

POLÍTICAS DE DESARROLLO URBANO FUNDAMENTADAS EN LA CAPACIDAD DE DRENAJE DE LOS CAUCES NATURALES

Cabrera Delgadillo Manuel M.¹, Vázquez Márquez Rafael¹,
Leal Báez Guillermo¹.

¹ INESPROC, S.A. DE C.V. Calle 1857 No. 26, Colonia El Parque, C.P. 15960, México D.F.
inesproc@prodigy.net.mx

INTRODUCCIÓN

El Valle de México se ha caracterizado en las últimas décadas por el acelerado crecimiento poblacional, fomentado por la paz adquirida a partir del fin del periodo revolucionario (1910-1921), detonándose en el transcurso del ciclo llamado “Desarrollo Estabilizador” o “Milagro Mexicano” (1954-1970), en el que las urbes mexicanas, como la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, se extendieran en todas direcciones sin orden, haciendo necesario un marco legal que regulara y buscara llevar a cabo prácticas de planeación para el desarrollo urbano. Por ello, la Federación con base en los artículos 25°, 26° y 115° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y el artículo 22° de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, decreta en 1983 la Ley de Planeación, estableciendo las bases para la integración y coordinación entre Federación, Estados y Municipios, para conducir la planeación del desarrollo urbano y rural, por el bien de los grupos sociales. A través del Poder Ejecutivo Federal, la planeación se define en la ley como *la ordenación racional y sistemática de acciones de regulación y promoción de la actividad económica, social, política, cultural, de protección al ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales, con el propósito de transformar la realidad del país, de conformidad con las normas, principios y objetivos que la propia constitución y la ley establecen*. Fijándose así objetivos, metas, estrategias y prioridades, basados en estudios de factibilidad social y cultural.

Los índices macroeconómicos de México, reflejan un modesto pero constante crecimiento económico año con año, impulsados por la dinámica industrial y la vocación comercial de diversas regiones del país, principalmente en la zona centro, donde los índices de marginación y pobreza son bajos considerando el promedio del país. Sin embargo, en contraposición, el crecimiento poblacional se distingue por zonas urbanas saturadas, con escasez de servicios y una gran demanda habitacional, entonces, ¿cuál ha sido el impacto de la citada ley de planeación?, ¿los estados y municipios de la federación la aplican? Por los resultados, es evidente que su cumplimiento ha sido limitado y aun así ha dispuesto cierto grado de orden al desarrollo urbano, evitando la anarquía en el progreso social del país.

En la actualidad los ayuntamientos y estados, tienen claro los límites urbanos y los usos del suelo, incluso cuentan con mapas de riesgos como resultado de la introducción de planes de protección civil, con la tendencia a cumplir con criterios de sustentabilidad, donde hace falta la inclusión de la condición hídrica de la zona (en opinión de los autores de este artículo), para verdaderamente facilitar las bases a un desarrollo urbano

en equilibrio con el medio ambiente, sobre todo si se considera que cualquier asentamiento humano está inmerso en una cuenca hidrológica.

Las cuencas y el ciclo hidrológico son fundamentales para el desarrollo urbano, prexisten como la fuente principal de agua para consumo, además la cuenca es la base del sistema de drenaje, otorgando certidumbre al crecimiento social, económico, cultural, así como seguridad y salud a cualquier asentamiento humano.

Mucho se ha discutido sobre la protección de las cuencas hidrológicas, para el sostenimiento de las fuentes de suministro de agua, al igual que, aminorar el impacto de los fenómenos meteorológicos extremos y los eventos de inundación; pero poco se analiza el impacto de las urbanizaciones al Sistema Natural de Drenaje (SND), el cual es limitado y con frecuencia modificado a fin de resolver los escurrimientos en estiaje y las demasías por lluvia.

