

Disturbio antropogénico como consecuencia del crecimiento urbano. El caso de la zona lacustre y de montaña en la delegación Xochimilco, México

Anthropogenic Disturbance as a Result of Urban Growth. The Case of the Lake and Mountain Area in Xochimilco, Mexico

*Rigel Alfonso Zaragoza Álvarez**

*Gisela Landázuri Benítez***

*Ernesto Vicente Vega Peña****

Resumen

En la Ciudad de México se localiza un humedal de importancia internacional: el sistema lacustre que se ubica en la delegación Xochimilco y que corresponde a la *chinampería*, un sistema de agricultura que desde la época prehispánica hasta la fecha abastece a la metrópoli de productos agrícolas. En las últimas décadas, sin embargo, el paisaje chinampero ha sido perturbado por el crecimiento de la mancha urbana, alimentada tanto por causas naturales como por la acción u omisión de algunos programas públicos. Para conocer ese impacto, se midió el grado de disturbio antropogénico en la zona periférica del sistema lacustre, en tres diferentes décadas, utilizando indicadores estadísticos en un análisis multivariado y cartográfico. Al mismo tiempo, los testimonios de los productores y habitantes de la zona dan fe de las alteraciones que ha sufrido ese ecosistema.

Palabras clave: disturbio antropogénico; crecimiento urbano; zona lacustre; Xochimilco.

* Doctorado en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. Posdoctorante en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Unidad Xochimilco, México. Temas de especialización: geoconservación, disturbio antropogénico y geomática. Correo electrónico: rigel_raza@yahoo.com.mx

** Doctorado en Ciencias Antropológicas por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Iztapalapa, México. Profesora-Investigadora en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Xochimilco. Temas de especialización: desarrollo rural, cultura, identidad, intervención y participación. Correo electrónico: giselalb@prodigy.net.mx

*** Doctorado en Ecología por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. Investigador en el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM. Temas de especialización: desarrollo de modelos de simulación numérica que vinculen procesos biológicos y ambientales con los sociales. Correo electrónico: evega@cieco.unam.mx

Abstract

Mexico City is home to an internationally important wetland: the lake system located in Xochimilco, involving chinampería, a system of agriculture that has supplied the metropolis with agricultural products since pre-Hispanic times. In recent decades, however, the chinampa landscape has been disturbed by the growth of urban sprawl, fueled by both natural causes and the actions or omissions of certain public programs. In order to determine this impact, the degree of anthropogenic disturbance was measured in the peripheral area of the lake system in three different decades using statistical indicators in a multivariate cartographic analysis. At the same time, the testimonials of local producers and residents attest to the changes undergone by the ecosystem.

Key words: anthropogenic disturbance; urban growth; lake area; Xochimilco.

Introducción

La afectación humana sobre el planeta no ha dejado de aumentar desde el inicio de la Revolución Industrial. La mayoría de los ecosistemas se encuentran dominados directamente por el hombre. Es decir, entre un tercio y la mitad de la superficie terrestre ha sido transformada por la acción humana, lo cual indica que ningún ecosistema en la superficie de la Tierra está libre de tal influencia (Vitousek *et al.*, 1997). Esto ha generado la reducción y extinción acelerada de la diversidad de especies, dentro de muchos hábitats en todo el mundo (Tilman, 2000). A su vez, este proceso ha disminuido la capacidad de los ecosistemas para prestar servicios ambientales (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Tanto por su frecuencia como por su intensidad, la acción del hombre en los ecosistemas llega a generar un disturbio agudo o crónico (Singh, 1998; Ureta y Martorell, 2009). El disturbio es un evento relativamente discreto en el tiempo, que perturba la estructura de una población biológica, comunidad o ecosistema, por lo que cambian los recursos, el paisaje, la disponibilidad del sustrato o el medio físico (Pickett y White, 1985). Se puede dividir en natural y antropogénico. El disturbio natural, como su nombre indica, es todo aquel evento drástico (terremotos, huracanes, incendios, etcétera) con el que la naturaleza responde a su propia esencia, como parte del globo terráqueo (Baldwin *et al.*, 2004; Bell *et al.*, 2008). Por su parte, los disturbios antropogénicos son perturbaciones causadas por actividades del hombre, tales como la urbanización, el crecimiento de la población, la agricultura, la construcción de una presa o carretera, el turismo, el cambio de uso de suelo, entre otras (Ellenberg *et al.*, 2006; Brown y Boutin, 2009; Davidson *et al.*, 2012).

El disturbio humano a causa de la creciente urbanización se caracteriza por el aumento de viviendas (McDonnell y Pickett, 1990) e infraestructura urbana, lo que conduce a la fragmentación de paisajes y al desplazamiento de hábitats de diferentes especies de flora y fauna (Fernández-Juricic, 2002). Aunado a lo anterior, las alteraciones relacionadas con la infraestructura urbana afectan directamente a las propiedades del suelo. De manera particular, a la densidad aparente del suelo, la biomasa microbiana y la materia orgánica (Scharenbroch *et al.*, 2005).

Los disturbios antropogénicos afectan significativamente a los flujos de agua dulce y a las reservas de agua subterránea en varias regiones del mundo, y generan estrés hídrico (Wada *et al.*, 2010; Pokhrel *et al.*, 2012). A pesar de ello, no hay estudios a profundidad de las causas negativas que se están creando a partir del cambio de uso de suelo en el ciclo hidrológico (Lambin *et al.*, 2002; DeFries y Eshleman, 2004; Peterson *et al.*, 2011). Este tema fue abordado en el 7 Congreso IALE (International Association for Landscape Ecology) en la sección de ecología urbana para un ambiente urbano sustentable, en 2011, en Beijing, en el que se llamó la atención sobre la influencia de las actividades urbanas en la pérdida de la biodiversidad y del ciclo hidrológico que las rodea, como sería el caso de los espacios rurales de la Ciudad de México.

En el sur de la Ciudad de México se ubica uno de los humedales mexicanos de mayor importancia internacional (sitio Ramsar): el Sistema de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, que es parte de la zona lacustre del lago de Xochimilco. Corresponde a un nuevo paisaje conocido como chinampa¹ —resultado de la interacción de la sociedad y la naturaleza—, un sistema agrícola que desde la época prehispánica hasta la fecha abastece a la metrópoli de hortalizas, granos y flores. Además de proveer de agua dulce a la ciudad desde hace más de un siglo, el sistema lacustre alberga especies endémicas como el acocil (*Cambarellus montezumae*) y el axolotl (*Ambystoma mexicanum*), y acoge a 140 especies de aves migratorias (Zambrano *et al.*, 2009).

El sistema lacustre de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco era parte de un mismo cuerpo de agua dulce que se extendía hasta Chalco. El agua del lago procedía de dos diferentes fuentes: principalmente, de los afluentes provenientes de los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl, y de manantiales que se ubicaban al sur de la masa de agua (Lozano-García y Ortega-Guerrero, 1994; Aréchiga, 2004). Estos últimos surgían de la infiltración de la zona de la montaña, a la que se referirá este estudio.

En la actualidad, esas dos fuentes de agua ya no concurren al lago de Xochimilco, que desde hace varias décadas es un cuerpo de agua artificial al que se le inyecta agua residual de

¹ Las chinampas son pequeñas parcelas de forma rectangular, en ocasiones triangular o circular en la zona lacustre, construidas con lodo del fondo de canales o del lago (limo orgánico). Ello permite consolidar este tipo de islotes artificiales de tierra por arriba del nivel de agua, rodeados por canales y suministrando nutrientes naturales para cultivar legumbres y flores (Gómez-Pompa, 1978; Osorio y Gómez-Pompa, 1987).

tres plantas de tratamiento, que además funcionan con varias irregularidades. Asimismo, debido al crecimiento de la mancha urbana, confluyen cientos de sitios de descarga de aguas negras clandestinas.

El lago de Xochimilco, el paisaje chinampero y las montañas donde se recarga el manto acuífero del sistema lacustre, han sido perturbados en las últimas décadas por el crecimiento de la mancha urbana, el aumento de la población, los asentamientos irregulares, el turismo, el cambio de uso de suelo, el aporte de aguas residuales y el uso de fertilizantes.

El crecimiento urbano ha generado la división administrativa de la delegación Xochimilco en pueblos, barrios y colonias. Sus pueblos se distribuyen en la planicie lacustre, al límite del lago, en el piedemonte y, en algunos casos, hasta la montaña. Es en las orillas de estos donde se generan mayores descargas de aguas negras clandestinas, que al mismo tiempo generan contaminación por basura en los canales.

