

MANEJO INTEGRAL DE LA CIÉNEGA DE TLAHUAC: UNA PROPUESTA DE MANEJOS AMBIENTALES DENTRO DEL ENTORNO URBANO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Galván Fernández Antonina¹

Rivera Martínez Juan G.²

Lozada Costuroy³

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la preocupación por el estado de sanidad del medio ambiente es tema común en las diferentes agendas gubernamentales. El debate sobre cómo interpretar y atender los problemas de contaminación ambiental y agotamiento de los recursos naturales está presente en diversas esferas de la sociedad; el interés del gobierno por inducir a los agentes económicos y sociales hacia conductas más sustentables que impliquen la internalización de las externalidades negativas sobre el ambiente, es cada vez mayor. La gestión del ambiente comprende un conjunto de actuaciones y disposiciones necesarias para sostener el capital ambiental que eleve al máximo posible el patrimonio natural y la calidad de vida de las personas, todo ello dentro del complejo sistema de relaciones económicas y sociales que condicionan ese objetivo (Ortega y Rodríguez, 1994).

El concepto de sustentabilidad comprende una serie de factores que redunden el reciclado eficiente de nutrientes, el control ambiental de los residuos sólidos, la optimización en el uso del agua y la conservación de la biodiversidad, junto con el control de especies invasivas. Esto provoca la conservación de los ecosistemas a través del tiempo de forma indefinida, en combinación de una producción –ya sea de productos agrícolas o industriales– óptima donde el balance entre los costos de producción y los beneficios sea siempre positivo, en los ámbitos económico, social y ambiental o en el peor de los escenarios, se llegue a un equilibrio, por lo

¹ Profesor investigador Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Depto de Ingeniería de Procesos e Hidráulica. Hidrología

² Profesor Investigador Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Depto. Producción Animal

³ Profesor Investigador Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Depto. Producción Animal

que la sustentabilidad requiere indicadores de esta relación. Un indicador de sustentabilidad es una variable que permite describir y monitorear procesos, estados y tendencias de los ecosistemas.

El área metropolitana de la Ciudad de México está considerada como una de las más grandes del mundo con una extensión urbanizada de 1700 km² y una población estimada en 22 millones de habitantes, lo que le confiere la característica de megalópolis. Contrario a lo que sucede con otras grandes concentraciones urbanas del mundo que han mantenido una forma de crecimiento vertical, el desarrollo de la ciudad de México ha sido horizontal invadiendo cada vez más los espacios naturales circundantes. Actualmente nos encontramos ante una contradicción fundamental, ya que queremos nutrir a las treinta millones de especies con las que compartimos el planeta, pero al mismo tiempo, nuestra cultura y su modelo de producción y consumo insisten en que el mundo está hecho para el servicio exclusivo de los intereses humanos. En este contexto, las enfermedades, las convulsiones económicas, la degradación ambiental y la escasez de recursos son plataforma de conflictos entre diferentes grupos sociales que cohabitan un mismo espacio geográfico, derivados de la pobreza, la exclusión social, y la marginación, además de la inestabilidad económica y de manera muy importante para nuestro país, de la rivalidad para apropiarse de recursos naturales.

CONCEPTOS

Un ecosistema es el espacio conformado por componentes bióticos y abióticos que interactúan entre sí para cumplir funciones vitales de reproducción y equilibrio. Para ello, están abiertos a captar del ambiente externo energía y materiales y también, una vez efectuadas sus funciones, arrojan materiales procesados y energía (Odum E., 1992). Los ecosistemas naturales contenidos dentro de la biosfera, se sustentan a partir de la entrada de energía solar, la cual una vez que ha penetrado y ha sido aprovechada por el sistema, fluye hacia afuera en forma de calor y otras formas procesadas de materia orgánica y contaminantes. En el ambiente, los elementos químicos se ocupan varias veces sin perder su utilidad; los ciclos biogeoquímicos son cerrados para los materiales, abiertos sólo a la entrada y salida de energía, donde las descomposiciones biológicas de dichos materiales suministran a su vez otros materiales de reuso para otros elementos del ecosistema. Sin embargo, el funcionamiento de los ciclos cerrados es ausente en los sistemas humanos, dado que éstos se basan en la idea de disponibilidad de energía y recursos de forma ilimitada, generando un volumen también ilimitado

de residuos. Pero, las pautas actuales de sobre-consumo, expansión y construcción de los núcleos urbanos han producido el colapso de los sistemas naturales circundantes, porque su consumo externaliza los daños creando presión tanto antrópica como ambiental de forma creciente. Se denomina “disfuncionamiento” al hecho de que cuando algún elemento que compone un sistema, su actividad produce costos mayores a los beneficios; es decir, la actividad genera costos y/o residuales no contemplados que son imputables a alguno de los elementos del sistema, y estos costos pueden ser económicos, sociales o medioambientales. Si estos costos están dentro de los márgenes que puede manejar el sistema –social o ambiental- que lo genera, son asimilados, pero si los rebasan, son externalizados como pérdidas, tal es el caso de la basura y las descargas de aguas residuales. Las disfunciones deben ser asimiladas en algún punto del sistema, que generalmente no es el que la produce; cuando esto no sucede se inducen estallidos y confrontaciones por a) la asimilación de la carga que representa dicho costo por alguien diferente al que la produce y b) la indemnización de las pérdidas que representa.

