

Riesgo, vulnerabilidad y cambio climático en suelo de conservación ecológica de la Ciudad de México

El caso de los humedales de Tláhuac

MARÍA GUADALUPE MÉNDEZ* | GILBERTO SVEN BINNQÜIST** | SERGIO A. MÉNDEZ***

EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL (CCG) es reconocido como una amenaza para la sobrevivencia de las especies y la salud de los sistemas naturales y sociales. Las investigaciones en general se han enfocado en analizar los impactos ecológicos e hidrológicos resultantes del CCG. En particular, los humedales son vulnerables a los cambios cuantitativos y cualitativos del suministro de agua y se espera que el cambio climático tenga considerables efectos en estos ecosistemas, como consecuencia de las alteraciones en los regímenes hidrológicos con una gran variabilidad local, regional y global. El presente artículo analiza la relevancia que tienen las áreas naturales protegidas (ANP) de la Ciudad de México (CDMX), como reguladoras del cambio climático, disminuyendo el riesgo y la vulnerabilidad, dado que las ANP confieren resiliencia al sistema urbano y en particular los humedales, tienen una importante función para la prevención de inundaciones, actuando como un vaso regulador que aloja la carga de agua excedente en caso de tormentas torrenciales y son reservorios de diversidad y germoplasma. El artículo describe dos aspectos principales: el primero plantea la forma en la que una metrópoli como la CDMX, debería entenderse desde el enfoque de sistemas complejos adaptativos, es decir, como un sistema socioecológico con potencialidad para “resistir” y ser resiliente a los efectos esperados del cambio climático; esto dependerá de las decisiones y acciones sociopolíticas y de desarrollo sustentable, que se hagan en el presente. El segundo explica a partir del diagnóstico ecológico y social, cómo las

* Profesora-investigadora, Departamento El Hombre y su Ambiente, UAM-Xochimilco [maguamec@hotmail.com].

** Jefe del Departamento El Hombre y su Ambiente, UAM-Xochimilco [gsven1@gmail.com].

*** Profesor-investigador, Departamento de Relaciones Sociales, UAM-Xochimilco [almeca44@gmail.com].

ANP, y en particular los humedales metropolitanos, coadyuvan a incrementar la resiliencia urbana a los impactos esperados por el cambio climático. La resiliencia es un elemento poco estudiado y menos abordado en la política pública. En este sentido, hablar de resiliencia es tomar en consideración la indivisibilidad del binomio humano-naturaleza.

Palabras clave: cambio climático, resiliencia, restauración, adaptación, mitigación, riesgo y vulnerabilidad.

GLOBAL CLIMATE CHANGE has been recognized as an important treat for species survival and natural and social systems health. In genera research had focused in analyzing the resulting ecological and hydrological GCC impacts. Particularly, wetlands are vulnerable to quantitative and qualitative water supplies changes, and because of local, regional and global hydrological regimes variations is expect that CC will have considerable effects on these ecosystems. This article analyzes, the relevance of the Protected Natural Areas PNA in Mexico City as climate change buffering. Since PNA particularly the wetlands confer resilience to the urban system, their protection might be decreasing the risk and vulnerability of the City. Wetlands have an important function as a regulator water storage that prevents overflows due to torrential storms, also act as a germplasm and biodiversity reservoir. Here, we described two principal aspects that explain how a city may became resilient. In the first one, we proposed from the adaptative complex system theory, that a Metropole as Mexico City, should be understood as a socio-ecological system with the potentiality to resist and to be resilient to the expected effects of CC. However, its resilience will depend on the present sociopolitical decisions making, as well as the socio-economical developmental model we want to follow. With the aim to explain how the PNAs and specially Tláhuac wetlands helps to increase the urban resilience against the expected CC impacts, we present the ecological and social diagnostic analysis of this socio-ecosystem. Resilience still a poor studied element, not yet included as an approach in public politics. Actually, regard resilience as fundamental approach is considering the indivisibility o the human-nature binomial.

Key words: climate change, resilience, restauration, adaptation, mitigation, risk and vulnerability

Introducción

La Convención de Ramsar es el tratado intergubernamental global que hace un llamado a la conservación y uso racional de los humedales. Una exhaustiva revisión hecha por Erwin (2009) sobre cambio climático y humedales, encuentra muy poca discusión sobre la restauración de humedales y enfatiza la necesidad urgente de garantizar el futuro de éstos y plantear iniciativas de restauración. Sin embargo, esto es un reto dada la demanda de agua en el mundo, la cual se ha triplicado desde 1950 y se proyecta que se duplique nuevamente en el 2035 (Postel, 1997). Los humedales cubren 6% de la superficie de la Tierra y retienen cerca del 12% del carbono global, tienen un papel importante en el ciclo global del carbono (IPCC, 1996; Ferrati *et al.*, 2005) y en la productividad primaria. Desde esta perspectiva, se planteó que los proyectos de restauración y la legislación ambiental, deben considerar el cambio climático global (CCG) y promover la *restauración* como parte de las estrategias de adaptación y mitigación de sus impactos.

En México, aun cuando las políticas de planeación metropolitana han incorporado el cambio climático a su normatividad (DOF, 2012), las líneas de acción se fundamentan en parámetros que infieren que la ciudad es un sistema en equilibrio estable; además no se incluye a la restauración como una estrategia de adaptación y mitigación ni en sus líneas básicas ni de acción. En la Ciudad de México (CDMX), se creó el Programa de Acción Climática de CDMX (PACCM) y la estrategia local de acción (ELAC) 2014-2020, y como línea base están la *mitigación* y la *adaptación*, con dos ejes estratégicos transversales que son la educación-comunicación e investigación-desarrollo y cinco ejes estratégicos, siendo el último la construcción de la *resiliencia*, con dos líneas de acción: la prevención y mitigación. Es decir, la planeación urbana se centra en la adaptación de las ciudades al cambio climático, enfocándose más en la reducción del riesgo de desastres (RRD) y menos en la prevención y/o restauración.

El proceso de urbanización no planeada, tal y como ocurre en la CDMX, aumenta la vulnerabilidad metropolitana al incrementar su exposición a cambios ambientales, lo que origina riesgos socioeconómicos y la fragmentación de sus ecosistemas (Alberti y Marzluff, 2003; Satterthwaite *et al.*, 2007), lo cual puede llevar a la pérdida de funciones ecosistémicas y de la capacidad de resistencia y resiliencia.

Por ello, para entender el riesgo y la vulnerabilidad, será necesaria una visión de sistemas dinámicos, es decir, comprender que los factores de riesgo y por lo tanto el grado de vulnerabilidad, no son estables ni lineales y deben ser explicados como la interacción entre dos subsistemas, el social y el ecológico y sus propiedades emergentes, dentro de un sistema socioecológico con diferentes escalas temporales y espaciales; un atributo importante de los sistemas socioecológicos es la llamada resiliencia (Cuevas, 2010; Peña, 2014). La estrecha dependencia de las ciudades a los recursos naturales circundantes ha llevado a estudiar las ciudades y metrópolis como sistemas socioecológicos (SSE) (Folke, 2006; Barthel e Isendahl, 2013; Colding y Barthel, 2013; Collier *et al.*, 2013), que cumplen con las características de complejidad y de pensamiento sistémico, esto implica que la resiliencia se constituye como un elemento central para comprender la forma en que las metrópolis afrontan el cambio climático (Alberti y Marzluff, 2003; Folke, 2006; Manyena, 2006; Bahadur y Tanner, 2013).

El humedal de Tláhuac se encuentra dentro de la zona clasificada como Suelo de Conservación y forma parte del territorio declarado desde 1987 por la Unesco como Patrimonio Mundial, Natural y Cultural de la Humanidad. Posee una superficie total de 2 327.8 hectáreas que incluyen el espejo de agua y las zonas agrícolas chinamperas, sujetas a inundación tanto en la CDMX como en el Estado de México. Dada la importancia biocultural de este socioecosistema, el cual tiene el potencial de coadyuvar en la resiliencia urbana, el presente artículo analiza los factores ecológicos y socio-culturales que representan riesgos, o bien oportunidades de conservación y manejo, esto con el objetivo de diseñar una estrategia participativa de intervención para la protección integral del humedal, para que cuente con un programa de manejo y se integre en el sistema de áreas naturales protegidas (ANP) con la categoría de Reserva Ecológica Comunitaria.