Existen muchos estudios en el sistema lacustre de Xochimilco, gracias a los cuales se conoce con profundidad la perturbación causada por acción humana (Contreras *et al.*, 2009; Zambrano *et al.*, 2010; Pensado *et al.*, 2011; Merlín-Uribe *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo es identificar tanto el grado de disturbio antropogénico al exterior del sistema lacustre, a partir de unidades espaciales —la división administrativa de pueblos, barrios y colonias de la delegación Xochimilco—; como algunos efectos negativos causados por las actividades humanas a través del tiempo, los cuales afectan directa e indirectamente al cuerpo de agua y a la zona chinampera.

Hay tres tipos diferentes de métodos para medir el disturbio antropogénico (Martorell y Peters, 2005; Ureta y Martorell, 2009; Matorrell y Peters, 2009; Portilla y Matorrell, 2011). El primero es el método basado en experto, el segundo son los indicadores bióticos y el tercero son indicadores de actividad humana. En esta investigación desarrollamos el tercero, utilizando como indicadores de disturbio humano algunas estadísticas de gobierno; en particular, del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), pues permite explicar uno de los orígenes de la alteración del sistema hidrológico.

Por otro lado, para determinar el grado de disturbio, se aplicó un análisis multivariado en diferentes fechas, que fue posteriormente representado de modo cartográfico, lo que proporciona información fundamental para la planificación, manejo y gestión del crecimiento urbano y de los recursos hídricos de los pueblos, barrios y colonias.

Para conocer el impacto sobre el humedal, la zona chinampera y la recarga del manto acuífero que se ubica en la montaña, este trabajo interdisciplinario aborda las acciones humanas e institucionales. La intención es conocer el disturbio antropogénico desde un enfoque geográfico-eco-

lógico, pero también la perspectiva de la población sobre el proceso del deterioro en el transcurso del tiempo, y sus implicaciones. Es importante aclarar que el territorio al que nos referimos está conformado por dos zonas distintas: montaña o cerro y lacustre-chinampas. Sin lugar a dudas, hay entre ellas una relación estrecha, pues es en la montaña donde se recargan los mantos acuíferos (Romero y Duffing, 2004).

A partir de una revisión de la dinámica e importancia del sistema chinampero en el tiempo, presentamos una primera fase de la investigación,² que exhibe el grado de disturbio antropogénico en la zona periférica (piedemonte y montaña) del sistema lacustre de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, en tres diferentes fechas. Utilizamos indicadores estadísticos en un análisis multivariado, teniendo como unidades espaciales la división política de los pueblos, los barrios y las colonias de la delegación Xochimilco.

Esta fase se centra en el disturbio provocado fundamentalmente por la urbanización y de la actividad humana sobre la naturaleza. Pero más allá de los indicios estadísticos y su traducción cartográfica, hemos considerado importante incorporar a la argumentación los factores históricos que han contribuido a este deterioro, así como los testimonios de los habitantes locales: su percepción, añoranza e indignación por cómo el daño en la zona del piedemonte y de la montaña, ha afectado el ecosistema de la zona chinampera y las condiciones para continuar realizando las actividades productivas que eran su fuente económica principal. Los habitantes alertan también del contrasentido de los programas gubernamentales y las consecuencias que puede acarrear, incluso, para la metrópoli, dado que esta zona es una fuente de agua y de aire limpio para la región.

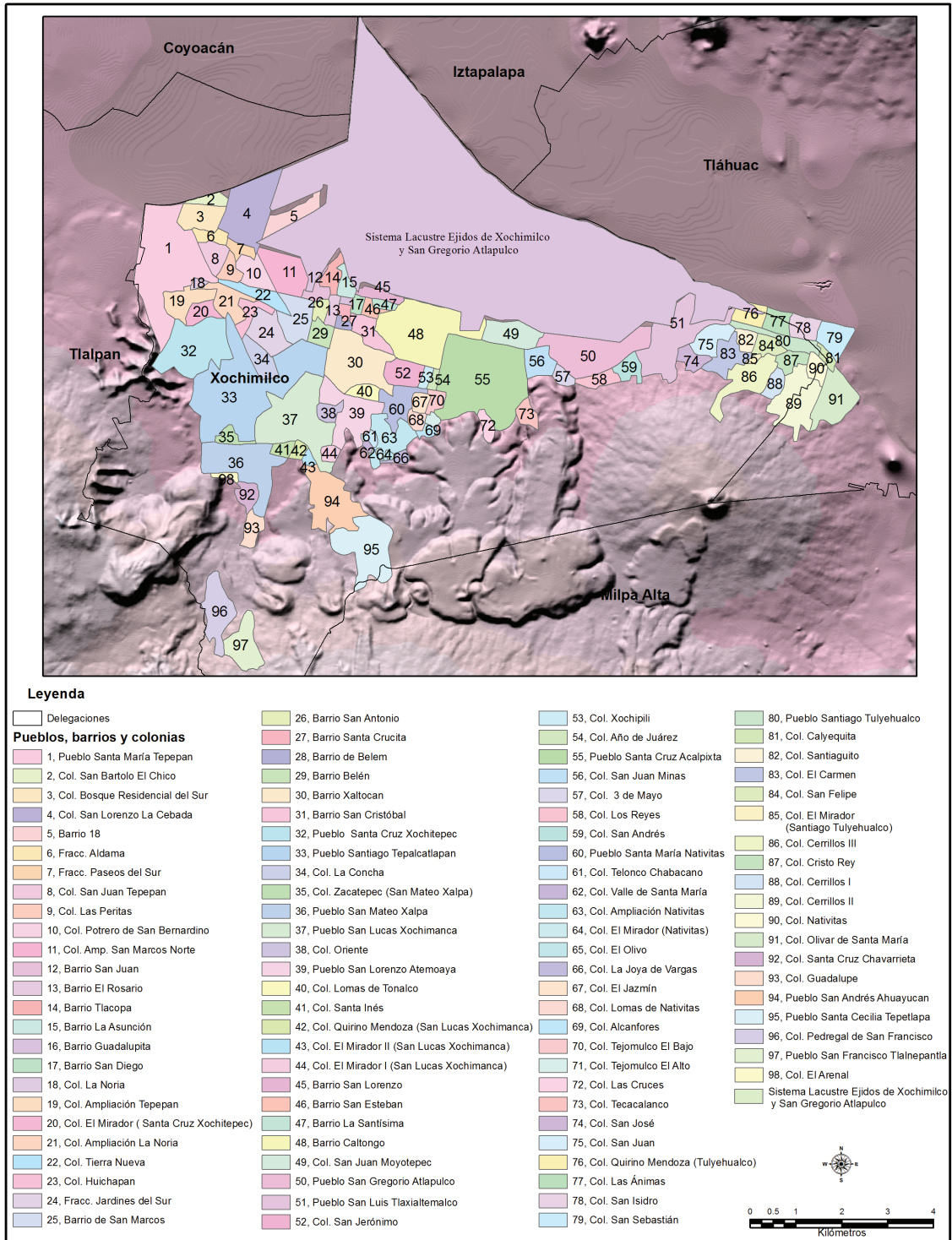
A continuación presentamos la transformación regional de este ecosistema, desde un enfoque geográfico-ecológico, con cartografía de los años 1971, 1989 y 2014 de los pueblos, los barrios y las colonias de la delegación Xochimilco.

Área de estudio

Xochimilco se ubica al sur de la Ciudad de México. Tiene sus límites con las delegaciones de Coyoacán e Iztapalapa, en los 19°19'13.604" de latitud norte, y en la parte sur, con Milpa Alta, en los 19°13'2.255" norte. Se encuentra limitada al oriente por la delegación Tláhuac y, al occidente, por Tlalpan. Cuenta con una superficie de 113.5 km². Su longitud es de 19 kilómetros y su ancho de 16 kilómetros (Figura 1).

² Esta investigación se realiza en el marco de la estancia posdoctoral de Rigel Zaragoza en la UAM, Unidad Xochimilco, quien ha venido trabajando sobre cambios de uso de suelo y propone la confluencia interdisciplinaria con la tutora Gisela Landázuri, quien realiza investigación con y para los habitantes de San Gregorio Atlapulco desde hace diez años, fundamentalmente en el ámbito de la cultura e identidad. A lo largo de esta interacción y colaboración con los atlapulquenses, se han realizado decenas de entrevistas individuales y colectivas, que una y otra vez denuncian el proceso de deterioro ambiental de la zona y señalan a los responsables del disturbio.

Figura 1: Pueblos, barrios y colonias de la delegación Xochimilco



Fuente: elaboración propia a partir de Barbosa, 2004: 192.

Metodología

Se midió el disturbio antropogénico alrededor de la zona chinampera, teniendo como base cartográfica las unidades espaciales de la división política (Figura 1) de los pueblos, los barrios y las colonias de la delegación Xochimilco (Barbosa, 2004) en los años 1971, 1989 y 2014.