Durante años la dinámica del crecimiento urbano ha absorbido los cauces naturales, integrándolos a los sistemas de drenaje sanitario, ejerciendo políticas públicas con énfasis en la seguridad y saneamiento para la población, llegando incluso a relegar a los cauces, ante intereses y necesidades de movilidad de la población, ¿están la cuenca hidrológica y el SND disociados al desarrollo urbano?, ¿la planeación urbana debe tener como base la cuenca y ciclo hidrológico?, se presenta un caso en concreto para ejemplificar las respuestas.

OBJETIVO

Exponer las experiencias adquiridas por el desarrollo de varios proyectos de rectificación y adecuación de los cauces, para el control de inundaciones y el desalojo de aguas superficiales mixtas, en especial los trabajos en el río Cuautitlán en el Valle de México.

Proponer una escala para catalogar el grado de modificación que demanda un cauce a condición de restituir la capacidad de desalojo de su cuenca, que permita identificar seis niveles de afectación de los cauces, para establecer un marco de referencia preventivo en apoyo a la conservación de los cauces y el ciclo hidrológico.

Plantear en complemento a la escala de modificación a los cauces, políticas de crecimiento urbano que limiten el efecto sobre los cauces ante la falta de planeación hídrica a nivel municipal.

ANTECEDENTES

Los ríos son parte fundamental del desarrollo social, económico y cultural de las regiones asentadas en sus márgenes, con el desarrollo de las grandes urbes, los ríos han ido tomando un papel ajeno a su naturaleza y se han convertido en elementos principales para deshacerse de las aguas residuales y excesos de escurrimientos de los centros poblacionales, lo que impacta de forma inmediata en la capacidad hidráulica que posee el cauce, comprometiendo su funcionamiento.

Se muestra la relación entre el río Cuautitlán y el desarrollo urbano del municipio de Cuautitlán Izcalli, ubicado al norponiente de la periferia de la Ciudad de México, forma parte de la denominada Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM); en su fundación la urbe fue planeada para ser la primera “Ciudad Autosuficiente” de la zona metropolitana, con el objetivo de regular la urbanización del Valle de México y cuenta con una población de poco más de medio millón de habitantes (2010).

Actualmente Cuautitlán Izcalli es uno de los principales polos industriales de la ZMVM, contando con seis parques industriales, enfocados principalmente a la industria alimenticia, de bebidas y tabacos, aproximadamente el 13% de las empresas del estado de México se sitúan en el municipio, en las que se incluyen 6 de las 500 empresas más grandes del país. Para el año 2009 el municipio contaba con 12 802 unidades económicas, 90.6% corresponden al sector terciario y 9.4% al sector secundario, donde se ocupa el 70% de la población económicamente activa. Según el censo del 2010 el municipio cuenta con el mayor grado de escolaridad de la región, con 10.72 años escolares estudiados (contando a partir del primer grado de primaria), la media del estado es de 9.10 años. Respecto a los servicios, cuenta con más del 99% de cobertura de energía eléctrica, agua y drenaje al 90% de cobertura, siendo deficiente en las localidades alejadas de la cabecera municipal, donde no existe el servicio o tienen muy baja cobertura.

Este desarrollo y estos índices han tenido un alto precio social y ambiental, modificando completamente la estructura del ecosistema de la región, siendo el punto de interés el impacto que ha sufrido el río Cuautitlán ante este progreso.

El río Cuautitlán es una corriente natural que nace en la zona alta del municipio de Jilotzingo en el estado de México, al norponiente del Valle de México, antiguamente escurría con dirección al sur, al antiguo lago de Texcoco, pero de forma artificial fue rectificada su conducción con orientación al norte, al tiempo que se construyó la Presa Lago de Guadalupe a la entrada del cauce al municipio de Cuautitlán Izcalli. De este punto el canal-río rectificado, atraviesa el municipio en sentido sur-norte, al cruzar la autopista México - Querétaro se le incorpora el río Hondo de Tepotzotlán y aguas abajo, ya en el municipio de Teoloyucan, se une a una de las salidas artificiales del Sistema de Drenaje de la Ciudad de México, el Emisor Poniente, para finalmente descargar parte de sus aguas en el tajo de Nochistongo – río Tula y otra a la Laguna de Zumpango.

