snyder, P. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309 (5734), 570.
- Garza, G. (1997). Normatividad urbanística virtual en la Ciudad de México [Virtual urban planning regulations in Mexico City]. *Economía, Sociedad y Territorio* 1.1, 41–110.
- GCDMX, Gobierno de la Ciudad de México. (2017). *Sobre nuestra ciudad*. Recuperado en octubre de 2017 de: <http://www.cdmx.gob.mx/cdmx/sobre-nuestra-ciudad>.
- GDF, Gobierno del Distrito Federal. (s.f.). *Programas de población del Distrito Federal, 2001-2006*. Recuperado en noviembre de 2017 de: <http://www2.df.gob.mx/secretarias/social/copodf/prog2.html>
- GDF, Gobierno del Distrito Federal. (2003). Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal 2001. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, GDF. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 31 de diciembre de 2003, Ciudad de México.
- GDF, Gobierno del Distrito Federal. (2011). *Plan Verde de la Ciudad de México*. México, D.F. 133 pp.
- GDF, Gobierno del Distrito Federal. (2012a). *Atlas geográfico del suelo de conservación del Distrito Federal*. Secretaría del Medio Ambiente, Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal, México, D.F. 96 pp.

- GDF, Gobierno del Distrito Federal. (2012b). *Conservación y uso sustentable de la biodiversidad del Distrito Federal*. Libros Blancos. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, México, 90 pp.
- GDF, Gobierno del Distrito Federal. (2014). Acuerdo por el que se aprueba el Programa Sectorial Ambiental y de Sustentabilidad 2013-2018. *Gaceta Oficial del Distrito Federal* No. 1965 Bis. México, 15 de octubre, pp. 2-48.
- GDF, Gobierno del Distrito Federal. (2016). Aviso por el cual se dan a conocer las reglas de operación del Programa de Fondos de Apoyo para la Conservación y Restauración de los Ecosistemas a Través de la Participación Social (PROFCAE) para el Ejercicio Fiscal 2016. *Gaceta Oficial del Distrito Federal* No. 270, Tomo 1. México, 29 de enero, pp. 138.
- Gidlöf-Gunnarsson, A. y Öhrström, E. (2007). Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby Green areas. *Landscape and Urban Planning* Vol. 83:2-3, 115-126.
- González, J. et al. (2003), "Uso residencial". En: Kunz, J. (coord.). *Uso del suelo y territorio. Tipos y lógicas de localización en la Ciudad de México*, Plaza & Valdés, México, pp. 173-206.
- Gutiérrez, E. y Trejo, I. (2014). Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 179-188.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014a). *Cuaderno estadístico y geográfico de la zona metropolitana del Valle de México 2014*. Aguascalientes, México, 324 pp.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014b). *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Actividad económica total, 2014*. México. Disponible para consulta en:
<http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/economia/pib.aspx?tema=me&e=09>

INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, y PAOT, Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México. (2010). *Estudio de estimación de captura de carbono como indicador del estatus del derecho de los habitantes del Distrito Federal a gozar de áreas verdes adecuadas para su desarrollo, salud y bienestar*. México. 24 pp.

Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O.T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skånes, H., Steffen, W., Stones, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T.A., Vogel, C. y Xu, J., (2001). The causes of land-use and land-cover change, moving beyond the myths. *Global environmental change*, 11 (4), 261-269.

Lee, A.C.K y Maheswaran, R. (2011). The benefits of urban green spaces: a review of the evidence. *Journal of Public Health*, Vol. 33:2, 212-222.

Lindler, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., García-Gonzalo, J., Seidi, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer,

- M.J. y Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystem. *Forest and Management* 259, 698-709.
- Liu, Y., Stantirf, J., y Goodrick, S. (2010). Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management* 259, 685-697.
- McPherson, E.G., Berry, A.M. y van Doorn, N.S. (2018). Performance testing to identify climate-ready trees. *Urban Forestry and Urban Greening* 29, 28-39.
- Molla Ruíz-Gómez, Manuel. (2006). El crecimiento de los asentamientos irregulares en áreas protegidas. La delegación Tlalpan. *Investigaciones geográficas*, (60), 83-109.
- Niemelä, J., Saarela, S.-R., Söderman, T., Kopperoinen, L., Yli-Pelkonen, V., Väre, S. y Kotze, D.J. (2010). Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban Green spaces: a Finland case study. *Biodivers Conserv* 19:3225-3243.
- PAOT, Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial, y CentroGeo, Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo". (2014). *Sistema de Monitoreo del Suelo de Conservación del Distrito Federal*. Consultado en noviembre de 2017 de:
http://201.134.205.166/monitor_ambiental/html/monitoreo/0201.html
- Pensado-Leglise, M. del R. (2001). El desafío rural del siglo XXI para el Distrito Federal. *Revista de Estudios Agrarios de la Procuraduría Agraria*, Vol. 7, pp. 39-66.