Para evaluar las posibles afectaciones del crecimiento de la población y la zona urbana, se utilizaron seis variables:

1. Acueducto (Acue). Número de conductos artificiales empleados para transportar agua potable dentro de los pueblos, barrios y colonias.
2. Cultivos (Cul). La superficie que ocupan los distintos tipos de agricultura en cada uno de los pueblos, barrios y colonias.
3. Cementerio (Cem). El área que ocupan los sitios destinados a la inhumación en los pueblos, barrios y colonias.
4. Edificación (Edi). Número de construcciones permanentes (de uso público, culturales, de servicio, etcétera), dentro de los pueblos, barrios y colonias.
5. Longitud de canal (Can). Se estimó como la suma de la longitud de cauces artificiales abiertos empleados para irrigación, dentro de los pueblos, barrios y colonias.
6. Longitud de calle (Calle). Se estimó como la suma de la longitud de calles, expresados en kilómetros, de los pueblos, barrios y colonias.

Estas variables debían tener la posibilidad de ser comparadas en tres periodos: 1971, 1989 y 2014, que corresponden a las cartas topográficas E14A39 y E14A49, a escala 1: 50 000 (CETENAL, 1971; INEGI, 1989; INEGI, 2015). En el caso de las cartas topográficas correspondientes a 1971, las seis variables fueron escaneadas, georreferenciadas y posteriormente digitalizadas en el Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para poder calcular el aporte de cada variable al disturbio en cada pueblo, barrio y colonia de la delegación Xochimilco, se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (ACP) (Hair *et al.*, 1987; McGarigal *et al.*, 2000). Esta técnica multivariada sintetiza muchas variables en pocos gradientes o dimensiones (componentes principales), lo que permite condensar la información y transformarla en una o más nuevas variables (componentes).

Se realizaron cortes en el Sistema de Información Geográfica (Arcgis arcview 10), por cada una de las seis variables y por cada uno de los 98 pueblos, barrios y colonias en los diferentes años. Se hizo también un ACP con las tres fechas, para que los polígonos fueran comparables a través del tiempo. Los cálculos numéricos fueron realizados con la función “princomp” del programa estadístico R (R Core Team, 2012).

El siguiente paso fue representar cartográficamente el grado de disturbio antropogénico en cada una de las fechas, empleando los *scores* (puntuaciones) del ACP correspondientes a los dos primeros componentes principales. Para ello, se utilizaron los signos de los *scores* de los dos componentes principales (Figura 2), con el fin de determinar el grado de disturbio. Los sitios con *scores* positivos en un componente tienen valores de disturbio mayores al valor del centroide en ese mismo componente. Si se considera al valor del centroide como análogo al promedio de los valores en ese eje, entonces esos sitios tendrán valores de disturbio mayores al promedio. Con este razonamiento es posible identificar tres niveles básicos de disturbio, en función del signo de los *scores* en los dos ejes: alto (valores positivos en los dos ejes), bajo (valores negativos en los dos ejes) e intermedio (valores positivos en uno de los ejes y negativos en el otro) (Figura 2).

Figura 2. Grado de disturbio antropogénico usando los signos de los *scores* de los dos primeros componentes

Disturbio medio $-, +$	Disturbio alto $+, +$
Disturbio bajo $-, -$	Disturbio medio $+, -$

Fuente: elaboración propia.

Resultados

Antes de obtener el Análisis de Componentes Principales contenidos en el Cuadro 1, se realizaron varios ejercicios con diferentes variables. Por ejemplo: caminos, conductos, instalación deportiva o recreativa, instalación diversa, puentes, área urbana, etcétera. Eso generó que las varianzas fueran menores y los *loadings* no fueran significativos, por lo que las variables mostradas con anterioridad fueron las mejores para el análisis estadístico.

Los componentes principales Uno y Dos explican el 47 por ciento de la variación de los polígonos en las tres fechas. El componente principal Uno tiene principalmente *loadings* (pesos) con variables de signo negativo, exceptuando la longitud de calle (Calle) con signo positivo y con valor de cero edificación (Edi). Los *loadings* del segundo componente muestran signos negativos en cuatro variables, con positivo en acueducto (Acue) y con valor de cero Longitud de calle (Calle) (Cuadro 1).

Cuadro 1. *Loadings* de los dos primeros componentes principales para las tres fechas

	Componente Uno	Componente Dos
Varianza	25	22
Varianza Acumulada	25	47
Acue	-0.146	0.524
Cul	-0.582	-0.405
Can	0.295	-0.386
Cem	-0.246	0.439
Edi	0	-0.467
Calle	0.698	0

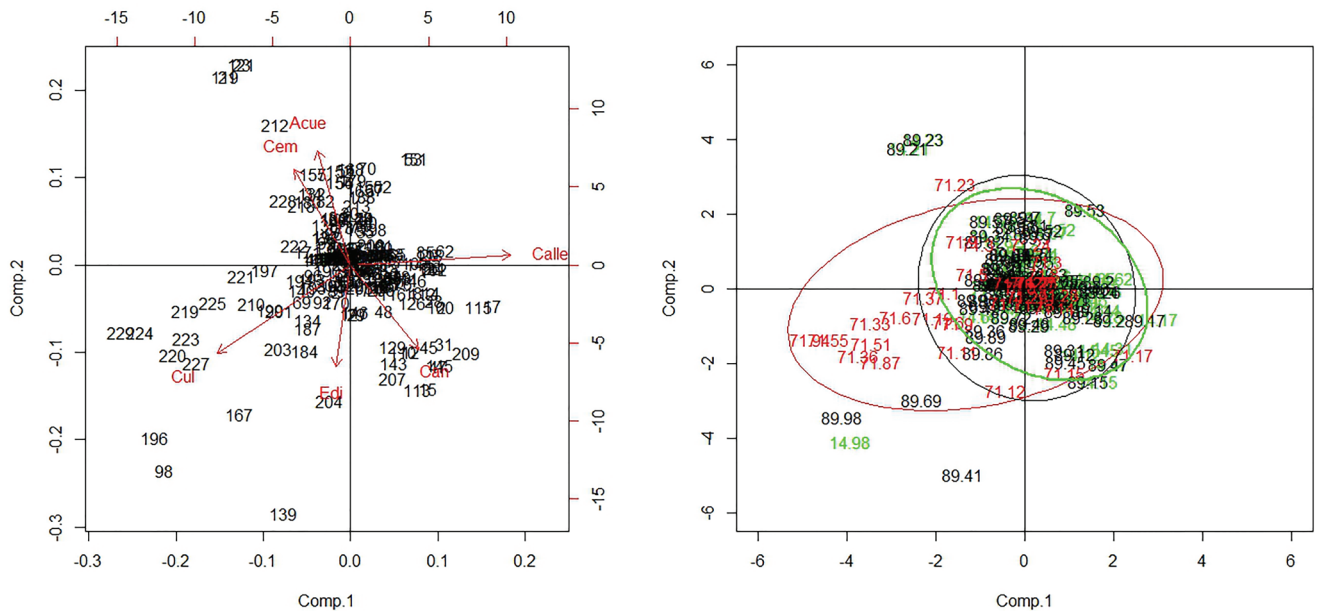
Fuente: elaboración propia.

Los pesos significativos del primer componente pertenecen a cultivos (Cul) y longitud de calle (Calle). Y los que atañen al segundo componente son acueducto (Acue), edificación (Edi), cementerio (Cem), cultivos (Cul) y longitud de canal (Can), mismos que pueden representar a los principales agentes del disturbio antropogénico en los pueblos, barrios y colonias de la delegación Xochimilco.

Los *loadings* de los componentes principales uno y dos pueden observarse gráficamente en la figura 3(A), en donde se muestra que el acueducto (Acue) y el Cementerio (Cem) cuentan con una correlación mayor debido a que su ángulo entre ellas es muy agudo. Las variables de cultivos

(Cul), edificación (Edi), longitud de canal (Can) y longitud de calle (Calle) tienen un ángulo agudo entre ellas por lo que se encuentran correlacionadas, sin embargo estas mismas variables no tienen ninguna relación con acueducto (Acue) y el Cementerio (Cem) como también cultivos (Cul) y calle (Calle), debido a que su ángulo es más de 90 grados y es posible que su correlación es inversa (Figura 3).