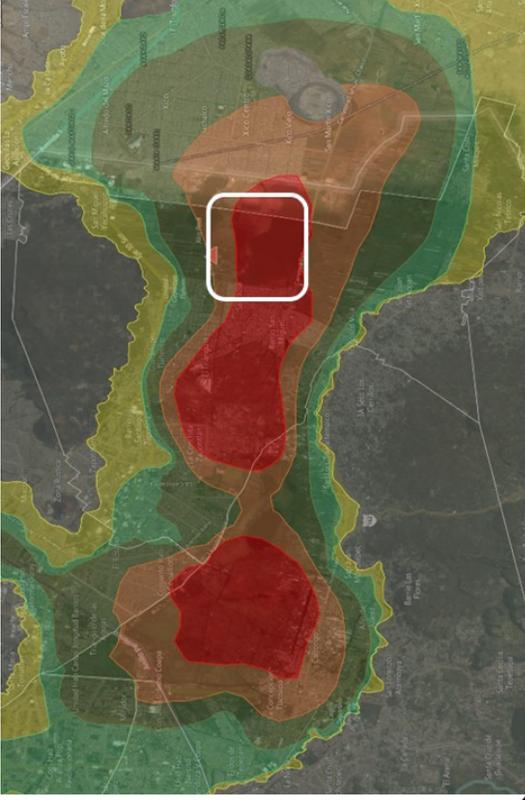
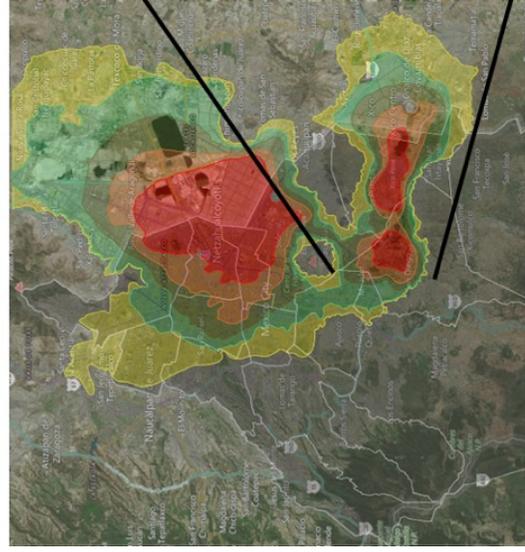
Cambio climático en la Ciudad de México

Suelo urbano

La ONU-Hábitat menciona que los efectos de la urbanización y el cambio climático convergen de modo peligroso. Las ciudades son las principales contribuyentes al cambio climático, aunque representan menos del 2% de la superficie de la Tierra, consumen 78% de la energía mundial, y producen más del 60% del total de dióxido de carbono, así como un monto significativo de las emisiones de los gases del efecto invernadero; principalmente a partir de la generación de energía, vehículos, industria y uso de la biomasa. El cambio climático tiene un impacto negativo en la infraestructura y dificulta el acceso a los servicios urbanos básicos, disminuyendo la calidad de vida en las ciudades. Las poblaciones más afectadas son las zonas urbanas pobres y ubicadas en la periferia, por ejemplo, los habitantes de los asentamientos humanos irregulares, que tienden a vivir cerca de las riberas de los ríos, en las laderas y pendientes propensas a deslizamientos de tierra, como es el caso de las zona poniente de barrancas comprendidas en las delegaciones Cuajimalpa, M. Contreras, A. Obregón y M. Hidalgo, o bien cerca de terrenos contaminados, en estructuras o zonas vulnerables a los terremotos (Mapa 1) y con un manejo de los recursos poco eficiente, que incluye la quema para el control de malezas o incluso para la apropiación de terrenos en suelo de conservación, entre otras acciones (Mapa 2), esta actividad incrementa el riesgo de incendios no controlados que se dan principalmente en los meses secos (de febrero a mayo), aumentando a su vez los gases de efecto invernadero (GEI).

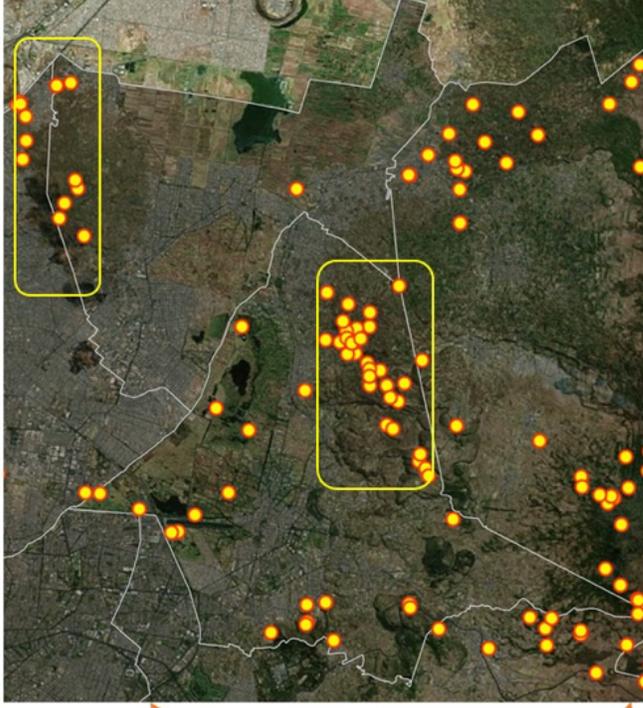
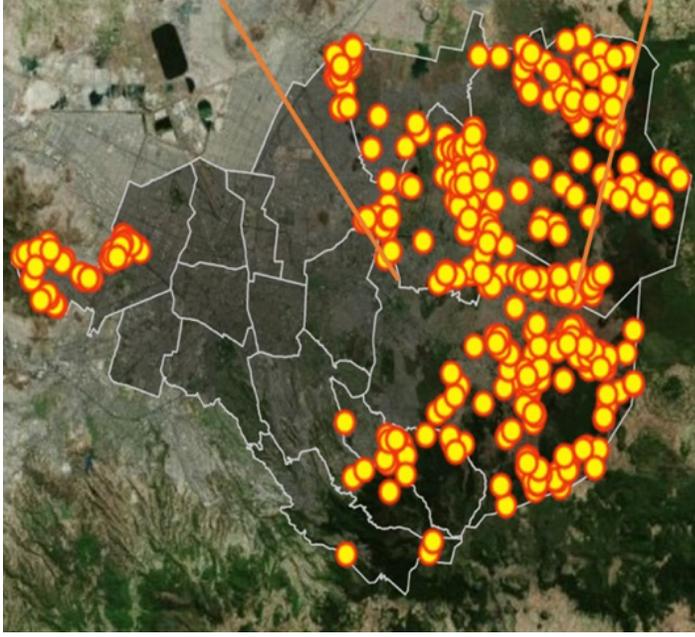
En la Ciudad de México la principal amenaza asociada al cambio climático es la urbanización, esto aunado a la falta de planificación urbana y metropolitana, se traduce en un transporte público insuficiente (con incremento del transporte privado), en el cambio de uso de suelo de conservación a suelo urbano y en la presencia de asentamientos humanos irregulares (AHI) que llegan a consolidarse aprovechando las coyunturas políticas, o valiéndose de grupos u organizaciones sociales, de invasión ilegal, esto se da porque las autoridades hacen caso omiso de su actuar o porque les facilitan los permisos.

Mapa 1. Zonas de riesgos en la Ciudad de México



Mapa de riesgos en las delegaciones Xochimilco y Tláhuac (derecha). El rectángulo delimita la zona de humedales en Tláhuac, éstos se ubican en la zona de mayor riesgo. Amarillo (zona II de transición), zona III, corresponde al lago e incluye zonas en verde, naranja y rojo.
Fuente: [<http://www.atlas.cdmx.gob.mx>].

Mapa 2. Incendios en la Ciudad de México 2016



En la ampliación se pueden observar la mayor parte de los incendios en el margen entre suelo urbano y suelo de conservación en Tláhuac (rectángulo superior) en la sierra de Santa Catarina y en Xochimilco (rectángulo inferior).

Fuente: [<http://www.atlas.cdmx.gob.mx>].

Desde el 2005, las comisiones de regulación especial para los AHI, en suelo de conservación, llevan a cabo estudios de impacto, sobre todo en AHI en suelo rural, para decidir cuáles se regularizan, considerando la antigüedad o servicios presentes, pero no basados en un criterio de riesgo. Esto representa una grave amenaza ecológica y social y no debería ser el objetivo principal de dichas comisiones (Méndez *et al.*, 2016).

Otra problemática ha sido la falta de unificación en los criterios e instrumentos usados para la zonificación y uso de suelo, de los distintos programas tanto locales como federales; muchas veces, el programa de desarrollo urbano de la CDMX, los programas delegacionales, los programas parciales delegacionales y el Programa General de Ordenamiento Ecológico, contienen disposiciones ambiguas sobre la zonificación y usos de suelo (Méndez *et al.*, 2016) y es la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (Seduvi) la que decide finalmente si se hacen los cambios de uso de suelo, normalmente pasan de suelo de conservación a suelo urbano.

Suelo rural

Otra de las amenazas que enfrenta la CDMX ante el cambio climático es el riesgo por inundaciones o bien sequías en las zonas agrícolas, el suelo productivo se divide en distintos usos de suelo, éstos son: agroecológica, agroecológica especial, agroforestal y agroforestal especial. En cuanto a la actividad agrícola, ésta es sensible a dos clases de efectos inducidos por el clima: 1) los directos, producidos por cambios en la temperatura, precipitación y concentraciones de CO₂, y 2) los indirectos, que ocurren a partir de los cambios de humedad del suelo y la distribución y frecuencia de plagas y enfermedades. Estos cambios, dependiendo el sitio y el tipo de sistema productivo, pueden afectar la respuesta fisiológica de las plantas, lo que determina su rendimiento biológico y productivo, y su capacidad adaptativa de respuesta (Torres *et al.*, 2011).