- Perevochtchikova, M. y Torruco C., V.M. (2014). Análisis comparativo de dos instrumentos de conservación ambiental aplicados en el Suelo de Conservación del Distrito Federal. *Sociedad y Ambiente, año 2, vol. 1, núm. 3*, noviembre de 2013-febrero de 2014, ISSN 2007-6576, pp. 3-25
- Perevochtchikova, M., Rojo-Negrete, I.A., Martínez, S. y Fuente-Mariles, G.E. (2015). Información hidroclimatológica para la evaluación de los efectos del programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos. Caso de estudio de la comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 11 (1)*: 37-55, 2015
- Revi, A., D.E. Satterthwaite, F. Aragón-Durand, J. Corfee-Morlot, R.B.R. Kiunsi, M. Pelling, D.C. Roberts, and W. Solecki, 2014: Urban areas. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 535-612.
- Sáenz-Romero, C., Rehfeldt, G.E., Duval, P. y Lindig-Cisneros, R.A. (2012). *Abies religiosa* habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. *Forest Ecology and Management 275*, 98-106.

- SEDEMA, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. (2012). *Conservación y uso sustentable de la biodiversidad del Distrito Federal*. Libros Blancos. México, D.F.
- SEDEMA, Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2016) *El Suelo de Conservación*. México, 82 pp.
- UN, United Nations. (2010). *The Challenge of Slums: Global Report on Human Settlements 2003*. Revised and updated version. Disponible para consulta en: https://unhabitat.org/wp-content/uploads/2003/07/GRHS_2003_Chapter_01_Revised_2010.pdf
- UN, United Nations. (2014). *World Urbanization Prospects, Highlights*. Department of Economic and Social Affairs. Nueva York , EUA, 32 pp.
- Unikel, L. (1974). La dinámica del crecimiento de la ciudad de México. En: *Ensayos sobre el desarrollo urbano de México* [Calnek, E.E., Borah, W., Moreno T., A., Davies, K.A. y Unikel, L. (Eds.)], 1ª Edición, Secretaría de Educación Pública, México, pp. 175-206.
- Vela-Correa, G., López-Blanco, J., Rodríguez-Gamiño M. de L., Chimal-Hdz., A., Navarrete-Segueda, A., Cruz-Chona, C. y Bello-Tellez, V. (2010). Recurso suelo. En: *La Ciudad de México ante el Cambio Climático*. Ospina-Noreña, J.E., Gay-García, C., Conde, C. y Martínez, M.A. (Compiladores). Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México, UNAM, México.
- Vela-Correa, G., López-Blanco, J. y Rodríguez-Gamiño, M. de L. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del

- Distrito Federal, centro de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. ISSN 0188-4611, Núm. 77, pp. 18-30.
- Villers-Ruiz, L. y Trejo-Vázquez, I. (1997). Assessment of the vulnerability of forest ecosystems to climate change in Mexico. *Clim. Res.* Vol. 9:87-93.
- Villers-Ruiz, L. y Trejo-Vázquez, I. (2000). El cambio climático y la vegetación en México. En: *México: Una Visión Hacia el Siglo XXI. El Cambio Climático en México*. G. García (comp). Ed. Toffer, S. A. de C.V. PUMA-UNAM. México, D. F. pp:63-82.
- Wigle J. (2010). The “Xochimilco model” for managing irregular settlements in conservation land in Mexico City. *Cities* 27 (2010) 337–347.
- Wigle J. (2014) The ‘Graying’ of ‘Green’ Zones: Spatial Governance and Irregular Settlement in Xochimilco, Mexico City. *IJURR* Vol. 38:2, pp. 573–589.
- Wolch, J.R., Byrne, J. Y Newell, J.P. (2014). Urban Green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities ‘just green enough.’ *Landscape and Urban Planning* 125:234-244.
- Yiftachel, O. (2009) Theoretical notes on ‘gray cities’: the coming of urban apartheid? *Planning Theory* 8.1, 88–100.