Figura 3. Loadings^a y scores^b de componentes



a) El gráfico del lado izquierdo representa los *loadings* de los dos primeros componentes para las tres fechas. Los vectores representan los *loadings*.

b) La imagen del lado derecho muestra las agrupaciones de los *scores* de los componentes principales de los años 1971, 1989 y 2014. El primer número pertenece al año y después del punto, el consecutivo que se muestra en la Figura 1 de los pueblos, barrios y colonias de la delegación Xochimilco. La elipse de color roja delimita la distribución de los *scores* del año 1971; la elipse de color negro, la de 1989, y la de color verde, de 2014.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3 (B) se pueden identificar tres nubes de puntos o agrupaciones relacionadas con la ubicación de los *scores* de los dos primeros componentes principales sobre los cuatro cuadrantes del disturbio. La primera agrupación la delimita la elipse más grande, que corresponde al año 1971 y se localiza en los cuatro cuadrantes. Pero la mayor proporción está en la parte inferior izquierda, donde el disturbio es bajo. La segunda agrupación pertenece al año 1989 y se sitúa de manera proporcional en los cuatro cuadrantes, como lo delimita la elipse. Sin embargo, los *scores* tienden

a distribuirse más en los cuadrantes de mediano disturbio. La tercera agrupación es determinada por la elipse más pequeña, concerniente al 2014. Los *scores* se sitúan de forma similar a la nube de puntos de 1989, aunque más desplazados hacia el disturbio alto. Con los signos de los *scores* del componente principal uno y dos, se representó cartográficamente el disturbio antropogénico de los pueblos, barrios y colonias a través del tiempo.

En 1971, el disturbio alto se localiza en dos barrios y cuatro colonias, mientras que el disturbio medio se ubica en ocho barrios, dos colonias y dos pueblos. El disturbio bajo se encuentra en un barrio, seis colonias y ocho pueblos.

Ya para 1989, el disturbio alto se distribuye en dos barrios, quince colonias y cuatro pueblos. El disturbio medio en dieciséis barrios, treinta y ocho colonias y siete pueblos. El disturbio bajo se sitúa en trece colonias y tres pueblos.

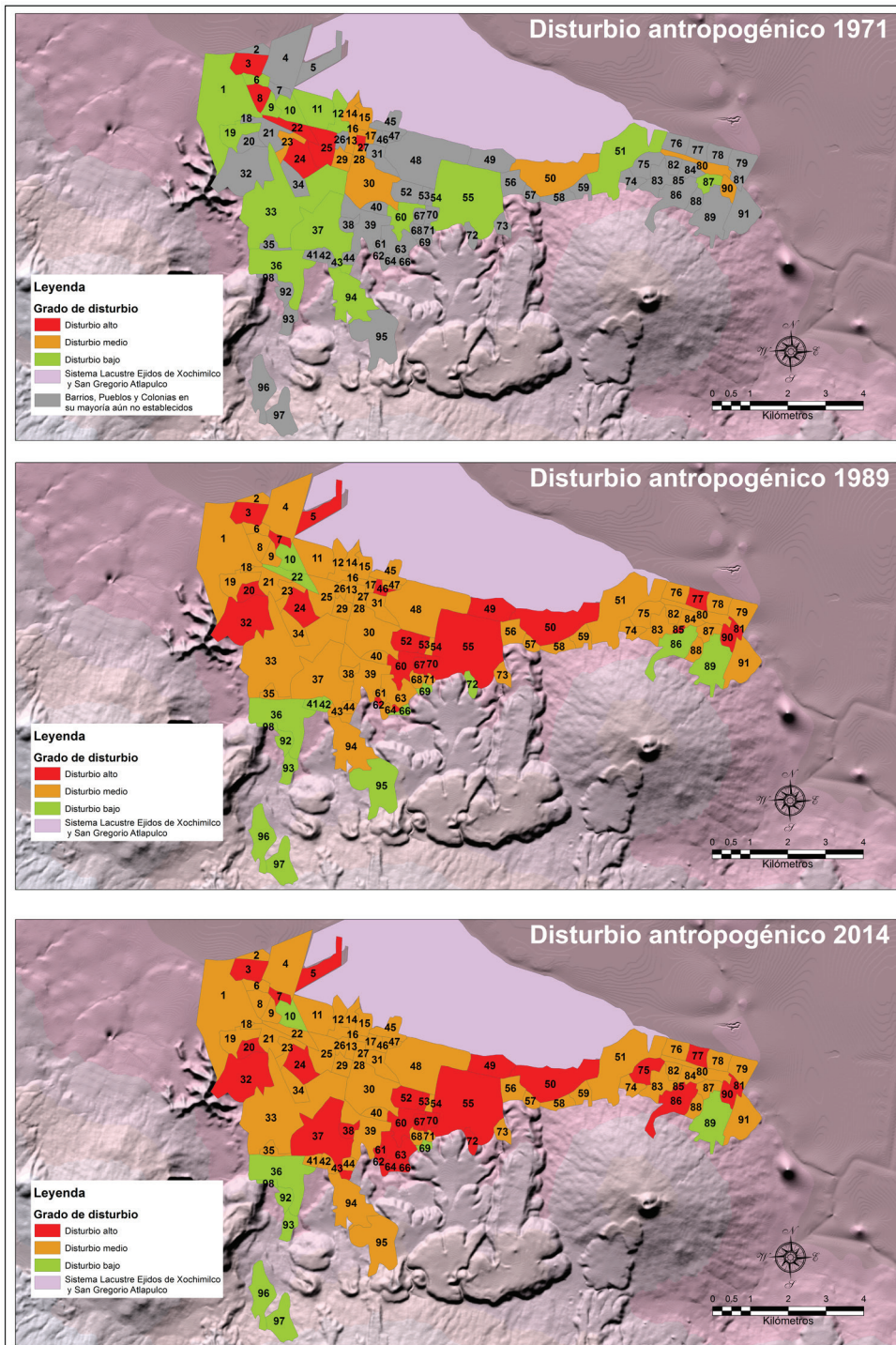
El disturbio alto en 2014 se ubica en un barrio, veintitrés colonias y cinco pueblos. Por su parte, el disturbio medio se distribuye en diecisiete barrios, treinta y seis colonias y siete pueblos, mientras que el bajo disturbio, en siete colonias y dos pueblos.

Los cambios en el grado de disturbio antropogénico en los barrios, pueblos y colonias a través del tiempo se observan en la cartografía correspondiente a las tres fechas. En 1971 prácticamente era bajo o hasta nulo en muchos de los casos, ya que más de la mitad de los barrios, pueblos y colonias no estaban conformados como tal. En 1989 los barrios, pueblos y colonias ya se encontraban conformados y el disturbio se incrementó considerablemente, pasando de bajo hasta medio y alto, puesto que la presión humana aumentó en el humedal y en las zonas de recarga del acuífero. Para 2014, el alto disturbio aumentó considerablemente y se puede identificar un corredor con las colonias Ampliación Nativitas, El Jazmín, El Olivo, La Joya de Vargas, Las Cruces, San Jerónimo, San Juan Moyotepec, Tejomulco El Bajo, Telonco Chabacano, Valle de Santa María y Xochipilli, así como los pueblos de San Gregorio Atlapulco, Santa Cruz Acalpixta y Santa María Nativitas. Algunas colonias y pueblos que se localizan en la zona de la serranía se encuentran con bajo disturbio (Figura 4).

Análisis de los resultados

En el siglo pasado, la migración de las áreas rurales a las urbanas de cientos de millones de personas en busca de mejores condiciones de vida y empleo, contribuyó a la pérdida de diversidad biológica y servicios ambientales, volviendo a las ciudades más vulnerables a cambios ambientales (Sukhdev, 2013). Se proyecta que en 2050, el 66 por ciento de la población mundial será urbana y una de las ciudades con mayor población y tamaño en el mundo (una megaciudad) será la Ciu-

Figura 4. Mapas de disturbio antropogénico acumulado en los barrios, pueblos y colonias de la delegación Xochimilco (1971, 1989 y 2014)



Fuente: elaboración propia a partir de CETENAL, 1971; INEGI, 1989; e INEGI, 2015.

dad de México (United Nations, 2015). El crecimiento urbano de la Ciudad de México hacia sus periferias comenzó en el periodo comprendido entre 1950 y 1970 (Barba, 2005), generando contaminación del aire y del agua, acumulación de desechos, pérdida de diversidad cultural y biológica, ruptura del ciclo hidrológico además de una disminución de los recursos naturales, calidad de vida y de las zonas rurales (Ezcurra *et al.*, 2006).

El crecimiento urbano en Xochimilco detonó desde la década de los setenta del siglo pasado (Terrones, 2006), lo que se puede ver en el mapa de disturbio antropogénico de 1971, en el que no existían aún varios pueblos, barrios y colonias actuales de la delegación Xochimilco. Además, el disturbio en general era poco en ciertos lugares; y en otros, como en la parte suroeste del sistema lacustre, ya comenzaba a ser considerable, debido a la construcción de canal olímpico de Cuemanco y de las avenidas División del Norte, Viaducto, Tlalpan y Periférico (Terrones, 2004).