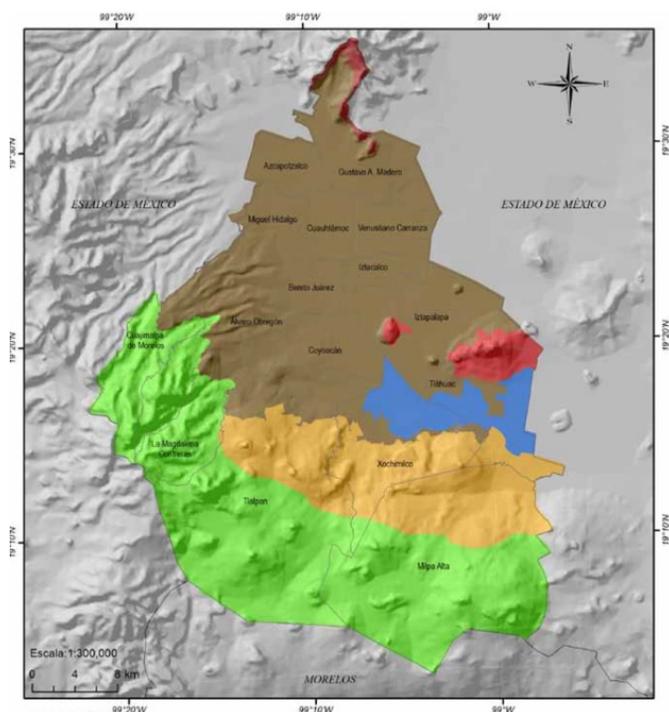
En virtud de que los agroecosistemas se encuentran en riesgo por las prácticas que intensifican la producción más allá de los límites ecológicos, con la consiguiente degradación de los suelos, se podría esperar que los productores ejidales o comunales, se vean beneficiados al incorporar prácticas agroecológicas menos intensivas y más diversas como policulti-

vos y rotación de cultivos. Asimismo, los avances genómicos pueden facilitar la caracterización de genotipos adaptados a condiciones limitantes, para que esto permita plantear estrategias de conservación y manejo sustentable de la agrobiodiversidad, contribuyendo a la restauración de las funciones ecológicas de los agroecosistemas. Por ello es indispensable reconocer que el enfoque de la adaptación ecosistémica debe formar parte de una estrategia general de prevención que ayudará a las poblaciones a enfrentar los efectos adversos del cambio climático (Méndez y Vargas, 2016).

Suelo de conservación ecológica

El suelo de conservación en la CDMX cuenta con una extensión de 87 310 hectáreas (Corenader y Sagarpa, 2005), esto representa 59% del total del territorio de la CDMX (148 500 hectáreas) los distintos usos de suelo en esta área han sido clasificados como: agroecológica, agroecológica especial, agroforestal, agroforestal especial, forestal de protección y forestal de protección especial, forestal de conservación y forestal de conservación especial, ANP y programas de desarrollo urbano (PGOEDF, 2000). En la actualización del Programa general de ordenamiento ecológico (DOF, 2012) hay la propuesta de una regionalización ecológica a partir de unidades de gestión ambiental (UGA), que en lugar de considerar regiones ecológicas amplias, para una conservación más eficiente de las funciones ecosistémicas, se basa en unidades de paisaje, que atomizan el suelo de conservación y de esa manera facilitarían la urbanización, la PAOT (2010) coincide también en que esta nueva zonificación genere una clara tendencia a regularizar actividades, prácticas, asentamientos y en general patrones de ocupación incompatibles con la conservación. En contraste, la regionalización tanto de suelo urbano como de suelo de conservación propuesta por la DG-Corena y publicada en el libro *Biodiversidad de la CDMX* (Reygadas, 2016), considera seis regiones principales: 1) bosques y cañadas, 2) humedales de Xochimilco y Tláhuac, 3) Sierra de Santa Catarina, 4) las serranías de Xochimilco y Milpa Alta, 5) parques y jardines urbanos y 6) Sierra de Guadalupe (Mapa 3).

Mapa 3. Regiones biodiversidad en la Ciudad de México



En verde están los bosques y cañadas, en azul los humedales, en café parques y jardines urbanos, en naranja serranías de Xochimilco y Milpa Alta, y en rojos al norte Sierra de Guadalupe y al oriente Sierra de Santa Catarina. Fuente: Reygadas (2016).

Las ANP se consideran una de las estrategias de conservación *in situ* más significativa (Conanp, 2012a). Estas zonas generan importantes y diversos servicios ambientales, como la protección de cuencas, la captación de agua, la captación de CO₂, la protección contra erosión, el mantenimiento de la biodiversidad y el control de sedimentos. Asimismo, son áreas de importancia cultural, arqueológica, histórica, artística y turística (Sedue, 1988). Las ANP tienen por objetivo proteger y conservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas, y de los ecosistemas más frágiles y sus funciones; así como salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres, en

particular aquellas que están en peligro de extinción, amenazadas o que se encuentran sujetas a protección especial. Con lo anterior se debe asegurar la conservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, sus elementos y funciones.

Hasta ahora, existen registradas 26 ANP en la CDMX, con una superficie total decretada de 26 689.81 hectáreas, lo que representa 30.5% de suelo de conservación (Méndez *et al.*, 2016). La categoría más representada es la reserva ecológica comunitaria (4 REC) con un total de 83 71.57 hectáreas (32.64%). La siguiente categoría con mayor superficie es la de parques nacionales (8 PN) con 26.3%. Con 20% de representatividad están dos áreas comunitarias de conservación ecológica (ACCE), otras cinco zonas sujetas a conservación ecológica (ZSCE), representan 17.3%. Tláhuac e Iztapalapa comparten polígonos de ANP con decretos dobles en misma zona Sierra Santa Catarina como ZSCE y zona de conservación ecológica ZCE y cuentan con programa de manejo.

La autoridad encargada de las ANP federales es la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), estas áreas se encuentran sujetas al régimen previsto en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) (Sedue, 1988). En la Ciudad de México, la Secretaría del Medio Ambiente (Sedema) por medio de la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales (DG-Corena), es la entidad encargada de las ANP locales (GDF, 2007), a partir de cuatro centros regionales ubicados en Suelo de Conservación y de la dirección de estos centros se coordina y planea la ejecución de dichas acciones.

Riesgo y vulnerabilidad

De acuerdo con los informes internacionales de las comisiones del clima, son los países menos desarrollados los más vulnerables y que se encuentran en una situación potencial de mayor riesgo ante el cambio climático. Además, la vulnerabilidad se intensifica en las megalópolis de estos países. Pero los países más desarrollados tampoco están exentos de riesgos, ya que sus estándares de calidad de vida ejercen una fuerte presión sobre sus ecosistemas, aumentando de esta forma sus niveles de vulnerabilidad y por ende el riesgo.

Según la definición publicada por la Ley general de cambio climático en 2012, el riesgo es la probabilidad de que se produzca un daño en las personas, en uno o varios ecosistemas, originado por un fenómeno natural o antropógeno. Las entidades de la administración pública federal, estatal, paraestatales y municipales deberán elaborar y publicar los atlas de riesgo que consideren los escenarios de vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático, atendiendo de manera preferencial a la población más vulnerable y a las zonas de mayor riesgo, así como a las islas, zonas costeras y deltas de ríos (DOF, 2012).

En contraste, la vulnerabilidad es el nivel en el que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación (DOF, 2012). En este sentido, se podría equiparar a la vulnerabilidad con el grado de resiliencia, es decir, aumentar la resiliencia es reducir la vulnerabilidad, esto implica acciones a mayor profundidad con impactos más generales y extendidos, y no acciones aisladas y locales como lo propone la reducción de riesgo de desastres.

En México, el manejo de situaciones de riesgo y vulnerabilidad debe efectuarse por medio de acciones de prevención y atención de desastres, y se reflejan en el primer eje de la Estrategia Nacional de Cambio Climático del Gobierno de la República, que tiene por objetivo reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia. Sin embargo, la prevención, lejos de ser una estrategia integral sostenible, se ha desviado de su propósito original, transformándose en acciones puntuales de remediación. Las funciones de las principales instancias gubernamentales y sus acciones no siempre están coordinadas. El cambio de usos de suelo muchas veces impide la conservación y aumenta la vulnerabilidad humana ante el riesgo.