En este contexto, la situación medioambiental de la Ciudad de México se encuentra en fase de crisis, al confrontarse los espacios urbanos a las periferias por la disposición de residuales como basura y agua, así como la demanda de agua potable y áreas verdes, situación en la que han sido ampliamente rebasadas las autoridades, al ser los pobladores de pequeñas comunidades quienes se oponen abiertamente a la depredación de sus recursos; basta recordar caso Atenco, Sistema Cutzamala y recientemente Delegación Tlahuac con el Tren del Bicentenario. Estas confrontaciones reflejan la incapacidad de la autoridad para concertar y consensuar las acciones de desarrollo a nivel regional, la falta de alternativas que satisfagan a la mayoría de los actores, pero sobre todo, el agotamiento de los esquemas de negociación entre autoridades y pobladores. Por lo anterior, es que conceptos tales como “internalización de los disfuncionamientos”, en conjunto con el “pago de servicios ambientales” representan una innovación a los esquemas de negociación entre autoridades locales y pobladores, a fin de permitir el desarrollo de actividades y obras que redunden en el desarrollo regional sustentable.

En el caso del manejo del agua al interior de la cuenca, éste se ha vuelto un problema social, económico y ambiental debido al crecimiento poblacional, al uso intensivo de suelos y la sobre demanda del recurso para la producción industrial y de alimentos. En este contexto, la planeación estratégica, diseñada desde el propio seno de las comunidades, bajo los códigos de

negociación propios de los usuarios, y apoyados en una valoración técnica específica del sistema, es vital para lograr el desarrollo equilibrado de todos los actores, aunado a la conservación del medio ambiente, expresado como la sanidad de sus recursos hidrológicos. Dar a las microrregiones que componen a la cuenca un manejo sustentable depende no solo de la información y conocimiento de la zona que puedan aportar los especialistas, sino también de la incorporación de los pobladores a prácticas y tomas de decisiones, que tomen en cuenta el riesgo y la necesidad de conservar, en particular el recurso agua, dado que en la actualidad se perfila como el factor limitante del desarrollo económico y social de la región.

ANTECEDENTES

La ciudad de México en su crecimiento descontrolado ha absorbido paulatinamente las zonas naturales que le circundan a través de urbanizaciones no planificadas, a la vez que ha ido externalizando los productos del desbalance medio ambiental, en forma de aguas residuales y basura principalmente, mientras que en el ámbito social tenemos a las personas en pobreza, pobreza extrema y situación de calle. La ausencia de alternativas de desarrollo económico para el 35% de la población (INEGI, 2005), la limitación de los recursos –en particular el agua- y toda la gama de problemas medio ambientales que afectan la calidad de vida, nos están obligado a revalorar los procesos sociales de las pequeñas comunidades, quienes han innovado en la forma de evaluar y gestionar ante las autoridades tanto su patrimonio ambiental, como sus necesidades en términos de aportación al equilibrio ecológico de la región.

La presión urbanizadora de tierras agrícolas y de bosques ha introducido modificaciones en el valor original de uso del suelo por el de su cambio, que ha repercutido en el abandono de las actividades agropecuarias en cualesquiera de sus formas. Por otra parte, la amplia gama de desechos caseros e industriales (detergentes, basura, aguas negras, etc) han ocasionado reducciones importantes en la diversidad de las especies vegetales y animales, en particular las endémicas o los rendimientos de las cosechas (ref), que ha incrementado el problema de la migración campesina local en la búsqueda de empleos permanentes y mejor remunerados.

No obstante que la presión urbanizadora sobre las áreas agrícolas y/o forestales permanece en la actualidad, el ciudadano de la metrópoli y las autoridades han ido cobrando conciencia sobre la necesidad imperiosa de rescatar estas áreas, en vista de su papel que ellas pueden desarrollar como reservorios naturales que coadyuven en la limpieza del medio ambiente,

permitiendo mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad. Una de las áreas agropecuarias de la ciudad de México que mayores daños han sufrido por el crecimiento urbano es la zona chinampaneca del sureste, cuyo deterioro más acelerado se inicia hace 100 años con la transformación de 10,000 has inundadas en zona agrícola y que hoy es un relicto del antiguo lago de Xochimilco (Tortolero, 2000; García-Calderón y De la Lanza, 2002); actualmente abarca una superficie de 3000 has inundadas la cual ha sido caracterizada como un espacio sub-urbano (ref), localizada en las Delegaciones Políticas de Xochimilco y Tláhuac (ref). La importancia de esta área es que representa el vestigio vivo de una forma de producción prehispánica, conocido como chinampa, habilitado a través de una tecnología de construcción de parcelas de tierra rodeadas de agua para el cultivo de hortalizas, flores, plantas ornamentales, etc, que desempeñó un papel importante en la constitución de la Gran Tenochtitlán, considerada como uno de los centros urbanos de mayor importancia en la América Nuclear de Mesoamérica (Rojas, 1995), lo que le ha conferido la característica de ser designado "patrimonio de la humanidad" por la UNESCO (ref). Otros factores que contribuyen a la importancia estratégica de la zona estarían dados por su papel activo en la regulación de escurrimientos, reabsorción de los compuestos orgánicos derivados de descargas de aguas residuales, estabilización y absorción de residuos sólidos en actividades agrícolas, así como por estar incluido en el plan gubernamental de reactivación de la zona lacustre de la ciudad, integrada por los lagos de Xochimilco-Chalco, Texcoco, Xaltocan y Zumpango, que permitirá absorber 467 millones de metros cúbicos de agua tratada, derivados de los 1400 millones de litros/año que la ciudad planea tratar en los próximos años.

Actualmente las capacidades de recuperación de los espacios han sido rebasadas, por lo que se deben implementar políticas de manejo integral, que no basen su construcción en la dotación de servicios de forma indiscriminada, sino que tomen en cuenta los límites naturales de regeneración y conservación del capital natural existente. Los manejos integrales de recursos tiene la finalidad de determinar las vocaciones naturales de cada entorno que componen a los sistemas, y basado en ello, establecer planes dirigidos a) explotación adecuada de los recursos, b) amortiguamiento de los procesos urbanizatorios (fragmentación del espacio-vegetación, absorción de residuos) y c) recuperación eventual del capital natural y social.