La construcción de las avenidas jugó un papel importante para el crecimiento urbano en la delegación Xochimilco, del mismo modo que la obra hidráulica que se desarrolló en el Porfiriato (Romero y Duffing, 2004) generó parte de la infraestructura para que décadas después se crearan nuevos asentamientos y aumentara la población, como se muestra en los resultados de los *loadings* significativos.

En general, los mapas muestran cómo el grado de disturbio antropogénico se ha ido acumulando cerca del sistema chinampero, así como en la zona cerril. Este último genera falta de infiltración y almacenamiento de agua, lo cual termina por impactar directamente en el ciclo hidrológico de la subcuenca Xochimilco-Chalco y el sistema lacustre de Xochimilco.

La expansión de la Ciudad de México hacia la periferia afectó a la dinámica de urbanización de la delegación Xochimilco. Ello se puede constatar con los resultados del análisis de los principales componentes, en donde el disturbio antropogénico era bajo en 1971, pero ya en 2014 se incrementó hasta formar un corredor de disturbio alto. De continuar por el rumbo actual, el fenómeno de expansión de la ciudad conducirá a un mayor disturbio y pérdida del lago de Xochimilco, del sistema chinampero y de la biodiversidad que alberga.

Factores y actores del deterioro en curso

Las cifras nos muestran el disturbio desde la planicie lacustre hasta la zona de la montaña. Pero es necesario profundizar más allá, sobre los elementos que han incidido en el proceso de ecocidio, desde el punto de vista ambiental, económico y cultural. La responsabilidad recae en múltiples actores y factores: desde los procesos de modernización y urbanización de la Ciudad de México, el

crecimiento demográfico y las nuevas estrategias económicas de los actores locales, hasta los fenómenos naturales y las acciones gubernamentales.

La relación de la zona lacustre que alberga al sistema chinampero (canales, chinampas y biodiversidad) con la zona de montaña (que filtra y retiene el agua) obliga a considerar las alteraciones ambientales y productivas en ambos espacios, pues las acciones y eventos en la montaña alteran la dinámica y riqueza de la zona productiva. Recuperamos en este texto algunos factores que han incidido históricamente en el deterioro de ambas geografías, así como la mirada o experiencia que reportan los actores locales sobre el impacto de esas alteraciones en el entorno.

El crecimiento urbano y demográfico de la Ciudad de México a fines del siglo XIX trajo escasez de recursos naturales, principalmente de agua potable, por lo que se construyó entre 1909 y 1914 un sistema de abastecimiento (acueducto) a partir de los manantiales de Xochimilco (Perló, 1999; Armillas *et al.*, 2010). Con esta obra comenzó el deterioro del sistema chinampero (Hiriart, 2008), debido a la extracción inmoderada de los mantos acuíferos que también recargaban los canales. Más tarde, desde la década de los setenta del siglo pasado, el crecimiento urbano y demográfico alcanzó tanto a la zona de montaña como a la chinampera (Terrones, 2006).

La modernización de la Ciudad de México —tanto en su urbanización como industrialización— ha ocurrido a costa de los recursos de agua y tierra de las zonas rurales. La visión neoliberal actual limita la posibilidad de conciliar los intereses del mercado con las prioridades ambientales, culturales y territoriales. Como señala Terrones (2006: 3): “Su paisaje quedó inscrito en la memoria colectiva como un referente de un pasado vinculado a los lagos pero, paradójicamente, imposibilitado de ser evocado o pronunciado como futuro de la ciudad. Xochimilco se ha encontrado atrapado en un presente incierto”. Más aún, como dice Bohem (1989: 3, citado por Terrones, 2006: 14), este proceso de industrialización bajo el signo de la modernidad agravó el intercambio desigual con el campo, “ha desarticulado pueblos y comunidades y ha marginado a sus habitantes de las alternativas autónomas de desarrollo”.

No obstante, hay pueblos que persisten en mantener con vida la zona chinampera, como son San Gregorio Atlapulco (SGA) y San Luis Tlaxiátemalco, en la delegación Xochimilco. En el caso del primero, después de tener en franco abandono las chinampas durante dos décadas, en los ochenta varios propietarios retomaron la producción de flores y hortalizas, la cual continúa hasta nuestros días, a pesar de que su extensión se ha reducido considerablemente y sus condiciones están en un deterioro creciente.

En el siglo XX, los disturbios en la zona han tenido orígenes diversos, por ejemplo, algunos fenómenos de la naturaleza han llegado a desbordar los canales, lo cual ha incidido en las condicio-

nes de equilibrio del binomio chinampas-canales. Es el caso de la tromba de 1951, en que el predio Ahualapa se volvió una laguna, según recuerdan los pobladores de Santa Cruz Acalpixca.

Otro caso más fue el sismo de 1985, que provocó una fractura del canal en Santa Cruz Acalpixca y San Gregorio Atlapulco, lo que condujo a la desecación de una parte de la zona chinampera. Otro efecto de los movimientos telúricos lo expone un originario de San Gregorio Atlapulco:

A raíz de los temblores también ha surgido otro problema: se ha inclinado la tierra chinampera hacia el ejido, hacia el norte, pues. Esta parte del sur era más baja. (Entrevista a AR, 2008).

Justamente, el sismo de 1985 fue un parteaguas para esta zona. Por un lado, develó el lugar que la metrópoli le asignaba al traspatio agrícola, pues usó el ejido de San Gregorio Atlapulco como basurero, para descargar toneladas de cascajo de los edificios derrumbados. Por otro lado, el terremoto ocasionó la migración masiva de quienes fueron desalojados o huyeron de las colonias más vulnerables, y llegaron a comprar lotes o simplemente se asentaron en la zona de montaña,³ lugar de recarga acuífera para ese sistema. A ello, además, hay que sumar los nuevos asentamientos humanos irregulares producto de la migración del interior del país a la capital,⁴ así como el llamado crecimiento de la mancha urbana que invade todo espacio abierto sin considerar su función.⁵ Se trata entonces, en estos casos, de dinámicas sociales externas que afectaron internamente.

Asimismo, ha habido políticas públicas cuyos “programas de desarrollo” han generado efectos nocivos al entorno chinampero. Uno de los más notorios es la pérdida de la fauna acuática y terrestre —que abundaba y que constituía un complemento proteico de los habitantes locales—, ocasionada por la degradación de su hábitat. Parte de ese daño se debió a la introducción de especies vegetales y animales en la zona: “la introducción de proyectos de acuicultura de carpa (*Cyprinus carpio*, *Pterorigodon idella*) y tilapia (*Oreochromis mossambicus* y *Tilapia nolítica*) han originado la erosión de las chinampas, aumento de la turbidez del agua y competencia con especies endémicas como el ajolote (*Ambystoma mexicano*) y con los acociles (*Cambarellus montezumae*)”

³ “Los terrenos regularmente son identificados, invadidos y después expropiados, a través de organizaciones sociales y político-partidistas, las cuales pretendían reubicar a las personas que se quedaron sin casa en el terremoto de 1985, así como aquellas que apoyaban a los partidos en manifestaciones o con sus votos” (Ramírez, 2014: 55). Estas acciones contaron con la complicidad del gobierno delegacional y de particulares que también vendieron sus terrenos.

⁴ De acuerdo con datos vertidos por Ruiz (2012: 14) sobre el crecimiento poblacional de la Delegación Xochimilco, “mientras en la demarcación el crecimiento se da a lo largo de 60 años en una proporción de 1 a 10, en la Ciudad de México en este mismo periodo es de 1 a 3”. Dicho crecimiento también corresponde a la propia dinámica demográfica de la región.

⁵ Frente a estas dinámicas hubo algunos movimientos de resistencia exitosos, como en San Gregorio Atlapulco en los años sesenta (San Juan Moyotepec) y en Santa Cruz Acalpixca en los años noventa (Ahualapa), entre otros.

(Laboratorio de restauración ecológica, UNAM, 2008; citado por Ruiz [2012: 8]). Con nostalgia se recuerda lo que vivieron generaciones anteriores:

Me platica mi papá que aquí habían carpas de colores, agua, agua cristalina, todo, pero ahora ya no, ya todo eso se perdió, ahora sí que ya se perdió. (Entrevista a EEG, 12 de agosto de 2016).

Efecto similar tuvo la introducción de invernaderos con paquetes agroquímicos para incrementar la productividad, los cuales se convirtieron en fuente de contaminación de las aguas.

De manera contundente, proyectos de urbanización como la construcción del Periférico y de la pista olímpica de remo y canotaje en Cuemanco, con motivo de los Juegos Olímpicos de 1968, modificaron totalmente el paisaje y se convierten en un detonador de la expansión urbana al sur de la metrópoli, invadiendo el espacio rural.

“La desecación de los lagos y canales, así como el entubamiento de ríos fue asumida como política pública, pues parecía ser la única posibilidad de propiciar el crecimiento, la modernización y una recomposición territorial de la ciudad de México” (Terrones, 2006: 2).