La Presa Lago de Guadalupe fue construida entre 1936 y 1943, con el fin de poder manejar los escurrimientos

provenientes de las diferentes microcuencas y salvaguardar la integridad de las poblaciones que habitan en sus márgenes, además de usar sus aguas para el riego. Su capacidad de almacenamiento es de 60 millones de metros cúbicos, y su espejo de agua es de 348 hectáreas. La conducción aguas abajo de la presa, tiene una capacidad de 55 m³/s, principalmente destinados para riego. Durante casi 60 años la actividad económica primordial del municipio de Cuautitlán Izcalli fue agropecuaria, fomentada por la vocación y control de la presa.

Hasta años recientes el río había sufrido diversas modificaciones para garantizar su funcionamiento, pero estas sólo fueron soluciones de control temporal, que no obedecen a un “plan de crecimiento integral”, sino a medidas reactivas ante problemáticas cada vez más evidentes y que a raíz del cambio en los patrones climáticos (sobre todo en zonas altamente urbanizadas), se a resaltado más su carácter de solución reactiva.

En septiembre de 2011 el río Cuautitlán se desborda aguas abajo de la presa Lago de Guadalupe, afectando cerca de 2 mil casas de los fraccionamientos Los Olivos I y II, Las Ánimas, Villas de Loto y Puente Grande, recalcando que sin el control de excedentes de la presa, las consecuencias hubiesen sido mayores. Este hecho se repitió el 9 de septiembre de 2013, situación que puso en riesgo a más de 500 familias de la zona de Puente Grande, donde convergen los municipios de Cuautitlán Izcalli, Teoloyucan y Cuautitlán, cuando los niveles del río aguas abajo de la presa estuvieron a menos de 20 centímetros de desbordarse. Estos sucesos motivaron a las autoridades de la Comisión Nacional del Agua, que opera este sistema fluvial, a generar en 2015 un proyecto de ampliación de la capacidad de conducción del cauce a 132 m³/s, 2.4 veces la capacidad original del río Cuautitlán.

Una de las preguntas cruciales en este punto es ¿por qué, si es una zona con riesgo de inundación, se detonó el desarrollo en esas proporciones? La respuesta es simple, no era una zona con alto riesgo y menos si contaba con una presa aguas arriba que controlaba los escurrimientos; pero entonces, ¿qué cambió?, el dictamen acota a una urbanización sin planeación, donde no se consideró la capacidad permisible del río Cuautitlán como salida del drenaje urbano sanitario. Para aclarar este punto podemos ver la Figura 1, donde se contrasta el estado de urbanización de algunas subcuencas del río Cuautitlán, en el área correspondiente al municipio homónimo (superficie aproximada de 73 km²); la imagen superior corresponde al estado de urbanización del año 2002, y la inferior al 2015, ambos en plena coincidencia con los planes municipal y estatal de desarrollo urbano. La zona comprende áreas de asentamientos humanos con niveles socioeconómicos medio/bajo a medio/alto, con 100% de cobertura de servicios de energía eléctrica, agua potable, drenaje y saneamiento, en los que se favorece el crecimiento industrial y comercial, llevando al municipio a niveles de alta competitividad económica internacional.

En la Figura 1 se indican con líneas amarillas los parteaguas de las microcuencas y con verde las zonas potencialmente permeables, como son: terrenos de cultivo, áreas verdes y terrenos llanos, los cuales acumulan una superficie de 22.51 km² en el 2002, mientras que para el año 2015 totalizan 10.63 km², significando un cambio de uso del suelo de 11.88 km²

con cierto grado de permeabilidad a uno netamente urbano.