Mitigación y adaptación

La mitigación y la adaptación al cambio climático busca sinergias entre el enfoque global y el local, para maximizar su efectividad, y propone acciones que contribuyan tanto a mitigar la producción de Compuestos de Efecto Invernadero (CEI) como a reducir la vulnerabilidad frente al cam-

bio climático. La mitigación se considera un proceso global, debido a que la reducción en la emisión de CEI ayuda a evitar el aumento de la temperatura de todo el planeta (CMM, 2013). Las estrategias de mitigación están orientadas a disminuir las emisiones de CEI producidos principalmente a partir del cambio de uso del suelo y la quema de combustibles fósiles y, por consiguiente, tiene por objetivo limitar los peligros derivados del cambio climático de origen antropogénico. Sin embargo, aun si las emisiones de CEI se paralizaran por completo, los efectos del cambio climático de origen antropogénico son irreversibles en una escala de muchos siglos, o incluso milenios (IPCC, 2013).

En contraste, la adaptación tiene un ámbito local, pues los fenómenos meteorológicos extremos afectan a regiones y sitios específicos, donde la vulnerabilidad de la población hace necesario el fortalecimiento de las capacidades adaptativas. Este fortalecimiento se logra a partir de la instrumentación de medidas que prevengan o reduzcan los impactos de eventos como lluvias extremas o sequías severas (CMM, 2013), es decir, sobre la reducción de riesgo de desastres. Por ello, las estrategias de adaptación se centran en acciones que faciliten la organización social, la disposición de medios técnicos y la cooperación internacional. Así, se pretende que estas estrategias permitan sortear con éxito las nuevas circunstancias de riesgo ante los fenómenos meteorológicos extremos.

Sin embargo, adaptación en SSE es un concepto que se relaciona con la presencia de efectos específicos y esperados como inundaciones por aumento en el nivel del mar o intensificación de procesos hidro-meteorológicos, como los huracanes, dichos conceptos se vinculan con políticas de Reducción de Riesgo de Desastres (RRD), los cuales tienden a enfocarse en horizontes temporales a corto plazo y hacen énfasis en los riesgos que acontecen en el presente (Folke, 2006; Janssen y Ostrom, 2008). El enfoque “a futuro” es una de las principales características que diferencia al concepto de resiliencia en SSE del concepto de adaptación (Bahadur y Tanner, 2014; Li *et al.*, 2014). Otra característica que distingue resiliencia de adaptación es que al poner énfasis en sistemas dinámicos no-lineales, la resiliencia considera los elementos de sorpresa e incertidumbre que suponen los procesos climáticos extremos (Djordjević *et al.*, 2011; Bahadur *et al.*, 2013; Bahadur y Tanner, 2014). La sorpresa y la incertidumbre pueden ser manejadas por medio de atributos como la redundancia, la flexibilidad

y el aprendizaje continuo de programas y políticas que abordan los impactos climáticos y sus consecuencias (Folke, 2006; Ferreira *et al.*, 2013).

Resiliencia

A finales de la década de 1960 y principios de la de 1970, el concepto de resiliencia empezó a ser usado en el área de la ecología. Su precursor fue C.S. Holling, quien en 1973 sugirió la existencia de diferentes estados de evolución o desarrollo, cada uno con múltiples estabilidades, así como la no linealidad en el comportamiento de las poblaciones ecológicas. La idea de un comportamiento alejado del equilibrio y de la estabilidad se oponía a la teoría de la estabilidad ecológica, aún predominante en aquella época. Actualmente, la resiliencia es entendida como la capacidad de un sistema para “absorber los disturbios bióticos y abióticos de origen natural y antropogénico y reorganizarse mientras se lleva a cabo un cambio en el sistema, reteniendo sus mismas funciones esenciales, identidad y retroalimentación” (Folke, 2006). Es decir, la capacidad de un ecosistema, una comunidad biológica, una persona o una comunidad para responder a una crisis o disturbio sin perder su estructura, funciones y procesos de retroalimentación característicos. Un sistema resiliente reacciona ante los disturbios: 1) de manera robusta, tiene umbrales altos, y puede enfrentar disturbios de gran magnitud antes de cambiar drásticamente su estructura y funciones, 2) de manera propositiva, después de un disturbio se reconfigura, es decir, tiene la habilidad para desarrollar o innovar “creativamente” mecanismos de ajuste que le ayuden a mantener su estructura y funciones características y asegurar su continuidad, operando en un punto diferente de equilibrio. La capacidad de amortiguar los efectos (ej. del cambio climático) está determinada por dos aspectos, la magnitud y frecuencia del disturbio y la resiliencia del sistema; mientras más resiliencia, mayor velocidad de recuperación y mejor habilidad de absorber el disturbio, reacomodando los componentes de su estructura a fin de mantener las mismas funciones y procesos de retroalimentación característicos (Calderón, 2016).

Atributos y procesos básicos para la resiliencia de los sistemas naturales y sociales

Dentro de los atributos está la redundancia o duplicación de componentes y funciones críticas en un sistema, natural o social. De ahí la importancia de contar con una alta diversidad biológica no sólo taxonómica sino de grupos funcionales y diversidad sociocultural, por ejemplo, diferentes sistemas de manejo de recursos y percepción cultural, permiten contar con un mayor número de mecanismos cuya función puede suplirse más fácilmente, en el caso de que algún elemento falte o falle durante o después de un disturbio. Otro atributo es la flexibilidad, o la disposición de un sistema para incorporar nuevos elementos en su estructura y funciones. Para los sistemas sociales, en caso de que un modelo de organización, percepción cultural o normatividad cambie o, por el contrario, se vuelva ineficiente ante nuevos requerimientos necesarios para el manejo de la incertidumbre, la flexibilidad evita que el sistema se torne rígido y pierda su potencial para aprovechar la heterogeneidad de oportunidades que acompañan un evento de cambio (Calderón, 2016; Peña, 2014).

En cuanto a los procesos más importantes están la autoorganización, o reorganización autónoma de componentes, funciones y relaciones, en un ecosistema o un sistema social (ej. agrocultural o sociocultural), con el fin de absorber los efectos de una crisis o disturbio. Cada proceso de recuperación ante una crisis es único, esto debido al tiempo y al espacio en que los elementos intervienen en la respuesta del sistema. Otro proceso fundamental es el aprendizaje, en un sistema social es la capacidad de mantener una “memoria colectiva” de respuestas adaptativas previas, por medio de la experiencia y la imaginación; en un sistema ecológico la adaptación (genética, morfo-fisiológica y conductual) es la asimilación biológica del aprendizaje. Estos procesos benefician al sistema permitiéndole identificar situaciones de riesgo y prevenir posibles daños a futuro.

En términos de riesgos y desastres asociados con el cambio climático, se han identificado diez características principales que conforman la resiliencia de SSE: alta diversidad; gobernanza e instituciones efectivas; habilidad para trabajar en un entorno de incertidumbre y cambio; participación de comunidades locales y la apropiación del conocimiento tradicional; preparación y planeación ante los disturbios; equidad social y económica; valores y estructuras sociales robustas; reconocimien-

to de las dinámicas de no-equilibrio; aprendizaje continuo y efectivo; y la adopción de una perspectiva de análisis inter-escalar (Bahadur *et al.*, 2013; Bahadur y Tanner, 2014).

Seguridad alimentaria regional

Según la FAO, la resiliencia es “la capacidad de prevenir desastres y crisis, así como de preverlos, amortiguarlos, tenerlos en cuenta o recuperarse de ellos a tiempo y de forma eficiente y sostenible, incluida la protección, el restablecimiento y la mejora de los sistemas de vida frente a las amenazas que afectan a la agricultura, la nutrición, la seguridad alimentaria y la inocuidad de los alimentos”. La seguridad alimentaria se ha consolidado como una de las facetas de la resiliencia en las ciudades, estudios antropológicos demuestran que, en sistemas urbanos, la seguridad alimentaria ha dependido de la distribución, la temporalidad y sobre todo de la disponibilidad de alimentos (Barthel y Isendahl, 2013).

La idea de separar lo urbano de lo rural es una conceptualización que asume las innovaciones como lo “moderno”, la ciudad; contrapuesto con lo “tradicional”, el campo, por ello “modernizar” al campo implicaría el uso de tecnologías que permitieran aumentar la productividad a costa de perder resiliencia agroecológica y alimentaria, además implicó transportar recursos, especialmente relacionados con la alimentación, desde grandes distancias incrementando la huella ecológica (Wakeland *et al.*, 2012). Tales innovaciones incentivaron el crecimiento poblacional metropolitano, e incrementaron la cada vez menos importante distancia geográfica a las fuentes de producción de alimentos, lo cual ha generado que las metrópolis dependan de combustibles fósiles para transportar alimentos, y con ello se promueva la transformación de alimentos en combustible como el biodiésel (Stoeglehner y Narodoslowsky, 2009).