El tiro de gracia lo dio la reforma al artículo 27 de la Constitución, en 1992, que abrió la posibilidad de incorporar al mercado las tierras ejidales que aún mantenían su carácter rural.

Como ya se expuso, en el siglo XX, una serie de obras hidráulicas modificaron y dañaron seriamente la zona, para satisfacer las necesidades de la Ciudad de México. Entre ellas, la construcción del acueducto para conducir agua desde los manantiales de Xochimilco hasta la Ciudad de México; los pozos artesanos que succionan el agua de la zona y obras en el Gran Canal del Desagüe. AR comenta los efectos de los disturbios presentados hasta aquí, que se manifestaron desde hace por lo menos cinco décadas:

...antes, para bajar a la chinampería tenía que entrar uno con canoa para poder circular, o con un buen remo para ir brincando los canales más anchos... Todas las chinampas estaban y están divididas por zanjas, pero a raíz de que empezaron los pozos artesanos se acabó el agua; la succionaron toda, y ahora con el agua que trabajamos es agua tratada. (Entrevista a AR, 2008).

No obstante todo lo anterior, y a pesar de su insuficiencia, hay que mencionar los programas gubernamentales para detener el deterioro ambiental. En un estudio realizado por Ruiz (2012: 7),

explica que en décadas recientes se elaboraron dos programas para la zona (1986 y 2006).⁶ Además, dice, se le declaró Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO, el 11 de diciembre de 1987⁷ y fue inscrita en la lista de humedales de importancia internacional de la Convención de Ramsar, en 2004 (Ramsar, 2016). Otros esfuerzos fueron el Programa de Desarrollo Delegacional Urbano para regularizar Asentamientos Humanos Irregulares y el establecimiento del polígono de Área Natural Protegida con carácter de Zona de Conservación Ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”. Todas esas medidas, sin embargo —concluyó el autor— “no han logrado frenar el deterioro de la zona” (Ruiz, 2012: 7). Él lo atribuye, en gran medida, a la falta de acción efectiva de las autoridades.

Como explica, las limitantes de dichos programas van desde su falta de evaluación y la gran movilidad de funcionarios públicos —lo que ocasiona la falta de seguimiento de los programas—, hasta la visión antropocéntrica en la interacción con la naturaleza —a la que el ser humano intenta cambiar y dominar—, y la tolerancia ante los asentamientos humanos irregulares, base del clientelismo político de las administraciones en turno; entre otras.

Terrones (2006: 3) coincide con la ineficiencia de esos programas y añade la ausencia de una política urbana que contenga la invasión de la ciudad al campo, para revertir la pérdida de ese patrimonio natural y cultural de la humanidad: “El porvenir del lago, los canales y su entorno se ha comprometido en programas que intentan una parcial reconstrucción pero que no acaban nunca de ejecutarse, como tampoco se aplican planes de regulación de la forma urbana y de la apropiación social del espacio que puedan ser cumplidos por las autoridades y los pobladores de esta delegación”.

Y es cierto. Las acciones gubernamentales en el periodo de vigencia de los programas de rescate resultan contradictorias. Por ejemplo, en 1989 fueron expropiadas tierras ejidales de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco (SGA), a fin de cederlas al capital extranjero (japonés) para que invirtiera en un parque recreativo. La movilización de los habitantes, sin embargo, detuvo el

⁶ El Plan de Rescate de Xochimilco de 1986 y el Plan Integral y Estructura de Gestión para Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta de 2006.

⁷ “Se inscribió bajo los siguientes criterios culturales:

- Obra maestra del genio creador humano
- Desarrollo de la arquitectura, las artes monumentales, la planificación urbana o el diseño de paisajes.
- Tipo de construcción/conjunto arquitectónico o tecnológico/paisaje cultural ilustrativo de época significativa en la historia de la humanidad.
- Hábitat humano tradicional/uso de tierra.

La poligonal abarca además de la zona chinampera de Xochimilco, la zona chinampera de Tláhuac, los poblados rurales de San Pedro, Tláhuac, parte de San Juan Ixtayopan, San Andrés Mixquic, San Nicolás Tetelco y San Antonio Tecomitl, este último en Milpa Alta” (Ruiz, 2012: 13)

proyecto y logró la negociación parcial de un parque público en lugar de uno privado, aunque hasta la fecha se siguen reclamando tierras que no están en uso.

Los efectos de estas dinámicas se revelan directamente en el manejo de la zona lacustre, como atestiguan algunos pobladores desde hace décadas.

Otro ejemplo lo denuncia VHRM, productor de hortalizas en la zona centro de Xochimilco, donde la Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades (SEDEREC), del gobierno de la Ciudad de México, está financiando proyectos de traspasamiento entre la gente que habita en asentamientos irregulares en zonas de reserva ecológica. El problema es que de un sexenio a otro cambian las condiciones y reglamentaciones respecto a la zona.

La ofensiva se ha prolongado hasta la fecha. Primero —explica explica GR, ex coordinador territorial de SGA—, les inundaron las tierras ejidales, y después se las quisieron apropiar, drenar y entregarlas al mercado inmobiliario.

Por eso no extraña el choque de los habitantes con las políticas delegacionales. Para AGE,⁸ no hay una valoración gubernamental de lo que aporta este ecosistema. Reclama que los programas de apoyo del gobierno no solo no se han enfocado en generar condiciones de recuperación y regeneración de la zona, sino que han contribuido al desmantelamiento comunitario de los pueblos.

Nuestras tierras sirven para dar a la ciudad agua y aire, y a nosotros nos están negando el derecho de decidir qué vamos a hacer con nuestra tierra. Nunca hay proyectos verdaderamente integrales que resuelvan en cierto modo las economías de los pueblos. Siempre nos dan limosnas. Todas las limosnas que nos dan a través de diferentes formas de apoyo individual, eso no nos lleva a ningún desarrollo de nuestro pueblo. Eso, al contrario, nos divide, nos enfrenta, porque no están de acuerdo las gentes que no reciben ese apoyo. (Entrevista a AGE, 2013).

Frente a esas acciones y omisiones gubernamentales, se han organizado diferentes grupos de pobladores, como lo ventila EEG:

Sí, ya hicimos un grupo fuerte, y hemos ido a las autoridades correspondientes..., pero no nos hacen caso. Queremos rescatar todo esto porque es patrimonio cultural, entre comillas, o cómo le llaman, porque mire lo que está quedando. ¿Dónde queda todo ese fondo (económico) que destinan para el rescate de las zonas chinamperas? (Entrevista a EEG, 9 de junio de 2016).

⁸ Ex empleado público defensor del ejido en la expropiación de 1989.

Las consecuencias han sido tres: la extinción de la última región lacustre de la ciudad, territorio con valor ambiental; la pérdida de diversas especies endémicas, y el deterioro de las condiciones productivas de la chinampería. Respecto de esta última, el proceso también ha cambiado y se ha encarecido, como comenta AP, de San Gregorio Atlapulco:

Antes no era necesario andar cargando esto (una bomba para extraer agua) para acá. *Nomás* usted se arrimaba a la zanja y el agua limpiécita, peor que la llave. Ya *nomás* nos están entreteniendo con esta agua tratada, no crea que es potable. (Entrevista a AP, 2009).

Este proceso de deterioro ha tenido un efecto continuo y presenta múltiples rostros. Por eso en la zona centro de Xochimilco, el problema del agua en los canales tiene otras características:

Lo que nos ha pasado es que baja el nivel del agua. Nosotros tenemos el problema contrario al de ellos⁹, falta un poco de agua, a veces el espejo baja mucho, a veces hasta 30, 40 centímetros. Sí, hay muy poca agua aquí al frente, porque allá donde tenemos las chinampas, bueno, hasta un metro; todavía es considerable lo que tenemos. Sí, hay problemas de salinidad; tiene muchas sales el agua y eso nos ocasiona que al regar, si no se evapora rápido, el agua lo que hace es quedarse la sal encima, y eso pues nos lleva a un problema de salinidad en el suelo y a veces crecen disparejas las plantas (Entrevista a VHRM, 2013).

Por último, habría que considerar también las acciones de los habitantes locales que han contribuido al proceso de extinción de la zona chinampera. Hay una frase emblemática de un ex empleado público, actualmente jubilado y productor chinampero: “la tierra se defiende trabajándola” (VG, entrevista, 2009). Efectivamente, a mediados del siglo pasado se inició el abandono de la actividad agrícola chinampera, que en San Gregorio Atlapulco alcanzó su punto máximo en el periodo 1960-1980, debido a dos factores: la profesionalización de su población o búsqueda de empleos urbanos, y el deterioro de los canales debido a las obras hidráulicas emprendidas por los gobiernos centrales.¹⁰

⁹ Se refieren a los habitantes de Atlapulco.

