

Deterioro ambiental en Xochimilco

Lecciones para el cambio climático global*

*Nemer E. Narchi***

RESUMEN

El estudio examina las consecuencias que el cambio climático local, propiciado por la degradación ambiental, tiene para la zona lacustre de Xochimilco. Lo anterior se logra mediante métodos etnográficos que permiten un examen de las percepciones locales de cambio climático y las adaptaciones que los productores de la zona chinampera han promovido para mitigar sus consecuencias. Esta aproximación permite revelar que el cambio en los patrones del clima local no sólo inciden en el bienestar y estilo de vida de los pobladores de la localidad, pues algunas de sus repercusiones tienen un alcance regional a mediano plazo. Se sugiere que el cambio climático local que ha sufrido Xochimilco es un recurso útil en la valoración de los cambios pronosticados para el cambio climático global.

PALABRAS CLAVES: cambio climático, percepción, Xochimilco, evaluación de impacto, degradación ambiental.

ABSTRACT

The study examines the consequences that local climate change, caused by environmental degradation, has had over the lacustrine area of Xochimilco, Mexico. This is done by using ethnographic methods to record and examine the local perceptions of climate change, as well as the adaptations that local producers have generated in order to mitigate its effects. This approach reveals that changes in local weather patterns will not only impact the the welfare and livelihoods of local inhabitants, as some of medium term implications inside at a regional scale. It is suggested that the local climate change that Xochimilco has undergone is a useful resource in assessing some of the predicted scenarios for global climate change.

KEY WORDS: climate change, perception, Xochimilco, impact assesment, environmental degradation.

* Esta investigación fue financiada por medio de una beca posdoctoral de la UAM-Xochimilco. Agradecemos a la doctora Beatriz Canabal por el apoyo que brindó para la realización de este manuscrito. Me gustaría agradecer el especial apoyo y revisión crítica que Arlú de Luca ha vertido en el presente documento.

** Profesor-investigador en el Departamento de Relaciones Sociales, UAM-Xochimilco.

El cambio climático representa un reto metodológico para los científicos sociales, dado que es un fenómeno estadístico difícil de detectar con base en la experiencia empírica y personal, pues su escala sobrepasa los límites y capacidades de observación locales. La escala en la que sucede el fenómeno resulta un problema no sólo en términos de percepción, sino también para dar cuenta del impacto que la variabilidad climática tiene en los modos de vida de las personas a nivel de granja, parcela o algún otro tipo de unidad productiva en microescala (Crumley, 1987; Orlove *et al.*, 2000; Vedwan y Rhoades, 2001). La mayoría de los estudios relacionados con los efectos del cambio climático en la producción agrícola o en la vulnerabilidad hídrica se abordan desde las escalas regional y global.

El análisis de las adaptaciones culturales locales al cambio climático, así como las percepciones del mismo serán entonces de utilidad para predecir escenarios, copiar estrategias y evaluar la efectividad de las mismas a largo plazo, sobre todo en territorios que encuentran en el cambio climático condiciones adversas, particularmente en países como México, donde sólo 16% de la superficie del territorio se considera apropiada para la agricultura (Appendini y Liverman, 1994). A estas condiciones resta sumar los efectos que la globalización económica pueda ejercer en las poblaciones más vulnerables (O'Brien y Leichenko, 2000).

Es por lo anterior que las percepciones vernáculas del cambio climático y las estrategias de mitigación en contra de éste deben ser incluidas en análisis sistemáticos que realcen su importancia.

Sin embargo, los estudios sociales de cambio climático encuentran dos obstáculos difíciles de sortear. Primero, el cambio climático es una modificación del clima con respecto al historial meteorológico, por lo que resulta imperceptible para las herramientas de observación y capacidad de inferencia del observador vernáculo. Aunado a ello, la mayoría de los eventos atmosféricos extremos que deriven directamente del cambio climático representan una porción muy pequeña de los meteoros atípicos que ocurren en la actualidad (Kempton, 1991), con lo que es muy difícil distinguirlos de otros fenómenos climáticos. Segundo, el manejo de una buena parte de la literatura tocante al cambio climático, así como de la información mediática en torno a éste, nos presenta a la crisis ecológica actual

como un fenómeno sin precedente alguno para nuestra especie (Weiskel, 1989). Esta visión, aunque parcialmente cierta debido a tipos específicos de contaminación industrial y a la aparente escala de la devastación, ignora completamente la supervivencia de la especie en por lo menos dos periodos de cambio climático global; las glaciaciones del pleistoceno y, como nos recuerda Weiskel (1989), también ignora que muchas civilizaciones que preceden a las actuales, se enfrentaron a la degradación ambiental, presente, en muchas de las ocasiones como un cambio climático local o regional, al cual, en muchos de los casos, estas civilizaciones sucumbieron (véase Diamond, 2006).

En pos de entender las afectaciones que puede traer el cambio climático global, toca a los arqueólogos reconstruir los escenarios de degradación ambiental que llevaron al colapso a varias civilizaciones. En cuanto a otros científicos sociales, tenemos la oportunidad de hacer estas observaciones en sociedades contemporáneas, con el fin de entender no sólo los escenarios de cambio climático, sino la generación y evolución de las estrategias de adaptación a los mismos. Estos indicadores de catástrofe ambiental son más fáciles de encontrar en ambientes rurales o periurbanos comúnmente conformados en regiones económicamente débiles y sistemas ecológicos altamente vulnerables.