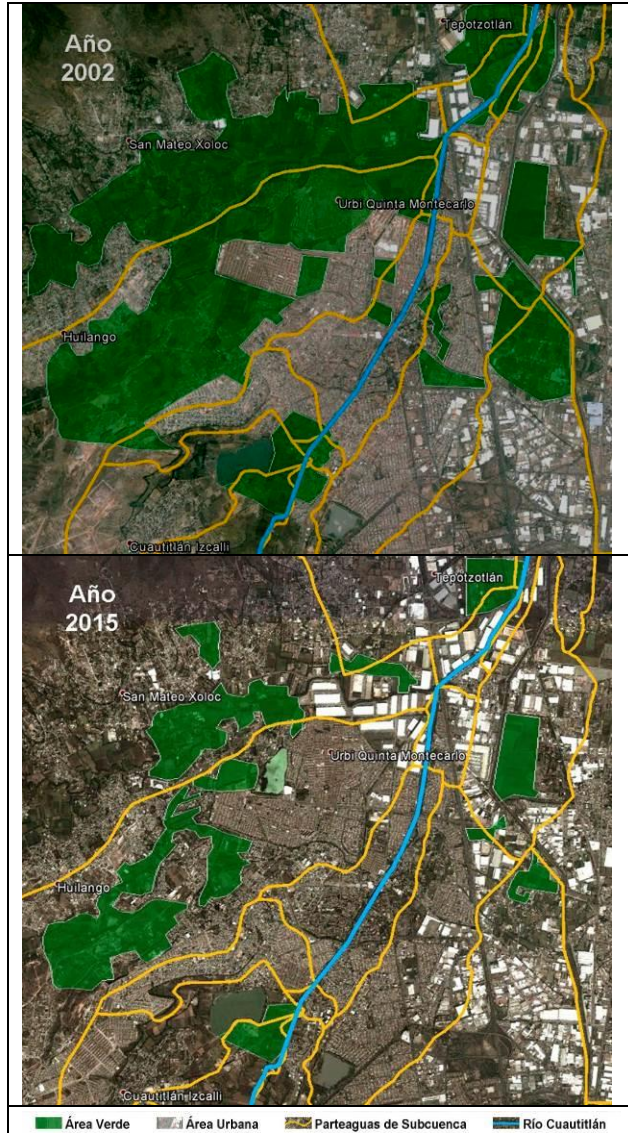


Figura 1. Desarrollo Urbano del Municipio de Cuautitlán Izcalli 2002-2015.

De manera técnica, el impacto hidrológico de estos cambios, se puede cuantificar con el Coeficiente de Escurrimiento, que pasa de un valor ponderado de 0.54 a 0.60 (Tabla 1).

Tabla 1. Variación de coeficiente 'C', cambio del 2002 al 2015

Uso de Suelo	Área [km ²]		C	(C)(A)	
	2002	2015		2002	2015
Vegetación poco densa	7.68	4.26	0.21	1.61	0.89
Industrial/comercial	9.88	14.20	0.75	7.41	10.65
Agrícola	28.20	14.77	0.45	12.69	6.64
Urbano	27.52	40.05	0.65	17.89	26.03
Suma:	73.28	73.28	C Ponderado:	0.54	0.60

Esta variación del Coeficiente 'C' del orden del 12%, de primera impresión no parece importante, pero al realizar un

análisis hidrológico para el caso de una microcuenca de 10 km², considerando el estado del uso de suelo en el año 2002 (C = 0.54) y una lluvia generalizada con intensidad de 19 mm/h (Tr = 10 años, d = 4 h), al aplicar la fórmula racional resulta un gasto de 28.52 m³/s, si se transfiere el análisis a condiciones del año 2015, el gasto resultante es de 31.86 m³/s. El incremento fue de 3.33 m³/s entre escenarios, equivalente a un cubo de agua de 1.5 m por lado escurriendo cada segundo. Al trasladar este escenario a nivel de las subcuencas del río, destaca el impacto que representa la urbanización no planeada para la capacidad del río, donde en zonas sin peligro de inundaciones, ahora son afectadas por ellas.

Empleando las estadísticas oficiales de uso de suelo del municipio de Cuautitlán Izcalli, de 1975 al 2010 se obtiene la Figura 2, donde se puede apreciar la depreciación paulatina de áreas verdes o de recarga y el incremento sustancial de la urbanización.