¹⁰ Patricia Romero Lankau calcula que la PEA en actividades agrícolas, en Xochimilco, disminuye de 38.6 a 3.1 por ciento (Romero y Duffing, 2004: 211-250, citado por Terrones, 2006: 11).

El abandono atrajo la ocupación de las chinampas para casa-habitación, con lo que se multiplicaron los asentamientos irregulares. Algunos originarios lo explican también por el crecimiento demográfico interno.

La demanda de vivienda cada día es muy fuerte. Los hijos y nietos están construyendo por todos lados. (Entrevista a RGN, de San Gregorio Atlapulco, 2013).

Otros han vendido legal o ilegalmente su tierra “a gente que no la cuida y la destruye” (Entrevista a LTS, de San Gregorio Atlapulco, 2013). A pesar de los programas de rescate de Xochimilco, en las áreas protegidas se han registrado asentamientos con menos de diez años y la densificación se ha disparado: “753 viviendas de las 1 873 existentes en ese momento (40.20%), están en asentamientos con menos de 10 años, esto en sí demuestra un crecimiento, pero un problema adicional es la densificación” (Ruiz, 2012: 23).

Sobra decir las consecuencias ambientales que esto implicó: la descarga de aguas residuales en los canales, basura y relleno de canales con hierba y cascajo para transitar de una chinampa a otra. Frente a esa dinámica local, algunos han solicitado la intervención del gobierno, como denuncia REG:

Como campesino, siempre he expuesto esto e inclusive he tenido problemas con varios vecinos, porque metimos una solicitud a Sistema de Agua de la Ciudad de México, de desazolve, porque varias descargas clandestinas están viniéndose al canal. (Entrevista a REG, 9 de junio de 2016)

Pero a pesar de que todas esas tierras son del área natural protegida o Patrimonio natural de la Humanidad, la respuesta gubernamental ha sido nula.

No nos dan respuesta. Siempre “vengan mañana”, “vengan dentro de aquí a ocho días”, “vengan dentro de quince días”, siempre es una respuesta negativa, podríamos decir. O sea, a mí sí me gustaría que sí se pudiera dar el rescate de todo esto.., porque es un pulmón de la ciudad y, si se dan cuenta, aquí es una fuente de ingreso para mucha, mucha gente de provincia que viene a trabajar aquí. (Entrevista a REG, 9 de junio de 2016).

Por otra parte, se ha mencionado ya el uso de agroquímicos y la instalación de invernaderos, que en su momento fueron símbolo de “progreso y desarrollo”. Como observa Terrones (2006: 12): “El paisaje rural fue también modificado por las prácticas agrícolas modernas: las chinampas antes rodeadas de canales se encuentran unidas, recurren al riego y los fertilizantes químicos utilizados en ellas, han provocado una serie de desajustes orgánicos que dan origen a la invasión de los canales con lirio acuático y varios tipos de flora y fauna nociva. Pese a estas circunstancias, la agricultura como actividad ha dejado en claro la vocación y uso tanto del entorno lacustre como de sus habitantes. En esta aparente contradicción entre negativas condiciones objetivas y encomiable perseverancia campesina debe evaluarse la actividad agrícola de Xochimilco”.

Además de corroborar la observación de los especialistas, la información y los testimonios anteriores develan la afectación a las condiciones económicas y sociales en la vida de los originarios de esas tierras, por lo que también se atenta contra su derecho histórico de seguir siendo.

Reflexiones finales

Este texto reporta, en primera instancia, la complejidad que reviste analizar y reconocer el proceso de deterioro del sistema chinampero y la implicación de la dinámica urbana en el mismo. Las referencias históricas apuntan a la riqueza cultural, natural y social de lo que ahora se reconoce como monumentos arqueológicos y Patrimonio Natural y Cultural de la Humanidad. Pero lo que el ingenio humano logró construir, su avaricia e inconsciencia lo están exterminando.

Las variables que hemos manejado apuntan al disturbio urbano de los pueblos, barrios y colonias de Xochimilco, que incluyen zonas como la montaña —que complementa el sistema chinampero— y las colonias de la llanura lacustre —antes áreas chinamperas—, que reflejan el impacto destructivo del sistema económico. De acuerdo con el Cuadro 1, se confirma que los *loadings* que posiblemente generaron más disturbio antropogénico en el Componente Uno fueron calles y cultivos, mientras que en el Componente Dos fueron acueductos, edificaciones, cementerios y cultivos. Sin embargo, deben existir otras variables que no pudieron ser cartografiadas en los tres periodos y que pueden constituir un complemento.

El espacio urbano actual incide directa e indirectamente en el deterioro ecológico, social y cultural del sistema lacustre de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. En la zona del piedemonte y la montaña la razón es que los asentamientos humanos rompen con el ciclo hidrológico, de retención de agua; y en el caso de las construcciones sobre y contiguas a las chinampas, porque cancelan áreas de cultivo, además de contribuir a la generación de contaminación de los canales con basura y aguas negras. No solo eso. Visto desde la perspectiva urbana, además de ser zona de producción

de alimentos y patrimonio cultural, cumple una función ambiental en la purificación del aire y como reservorio de agua dulce.

Las políticas públicas han demostrado no comprender la dimensión del problema, de ahí su visión fragmentada e ineficaz ante un contexto complejo que requiere atención desde muchos ejes. A su vez, ello refleja la aquiescencia al desordenado crecimiento urbano, impuesto frente a la preservación de este Patrimonio Natural y Cultural de la Humanidad.

La situación privilegiada de los ciudadanos de recibir agua sin límite, venga de donde venga, está generando un desequilibrio hidráulico dentro y fuera de la cuenca, que como hemos visto repercute en el lugar de nuestro estudio. Mientras se sigan permitiendo asentamientos humanos en el piedemonte, en la montaña y en la zona chinampera, continuará el proceso de extinción del patrimonio natural y cultural de Xochimilco.

La cartografía del disturbio antropogénico que hemos presentado muestra cómo la disputa del territorio, entre pobladores tradicionales y el desarrollo urbano actual, repercute en la pérdida de la riqueza de la biodiversidad y la cultura. La paradoja en tal proceso es que la población de la zona lacustre se mueve entre dos puntos: la resistencia y la atracción por el desarrollo urbano.

Referencias

- Aréchiga Córdoba, Ernesto (2004). De la exuberancia al agotamiento: Xochimilco y el agua, 1882-2004. En María Eugenia Terrones (Ed.). *A la orilla del agua. Política, urbanización y medio ambiente: historia de Xochimilco en el siglo XX*. México: Gobierno del Distrito Federal, Delegación Xochimilco, Instituto Mora, pp. 97-149.
- Armillas, Ignacio, Alberto González y Luz Rodríguez (2010). El Paisaje Chinampero: Orígenes y Evolución. En Alberto González Pozo (Ed.). *Las chinampas de Xochimilco al despuntar el siglo XXI: inicio de su catalogación*. México: UAM, pp. 138-197.
- Baldwin, David, Kevin Weaver, Frank Schnekenburger y Ajith Perera (2004). Sensitivity of landscape pattern indices to input data characteristics on real landscapes: implications for their use in natural disturbance emulation. En *Landscape ecology*, 19 (3), pp. 255-271.
- Barba, Martín (2005). Características del crecimiento urbano reciente en la zona metropolitana de la Ciudad de México. En *Espacios Públicos*, (8) 15, pp. 190-216.
- Barbosa, Mario (2004). Entre naturales, ajenos y vecindados: crecimiento urbano en Xochimilco, 1929-2004. En María Eugenia Terrones (Ed.). *A la orilla del agua. Política, urbanización y medio ambiente: historia de Xochimilco en el Siglo XX*. México: Instituto Mora, pp. 153-207.
- Bell, Susan, Mark Fonseca y Judson Kenworthy (2008). Dynamics of a subtropical seagrass landscape: links between disturbance and mobile seed Banks. En *Landscape Ecology*, 23 (1), pp. 67-74.