Es así que se puede hablar de actividades de amortiguamiento de las áreas urbanas como el control de avenidas a través del manejo de escurrimientos, el tratamiento de aguas residuales

en micro sistemas ecológicos, manejo y estabilización de residuos sólidos y captura de carbono, donde la presencia de ciertas especies es un indicador del estado de salud del medio ambiente. Finalmente, si la totalidad de estas acciones se identifican en un sistema articulado, donde los productos y acciones de uno soportan las actividades de otro, al mismo tiempo que se van integrando los diferentes grupos sociales que componen la comunidad, se establecen manejos integrales tendientes a la generación de espacios de amortiguamiento de los procesos urbanizatorios y la venta de servicios ambientales como es la reutilización de residuos sólidos, microsistemas de depuración de aguas residuales, en manos de los propios pobladores de las comunidades, con ello garantizando un espacio económico de desarrollo.

LA ZONA DE ESTUDIO

La Cuenca del Valle de México comprende, hasta la salida al Sistema Lerma, 5400 km²; en ella puede distinguirse el lecho de un antiguo lago, un área montañosa y una zona de transición entre el lecho del lago y las montañas. El lecho lagunar se constituye por el depósito de arcillas lacustres, que debido a su baja permeabilidad no permiten la infiltración de los escurrimientos; en la fase geológica, los estratos arcillosos, junto con las capas de cenizas volcánicas, forman un sistema de acuíferos semiconfinados limitados inferiormente por un acuicludo.

La principal fuente de abastecimiento interno de agua para el Valle, procede de los acuíferos cuyas áreas de recarga son las regiones sur y sureste del Distrito Federal y que son justamente las de mayor crecimiento poblacional. La zona sur del Distrito Federal se encuentra bajo una fuerte presión para modificar los regímenes de tenencia de la tierra y uso del suelo para poder emigrar a los ejidos y comuneros a zonas habitacionales, residenciales y comerciales. Debido a lo anterior, de la población que aún se mantiene en el rubro agropecuario, para 2007 tenemos que un 30.11% ya no produce (es proveedor de servicios), para inicios del 2007, 36.35% había abandonado la actividad, y para finales del 2007 ya era el 60.71% la tasa de abandono de la actividad; el decaimiento de la actividad agropecuaria en promedio de los 2 últimos años es del 30%/año, con un crecimiento de la mancha urbana del 17.16% (UAM, 2008)

La actividad agrícola se circunscribe a 6 delegaciones: Tlahuac, Xochimilco, Milpa Alta, Tlalpan y Magdalena Contreras; esta zona se conoce como la “herradura verde”, y esta limitada al norte por la expansión de la mancha urbana. Además, al sur los terrenos agrícolas están limitados por las áreas naturales protegidas (bosques) que se ubican entre los 2700 msnm y el parteaguas,

por lo que en realidad el área agrícola es una franja que hacía el sur tiene la parte mas abrupta de la sierras, y hacía el norte la mancha urbana, amén de que una buena parte de los terrenos ya están inmersos en dicha mancha. Para el caso particular de Tlahuac, se ubica en la franja entre estas serranías y la mancha urbana, siendo una suerte de ecotono.

Las unidades productivas agropecuarias se componen por redes solidarias familiares, dado que el costo del jornal varía de \$75.00 hasta \$150.00 por día, además que se deben cubrir costos adicionales de alimentación y traslado cuando las parcelas se encuentran fuera de la zona urbana. En promedio trabajan de 5 a 9 personas por unidad, con 53% de presencia femenina, y con una distribución de actividades desde la siembra hasta la comercialización. Otros indicadores importantes de la actividad son: el 68% de los encuestados reporta la actividad agrícola como secundaria, es decir, tienen otra actividad que genera el ingreso económico principal; 27% mas como actividad primaria y el resto como actividad esporádica, de éstos, sobresalen las personas dedicadas al transporte público (taxis y microbuses) y el comercio informal; en la zona de Tlahuac alrededor de 120 familias integran además los servicios turísticos con el paseo en los humedales.

El abandono de la actividad agropecuaria es parte de las fallas estructurales que han permitido la migración de las tierras agrícolas a sistemas urbanos.

Es así que la zona de humedales de Xochimilco-Tlahuac, a partir de los estudios realizados y los nuevos enfoques de resolución de problemas, adquiere mayor relevancia, no solo por haber sido declarado Patrimonio de la Humanidad, sino que se ha puesto en relieve su función reguladora de escurrimientos, reguladora del clima, en el reciclaje de compuestos orgánicos de las descargas de aguas residuales, productora de alimentos vegetales y animales. En particular, la capacidad productiva de la zona si bien no es considerada como parte medular de la economía regional, si representan un importante rubro de la seguridad alimentaria regional, al proveer de alimentos a las zonas mas marginadas de la cuenca, como son Xochimilco, Tlahuac, Mixquic, Chalco, e Iztapalapa.

Dadas las características de la cuenca del Valle de México, la franja territorial entre los lechos lagunares y la serranía cumple la doble función de amortiguar los procesos medio ambientales en ambos sentidos: por un lado de la sierra hacía las zonas planas, como de las zonas planas

hacia la sierra, por otro, es la zona con mayor potencial productivo en términos agrícolas y como remanente de vegetación. Sin embargo, es la que actualmente presenta las más altas tasas de incremento de la urbanización: tanto por la construcción de nuevas viviendas así como de vías de comunicación. Ambos fenómenos inciden en la fragmentación del espacio, invasión de los predios agrícolas, deforestación, desecación de los lagos, descargas clandestinas de aguas negras y residuos sólidos.