Un referente empírico ideal para hacer predicciones acerca del cambio climático en ambientes rurales es el del Lago de Xochimilco. El área, originalmente parte de un sistema hídrico conformado por cinco lagos, ha sufrido incontable cantidad de alteraciones antropogénicas a lo largo de dos mil años. Estas alteraciones han devenido en la reducción del área de cobertura de la vegetación (Merlín *et al.*, 2012), la alegada alteración de los patrones de precipitación, el cambio en los niveles freáticos (Tapia *et al.*, 1998; Ezcurra *et al.*, 1999; Vörösmarty *et al.*, 2000; Espinosa y Mazari, 2007) y la disminución de la biodiversidad en la zona (Contreras *et al.*, 2009; Von Bertrab y Zambrano, 2010), todas ellas características presentes en el peor de los escenarios proyectados para el cambio climático.

Este artículo representa un estudio preliminar del deterioro ambiental y el subsecuente cambio climático en el Lago de Xochimilco, según es percibido y asimilado por los pobladores de la zona lacustre.

XOCHIMILCO: HISTORIA DEL DETERIORO AMBIENTAL

El Lago de Xochimilco es un remanente de un sistema lacustre de cinco lagos que abarcaban una distancia de 920 kilómetros cuadrados de la cuenca de México (Zambrano *et al.*, 2009). El área ha sido ocupada desde 20 000 aC (Lorenzo, 1981) y en ésta se ha practicado la agricultura desde 1500 aC (Peralta, 2011).

Hacia 500 dC (Frederick, 2007), la agricultura de la cuenca sufre un cambio tecnológico con la introducción del sistema chinampero, que se disemina por toda la cuenca desde 1200 hasta 1500 dC (Puleston, 1977; Peralta, 2011). Se estima que, durante su apogeo, la extensión de las chinampas va de 120 (Armillas, 1971) a 400 kilómetros cuadrados (ALDF, 2003).

El lago de Xochimilco sufre sus impactos ecológicos más graves a principios del siglo XX, cuando se utilizan las aguas de los manantiales aledaños para proveer a la Ciudad de México de servicios urbanos (Salles, 1992). Al mismo tiempo aumenta la tasa de deforestación en la periurbanidad de la ciudad, debido al crecimiento de las industrias de la madera, papel y carbón (Lozada *et al.*, 1998). El impacto es evidente 40 años más tarde, cuando el Lago de Xochimilco casi se seca por completo (Torres *et al.*, 1994). Durante la década de 1960, la celebración de las olimpiadas incentiva la urbanización de áreas otrora rurales afectando, sobre todo, la zona sur de la Ciudad de México (Terrones, 2006).

La rápida urbanización y la sobreexplotación de las aguas subterráneas causan el hundimiento diferencial del suelo de gran parte del entorno lacustre, por lo que el gobierno intentó compensar la falta de agua inyectando aguas residuales parcialmente tratadas (Quiñónez, 2005). Al disminuir la calidad de las aguas, disminuye la producción de alimentos, la cual fue abandonada o reemplazada con la producción de flores (Torres *et al.*, 1994). En un intento por fomentar tanto la precipitación como la mayor captación de agua de lluvias, se lleva a cabo una campaña de reforestación. Lamentablemente, se utilizaron especies vegetales introducidas que terminaron por consumir mucha más agua y por desplazar a la vegetación nativa (Lozada *et al.*, 1998).

En la década de 1990, una buena porción de tierras agrícolas todavía productivas fueron expropiadas para la construcción de sitios que supuestamente serían representativos de la ecología del lugar. Sumado a esto y como maniobra de clientelismo político, dos de los partidos políticos más importantes, el Partido Revolucionario Institucional (PRI) y Partido de la Revolución Democrática (PRD), fomentaron la ocupación ilegal de tierras alrededor del lago. Por último, la urbanización se intensificó, priorizando los usos residencial e industrial por sobre los usos agrícolas de la tierra (Canabal, 1997). En la actualidad, los recursos hídricos en el sur de la Ciudad de México son insuficientes y de mala calidad (Zambrano *et al.*, 2009) y el uso de suelo ha cambiado rápidamente de agrícola a urbano (Torres *et al.*, 2009). Estos cambios han provocado un descenso en la producción de alimentos y una evidente reducción de la calidad total y la cantidad de los servicios ambientales que durante mucho tiempo mantuvieron a salvo a las poblaciones humanas en la cuenca de México (Merlín, 2009).

MÉTODO

La recopilación de datos se llevó a cabo mediante dos técnicas diferentes: observación participativa y aplicación de cuestionarios. La observación participativa, que tiene su base en el trabajo etnográfico, crea relaciones y permite la observación y el registro de la conducta humana sin hacer que la gente se sienta incómoda (Bernard, 1995). Esta técnica permite al investigador aplicar simultáneamente otras técnicas de investigación (Holy, 1990). El trabajo etnográfico constó de dos partes: en primer lugar, las conversaciones coloquiales, que tuvieron lugar durante nuestra participación en eventos comunitarios y actividades que incluyen navegación, campañas de limpieza, dragado del canal y participación en festivales locales. Este enfoque alcanzó una interacción total con más de 80 personas. Se tomaron nota de estos encuentros y luego, estas notas se convirtieron en notas de campo (Bernard, 1995). En segundo lugar, después de un periodo inicial de familiarización con los actores y la zona, realizado entre julio y septiembre de 2011, se entrevistaron siete informantes cuyas edades oscilaban entre los 32 y 80 años. La selección de

estas personas se basa en su experiencia como chinamperos y floricultores y su disposición a ser entrevistado.

El carácter de las entrevistas fue semiestructurado y el guión de las mismas incluyó 29 reactivos que permitieron obtener información sobre: 1) ocupación (por ejemplo, agricultura, floricultura); 2) el conocimiento ecológico local; 3) qué enseñó este conocimiento ecológico; 4) los principales problemas ambientales percibidos por los informantes en la zona lacustre de Xochimilco, y 5) las percepciones personales de cambio climático en la zona.