- Brown, Carissa y Céline Boutin (2009). Linking past land use, recent disturbance, and dispersal mechanism to forest composition. En *Biological Conservation*, 142 (8), pp. 1647-1656.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) (1971). “Conjunto de Datos Vectoriales de la Serie Topográfica Escala 1:50,000”. Estudios del Territorio Nacional. México.
- Contreras, Victoria, Enrique Martínez-Meyer, Elsa Valiente y Luis Zambrano (2009). Recent decline and potential distribution in the last remnant area of the microendemic Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*). En *Biological conservation*, 142 (12), pp. 2881-2885.
- Davidson, Eric, Alessandro de Araújo, Paulo Artaxo, Jennifer Balch, Foster Brown, Mercedes Bustamante, Michael Coe, Ruth DeFries, Michael Keller, Marcos Longo, William Munger, Wilfrid Schroeder, Britaldo Soares-Filho, Carlos Souza y Steven Wofsy (2012). The Amazon basin in transition. En *Nature*, 481 (7381), pp. 321-328.
- DeFries, Ruth y Keith Eshleman (2004). Land-use change and hydrologic processes: A major focus for the future. En *Hydrological processes*, 18 (11), pp. 2183-2186.
- Ellenberg, Ursula, Thomas Mattern, Philip Seddon y Guillermo Jorquera (2006). Physiological and reproductive consequences of human disturbance in Humboldt penguins: the need for species-specific visitor management. En *Biological Conservation*, 133 (1), pp. 95-106.
- Ezcurra, Exequiel, Marisa Mazari-Hiriart, Irene Pisanty y Adrián Guillermo Aguilar (2006). *La cuenca de México: aspectos ambientales críticos y sustentabilidad*. México: Fondo de Cultura Económica, pp. 286.
- Fernández-Juricic, Esteban (2002). Can human disturbance promote nestedness? A case study with breeding birds in urban habitat fragments. En *Oecologia*, 131 (2), pp. 269-278.
- Gómez-Pompa, Arturo (1978). La agricultura mexicana de la chinampa –antigua técnica ecológica– revive y ayuda a resolver el problema alimenticio. En *Mazingira*, pp. 48-53.
- Hair, Joseph, Rolph Anderson y Ronald Tatham (1987). *Multivariate Data Analysis*. New York: Macmillan.
- Hiriart, Hugo (2008). Impresión de Xochimilco. En *Artes de México*, (20), pp. 10-15.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1989). “Conjunto de Datos Vectoriales de la Serie Topográfica Escala 1:50,000”. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015). “Conjunto de Datos Vectoriales de la Serie Topográfica Escala 1:50,000”. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Lambin, Eric, Xavier Baulies, Nancy Bockstael, Günther Fischer, Thelma Krug, Rik Leemans, Emilio Moran, Ronald Rindfuss, Yohei Sato, David Skole, Billie Turner II y Coleen Vogel (2002). *Land-Use and Land-Cover Change Implementation Strategy. IGBP Report No. 48 and IHDP Report No. 10*. Recuperado de: http://www.igbp.net/download/18.1b8ae20512db-692f2a680006377/1376383119247/report_48-LUCC.pdf.
- Lozano-García, María del Socorro y Beatriz Ortega-Guerrero (1994). Palynological and magnetic susceptibility records of Lake Chalco, central Mexico. En *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109 (2), pp. 177-191.

- Martorell, Carlos y Eduardo Peters (2005). The Measurement of Chronic Disturbance and its Effects on the Threatened Cactus *Mammillaria pectinifera*. En *Biological Conservation*, 124 (2), pp. 119-207.
- Martorell, Carlos y Eduardo Peters (2009). Disturbance-Response Analysis: a Method for Rapid Assessment of the Threat to Species in Disturbed Areas. En *Conservation Biology*, 23 (2), 377-387.
- McDonnell, Mark J. y Stewart T.A. Pickett (1990). Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. En *Ecology*, 71 (4), pp. 1232-1237.
- Mcgarigal, Kevin, Erin Landguth, y Susan Stafford (2000). *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. New York: Springer-Verlag.
- Merlín-Uribe, Yahir, Armando Contreras-Hernández, Marta Astier-Calderón, Olaf Jensen, Rigel Zaragoza y Luis Zambrano (2013). Urban expansion into a protected natural area in Mexico City: alternative management scenarios. En *Journal of environmental planning and management*, 56 (3), pp. 398-411.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington D.C: Island Press.
- Osorio, Juan y Arturo Gómez-Pompa (1987). Las chinampas mexicanas. En *Pensamiento Iberoamericano*, (12), pp. 201-214.
- Pensado, Mario del Roble, María del Pilar Alonso, y Rachel Bucio (2011). Modelo de intervención social y ambiente: el caso de algunos barrios antiguos de Xochimilco. En *Estudios demográficos y urbanos*, 26 (2), pp. 433-480.
- Perló, Manuel (1999). *El paradigma porfiriano: historia del desajuste del Valle de México*. México: UNAM.
- Peterson, Heidi, John Nieber y Roman Kanivetsky (2011). Hydrologic regionalization to assess anthropogenic changes. En *Journal of Hydrology*, 408 (3), pp. 212-225.
- Pickett, Steward y Peter White (Eds.) (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Reino Unido: Elsevier.
- Pokhrel, Yadu, Naota Hanasaki, Sujana Koirala, Jaeil Cho, Pat J.-F. Yeh, Hyungjun Kim, Shinjiro Kanae y Taikan Oki (2012). Incorporating anthropogenic water regulation modules into a land surface model. En *Journal of Hydrometeorology*, 13 (1), pp. 255-269.
- Portilla-Alonso, Rosa y Carlos Martorell (2011). Demographic consequences of chronic anthropogenic disturbance on three populations of the endangered globose cactus *Coryphantha werdermannii*. En *Journal of Arid Environments*, 75 (6), pp. 509-515.
- R Core Team (2012). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Ramírez, Edith Miriam (2014). El territorio como elemento de identidad del pueblo de Santa Cruz Acalpixca-Xochimilco, en la resistencia al crecimiento de la mancha urbana. Tesis para obte-

- ner el grado de Maestría en Desarrollo Rural. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.
- Ramsar (2016). The List of Wetlands of International Importance. Recuperado el 1 de julio de 2016 de: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/sitelist.pdf>
- Romero, Patricia y Eike Duffing (2004). Tres procesos contradictorios: desarrollo urbano, medio ambiente y políticas públicas durante el siglo XX. En María Eugenia Terrones (Ed.). *A la orilla del agua. Política, urbanización y medio ambiente: historia de Xochimilco en el siglo XX*. México: Instituto Mora, pp. 211-250.
- Ruiz Gutiérrez, Ernesto (2012). El patrimonio cultural y ambiental de Xochimilco en riesgo. Línea de investigación: población, medio ambiente y migración. Tesis para obtener el grado de Maestría en Política Pública Comparada. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), México.
- Scharenbroch, Bryant, John Lloyd y Jodi Johnson-Maynard (2005). Distinguishing urban soils with physical, chemical, and biological properties. En *Pedobiología*, 49 (4), pp. 283-296.
- Singh, SP (1998). Chronic disturbance, a principal cause of environmental degradation in developing countries. En *Environmental Conservation*, 25 (01), pp. 1-2.
- Sukhdev, Pavan (2013). Foreword. En Michail Fragkias, Julie Goodness, Burak Güneralp, Peter J. Marcotullio, Robert I McDonald, Susan Parnell, Maria Schewenius, Marte Sendstad, Karen C. Seto y Cathy Wilkinson (Coords.). *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities*. Netherland: Springer, pp. v-vii.
- Terrones, María Eugenia (2004). Una frágil modernización: la historia de Xochimilco en el siglo XX. En María Eugenia Terrones (Ed.). *A la orilla del agua. Política, urbanización y medio ambiente: historia de Xochimilco en el siglo XX*. México: Instituto Mora, pp. 17-46.
- Terrones, María Eugenia (2006). Xochimilco sin arquetipo. Historia de una integración urbana acelerada. En *Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Universidad de Barcelona, Vol. X, núm. 218 (37).
- Tilman, David (2000). Causes, consequences and ethics of biodiversity. En *Nature*, 405, pp. 208-211.
- United Nations (UN) (2015). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, p. 27.
- Ureta, Carolina y Carlos Martorell (2009). Identifying the impacts of chronic anthropogenic disturbance on two threatened cacti to provide guidelines for population-dynamics restoration. En *Biological Conservation* 142 (10), pp. 1992-2001.
- Vitousek, Peter, Harold Mooney, Jane Lubchenco y Jerry Melillo (1997). Human domination of Earth's ecosystems. En *Science*, 277 (5325), pp. 494-499.
- Wada, Yoshihide, Ludovicus van Beek, Cheryl van Kempen, Josef Reckman, Slavek Vasak y Marc Bierkens (2010). Global depletion of groundwater resources. En *Geophysical research letters*, 37 (20), L20402. doi:10.1029/2010GL04445

- Zambrano, Luis, Victoria Contreras, Marisa Mazari-Hiriart y Alba Zarco-Arista (2009). Spatial heterogeneity of water quality in a highly degraded tropical freshwater ecosystem. En *Environmental management*, 43 (2), pp. 249-263.
- Zambrano, Luis, Elsa Valiente y Jake Vander Zanden (2010). Food web overlap among native axotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City. En *Biological Invasions*, 12 (9), pp. 3061-3069.

Recibido: 2 de julio 2016

Aceptado: 6 octubre de 2016

Editora asociada: Carmen Lorenzo Monterrubio