En particular, la zona rural de la delegación Tlahuac es una de las más cambiantes debido a la problemática antes descrita; también es una de las que presenta el más alto potencial para amortiguar los procesos urbanísticos al contar con capital natural que permiten la absorción de los residuales que espacios como Iztapalapa o Xochimilco ya no tienen capacidad de absorber, en la relación zonas bajas-zonas de amortiguamiento, mientras que en la relación zonas altas-zonas planas representa el espacio de amortiguamiento de los escurrimientos provenientes de las serranías, además de ser el único espacio remanente que aun conserva vegetación endémica. En contraparte, tenemos la pérdida de importancia de la actividad agrícola como alternativa de desarrollo económico frente a los procesos urbanizatorios, la competencia por el agua entre la fase agrícola y la urbana, la falta de mano de obra económicamente competitiva y la depredación de los sistemas agrícolas por parte de los vecindados, que incrementan la vulnerabilidad del sistema.

La Ciénega de Tlahuac se ubica en las coordenadas $99^{\circ} 01' 09.94''$ y $99^{\circ} 00' 24.9''$ de longitud y de latitud $19^{\circ} 16' 47.3''$ y $19^{\circ} 15' 58.11''$, tiene una extensión de aproximadamente 2 has., y aproximadamente 10 km, adicionales de canales, corresponden al 0.07% del territorio delegacional, representa un espacio neurálgico para el manejo y amortiguamiento de los volúmenes de lluvia, producción agrícola en hortalizas de alto impacto económico (brócoli, apio, berenjena, calabaza) además de ser actualmente el único remanente de vegetación en la zona. Sumado a lo anterior, y debido a su colindancia con los espacios urbanos de Barrio Guadalupe, La Asunción, San Juan, Santa Ana, Los Reyes y Atotolco recibe las descargas de aguas domésticas. El sistema de canales se alimenta de la descarga de la planta de tratamiento Cerro de la Estrella con un volumen constante de aproximadamente 7.5 lps, San Luis Tlaxialtemalco, con un aporte de $0.225 \text{ m}^3/\text{s}$; y San Lorenzo Tezonco. Otra fuente de abastecimiento son los escurrimientos superficiales originados por los arroyos Santiago o Parres, San Lucas y San Gregorio, y una serie de manantiales; estos canales llegan hasta la zona turística del Lago de Los Reyes que es el soporte económico de 120 familias que se dedican a los servicios turísticos

La ciénega de Tlahuac es uno de los espacios remanentes de los lagos que caracterizaron al Valle de México; el humedal es manejado por la Comisión Nacional del Agua, quien lo considera un embalse de emergencia para el amortiguamiento de picos en época de lluvias, por lo que de ser necesario, recibe bombeos de aguas residuales crudas del Colector Oriente. Gracias a esto, el nivel del agua tiene oscilaciones entre 1.0 a 2.0 m, según lo crítico del estiaje, o el agua que se bombea desde el drenaje. Las Chinampas que colindan con el embarcadero se han urbanizado, y derivado del peso de las construcciones, los drenajes pluvial y sanitario han colapsado o quedado por debajo de la línea de desfogue del sistema general, por lo que la mayoría de las viviendas descargan a los canales sin tratamiento previo. La construcción de la Línea 12 del Metro ha venido a vulnerar más la zona, al enajenar una extensión importante de terrenos para la construcción de la obra, y por ende, entidades de comercio, vivienda y recreación consideran una oportunidad la urbanización de la zona.

ESTRUCTURA DEL PROYECTO

En este contexto, y tomando en cuenta la vocación medio ambiental de la zona, se estima que la caracterización de los humedales, teniendo como indicador principal la sanidad de la fauna acuática, permitirá la reactivación del sistema productivo de la Ciénega, para así mantener los límites de la zona urbana; así mismo, el proponer un plan de manejo integral, que involucre actividades de reconversión de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales proporcionará al mismo productor parte de los insumos requeridos a la actividad, al tiempo de que se integra la prestación de servicios ambientales. Esta estructura se desprende de un primer análisis estructural de la dinámica del humedal, donde a partir de las dimensiones (agua-suelo-flora-fauna-ser humano) que componen, se establecen las problemáticas que se deben atender a fin de lograr conocer el estado de la fauna y microfauna que habita en los canales (Figura 1).

RESCATE Y MANEJO DE LAS ESPECIES NATIVAS					
DIMENSION					
COMPONENTE	Física		Biológica	Manejo-explotación	
				Urbano	Agrícola
AGUA	Balance hidrológico 6			Demanda por consumo	Demanda
	Calidad del agua 7	Contaminación 13		Distribución espacial	
		Detenoro ambiental 8		Demanda espacial	
				Aguas residuales 11	Aguas residuales 12
SUELO	Procesos de salinización 9		Calidad microbiológica	Modificación uso del suelo	Frontera agrícola
	Calidad de suelos 4				
	Hundimientos 3		Indices de calidad biótica	Disposición y manejo de residuos sólidos	Patrones productivos
	Calidad de sedimentos 5				
VEGETACIÓN	Endémica	Inventario	Gasto evológico 10	Análisis de fragmentación	Plagas y enfermedades
		Inventario de productos	Gasto productivo		Capacidad productiva (vocación natural vs productiva)
	Agricultura	Procesos productivos			
FAUNA	Endémica	Inventario	Peces y organismos acuáticos 2	Fauna nociva	Fauna nativa
		Inventario de productos	Peces y organismos acuáticos		Plagas y enfermedades
	Pecuaría	Procesos productivos 1	Ganadería		