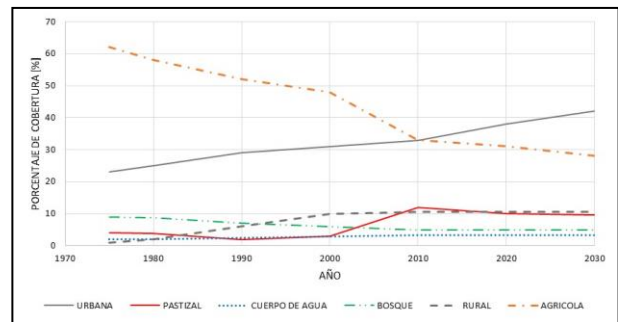


Figura 2. Evolución de uso de suelo, Cuautitlán Izcalli, INEGI.

De la extrapolación de datos de uso de suelo a los años 2020 y 2030, se tiene que dadas las tendencias históricas, la declinación de las zonas agrícolas persistirá, las zonas de pastizal decrecerán ligeramente, mientras que las zonas rurales y urbanas continuarán manifestando un crecimiento, respecto al caso de cuerpos de agua se mantiene constante.

Con fundamento en el análisis anterior se responde a la conjuntura sobre las razones del incremento en magnitud del escurrimiento, que han llevado a poner en riesgo a la población asentada aguas abajo de la Presa Lago de Guadalupe; pero entonces ¿dónde está la planeación que contemple un crecimiento urbano eficiente y un manejo o preservación de los recursos hídricos?. Simplemente no se había apreciado el impacto hidrológico, y es hasta los eventos del 2011 y 2013, cuando el nivel de alerta sobre el comportamiento del río Cuautitlán, obligó a la autoridad federal (Conagua), a desarrollar un plan de protección para la población aledaña, mediante un proyecto de rectificación que incremente la capacidad de conducción del cauce, el cual se describe más adelante.

DESARROLLO

El Proyecto Ejecutivo de la Rectificación del Río Cuautitlán se basa en aumentar la capacidad de conducción de 55 m³/s a 132 m³/s, resolviendo la recuperación y ampliación del área hidráulica de una sección trapecial excavada, que estaba sometida a un proceso de erosión/azolve en etapa inicial de formación de meandros, afectada por la inclusión de un gran número de árboles que obstruyen el área hidráulica, fallas de

bordos, reducción del cauce por puentes y diversas estructuras de cruce, que fueron resueltas a través de un proyecto integral de rectificación de trazo, protección marginal con colchones de gavión, inclusión y modificación de estructuras de control y restitución de puentes.

El proyecto estuvo sujeto al espacio físico existente para una conducción destinada al riego y a la descarga máxima de la obra de control de la presa Lago de Guadalupe (55 m³/s), lo que limitaba las alternativas de solución.

Con base en las recomendaciones derivadas del Estudio de Geotecnia, se determinó la sección trapezoidal con protección marginal mostrada en la Figura 3, entre el tramo de Presa Guadalupe y Estructura de Control de Berriozábal.

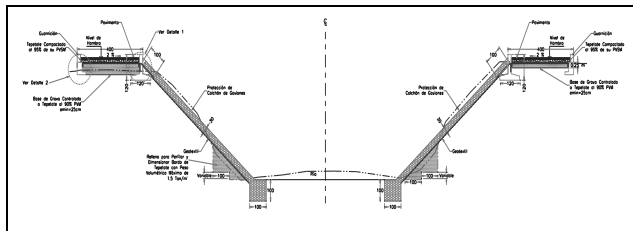


Figura 3. Protección marginal río Cuautitlán.

La evolución histórica del río Cuautitlán parte de un cauce natural, pasando por un canal-río rectificado con geometrización de la sección transversal excavada y rectificación del trazo, al estado propuesto de proyecto de recubrimiento marginal, donde se modifican, la geometría del canal, la rugosidad y la pendiente, mejorando las condiciones hidráulicas, incrementando la velocidad de flujo y por tanto la capacidad de conducción.