Una segunda técnica, la implementación de cuestionarios, se utilizó para hacer una evaluación preliminar de las percepciones locales del cambio climático en Xochimilco. Los cuestionarios fueron administrados a 31 personas distintas a los ocho entrevistados antes mencionados. Esta combinación de trabajo de campo etnográfico, entrevistas semiestructuradas y cuestionarios, nos permitió crear un registro de las interacciones ser humano-naturaleza en las cuales el deterioro ambiental y el cambio climático subsecuente quedaron registrados dentro de las prácticas culturales asociadas a los recursos naturales de la zona lacustre de Xochimilco.

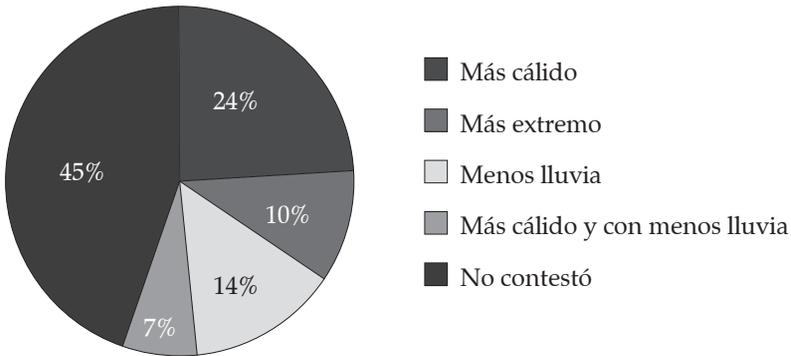
RESULTADOS. PERCEPCIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El grueso de los informantes (81%), a lo largo de su vida ha percibido un cambio en el clima de Xochimilco. A pesar de que un alto porcentaje de informantes aprecia algún tipo de cambio climático (Grafica 1), casi la mitad de éstos (45%) no define en qué consiste. Una cuarta parte de los encuestados percibe que el clima en Xochimilco se ha tornado más cálido. Un 14% adicional percibe el cambio en el clima hacia uno más caluroso y con menos lluvias, que sumado a un 7% adicional, hace que una quinta parte de la población encuestada perciba una tendencia hacia tener menor precipitación pluvial en la actualidad.

PERCEPCIÓN DE LAS CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN XOCHIMILCO

En la percepción de los causales del estado actual del medio ambiente en la zona, podemos observar, en primer lugar, una distinción entre

GRÁFICA 1
 Percepciones de cambio climático según los informantes



factores externos e internos. Entre los factores externos y que afectan en general al planeta e impactan las condiciones locales se encuentran el cambio climático, el calentamiento global, el cambio de estaciones, el smog, el ozono, la lluvia ácida, la helada negra y el descenso de los niveles del agua. Estos elementos fueron externados por población local y jóvenes que han tenido acceso a información obtenida en talleres y en medios escritos y electrónicos diversos. Otro factor externo que ha tenido un gran impacto en las condiciones actuales de la región es la migración.

Un poco más de la mitad de las opiniones registradas y que corresponden a diversos actores locales que también se dedican a la producción agrícola y de interesados en el destino de la región, destacan causales internas en el estado actual del medio ambiente local. En algunas percepciones se hace referencia a fenómenos sociales que han tenido lugar en las últimas décadas como el crecimiento de la mancha urbana que conlleva la invasión de predios y la contaminación de los recursos. Se responsabiliza a la migración que ha traído “gente pobre y sin educación”, sin considerar que el crecimiento natural de la población ha promovido la expansión urbana en las zonas agrícolas y de conservación.

Es importante señalar que en gran parte de las opiniones vertidas en este bloque, hay una crítica y autocrítica por actitudes de la población local de descuido, destrucción, “de falta de respeto a lo que tenemos”, de indiferencia y de “inconciencia”.

En consecuencia, estas actitudes de los actores locales y el crecimiento excesivo de la mancha urbana han provocado, de acuerdo con estas opiniones, contaminación, deforestación, pesticidad y basura en el área que afectan la calidad de los recursos locales como el suelo y el agua y la pérdida de la flora y la fauna propia. Es relevante destacar, quizá porque está implícito en las opiniones, que no se mencione la responsabilidad de las políticas urbanas, ambientales o de desarrollo rural en el estado actual de los recursos y que sólo se haga manifiesto que hay saqueo de los manantiales y un mal manejo del agua.

EL AGUA: CALIDAD Y ABUNDANCIA

J, un productor y cronista de San Luis Tlaxialtémaco, cuenta:

El agua es un problema. Los manantiales ya se están acabando. Yo vi el Acuexcomatl cuando todavía tenía agua. Se podía ver, sentir, oír [...] El agua que ves [ahora en los canales] viene de la planta tratadora del cerro de la estrella.

Acerca del agua tratada, AG, productor de San Gregorio, opina:

El agua no es negra, aunque digan que lo son. Mire el chilacastle [*Lemma gibba*], el chilacastle no se da si el lago está muy contaminado. Muy feo no se te da y no crece y vea cómo está bien sano y puro. Porque el chilacastle nosotros lo sacamos y hacemos mamposta en la tierra, se saca, se pica y en el momento que se picó, se siembra luego, luego y toda la vitamina la absorbe la planta [...] Agua sí tenemos, pero necesitamos más. Poco a poco hemos represado y conservado el agua.

Nuestras propias observaciones nos permitieron entender cómo funciona el sistema de represamiento. El sistema sigue la lógica de utilizar la gravedad a su conveniencia y los canales que se represan son generalmente los más bajos. Con ello se logra que el nivel del agua alcance aquellos canales cuyo nivel se encuentra

en las partes más altas del gradiente topográfico. Si lo anterior no se logra de manera óptima, en muchas de las chinampas representa un esfuerzo suficiente para abastecer los canales de servicio, de donde el agua es bombeada hacia la chinampa con el fin de proveer a ésta de irrigación, pues la misma carencia hídrica hace imposible que la chinampa se abastezca de agua por absorción, como fue inicialmente concebida. Resulta atractivo saber que además de atrapar el agua, muchos de los represamientos, por lo menos aquellos utilizados en San Gregorio, tienen una doble función y operan también como filtros. El material que se utiliza para represamiento, va desde arenas finas a tezontle relativamente grueso. Este gradiente provocado por el tamaño de grano logra retener cierta cantidad de material particulado, con lo que el agua al otro lado del canal resulta un tanto más limpia.