Figura 1. Análisis estructural del sistema

Donde los espacios marcados en amarillo son problemáticas que deben ser atendidas de forma prioritaria, los marcados en azul, representan espacios de trabajo que se requieren, pero que no comprometen la viabilidad del proyecto, y finalmente, los espacios en blanco son problemas que pueden ser abordados en un segundo tiempo. Cabe resaltar que esta estructura requiere de investigación básica y multidisciplinaria, bajo la siguiente estructura (Figura 2):

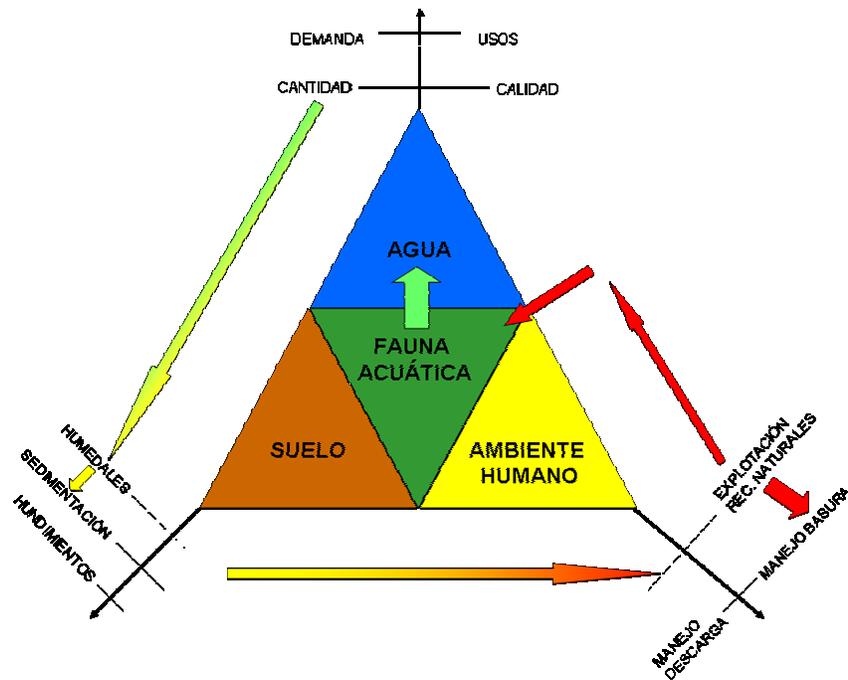


Figura 2. Estructura del sistema

De tal forma que se han identificado 3 componentes, a saber, a) el sistema agua como soporte primario de la fauna b) sistema suelo por ser elemento que condiciona al sistema agua, y c) ambiente humano como parte de la explotación y manejo de los 3 sistemas anteriores.

La intención es establecer escenarios productivos de los humedales del sur de la ciudad de México, con base en el marco conceptual del manejo múltiple del ecosistema que tiene como eje articulador a la chinampa, bajo sistemas rigurosos de monitoreo y control de la producción, para finalmente evaluar la incidencia de los manejos propuestos y sus posibles adecuaciones para las cuencas mixtas urbanas de la región, donde los procesos y prioridades de producción están más orientados a la vivienda que a mantener y recuperar los ecosistemas naturales.

REPORTE DE RESULTADOS

Se realizaron 6 muestreos desde el 26 de enero, hasta el 15 de octubre de 2010. De acuerdo con las observaciones hechas en campo, se determinaron 3 zonas de trabajo, conectadas entre sí por los canales, a saber: embarcadero del Lago de los Reyes; canales perimetrales de descargas y canales de la zona chinampera. La diferenciación de zonas obedece a las características de urbanización, volumen de descarga y uso potencial del cuerpo de agua.

La estimación de la demanda de agua potable, y por ende de la descarga, se determina en base a las condiciones de densidad habitacional-capacidad económica (Viessman, 1974) a través de datos poblacionales. Se aplicó una encuesta a la totalidad de la zona urbana que está inmersa en la ciénega, de forma simultánea se realizaron toma de muestra y análisis básicos de la calidad del agua bajo la norma para aprovechamiento de agua y descarga de aguas residuales de la Ley Nacional del Agua (LAN), de acuerdo con el decreto de noviembre 2007, en 5 sitios distribuidos en las tres zonas identificadas (Figura 3). Las tomas se harán para los parámetros básicos en los aspectos físico, químico y bacteriológico, por muestreo simple en duplicado, para un total de 10 muestras por cada fecha.

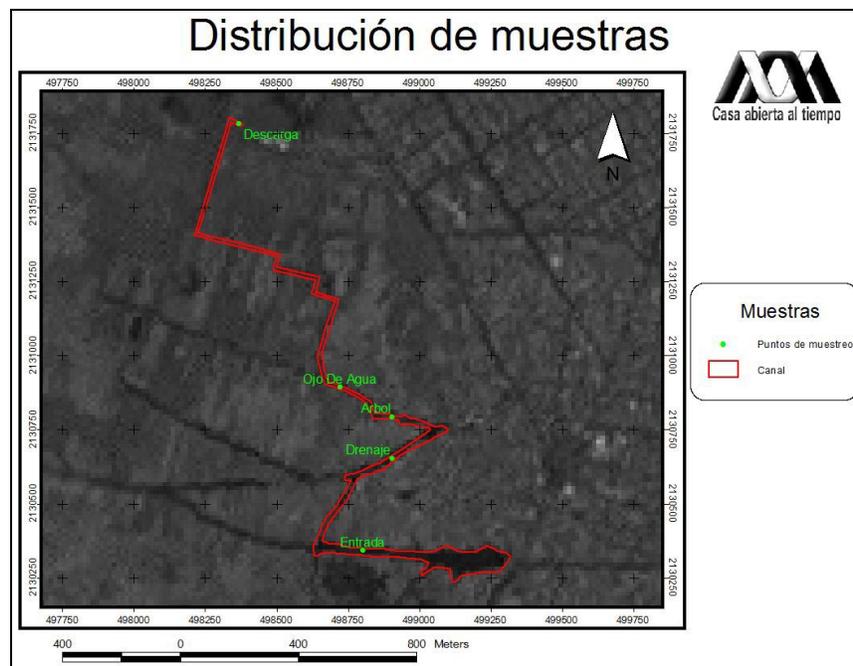


Figura 3. Distribución espacial de las muestras

El registro de los puntos de muestreo se indica en la Tabla 1; así como su ubicación geográfica.