Este tipo de modificación a los cauces va acompañado comúnmente, de un colector marginal sanitario en el área del bordo, que evita el ingreso de las aguas negras al cauce y se utiliza la corona de los bordos como derecho de vía.

Casos similares de modificaciones a los cauces han sucedido en la Ciudad de México a consecuencia del desarrollo urbano, en los que varias de las vertientes principales que lo drenan, han sido entubadas o encajonadas con el fin de disminuir los riesgos de inundaciones y permitir el desarrollo de vialidades principales, como son los casos del Río Becerra, Río Piedad, Río Consulado, Gran Canal del Desagüe y el Río de los Remedios; sin embargo, estas acciones disminuyen considerablemente la capacidad propia de regulación de los cauces y provocan que los volúmenes conducidos lleguen en menor tiempo a sus correspondientes descargas, complicando el control del desalojo de las aguas excedentes.

En auxilio a la falta de regulación de grandes avenidas en temporada de lluvias y la dificultad de respuesta de los ríos entubados, las autoridades de la Ciudad de México continúan mejorando el Sistema de Drenaje Profundo, compuesto por una red de túneles de 5 a 7 metros de diámetro asentados a profundidades que van de los 28 a 40 m; éstos conducen principalmente las aguas de lluvia fuera de la cuenca del Valle de México, y normalmente su trazo es paralelo y por debajo de cauces que resuelven superficialmente el tránsito de las aguas en estiaje, tal es el caso del Túnel Emisor Oriente (TEO) cuyo

trazo de proyecto es paralelo al Gran Canal del Desagüe.

Considerando las modificaciones que se han sufrido los cauces en la Ciudad de México, se presentan los escenarios que identifican el alcance de afectación al cauce, se propone su lectura a manera de escala con el objetivo de brindar un criterio de juicio al alcance de las obras que se planean, teniéndose *dos niveles de afectación*, a) Bajo impacto o Conservación y b) Alto impacto o Modificación, las cuales se explican enseguida con apoyo de la Figura 4.

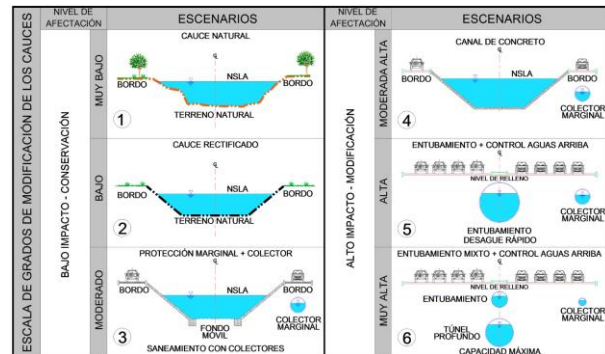


Figura 4. Escala de Modificación de los Cauces

Nivel de Bajo impacto / Conservación, es aquel con afectación en el cauce con tres subcategorías, siendo muy bajo, bajo y moderado; se caracteriza por contener escenarios donde es factible llevar acciones de protección y remediación ambiental, debido principalmente a que los costos de obra son aceptables en beneficio económico (daño evitado) y social que se espera. Esta etapa es conveniente para tomar acciones en beneficio del drenaje de los cauces, mejorando la calidad de vida de la población, y el manejo hidrológico de la cuenca. Ejemplo de esta etapa es el proyecto descrito del río Cuautitlán, que pasa de una categoría 2) impacto bajo a 3) impacto moderado.

Nivel de Alto impacto / Modificación, es aquel con afectación en el cauce subdividida en tres subcategorías; impacto moderado alta, impacto alto e impacto muy alto, todas condicionadas de acuerdo con la deformación del entorno natural, y la complejidad de su entorno demográfico, social y político, que llegan a involucrarse para determinar su aplicación, además de requerirse de altos costos de construcción y operación, que llegan incluso a ser en casos críticos mayores al beneficio esperado. Se construyen debido a que son acciones necesarias para la operación del sistema de drenaje. En estos escenarios la oportunidad de acción no es de fácil implementación, porque requiere una intervención de obra mayor, así como un recurso económico alto. Como ejemplo se puede tomar el caso del Gran Canal de Desagüe-Túnel Emisor Oriente.