F, quien vive de construir y reparar canoas en el barrio de Xaltocan, opina que “los canales tienen un control, o sea que no haya suciedad. Fosas sépticas, todo eso. Pero la gente no entiende. Al contrario, si no, mire nomás las represas”.

P e I, una pareja mayor que ha vivido toda su vida en Xochimilco, recuerdan que “el agua era cristalina y se podía tomar. Se veía el fondo. Ahora apesta”.

AR, quien produce y vende sus propias plantas desde hace muchos años, habla de que la calidad del agua no sólo ha repercutido en la apariencia de Xochimilco, sino que ha sido un factor determinante en el cambio de la agricultura de productos comestibles hacia la producción de flores. En opinión de AR:

Ya no se da por el agua cochina, nace, pero no crece. Entonces ahorita ya no se siembra. ¿Qué da ahorita Xochimilco? Puras plantas y el romero, que sí aguanta esa agua contaminada. La alelía, pero el clavel ya no, el chicharito tampoco.

LA AGRICULTURA EN XOCHIMILCO Y LAS ESTRATEGIAS CONTRA EL DETERIORO AMBIENTAL

La agricultura de Xochimilco, como muchas otras agriculturas en climas montañosos, siempre ha estado ligada a factores climatológicos variados. Al haberse desarrollado en un medio lacustre,

no es sino hasta entrado el siglo XX que las sequías le representan un problema. Sin embargo, las heladas han sido un peligro patente a lo largo de la historia de la agricultura en la zona. Es por ello que los agricultores de la zona han desarrollado métodos etnometeorológicos empíricos para predecir este tipo de eventos. A nos contó que su abuelo “tenía un conocimiento de la climatología excepcional. Algo de lo poco que yo le aprendí fue que [decía que] en los meses de noviembre, diciembre, cuando del Popocatépetl, en dirección a la calzada a Tacuba, el pueblo de Tacuba, se pone una cinta de nubes [...] va a helar fuerte”. Este no era el único método etnometeorológico que utilizaba el abuelo de A, quien también se guiaba por “un ave, no sé qué tipo de ave, qué tipo de pájaro es, pero sí, efectivamente [...] pasaba y chillando. Dice [el abuelo de A], el chillón, ese nos avisa que va a helar”.

Lejos de contar sólo con un método de detección, A cuenta que su abuelo también sabía cómo combatir este tipo de meteoros:

Veía eso y nos decía: “vamos a ahumar”. Entonces, las raíces y los troncos que quedaban del corte de la caña del maíz, los sacudíamos y los dejábamos amontonados, de tal manera que se iban secando poco a poco. En esos meses, cuando él calculaba que iba a caer una helada muy fuerte, hacíamos montones; tres o cuatro raíces de maíz y les prendía fuego, pero no hace fuego, no hace flama, sino nada más humo. Y curiosamente se estacionaba esa capa de humo sobre la chinampa. Los árboles no la dejaban avanzar. A pesar de que hiciera una pequeña brisa. Llegan los estudios, en la vida y entiende uno cómo manejaban ellos la temperatura del aire. Calentaba el aire y permitía [...] y se estacionaba la capa de humo, durante toda la noche. Él decía: “entre 1 y 2 de la mañana, si tenemos la capa de humo, no pasa nada. Ya después, es la humedad de abajo la que puede fastidiar a las plantas, pero mientras tanto, vamos a proteger arriba”. Entonces era a las 11 o 12 de la noche, irnos a la chinampa, prender en los cuatro puntos y al centro prender las fogatitas y que se estuviera ahumando. Ahí nos quedábamos un rato, mientras nos contaba algo de la llorona [...] mientras, nos platicaba alguna otra aventura. Y este y ahí nos quedábamos una o una hora y media y ya regresábamos a casa.

Hasta donde sabemos, la técnica no se ejecuta en la actualidad. Mucho tiene que ver la pérdida del maíz chinampero –por la falta de rentabilidad– con la falta de combustible para ahumar el campo. También es un factor importante la conversión de las chinampas

a otros sistemas de cultivo como los invernaderos (Canabal, 1997). No obstante, tanto las heladas como otras manifestaciones del cambio climático local son todavía un gran problema para aquellos agricultores que continúan cultivando flor y hortaliza en la chinampa. O, un experimentado chinampero de San Gregorio Atlapulco que presume de producir unas cien mil lechugas por cosecha, comentó que una de las cosas más sencillas y efectivas en contra de las heladas, el granizo y la falta de lluvia eran los microtúneles; estructuras sencillas y económicas construidas de alambre y maya donde se protegen los cultivos contra de vientos, lluvias, heladas y granizos. O recuerda que el granizo es peor ahora que antes y que en los últimos años “cae de imprevisto, casi sin avisar”. También hace ver que “algunos chinamperos usan anticongelante del químico, pero éste a la larga no sale en la producción porque es muy caro”. En época de secas O y otros chinamperos de San Gregorio utilizan mantillos orgánicos y filmes de acolchamiento degradables, ambas técnicas impiden el crecimiento de mala hierba mientras que mantienen y secuestran humedad desde el medio ambiente hacia el suelo.

LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL Y LA FAUNA NATIVA

La desaparición de la fauna nativa es un producto directo de la degradación ambiental y el cambio en los regímenes ambientales de Xochimilco. Los registros científicos dan cuenta de que durante el siglo XX se ha erradicado casi totalmente a las especies de anfibios, peces y moluscos tradicionalmente destinados al consumo humano en la zona lacustre de Xochimilco (Ezcurra *et al.*, 1999). El pez blanco (*Chirostoma humboldtianum*, *Chirostoma jordani*), aunque ingrediente fundamental en la preparación de tlapique, ya no es común en el lago (Rojas-Carrillo, 2005). Las especies endémicas, el ajolote (*Ambystoma mexicanum*), y la rana moctezuma (*Lithobates montezumae*), utilizada en el michimole, el plato xochimilca por excelencia, han sido clasificadas como en peligro de extinción y bajo protección especial por parte de las autoridades mexicanas (DOF, 2010).

P recuerda que durante su infancia, ella “todavía tenía la oportunidad de ver al pez blanco, al acocil (*Cambarellus montezumae*), y la rana”. Haciendo cuentas, tanto ella como su marido, estimaron que

no habían comido michimole cuando menos en 20 años. Para ellos, el tlapique ya no es tan xochimilca como lo solía ser, ya que las tilapias y carpas, introducidas en el lago durante el siglo pasado, no son buenas para comer. F recordaba que “hubo un buen pescado aquí, antes de los que tenemos ahora que son de mal gusto y destruyen las chinampas, porque comen barro y muerden hasta que las colapsan”. AS, quien se ha dedicado a la agricultura chinampera toda su vida, opina:

Los extranjeros comenzaron a vivir por el lago, llevando todos sus desechos al agua y lavando la ropa con cloro ahí en el canal. Por eso el pescado ya sabía como a petróleo. Más tarde, el sabor del pescado se volvió como de humedad [A recordó que él comió michimole por última vez en 1966] después de una gran tormenta lava muchas ranas del lago y mi madre me envió a recoger todas las ranas que pude.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La percepción que los pobladores del área lacustre de Xochimilco tienen con respecto al cambio climático es parcialmente correcta. Aunque la temperatura promedio anual en la Ciudad de México ha aumentado casi 1.5 grados desde 1900 (Vázquez-Martínez, 2007), las afirmaciones del 21% de la población encuestada, que señalan que el clima se ha vuelto más seco y con menos lluvia, son erróneas. Según los registros de precipitación anual acumulada, existe una tendencia positiva en el aporte pluvial que recibe la Ciudad de México, misma que representa un aumento de casi 300mm anuales en comparación a lo recibido en 1900 (Vázquez-Martínez, 2007). No obstante, es probable que este aumento no sea percibido como tal por estar relacionado con episodios extremos de lluvia, que han aumentado 20% en su frecuencia histórica (Jáuregui, 2000) y que, si bien representan un aumento importante en los volúmenes de precipitación, estos aumentos llegan de forma repentina y efímera, de golpe, por decirlo de otro modo. Si bien Teresa Rojas (1993), apoyándose en materiales inéditos de Pedro Armillas, provee precisos calendarios para cultivos muy variados en la chinampa, hasta la fecha y según nuestro mejor saber, no existe investigación que haya elaborado un modelo cognitivo

(*sensu* Craik, 1967) que articule todos los elementos inmiscuidos en la representación del clima de Xochimilco. Será prioritario para investigaciones futuras desarrollar dicho modelo, pues a partir de la integración del mismo se podrá evaluar la representación de una realidad externa, al tiempo que será posible tanto conocer como comprender el surgimiento de alternativas ante situaciones futuras, incluso antes de que estas situaciones se presenten.

En el mismo sentido, la creación de un modelo cognitivo del clima en la zona lacustre de Xochimilco ayudará a observar si la sustitución del agrosistema chinampero por tecnologías de cultivo techado o semi-techado impactan negativamente en el conocimiento tradicional del entorno. Es posible que exista un mecanismo de erosión del conocimiento local del clima debido a una extinción de la experiencia (*sensu* Pyle, 1978) en el que la reducción en el número y cantidad de interacciones entre los chinamperos y los meteoros logre crear insatisfacción, apatía e irresponsabilidad hacia el medio natural en general (Nabhan y St-Antoine, 1993).

En lo tocante al agua, hay que tomar en cuenta las bases sobre las que se sostiene el sistema chinampero; la irrigación por absorción. Parece, según nuestras observaciones, que las percepciones actuales acerca de la cantidad de lluvia recibida se basan en la estimación indirecta a partir del nivel de los canales de servicio y no de la propia lluvia. Esta manera de medir el agua cobra sentido al contrastar el modelo chinampero de absorción por irrigación con el de temporal que se realiza en la zona montañosa de Xochimilco. En esta última, los ritos de petición de lluvia cobran un carácter importante y de entre los cuales destaca el celebrado el día de la Santa Cruz (Peralta, 2011).

Sin embargo, no podemos descartar el hecho de que la lucha por el agua ha tenido un papel importante en la política cotidiana del lugar por más de 30 años (Canabal, 1997). En las mismas líneas, es claro que las percepciones vernáculas del cambio climático están, muchas de las veces, motivadas tanto por razones estratégicas y políticas (Weber, 2010), como por intereses económicos que, como proponen Vedwan y Rhoades (2001:117), permiten que percepciones “sectarias” particulares cobren relevancia en una sociedad. No obstante, queda poca duda de que la sustitución del aporte proveniente del agua de los manantiales aledaños, por el agua tratada que recibe Xochimilco de la planta del Cerro de la

Estrella, ha disminuido tanto la cantidad (véanse Tapia *et al.*, 1998; González *et al.*, 1999; Aguilar y López, 2009) como la calidad de las aguas del lago (Contreras *et al.*, 2009; Zambrano *et al.*, 2009).