La interconectividad y facilidad de transporte de alimentos puede concebirse como un factor que reduce la vulnerabilidad de las ciudades a sufrir crisis alimentarias y crear resiliencia durante crisis severas (Ernstson *et al.*, 2010), sin embargo, también implica la pérdida de sistemas sustentables de producción local de alimentos tradicionales y una mayor dependencia de líneas de abastecimiento (Allouche, 2011); por no mencionar la competencia con un mercado externo, que impide la rentabili-

dad de la producción agrícola, lo anterior incrementa los riesgos futuros a la seguridad alimentaria urbana. Asimismo, todo el SSE incrementa su vulnerabilidad, debido no sólo al incremento de CEI producido por el transporte, y a la pérdida de vegetación arbórea (fijadora de CO₂), sino a la pérdida y fragmentación de ecosistemas que se originan por la construcción de carreteras y caminos mal planeados, y por la incorporación de tecnologías que intensifican la producción agrícola más allá de los límites ecológicos, poniendo en riesgo la resiliencia ecológica y humana, al utilizar, pesticidas, herbicidas y organismos genéticamente modificados, los cuales no han comprobado ni su utilidad ni su inocuidad (Méndez y Vargas, 2016). En este sentido, las ANP pueden ser aprovechadas y considerados nodos de resiliencia en torno a la conservación de sistemas de producción de alimentos tradicionales que contribuyen a la seguridad e inocuidad alimentaria, además de ser reservorios de germoplasma con potencial adaptativo a condiciones específicas o limitantes.

Diagnóstico ecológico de los humedales de Tláhuac

La alcaldía de Tláhuac tiene una superficie de 8 345 hectáreas; el suelo de conservación (SC) ocupa una superficie de 6 371 hectáreas, es decir 76% del territorio delegacional, predomina la zonificación agroecológica especial, con 3 113.83 hectáreas (49% del SC) y corresponde a los humedales y a la zona chinampera. La Sierra de Santa Catarina cuenta con una extensión de 1 539.40 hectáreas que representa 24% de este territorio en Tláhuac, con zonificación agroecológica; sin embargo, la superficie decretada como ANP correspondiente a Tláhuac e Iztapalapa es de 748.55 hectáreas, lo que representa 2.8% de la superficie total de ANP en la CDMX. El área agroecológica especial se distribuye sobre las zonas chinamperas de Xochimilco y Tláhuac, así como en los humedales de ambas delegaciones. Debido a sus valores ecológicos, tradicionales y culturales, en estas áreas se aplica una regulación especial a fin de fomentar su conservación a partir de la continuidad de los sistemas de manejo tradicionales. Su vulnerabilidad está asociada con los riesgos de inundación, hundimiento del terreno y sismos, y se argumenta que por ello es necesario el mantenimiento de la hidrodinámica, prohibiendo la interrupción del flujo y

comunicación de los canales, y se prohíbe el uso de productos químicos para evitar la contaminación del suelo y agua.

Cabe resaltar que durante el porfiriato y con el fin de expandir la actividad agropecuaria sobre estos terrenos, el humedal de Tláhuac prácticamente desapareció por la desecación del lago de Chalco. Afortunadamente se mantuvieron pequeñas charcas, que resultaron ser un hábitat natural para la vida silvestre. A finales de la década de 1970, cuando se inició la operación del sistema hidráulico Mixquic-Santa Catarina conformado por 14 pozos para la obtención de agua, se dio lugar a un proceso desmedido de extracción de agua del subsuelo, ocasionando subsidencia del terreno, debido al cambio volumétrico de las arcillas que conforman el acuitardo. Esto aceleró la formación de hundimientos diferenciales del terreno, que acentuaron la capacidad de almacenamiento de las charcas, y se inundaron las Tablas Agrícolas (franjas de tierra cultivada de aproximadamente 1 000 m de largo por 500 m de ancho, en donde se practica agricultura de temporal y la siembra de romerito, brócoli, maíz, avena).

Como resultado de estas acciones se conformó el actual humedal de Tláhuac, convirtiéndose en un relictos del paisaje lacustre del extinto lago de Chalco, además de ser un hábitat natural para más de 139 especies de aves migratorias y residentes, siete de éstas consideradas en la NOM-059-Semarnat-2019 de protección ambiental.

Fauna como indicador ambiental

En el 2018, Méndez y colaboradores encontraron huevos y juveniles de especies endémicas como el ajolote mexicano, *Ambystoma mexicanum* y el mexcalpique *Girardinotis viviparus*, sin embargo no se registró la presencia del pez *Chirostoma jordani* (charal) ni de *Skiffia lermae* (tiro olivo), reportadas en 1993 por Sánchez-Trejo y colaboradores. Este humedal ha sido reconocido nacional e internacionalmente como un área de importancia para la conservación de las aves y la vida silvestre (Conabio, Birdlife International, Convención RAMSAR). Este año se registraron un total de 10 197 aves acuáticas correspondientes a 31 especies, 16 residentes y 15 residentes de invierno (Méndez *et al.*, 2018) en cuanto a las aves terrestres se contabilizaron 2 270 individuos correspondientes a 53 especies, de las cuales siete no habían sido registradas en la zona (Méndez *et al.*,

2018). En cuanto a la composición de zooplancton, estuvo dominada por copépodos (78%), cladóceros (13%) y rotíferos (9%), la baja densidad, aunque amplia presencia de rotíferos, puede ser un indicador de concentraciones equilibradas de nutrientes, dado que su abundancia indica eutrofia (Krylov *et al.*, 2011). En cuanto a las especies de reptiles registradas en la zona, Sanchez-Trejo *et al.* (1997) reportaron siete: *Barisica imbricata* (falso escorpión), *Sceloporus aeneus* (lagartija espinosa llanera), *S. Grammicus* (lagartija espinosa del mezquite), *Pituophis deppei* (culebra sorda, cincuate), *Storeria storerioides* (culebra parda mexicana), *Thamnophis eques* (culebra de agua nomada mexicana), *Crotalus triseratus* (cascabel transvolcánica) fue reportada en dicho estudio, pero no *Crotalus polystictus* (cascabel oce-lada) reportada por la PAOT (2010). En el 2018, Méndez *et al.* no encontraron ninguna de las dos, otra especie registrada tanto por la PAOT (2010) como por este estudio fue *Sceloporus torquatus* (lagartija espinosa de collar) una especie no registrada pero identificada en el estudio de Méndez *et al.* (2018) fue *Conopsis biserialis* (culebra terrestre de dos líneas). A pesar del deterioro tanto de los cuerpos de agua como la sodicidad y salinidad de los suelos, la diversidad faunística sigue siendo importante y representativa de estos sistemas acuáticos en peligro de extinción; sin embargo, de no llevarse a cabo la restauración y conservación, estas especies endémicas y símbolos de cohesión social se extinguirán local y regionalmente.

Hidrología y calidad del agua

El sistema hidrológico del humedal está formado por el espejo de agua, bordos y canales de riego. Recibe las aportaciones del Río Amecameca y de diversos escurrimientos provenientes de la Sierra Nevada, como de una dotación de agua proveniente de la Planta de Tratamiento del Cerro de la Estrella. El humedal tiene una importante función para la prevención de inundaciones en la colonia Habana (CDMX) y el área de Xico (Estado de México), pues actúa como un vaso regulador que aloja la carga de agua excedente en caso de tormentas torrenciales. La profundidad reportada en estudios realizados en el 2007 (Ayala-Pérez *et al.*, 2013) fue menor a la encontrada en el 2018 (Méndez *et al.*, 2018), donde se registró una mínima de 35 cm en y una máxima de 360 cm en el norte, en la laguna sur fue de 63 a 90 centímetros.

La calidad del agua de este sistema hidrológico rebasa los límites permisibles establecidos por la normatividad mexicana. Los estudios realizados en otoño-invierno de 2017 y en invierno-primavera de 2018 por Méndez *et al.* (2018) muestran que la concentración de fosfatos se encuentra en los niveles normales, sin embargo, los nitritos y nitratos fueron elevados en las zonas de producción agrícola y los segundos en zonas de desagüe. La zona con mayor contaminación por la baja calidad de agua fue la colindante con el pueblo de San José. Ahí los niveles de DQO son altos, lo que indica una cantidad de materia orgánica elevada, por lo cual el consumo de oxígeno puede llevar a su agotamiento, esto tiene una consecuencia inmediata en la destrucción de las comunidades acuáticas que necesitan el oxígeno para vivir. Además, el exceso de materia orgánica posibilita la proliferación de microorganismos (muchos de los cuales resultan patógenos: contaminación biológica), y provoca déficit de oxígeno, lo que aumenta la solubilidad en el agua de ciertos metales.