Tabla 1. Relación de muestras con identificador asignado por punto.

Identificador de Muestra	Etiqueta	Ubicación (UTM)	
		Latitud	Longitud
Entrada	Punto 1	2130336	498820
Zona Urbana	Punto 2	2130640	498926
Árbol	Punto 3	2130793	498918
Manantial	Punto 4	2130896	498748
La Cruz	Punto 5	2131763	498301

En cuanto a los volúmenes, se determinaron inicialmente 5 sitios de interés la descarga principal de la isla, la toma de bomba, salida del canal receptor, salida del canal principal y entrada al Lago de los Reyes; en estos 5 sitios se determinarían los caudales susceptibles de aprovechamiento, a tratar y de descarga. El aforo se realizó bajo el esquema de balance de masa, con limnigráfos automatizados.

En relación al análisis hidrológico, se identificaron las estaciones pluviométricas cercanas a la zona de estudio; las estaciones identificadas se muestran en la Tabla 15, así como el promedio mensual. Las variables de T, Ev y Hp se analizan a partir de los registros históricos (ERIC) que proporciona el IMTA en base de datos diaria para un intervalo de 40 años de registro. Se generan las estadísticas básicas (media, varianza y desviación estándar) para registro diario en promedio anual. Se identifican los periodos de estiaje y avenidas, la sequía interestival (canícula), así como los gradientes importantes en temperatura. La Figura 4 muestra la ubicación de las estaciones utilizadas, mientras la Figura 5, la distribución en tiempo de la lluvia.

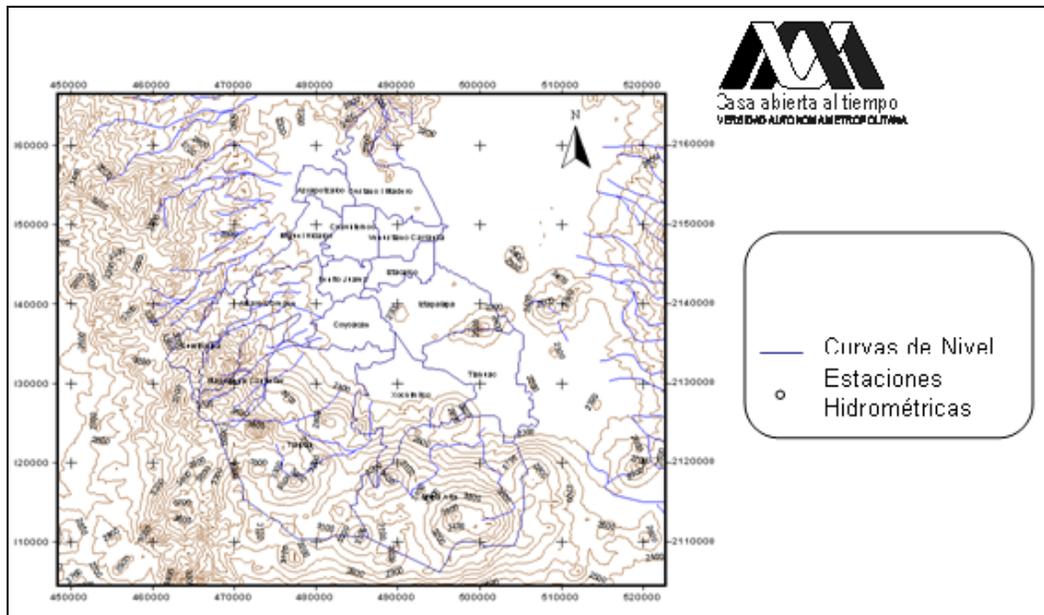


Figura 4. Ubicación de las estaciones pluviométricas.

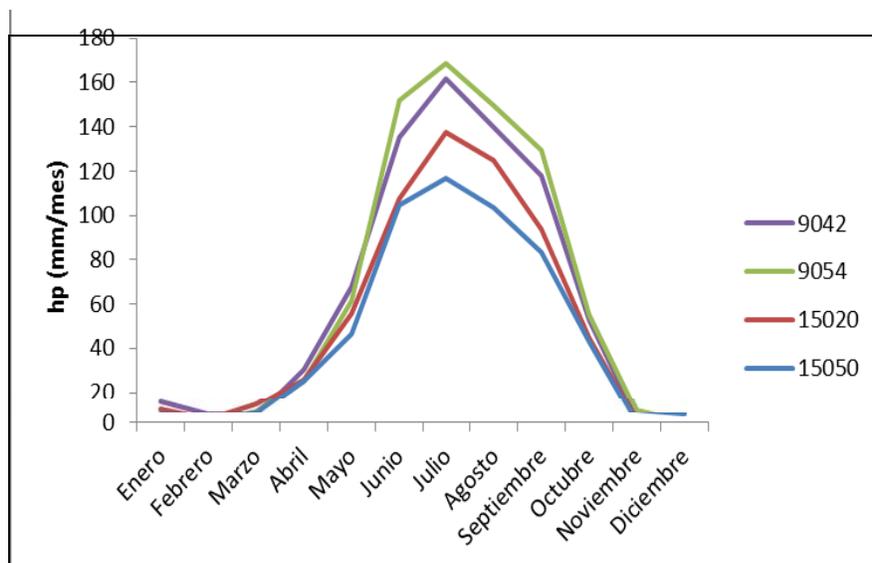


Figura 5. Distribución del ciclo hidrológico de las estaciones aledañas a la zona de interés.