Siguiendo estas líneas, tanto la falta de agua (Canabal, 1997), como la disminución en la calidad de la misma (Quiñónez, 2005; Pedroza *et al.*, 2008), han mermado las capacidades productivas en la agricultura chinampera, haciendo que el número de especies comestibles cultivadas haya sufrido una disminución del 48% en 50 años (Canabal, 1997:141). Los problemas derivados de la calidad y cantidad de agua disponible no sólo han mermado la diversidad de productos comestibles sembrados en la zona lacustre de Xochimilco, sino que junto con las presiones y exigencias del mercado han dirigido la producción hacia la floricultura, muchas de las veces simplificada hacia el monocultivo (Torres *et al.*, 1994). En los casos en que no se ha adoptado la floricultura, la producción chinampera ha cambiado su orientación de autoconsumo (Morales, 1985) a una producción orientada a satisfacer las demandas de la Ciudad de México, cuestión que impactó negativamente a las hortalizas mesoamericanas, ya que fueron sustituidas, en su gran mayoría, por plantas de ciclos más cortos (Rojas-Rabiela, 1993).

Los daños al autoconsumo no se limitan a la hortaliza nativa, pues la desaparición de la fauna original de Xochimilco, otrora extremadamente importante en la dieta de los habitantes de los pueblos de la zona lacustre (Rojas-Rabiela y Pérez-Espinoza, 1998), repercute inmediatamente en la ingesta protéica de los habitantes de la zona lacustre de Xochimilco. Esto, como también sucede con la integración de mercado y el cambio de dieta en el resto del país, trae consigo una tasa cada vez mayor de enfermedades cardiovasculares, mentales y degenerativas (Belino, 2009). Efecto que puede verse a nivel local en las estadísticas xochimilcas, donde el número de defunciones por cada cien mil habitantes es encabezada por las enfermedades cardiovasculares (64.9) y la diabetes mellitus (64.4) (Carmona-Jiménez, 2000).

La reducción tanto en diversidad de cultivos, como en proteína animal no son problemas que atañan solamente a los habitantes de la zona lacustre de Xochimilco. La Ciudad de México tiene que depender de otras regiones, tanto del país, como del extranjero, para su abasto alimentario (Rico-Ramírez, 2000), por lo que sumando los costos ya existentes en los rubros de transporte y almacenamiento

a aquellos en los que incurrirá la producción alimentaria por efecto del cambio climático (Nelson, 2009), situación particularmente preocupante para el Distrito Federal, donde por lo menos para el 50% de la población no es posible satisfacer una alimentación adecuada con base en sus ingresos (Torres, 2002). Esta grave cuestión podría mitigarse con programas que fortalezcan la producción y el consumo local.

Por otro lado, O'Brien y Leichenko (2000) nos recuerdan que el fenómeno del cambio climático no puede verse como un hecho aislado y a éste habrá que sumar los efectos que la globalización económica pueda acarrear. Un ejemplo tangible está en la necesidad de los agricultores para adoptar nuevas tecnologías; semillas mejoradas, microtúneles, anticongelantes. Esta necesidad se contrapone al acceso diferencial a créditos y fondos de fomento agrícola, que por ahora tienden a privilegiar tecnologías exógenas por encima de aquellas tradicionales (GDF, 2011), sin importar que estas últimas ofrezcan mejores rendimientos por unidad de inversión (véase Merlín, 2009), cuestión que hace a los productores de pequeña escala doblemente vulnerables. Por un lado, deben afrontar los efectos del cambio climático y por otro, deben enfrentar los retos de una reestructuración económica que exige, y por ende favorece, una "modernización" de los sistemas de producción sin importar las implicaciones económicas y ambientales que esta "modernización" pueda traer consigo.

Este estudio es útil para entender las dimensiones donde impacta el cambio climático. Aunque resta dilucidar muchos de los aspectos adaptativos, cognitivos y simbólicos respecto al cambio climático local, nuestra investigación deja ver cómo el cambio climático logra permear las esferas de geografía física, la biología, y lo social, para finalmente incidir en lo político y en lo económico. Si bien Roncoli y otros (2009) hacen un acertado llamado a que los científicos sociales estudien el cambio climático desde la escala local como medida de contrapeso a las decisiones regionales, estatales y multinacionales, que tienden a reducir, simplificar y generalizar la realidad local; nosotros creemos que las observaciones locales deben traducirse en posibles consecuencias hacia lo regional, cuestión que no sólo hará contrapeso a las visiones reduccionistas y de gran escala que afectan, a la vez que marginan, a las comunidades locales.

En Xochimilco, la urbanización ha traído como consecuencias, por un lado, la escasez de agua en la zona, pues el lago ya no recibe agua de los manantiales y, por otro, la reducción de las áreas de cobertura vegetal. Esta última cuestión, a su vez, se vuelve un círculo perjudicial, pues obstaculiza la recarga de los mantos freáticos, haciendo que el agua sea aún más escasa, no sólo para la zona, sino, en el mediano plazo, para toda la Ciudad, la cual, a su vez y de manera irónica, sufre la amenaza de inundaciones inminentes ante la falta de vegetación que retenga el agua.

La urbanización también se traduce en la ocupación ilegal de espacios mediante asentamientos irregulares (Rodríguez-Sánchez y Torres Lima, 2006), cuyas descargas muchas de las veces son vertidas al lago de manera clandestina y, junto con las aguas tratadas que recibe el lago, empobrecen la calidad del agua y esto a su vez reduce la biodiversidad de la zona, tanto de manera natural –como lo ilustra la extinción de buena parte de la fauna nativa– como antropogénica –como es ejemplificado por la disminución en número de hortalizas y el cambio de la agricultura hacia la floricultura. Esto último vulnera tanto las capacidades de producción para el autoconsumo, como la proteína animal inmediatamente disponible. La situación transgrede la frontera de lo local cuando se toma en cuenta la necesidad alimentaria de la Ciudad de México. Mientras los hidrocarburos continúen sufriendo una tendencia al alza en sus precios y siempre y cuando los costos de la producción agrícola incrementen por efecto del cambio climático, será más difícil que una buena parte de la población pueda solventar los gastos implícitos en la importación de comida desde el interior. El panorama no es sino el de una crisis alimentaria de proporciones preocupantes.