Con respecto a los estudios microbiológicos (Mendez *et al.*, 2018) se ha detectado la presencia de las siguientes bacterias: *Pantoea agglomerans*, *Pseudomona spp* y *Hafnia alvei*, su presencia se relaciona con altos niveles de DQO (cantidad de oxígeno requerido para oxidar materia). La bacteria *P. Agglomerans* ha sido aislada principalmente en heces de humanos; la *Pseudomona. spp* se encuentra en ambientes con niveles altos de nutrientes como aguas residuales y produce infecciones en polluelos jóvenes o en crecimiento, contaminando los huevos fértiles y causando muerte en embriones y en polluelos recién eclosionados.; y la bacteria *H. alvei*, además de encontrarse en aguas residuales es parte de la microbiota normal de mamíferos, aves, reptiles y peces. En un muestreo posterior, se encontró *E. coli*, cercano a la zona de ganado y nuevamente *P. agglomerans* en la misma zona de muestreo, que es la laguna sur donde hay más actividad agrícola, esta bacteria es causante de infecciones y daños neonatales en polluelos evitando su desarrollo y crecimiento, además en este sitio también se encontró *Citrobacter freundii*, la cual afecta la piel y plumas de las aves. En cuanto a los hongos patógenos se encontró *Cladosporium sp*, patógeno de plantas, felinos, canidos, anfibios, peces y aves; *Trichoderma sp*, el cual coloniza las raíces de plantas y parasita a otros hongos; *Fusarium sp* (saprobio inocuo, aunque puede producir micotoxinas); *Penicillium sp* (genero más abundante en suelos y aunque pueden producir toxinas en general son benéficos) y probablemente *Candida sp*.

Diagnóstico social

El proceso de urbanización formal e informal es la principal amenaza para la preservación del suelo de conservación en la alcaldía de Tláhuac, y en particular sobre las 3 114 hectáreas, definidas como zona agroecológica (PDDU-Tláhuac, 2008). Los asentamientos humanos irregulares en la Alcaldía en el 2010 reportados por la PAOT eran 93, ocupando una superficie de 428.20 hectáreas y de menor antigüedad promedio respecto a las demás alcaldías, en 2016 la superficie se incrementó a 480 hectáreas, sin embargo, la tasa de crecimiento es de 26.12% por debajo del promedio para la Ciudad de México.

De manera particular, las áreas agrícolas resultan ser vulnerables a la urbanización en virtud de poseer un nivel medio de aptitud agrícola explicada por la relativa fertilidad del suelo, sin embargo, análisis de materia orgánica y nutrientes llevados a cabo este año, muestran que los suelos son aptos para la agricultura (Méndez *et al.*, 2008), sin embargo, la baja eficiencia en los sistemas de riego por canales, los efectos negativos derivados de la salinidad y sodicidad de los suelos, entre otros factores (GDF, 2012) sobre todo de tipo social, han llevado al abandono de las tierras aumentando el riesgo de invasiones y su posterior urbanización.

Tláhuac cuenta con siete ejidos y comunidades que abarcan una superficie total de 2 602 hectáreas, lo que representa 31.18% del área total, 1 891.00 hectáreas son de superficie parcelada, mientras que 623.15 hectáreas son superficie no parcelada, dentro de éstas, 219.15 hectáreas son de asentamiento humano, y el total de ejidatarios y comuneros es de 3 808 (Inegi, 2007). En la actualidad se tienen en el Registro Agrícola Nacional, en las áreas colindantes con la Ciénega de Tláhuac, el Ejido de San Francisco Tlaltenco con una superficie total del núcleo agrario (na) de 479 hectáreas y parcelada de 672 hectáreas con 862 ejidatarios. Ejido de Tulyehualco con superficie de (na) 362 hectáreas y parcelada de 313 hectáreas con 512 ejidatarios, y Ejido de Mixquic con una superficie total (na) de 764 hectáreas y 677 parceladas con 405 ejidatarios (total de superficie parcelada (1 662 hectáreas) en el RAN no se encuentra registrado el ejido de San Pedro Tláhuac que sería la zona de la laguna (inundada) y parcelas al norte de ésta, por lo que deducimos son por lo menos 1 000 hectáreas (Mapa 4).

Actualmente una importante concentración de población se ha establecido en las colonias Selene, San José, Habana, Quiahuatla, San Sebastián y la Loma. Entre las dos primeras queda un remanente de terreno considerado reserva ecológica de aproximadamente 41.4 hectáreas que al parecer ha sido comprado por una empresa constructora, para el desarrollo de departamentos (comm pers) y de los mapas de inundación (Mapa 5) se puede observar a esta zona con alto riesgo.

La gran mayoría de estos asentamientos irregulares han sido promovidos desde hace tiempo por organizaciones que indirectamente se vinculan con partidos políticos, tal es el caso de “Antorcha Campesina”

[...] y el Frente Popular Francisco Villa (FPFV), quienes han aprovechado los litigios y disputas legales entre los supuestos dueños para apropiarse de los predios urbanos-rurales. La política actual del Gobierno de la CDMX es no permitir más invasiones a zonas verdes de la capital, en especial en las zonas chinamperas de Xochimilco y las tablas agrícolas de Tláhuac. Es evidente que a medida que se abandone la actividad agrícola, debido a su baja rentabilidad económica, asociada con la falta de programas de apoyo al campo, con la competencia desigual en el mercado, con el cambio en la estructura de edades de los Ejidos y con la falta de participación de los jóvenes en actividades productivas, es que se favorecen las condiciones para que algunos núcleos sociales y agrarios, en pro de mejorar el bienestar de la población, soliciten al Gobierno de la CDMX una modificación al Suelo de Conservación, y con ello se otorgue otro destino a este territorio. Esta situación se agudiza al momento de que los núcleos agrarios entran en procesos de parcelación de sus tierras mediante el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (Procede) para obtener certidumbre en la tenencia de la tierra y libertad para decidir sobre su uso y destino.

Estos factores aumentan considerablemente el riesgo de que se pierdan no sólo los servicios ecológicos del humedal, sino también su valor biocultural que sustenta la categoría de Patrimonio Mundial. Además de aumentar el riesgo de las poblaciones que ahí se asientan debido al hundimiento de la zona, y el alto riesgo de inundaciones y la falta de saneamiento de los canales que circundan las colonias (Mapa 6).

Mapa 4



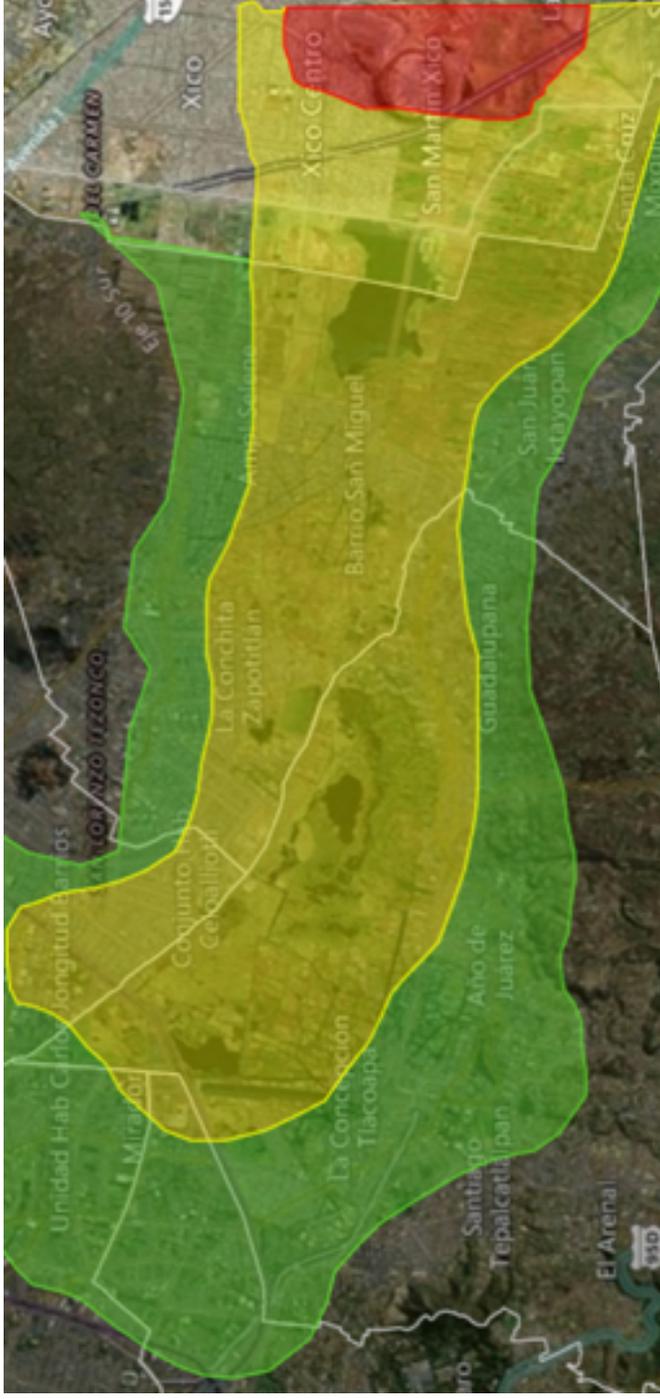
Mapa de los ejidos parcelizados de Tlaltenco (Tláhuae), Tulyehualco (Xochimilco) y Mixquic (Estado de México) (izquierda). Polígonos de ANP de Sierra Santa Catarina y el Santuario del Agua de lagunas de Xico, Estado de México (derecha). Fuente: [http://www.ran.gob.mx/SIG].