Es de resaltar que el comportamiento de las cuatro estaciones es muy homogéneo en cuanto a distribución a lo largo del tiempo, también en las tasas de lluvia para la época de estiaje, aunque en avenidas la diferencia máxima entre estaciones es de 50 mm/mes, y entre estaciones es de 10 mm/mes. Esta condición de homogeneidad genera una lámina de lluvia efectiva de 51.6 mm/mes, para la zona, y por lo tanto, un escurrimiento unitario de $0.058 \text{ m}^3/\text{s}$ (Galván et al, 2008, 2010).

Para obtener el umbral de tratamiento se utiliza el método del balance químico (Viessman, 1967) por grafica de barras en mili equivalentes usando los resultados obtenidos en el laboratorio; como parte del diseño se toman los valores mínimos, máximos y promedio como límites de trabajo para el sistema. Las tablas 2 y 3 muestran los resultados del balance. Estos resultados son la base para el cálculo del umbral de tratabilidad, los cuales se presentan a continuación, para ello se necesitan tener los resultados en meq por litro y proponer combinaciones hipotéticas entre los componentes según el signo de su valencia y se realiza el acumulado por cada lado de la barra.

Tabla 2. Valores mínimos, máximos y promedio por especies

Máximos			Mínimos			Promedio		
Especie	Meq/l	mg/l	Especie	Meq/l	mg/l	Especie	Meq/l	mg/l
Na ₃ PO ₄	16,82	919,49	Mg ₃ (SiO ₄) ₂	2,47	158,08	Na ₃ PO ₄	5,57	236,73
Mg ₃ (PO ₄) ₂	2,93	255,89	Na ₃ SiO ₄	1,44	61,92	Mg ₃ (PO ₄) ₂	4,22	181,46
Mg(NO ₄) ₂	7,32	541,68	NaNO ₄	0,56	30,61	CaPO ₃	1,12	67,20
Mg ₃ (SiO ₄) ₂	3,43	219,52	Na ₂ NO ₃	0,08	4,08	(NH ₄) ₃ PO ₄	2,17	147,56
Ca ₃ (SiO ₄) ₂	2,63	315,60	Na ₃ PO ₄	0,04	1,72	PO ₄	0,50	24,25
Ca(NO ₃) ₂	0,90	59,40	Na ₃ PO ₃	0,03	1,46	SiO ₄	5,64	270,72
CaPO ₃	0,18	10,71	Na	0,04	0,92	NO ₄	5,12	153,60
Ca	0,67	15,41	Ca	1,00	40,00	NO ₃	0,40	9,20
NH ₄	2,75	49,50	NH ₄	0,09	1,62	PO ₃	0,09	3,56

Tabla 3. Valores mínimos, máximos y promedio de grupos de contaminantes en meq/l

Parámetro	Máximos	Mínimos	Promedio
N	601,08	34,69	162,80
P	1186,09	3,18	660,75
Si	535,12	220,00	270,72

De los parámetros analizados se pueden separar por contaminantes de arrastre como lo son el Silicatos, Fosfatos, Sodio, Nitratos (debido a los fertilizantes) y contaminantes de descarga (principalmente aportados por los productos químicos de limpieza) como Nitritos, Fosfitos, Fosfatos, Calcio, Amonio y Magnesio. Debido al tipo de contaminante se puede deducir que los contaminantes de descarga son aporte netamente antropogénico; en cambio para los contaminantes de arrastre no es tan obvio determinar el origen, debido a que estos compuestos se encuentran de forma natural, pero también son usados en fertilizantes por los pobladores de la zona en estudio. El sistema se puede clasificar debido al origen de contaminante ya sea natural, antropogénico o mixto.

Del ciclo hidrológico presentado en la figura 5 se observa que el periodo de mayor escurrimiento en la zona de estudio es el comprendido del mes de Mayo al mes de Septiembre, teniendo un efecto en el comportamiento de los contaminantes a lo largo del mismo ciclo.

El canal, debido al comportamiento de los parámetros analizados, se ve dividido en dos subsistemas, uno que va desde la entrada hasta la estación denominada el árbol caracterizada por la presencia de contaminantes de origen antropogenico, y por contraparte el tramo que va desde la estación el árbol hasta la cruz se comporta como humedal natural.

DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE DESARROLLO

A partir de los datos obtenidos, y teniendo el recurso agua como elemento que aún cuando existe, su calidad condiciona la producción agrícola, es que se determinaron las Unidades de Manejo Ambiental (UMAS) como la estrategia de desarrollo. Es un esquema de trabajo aplicado a un área determinada, en la que se crean oportunidades de aprovechamiento de forma legal y viable de la vida silvestre; sus principales bondades son:

1. Se promueve la conservación, manejo, restauración del hábitat y aprovechamiento de la vida silvestre.
2. Las tierras ociosas pueden ser dedicadas a la conservación y/o generación de servicios ambientales.
3. No limitan ni se contraponen a las actividades de agricultura y ganadería intensivas
4. Promueven la diversificación productiva.
5. Contribuyen al desarrollo económico de las zonas rurales, validando las actividades de aprovechamiento de la vida silvestre.
6. Las especies, productos y subproductos de flora/fauna procedentes de la UMA, se integran a los circuitos de mercado legales
7. Se combate al tráfico y comercio ilícitos de las especies
8. Generan información técnica y científica confiable, que permite conocer el patrimonio ambiental para ser aprovechado plena y responsablemente.