A lo anterior falta añadir que los elementos locales de mitigación de fenómenos extremos han sido en gran medida sustituidos por tecnologías exógenas, muchas de las cuales, a diferencia del agrosistema chinampero, no han sido diseñadas para cumplir con los contextos ecológicos específicos del área. Aunque el efecto que esto tenga en el medio ambiente a mediano plazo es incierto, hay evidencia suficiente para pensar que el agrosistema original ofrece una mayor sustentabilidad económica y ambiental (Merlín-Uribe *et al.*, 2012).

Al contar con varios de los elementos más dramáticos dentro de los previstos como resultado del cambio climático global; escasez de agua, reducción de la producción agrícola y disminución en el área de cobertura de la vegetación, la degradación ambiental que sufre la zona lacustre de Xochimilco es un testimonio útil en la evaluación de los riesgos que el cambio climático global puede acarrear, tanto en escalas locales, como regionales. Esperemos que Xochimilco no sirva sólo como texto desde el cual se elaboren predicciones cuasi-apocalípticas, pues todavía tenemos la posibilidad de rescatarle y utilizarle como un laboratorio viviente donde se estudien las estrategias de mitigación que implementaremos para combatir el cambio climático global.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A.G. y F.M. López (2009), "Water Insecurity among the urban poor in the peri-urban zone of Xochimilco, Mexico City", *Journal of Latin American Geography*, 8(2), pp. 97-123.
- ALDF (2003), "Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Xochimilco", México, Asamblea Legislativa del Distrito Federal/Gobierno del Distrito Federal.
- Appendini, K. y D. Liverman (1994), "Agricultural policy, climate change and food security in Mexico", *Food Policy*, 19(2), pp. 149-164.
- Armillas, P. (1971), "Gardens on swamps", *Science*, 174(4010), p. 653.
- Belino, N. (ed.) (2009), *La FAO en México. Más de 60 años de colaboración*, México, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Bernard, H.R. (1995), *Research Methods in Anthropology: Qualitative and Quantitative Approaches*, AltaMira Press.
- Canabal, B. (1997), *Xochimilco, una identidad recreada*, México, UAM-Xochimilco.
- Carmona-Jiménez, M.L. (ed.) (2000), *Breviario 2000. Xochimilco*, México, Dirección de Política Poblacional/Gobierno del Distrito Federal.
- Contreras, V., E. Martínez, E. Valiente y L. Zambrano (2009), "Recent decline and potential distribution in the last remnant area of the microendemic Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*)", *Biological Conservation*, 142(12), pp. 2881-2885.
- Craik, K. J.W. (1967), *The nature of explanation*, Cambridge University Press.

- Crumley, C.L. (1987), *Regional dynamics: Burgundian landscapes in historical perspective*, Academic Press.
- Diamond, J.M. (2006), *Collapse: How societies choose to fail or succeed*, Penguin Group, Estados Unidos.
- DOF (2010), Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Comité-Consultivo-Nacional-de-Normalización-para-la-Protección-Ambiental, México, Secretaría de Gobernación.
- Espinosa, A.C. y M. Mazari (2007), "Pueblos indígenas de México y agua: xochimilcas", en *Atlas de culturas del agua en América Latina y el Caribe*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [http://www.unesco.org/uy/phi/aguaycultura/es/paises/mexico/pueblo-xochimilcas.html].
- Ezcurra, E., M. Mazari-Hiriart, I. Pisanty y A.F. Aguilar (eds.) (1999), *The Basin of Mexico: Critical Environmental Issues and Sustainability*, Nueva York, United Nations University Press.
- Frederick, C.D. (2007), "Chinampa Cultivation in the Basin of Mexico Seeking a Richer Harvest", *Studies in Human Ecology and Adaptation*, vol. 3, Springer US, pp. 107-124.
- GDF (2011), "Propuesta integral para solucionar la problemática ambiental, ecológica y social del patrimonio natural y cultural de Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta", S.d.M. Ambiente, México, Gobierno del Distrito Federal.
- González, T., R. Rodríguez y S. Cortés (1999), "The basin of Mexico and its metropolitan area: water abstraction and related environmental problems", *Journal of South American Earth Sciences*, 12(6), pp. 607-613.
- Holy, L. (1990), "Theory, methodology and the research process", en R.F. Ellen (ed.), *Ethnographic Research: A Guide to General Conduct*, San Diego, Academic Press, pp. 13-35.
- Jáuregui, E. (2000), *El clima de la Ciudad de México*, vol. 1, México, Plaza y Valdés.
- Kempton, W. (1991), "Lay perspectives on global climate change", *Global Environmental Change*, 1(3), pp. 183-208.
- Lorenzo, J.L. (1981), "Los orígenes mexicanos", en Cosío Villegas D. (ed.), *Historia general de México*, vol. 1, México, El Colegio de México.
- Lozada, H., H. Martínez, J. Vieyra, R. Pealing, R. Zavala y J. Cortés (1998), "Urban agriculture in the metropolitan zone of Mexico City: changes over time in urban, suburban, and peri-urban areas", *Environment and urbanization*, 10(2), pp. 37-54.