Mapa 5. Riesgo de inundaciones en Xochimilco y Tláhuac



Fuente [<http://www.atlas.cdmx.gob.mx>].

Figura 6. Hundimiento de terreno en Xochimilco y Tláhuac



Nota: verde de 0.2-10 cm, amarillo de 11-20 cm y rojo de 21-30 cm.
Fuente: [<http://www.atlas.cdmx.gob.mx>].

Perspectivas a futuro para construir la resiliencia en los ejidos y humedales de San Pedro Tláhuac

Por la importancia biocultural de este socioecosistema y la inquietud de diversos grupos dentro del Ejido Tláhuac por proteger sus tierras, en el 2016, la autoridad de la Zona Patrimonio Natural y Cultural de la Humanidad en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta (AZP) de la CDMX, invitó a colaborar a la UAM-Xochimilco para que de manera conjunta se diseñara una estrategia de intervención para la protección integral del Humedal, y se avanzara en una estructura de gobernanza dentro del Ejido Tláhuac, para que se incorporen en la responsabilidad y toma de decisiones necesaria para la conservación de este socioecosistema. Como resultado de esta iniciativa se han realizado, en conjunto con el Ejido Tláhuac, diversos foros y talleres, con el propósito de asistir al núcleo agrario para que se logre el consentimiento previo e informado (CPI) de la asamblea ejidal para la creación de la Reserva Ecológica Comunitaria (REC) “Humedal de Tláhuac”. Esta categoría de área protegida dentro de la CDMX se refiere a espacios naturales que se destinan a la protección, conservación y restauración de la biodiversidad y los servicios ambientales, sin modificar el régimen de propiedad social de dichos terrenos.

Que el Humedal de Tláhuac se convierta en ANP, fortalece la protección de los ecosistemas naturales y sus servicios ambientales en la planicie lacustre de Chalco (CDMX-Estado de México), que en estos momentos se encuentran en riesgo ante el incremento de invasiones para establecer asentamientos humanos irregulares en el suelo de conservación. No obstante, el regreso de las distintas poblaciones de aves acuáticas migratorias y residentes al humedal, esta riqueza y abundancia avifaunística, le confiere una oportunidad para el desarrollo del ecoturismo basando en la observación de las aves y sus hábitats naturales. Esto representa una posibilidad para la diversificación económica del Ejido, pero también implica contar con una serie de condiciones para que el turismo de naturaleza se desarrolle como una experiencia turística-recreativa de calidad, positiva, memorable y recomendable.

Ante el posible decreto de la REC Humedal de Tláhuac y la consecuente obligación de las autoridades ejidales de San Pedro Tláhuac de formular y aprobar ante la Corena, el Programa de Manejo del área protegida, en donde se establezcan los objetivos, acciones y agentes responsables para

instrumentar las acciones de protección, restauración y conservación de los ecosistemas comprometidas en el decreto de la REC. Esta coyuntura obliga a la Comisaría Ejidal a desarrollar una estrategia para abonar en el cumplimiento de las acciones de conservación, y en las cuales se incluya la participación de distintos colectivos del Ejido Tláhuac. Este aspecto es fundamental para garantizar la gobernanza y evitar posibles conflictos socio-organizativos dentro del núcleo agrario, especialmente ahora que se avanza en el proceso de la parcelación ejidal (Procede).

Con este panorama, resulta fundamental para la Comisaría Ejidal contar con una estrategia de intervención cuyos resultados contribuyan para: *a)* socializar los alcances del proyecto de la “REC Humedal de Tláhuac” con los miembros de núcleo agrario de la CDMX como del Estado de México; *b)* fomentar la participación comunitaria en el desarrollo de las acciones de conservación propuestas por la propia comunidad, con la asesoría de académicos expertos en el tema; *c)* mejorar la capacidad organizativa de la autoridades ejidales para la gestión de recursos y apoyos y para financiar los proyectos y actividades de manejo relacionadas con: 1) la reactivación agroecológica y productiva del suelo; 2) la biorremediación y restauración de sitios para la reintroducción de organismos acuáticos; 3) el desarrollo del ecoturismo a partir de la observación de la vida silvestre y la interpretación ambiental; 4) la capacitación técnica de las brigadas de apoyo comunitario para la reforestación y la protección y vigilancia de la zona. Estas iniciativas son susceptibles de apoyarse mediante fondos provenientes del Programa de Retribución por la Conservación de Servicios Ambientales derivado del Fondo Ambiental Público del Distrito Federal, complementándolas con otros apoyos, como el Programa Fondos de Apoyo para la Conservación y Restauración de los Ecosistemas, mediante la Participación Social (Proface), bajo las modalidades Fondos para la Conservación y Restauración de Ecosistemas (Focore) y Apoyo para la Participación Social en acciones para la Conservación y Restauración de los Ecosistemas (Apasso).

Conclusiones

El Programa de Acción Climática de CDMX (PACCM) y la estrategia local de acción (ELAC) deberán profundizar en las acciones de tipo adaptativo

para incidir mejor en la prevención del riesgo y de esta forma invertir menos en la mitigación. Asimismo, la resiliencia debe reconsiderarse como un eje estratégico transversal, el cual permite analizar sistemas dinámicos y proponer acciones integrales en sistemas socioecológicos como es el caso del suelo de conservación en el cual se integran los sistemas ecológicos, el manejo de recursos y el sistema urbano. En general, existen cinco condiciones para fortalecer la resiliencia de los sistemas socioambientales, siendo el bien común uno de los mayores impulsores de la resiliencia.

1. *Mantener la diversidad biológica y cultural*, base para el desarrollo de diferentes opciones de manejo de recursos naturales. Esto implica dos acciones básicas: una, el rescate del conocimiento y manejo tradicional de los recursos; y dos, acciones de restauración de las funciones ecológicas, como son el saneamiento de los cuerpos de agua y el restablecimiento de la dinámica hídrica natural, y la restauración de suelos a partir de la reforestación y el manejo agroecológico, el cual implica un incremento de la agrobiodiversidad y en la diversidad biológica en general, lo cual contribuye a su vez a la resiliencia.
2. *Fortalecer el desarrollo de capacidades*, para el manejo adaptativo (con los elementos que se tengan a la mano) de los recursos naturales. Esto significa transmitir (mediante redes familiares y comunitarias) y aplicar el conocimiento rescatado del manejo tradicional, generando conciencia social y promoviendo la educación ambiental; de esta forma se podrá responder mejor a los disturbios, al cambio y a la incertidumbre. También implica llevar a cabo un ordenamiento territorial participativo, desde la comunidad hacia las instituciones involucradas en el área.
3. *Impulsar el manejo sustentable de los recursos*, es decir, restaurar y mantener sanas las funciones ecológicas, y la producción de bienes y servicios ecosistémicos, de forma tal que propicien equidad social y mejoren la calidad de vida de las comunidades en términos de salud y alimentación. Para llevar a cabo un manejo sustentable es necesario antes contar con un ordenamiento del territorio en función de las actividades que se quieren desarrollar y los impactos que tendrán en todo el sistema socioecológico.
4. *Planear participativamente* significa contar con el compromiso de la sociedad, comunidad y gobierno, en la búsqueda y desarrollo de estrate-

gias para el bien común, con base en el ordenamiento comunitario y el manejo sustentable de los recursos.

5. *Fortalecer la gobernanza y la flexibilidad en las instituciones.* Robustecer las condiciones y procesos sociales significa que tanto los ejidatarios como la comunidad de San Pedro Tláhuac estén informados y participen en la toma de decisiones sobre las obras y acciones que se lleven a cabo en el suelo de conservación y se especifiquen los derechos y las responsabilidades individuales, colectivas e institucionales y con ello se mejoren los procesos de toma de decisiones.

En cuanto a la flexibilidad institucional se requiere una mayor participación de las instancias que operan en la alcaldía de Tláhuac y en suelo de conservación y que se revisen tanto la normatividad ambiental como los programas de desarrollo urbano, así como los distintos programas ambientales y de apoyo al desarrollo, identificando las incongruencias y las acciones no sinérgicas que impiden la funcionalidad de dichos programas haciendo un gasto público mayor a los resultados esperados.

Siendo las ANP un instrumento para la conservación, es fundamental que cuenten con un programa de manejo, además de crear un sistema local o regional que cuente con indicadores biológicos, geográficos y sociales que permitan evaluar las fortalezas y debilidades de cada una de las líneas estratégicas establecidas por el programa de ANP: protección, manejo, restauración, conocimiento, cultura y gestión. Los esfuerzos y estrategias de conservación deberán estar encaminados a una mayor sinergia y coordinación interinstitucional sobre todo en la actualización, sistematización y revisión de la información que se genera a nivel local, no sólo en lo biológico sino en lo social, político-administrativo y jurídico. Es necesaria una mayor transparencia administrativa, financiera, de los órganos de vigilancia y monitoreo desconcentrados, que apliquen la normatividad y que no dependan de las mismas instancias a las que pretenden vigilar. De esta manera, será posible dar una mejor respuesta estratégica ante los cambios y una toma de decisión social y política consensuada, que nulifique o por lo menos disminuya el impacto negativo sobre la conservación de los ecosistemas, sus recursos y los servicios ambientales que brindan.