Esta estrategia fue presentada a los pobladores en una serie de talleres de t1) sensibilización (25 septiembre, 2010), t2) análisis de problemática (20 octubre 2010), 3) presentación de alternativas y definición de plan de acción (10 enero 2011), donde se validó y aceptó como la mejor opción. Las actividades recomendadas para el desarrollo de la estrategia son:

- Unidades de producción o exhibición (viveros, jardines botánicos)
- Área físicamente delimitada: Unidades de producción o exhibición de fauna (criaderos de fauna intensivos y extensivos, zoológicos y ranchos cinegéticos)
- Cualquier régimen de propiedad: Unidades de manejo de vida libre (cuentan con ejemplares o poblaciones de especies que se desarrollan en condiciones naturales)
- Aprovechamiento de ejemplares vivos o muertos, productos y/o subproductos de utilización directa o indirecta de los recursos de la vida silvestre (fines comerciales o cinegéticos). Unidades de manejo intensivo (cuentan ejemplares o poblaciones de especies en condiciones de cautiverio o confinamiento controlado)
- Manejo específico para su operación: infraestructura y un plan de manejo, para lograr la reproducción o propagación de ejemplares

Pero lo que realmente define a una UMA es la última condición. Del taller de validación se definieron dos grandes grupos de actividades, los *proyectos de saneamiento*, dirigidos a la mejora de la calidad del agua y que es el soporte de los *proyectos productivos*. Se desglosan a continuación.

Proyecto de Saneamiento	Proyectos Productivos
Biodigestores de aguas negras (BAFA)	Pecuario { Conejos Aves (segunda fase)
Biodigestores en canal (aguas grises)	Acuícola { Peces endémicos Acociles
Manejo de residuos sólidos	
Compostas Abonos verdes	Hortalizas { Micro sistemas de producción a cielo abierto

CONCLUSIONES

Ampliar el suministro de agua, vivienda, vías de comunicación, etc al ritmo del crecimiento de la población implica grandes obras, amén de los efectos políticos y sociales que representa la sustracción recursos como agua y suelo de la actividad agropecuaria para trasladarlos a los sistemas urbanos. Se deben implementar políticas de manejo integral de la cuenca, que no basen su construcción en la dotación de servicios de forma indiscriminada, sino que tomen en cuenta los límites naturales de regeneración y conservación del capital natural existente.

Por otro lado y en contraposición, tenemos que las vocaciones naturales de los espacios no siempre están en el ámbito productivo, también existen sistemas capaces de absorber los impactos ambientales, donde hablar de actividades de amortiguamiento de las áreas urbanas como el control de avenidas a través del manejo de escurrimientos, el tratamiento de aguas residuales en sistemas mixtos ecológicos, manejo y estabilización de residuos sólidos y captura de carbono como parte de las actividades –reconversión productiva–, es más adecuado que la producción agropecuaria bajo formas tradicionales. Este enfoque, representa a corto plazo, un freno para el desarrollo actual, bajo los términos establecidos de sobreexplotación, pero en contraparte, representa una alternativa de manejo sustentable a largo plazo, donde no sólo garantice la subsistencia de la ciudad, sino que se tenga la ganancia adicional de la estabilización y eventual recuperación de la cuenca.

Los humedales de Tlahuac son un espacio ambiental partícules de la cuenca del Valle de México, donde la búsqueda de nuevas formas de producción agrícola, las actividades de reconversión productiva y de absorción de impactos ambientales son la estrategia más adecuada para generar manejos sustentables de la zona y la ciudad a la vez que permitan revalorar la actividad agropecuaria y reposicionar económicamente a los productores frente a los urbanizadores. Finalmente, si la totalidad de estas acciones se identifican en un sistema integral planificado, donde los productos de una actividad soportan las actividades del siguiente subcomponente, se establecen manejos integrales tendientes a la defensa del espacio agrícola, el amortiguamiento de los procesos urbanizatorios y la venta de servicios ambientales tan requeridos por la ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

Aparicio F. J., *Fundamentos de hidrología de superficie*, 1 era, edición. México 1966.

Apha, Awwa, Wpcf, 1992 *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater*, 18th Ed., Washington.

Callas M.D., Kerzee R.G., Bing-Canar J., 1996. *An indicator of soil waste generation potential for Illinois using Principal components analysis and geographic information sytems*. Technical paper. Journal of the air and waste management association, number 46, pp 414-421, USA.

Campos Aranda, *Procesos de ciclo hidrológico*, 1998

Köhl M., Gertner G.; 1997. *Geostatistics en evaluating forest damage surveys: considerations on methods for describing spatial distributions*. Forest ecology and management. Elsevier number 95 pp 131-140, USA.

Norma Oficial Mexicana Nom-001-Semarnat-1996, Que establece los límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las descargas residuales en aguas y Bienes Nacionales.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, *Salud ambiental*. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.

Mohan Munasinghe and Walter Shearer. (1995). *An Introduction to the Definition and Measurement of Biogeophysical Sustainability*. Mohan Munasinghe and Walter Shearer (Editores); Defining and Measuring Sustainability: The Biogeophysical Foundations; United Nations University, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, D.C., USA.

Ven Te Chow, *Hidráulica de canales abiertos*, 1994

Viessmann, Warren, *Introduction to hydrology*. Ed. Prentice Hall International. Washinton 1977.

<http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/Business-stat/opre504S.htm>

<http://www.inegi.org.mx/>

<http://www.tlahuac.df.gob.mx/>