- Merlín, Y. (2009), "Evaluación de dos sistemas de manejo de recursos naturales de Xochimilco con indicadores de sustentabilidad", Instituto de Ecología.
- Merlín, Y., A. Contreras, M. Astier, P. P. Jensen, R. Zaragoza y L. Zambrano (2012), "Urban expansion into a protected natural area in Mexico City: alternative management escenarios", *Journal of Environmental Planning and Management*, pp. 1-14.
- Merlín-Uribe, Y., C.E. González-Esquivel, A. Contreras-Hernández, L. Zambrano, P. Moreno-Casasola y M. Astier (2012), "Environmental and socio-economic sustainability of chinampas (raised beds) in Xochimilco, Mexico City", *International Journal of Agricultural Sustainability*, pp. 1-18.
- Morales, H.L. (1985), "Chinampas y granjas integradas en las estrategias de desarrollo rural", en *La experiencia de INIREB*, México.
- Nabhan, G.P. y S. St-Antoine (1993), "The loss of floral and faunal story: The extinction of experience", en S.R. Kellert y E.O. Wilson (eds.), *The Biophilia Hypothesis*, Washington, DC, Island Press, pp. 229-250.
- Nelson, G.C. (2009), *Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation*, International Food Policy Research Inst.
- O'Brien, K.L. y R.M. Leichenko (2000), "Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization", *Global Environmental Change*, 10(3), pp. 221-232.
- Orlove, B.S., J.C.H. Chiang y M.A. Cane (2000), "Forecasting Andean rainfall and crop yield from the influence of El Niño on Pleiades visibility", *Nature*, núm. 403, pp. 68-71.
- Pedroza, R., R. Hernández y G. Boll (2008), "Primary production and algae diversity vs pollution in Xochimilco wet-lands", *The Third international meeting on environmental biotechnology and engineering*, Palma de Mallorca, Govern de les Illes Balears, Conselleria d'Agricultura i Pesca.
- Peralta, A. (2011), *Xochimilco y su patrimonio cultural: memoria viva de un pueblo lacustre*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Puleston, D.E. (1977), "The Art and archaeology of Hydraulic Agriculture in the Maya Lowlands", en N. Hammond (ed.), *Social Process in Maya Prehistory: Studies in Memory of Sir Eric Thompson*, Nueva York, Academic Press, pp. 449-467.
- Pyle, R.M. (1978), "The extinction of experience", *Horticulture*, 56(1), pp. 64-67.
- Quiñónez, C. (2005), *Chinampas y chinamperos: los horticultores de San Juan Tezompa*, México, Universidad Iberoamericana.
- Rico-Ramírez, R. (2000), *Globalización económica y Distrito Federal: estrategias desde el ámbito local*, México, Plaza y Valdés.

- Rodríguez-Sánchez, L. y P. Torres Lima (2006), "Dinámica agroambiental en áreas periurbanas de México. Los casos de Guadalajara y Distrito Federal", *Investigaciones Geográficas*, núm. 60, pp. 62-82.
- Rojas-Carrillo, P.M. (2005), "El pescado blanco", *Revista Digital Universitaria*, 6(8).
- Rojas-Rabiela, T. (1993), "Evolución histórica del repertorio de plantas cultivadas en las chinampas de la Cuenca de México", en T. Rojas-Rabiela (comp.), *La agricultura chinampera*, Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo, pp. 203-253.
- Rojas-Rabiela, T. y J.G. Pérez-Espinoza (1998), *La cosecha del agua en la Cuenca de México*, México, Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social.
- Roncoli, C., T. Crane y B. Orlove (2009), "Fielding climate change in cultural anthropology", en S. Crate y M. Nutall (eds.), *Anthropology and Climate Change: From Encounters to Actions*, pp. 87-115.
- Salles, V. (1992), "Xochimilco: perdurabilidad de la tradición en un contexto de cambio", *Estudios Sociológicos*, pp. 341-362.
- Tapia, L.A.B., E. Ezcurra, M. Mazari-Hiriart, S. Díaz, P. Gómez, G. Alcantar y D. Megarejo (1998), "Basin of Mexico: A History of Watershed Mismanagement", *Proceedings RMRS*, (13)129.
- Terrones, M.E. (2006), "Xochimilco sin arquetipo: historia de una integración urbana acelerada", *Scripta Nova*, 10(218), pp. 1-20.
- Torres, F. (2002), "Aspectos regionales de la seguridad alimentaria en México", *Revista de Información y Análisis*, núm. 22.
- Torres, M.A., R.M. Prol y D. García (2009), "Three decades of land use variations in Mexico City", *International Journal of Remote Sensing*, 30(1), pp. 117-138.
- Torres, P., B. Canabal y G. Burela (1994), "Urban sustainable agriculture: The paradox of the chinampa system in Mexico City", *Agriculture and human values*, 11(1), pp. 37-46.
- Vázquez-Martínez, O. (2007), *Cambio climático y la Ciudad de México*, México, Secretaría del Medio Ambiente.
- Vedwan, N. y R.E. Rhoades (2001), "Climate change in the Western Himalayas of India: a study of local perception and response", *Climate Research*, 19(2), pp. 109-117.
- Von Bertrab, A. y L. Zambrano (2010), "Participatory monitoring and evaluation of a Mexico City wetland restoration effort", *Ecological Restoration*, 28(3), pp. 343-353.
- Vörösmarty, C.J., P. Green, J. Salisbury y R.B. Lammers (2000), "Global water resources: vulnerability from climate change and population growth", *Science*, 289(5477), p. 284.

- Weber, E.U. (2010), "What shapes perceptions of climate change? Wiley Interdisciplinary Reviews", *Climate Change*, 1(3), pp. 332-342.
- Weiskel, T.C. (1989), "The ecological lessons of the past: an anthropology of environmental decline", *The Ecologist*, 19(3), pp. 98-103.
- Zambrano, L., V. Contreras, M. Mazari-Hirart y A.E. Zarco-Arista (2009), "Spatial Heterogeneity of Water Quality in a highly Degraded tropical freshwater ecosystem", *Environmental Management*, núm. 43, pp. 249-263.