Referencias

- Alberti, M. y J. Marzluff (2003). "Ecological Resilience in Urban Ecosystems: Linking Urban Patterns to Human y Ecological Functions", *Urban Ecosystems*, núm. 7, pp. 241-265.
- Allouche, J. (2011). "The Sustainability y Resilience of Global Water y Food Systems: Political Analysis of the Interplay Between Security, Resource Scarcity, Political Systems y Global Trade", *Food Policy*, núm. 36, suplemento 1, S3-S8.
- Ayala-Pérez V., N. Arce y R. Carmona (2013). "Distribución espacio-temporal de aves acuáticas invernantes en la Ciénega de Tláhuac, planicie lacustre de Chalco, México", *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1), pp. 327-337.
- Bahadur, A.V. y T. Tanner (2014). "Policy Climates and Climate Policies: Analysing the Politics of Building Urban Climate Change Resilience", *Urban Climate*, núm. 7, pp. 20-32.
- Barthel, S. y C. Isendahl (2013). "Urban Gardens, Agriculture, and Water Management: Sources of Resilience for Long-Term Food Security in Cities", *Ecological Economics*, núm. 86, pp. 224-234.
- Bahadur, A., M. Ibrahim y T. Tanner (2013). "Characterising Resilience: Unpacking the Concept for Tackling Climate Change and Development", *Climate and Development*, 5:(1), pp. 55-65.
- Calderón (2016). "El rol de las áreas naturales periurbanas para la resiliencia al cambio climático de las metrópolis: el caso de la Ciudad de México", *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, núm. 25, pp. 69-79.
- Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (CMM) (2013). *Guía para la evaluación de programas de acción climática de gobiernos locales*. México: GDF/SMA.
- Colding, J. y S. Barthel (2013). "The Potential of 'Urban Green Commons' in the Resilience Building of Cities", *Ecological Economics*, núm. 86, pp. 156-166.
- Collier, M.J., Z. Nedović-Budić, J. Aerts, S. Connop, D. Foley, K. Foley, D. Newport, S. McQuaid, A. Slaev y P. Verburg (2013). "Transitioning to Resilience and Sustainability in Urban Communities", *Cities*, núm. 32, suplemento 1, S21-S28.
- Conanp (2012). Áreas protegidas decretadas [http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/>], fecha de consulta: 9 de noviembre de 2012.
- Corenader/ Sagarpa (2005). Atlas de vegetación y uso del suelo. México: Suelos de Conservación del Distrito Federal, Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural del Gobierno del Distrito Federal y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable Distrito Federal.

- Cuevas-Reyes (2010). "Importancia de la resiliencia biológica como posible indicador del estado de conservación de los ecosistemas: implicaciones en los planes de manejo y conservación de la biodiversidad", *Revista de la DES*, 12(1), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Biológicas, pp. 1-7.
- Djordjević D., Butler, P. Gourbesville, O. Mark y E. Pasche (2011). "New Policies to Deal With Climate Change and Other Drivers Impacting on Resilience to Flooding in Urban Areas: The CORFU Approach", *Environmental Science & Policy*, 14(7), pp. 864-873.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2012). "Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio".
- Ernstson H., S.E. Van der Leeuw, Ch.L. Redman, D.J. Meffert, G. Davis, Ch. Alfsen y T. Elmqvist (2010). "Urban Transitions: On Urban Resilience and Human-Dominated Ecosystems", *AMBIO*, núm. 39, pp. 531-545.
- Erwin, K.L. (2009). "Wetlands and Global Climate Change: the Role of Wetland Restoration in a Changing World", *Wetlands Ecol Manage*, núm. 17, pp. 71-84.
- Ferrati, R., G.A. Canziani y D.R. Moreno (2005). "Estero del Ibera: Hydrometeorological and Hydrological Characterization", *Ecol Model*, núm. 186, pp. 3-15.
- Ferreira, A.J.D., J. Pardal, M. Malta, C.S.S. Ferreira, D. Soares y J. Vilhena (2013). "Improving Urban Ecosystems Resilience at a City Level the Coimbra Case Study", *Energy Procedia*, núm. 40, pp. 6-14.
- Folke, C. (2006). "Resilience: The Emergence of a Perspective for Social-Ecological Systems Analyses", *Global Environmental Change*, núm. 16, pp. 253-267.
- Gobierno del Distrito Federal (GDF) (2007). "Decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones del reglamento interior de la administración pública del Distrito Federal", *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 28 de febrero de 2007 (texto vigente).
- Gobierno del Distrito Federal (GDF) (2012). *Atlas geográfico del suelo de conservación del Distrito Federal*. México: Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal.
- Holling, C. S. 1973. "Resilience and Stability of Ecological Systems", *Annual Review Ecology Systematics*, núm. 4, pp. 1-23.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) (2007). *Censo ejidal 2007* [<http://www.inegi.org.mx/default.aspx>].
- IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático) (1996). *Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific Technical Analysis. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press.

- (2013). *Climate Change, the Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, Reino Unido/Nueva York.
- Janssen, M. y E. Ostrom (2008). “Resilience, Vulnerability, and Adaptation: a Cross-Cutting Theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change”, *Global Environmental Change*, núm. 16, pp. 237-239.
- Krylov, A.V., B. Mendsaikhan y B. Gantstsooz (2011). “Zooplankton of the drying lake Orog (Mongolia)”, *Inland Water Biol*, 4(2), pp. 179-181.
- Li, Y., Y. Shi, S. Qureshi, A. Bruns y X. Zhu (2014). Applying the Concept of Spatial Resilience to Socioecological Systems in the Urban Wetland Interface”, *Ecological Indicators*, núm. 42, pp. 135-146.
- Manyena, S.B. (2006). “The Concept of Resilience Revisited”, *Disasters*, 30(4), pp. 433-450.
- Méndez Cárdenas M.G., M.M. Chavez-Cortés y G. Binnqüist (2018). *Diagnóstico ecológico de los humedales de Tláhuac: rasgos ecológicos funcionales para entender la resiliencia* (en prensa).
- Méndez Cárdenas, M.G., A. Verde Medina y S.A. Méndez (2016). “Áreas naturales protegidas”, en *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. III. México: Conabio/Sedema, pp. 285-294.
- Méndez Cárdenas, M.G., M.C. Bastida Garza y G.I. Lozano Mascarúa (2016). “Áreas de valor ambiental”, en *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. III. México: Conabio/Sedema, pp. 313-323.
- Méndez Cárdenas M.G. y L.A. Vargas Guadarrama (2016). “El maíz en la chinampa: la diversidad biocultural ante el cambio climático”, en *Chinampas de México Sitio Patrimonio Mundial*, tomo II. México: UAM-Xochimilco/Sedema-GDF, pp. 50-92.
- Peña, A.E. (2014). “Al mal tiempo buena resiliencia”, *Revista Ciencias*, pp. 111-112.
- Postel, S. (1997). *Last Oasis: Facing Water Scarcity*. Nueva York: WW Norton & Co.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PAOT) (2010). *Opinión de la PAOT a la propuesta de actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal*.
- Programa Delegacional de Desarrollo Urbano Tlahuac (PDDU-Tláhuac) (2008). GODF núm. 428.
- Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal (PGOEDF) (2000). GDF/SMA/Corena.
- Reygadas P.D. (2016). “Delimitación del área de estudio y regionalización”, en *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. I. México: Conabio/Sedema, pp. 30-35.

- Sanchez-Trejo *et al.* (1997). “Comunidad herpetologica”, en Barreiro-Güemes, M.T., R. Sánchez-Trejo, A. Aguirre-León y L.A. Ayala-Pérez (comps.), *Ecología del humedal de San Pedro Tláhuac, un sistema lacustre del Valle de México*. México: UAM-Xochimilco.
- Satterthwaite, D., S. Huq, M. Pelling, H. Reid y P. Romero Lankao (2007). *Adapting to Climate Change in Urban Areas*. Reino Unido: International Institute of Environment and Development.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue) (1988). “Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente”, *Diario Oficial de la Federación*, 28 de enero de 1988. Última reforma publicada el 9 de enero de 2015.
- Stoeglehner G. y M. Narodoslawsky (2009). “How Sustainable are Biofuels? Answers and Further Questions Arising from an Ecological Footprint Perspective”, *Bioresource Technology*, núm. 100, pp. 3825-3830.
- Torres Lima, P., J.G. Cruz Castillo y R. Acosta Barradas (2011). “Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. Agendas de adaptación y sistemas institucionales”, *Política y Cultura*, núm. 36. México: UAM-Xochimilco, pp. 205-232.
- Wakeland, W., S. Cholette y K. Venkat (2012). “Food Transportation Issues and Reducing Carbon Footprint”, en Boye J.I. e Y. Arcand (eds.), *Green Technologies in Food Production and Processing*, 211 Food Engineering Series.