Respecto al uso de la Escala, se propone como primer paso identificar las condiciones actuales del cauce a estudiar, valorar el grado de afectación que pueden implementarse y cuantificar sus ventajas o desventajas. En el caso del río Cuautitlán se parte de un estado (2) Preventivo-Conservación/Cauce Rectificado, conduciendo aguas negras, sin mantenimiento, bordos sin rectificar, fallas de talud, población asentada en los márgenes, problemas de inundación y deterioro ecológico. Es un cauce con problemáticas graves,

por lo que se debe pasar a otro nivel de afectación del cauce. El siguiente escenario de la Escala es (3) Preventivo-Conservación/Cauce Rectificado/Protección Marginal + Colector, para fomentar una mayor capacidad de desalojo, recuperando la resistencia de los bordos. En complemento se incluye en el proyecto de protección, adecuar en la corona del bordo un camino de mantenimiento, mismo que evita que se siga invadiendo el cauce y protege la zona para poder implementar a futuro un colector marginal que apoye en el saneamiento de las aguas del río Cuautitlán. De esta manera se puede usar la Escala de forma sencilla y medir el impacto de las acciones a tomar, las cuales se desglosan según la Escala de afectación.

A continuación, con base en la Figura 4, se presenta la Tabla 2, con el desglose de la Escala de afectación, para que el lector pueda identificar el escenario en que se encuentra y cuál es el escenario de planeación que puede seguir, percatándose de forma general de las bondades o problemáticas que presentaría la implementación de estas obras. En la primera columna se muestra el nivel de afectación, partiendo de la menor afectación y continuando de forma creciente dicho nivel, en la segunda columna se detallan las características del escenario.

Tabla 2. Definición de Niveles de Afectación (N.A.)

N. A.	CARACTERÍSTICAS
1 MUY BAJO	CAUCE NATURAL Río con degradación fluvial natural. Río evolucionando naturalmente según el comportamiento de la cuenca. Permite la infiltración de sus aguas al subsuelo y mantiene un nivel freático. Conducción hidráulica condicionada a los grados de libertad del cauce.
2 BAJO	CAUCE RECTIFICADO Modificación de bajo impacto al cauce. Se rectifica el trazo, se mejora la pendiente y se transforma la sección hidráulica del río otorgando una capacidad uniforme que brinde protección ante ciertos eventos de crecida. Se encauza el río para evitar formación de meandros. Permite la infiltración de sus aguas al subsuelo y la degradación del fondo del cauce. Medida con alcance de corta prospección ya que sus márgenes sufren degradación.
3 MODERADO	CAUCE RECTIFICADO, PROTECCIÓN MARGINAL+COLECTOR Modificación moderada al cauce, mismos esquemas que la afectación baja, más: Se protegen las márgenes para evitar degradación y falla de taludes. Se aumenta la velocidad de desalojo de agua, al modificar la rugosidad de las márgenes y la pendiente del cauce. Se permite la infiltración de sus aguas al subsuelo. Se mantiene la degradación del fondo del cauce, lo que ayuda a mantener un cierto proceso de erosión/azolve y por ende la evolución del cauce. Se incorporan colectores marginales que apoyen el saneamiento del cauce al captar las descargas sanitarias. La corona de los bordos o el área federal del cauce se contempla para mantenimiento del cauce o apoyo a movilidad urbana.

N. A.	CARACTERÍSTICAS
4 MODERADA ALTA	CANAL DE CONCRETO+COLECTOR Se recubre el perímetro mojado con una capa de alta resistencia y baja rugosidad. La intervención sobre el cauce es más severa al requerir una mayor capacidad de desalojo de aguas pluviales y sanitarias. Debido a la delimitación urbana y la infraestructura, es difícil implementar la ampliación de la sección transversal del río. Se puede modificar la pendiente del cauce, haciendo el flujo más rápido, lo que lleva a proteger las márgenes y el fondo del cauce para evitar la erosión excesiva de su sección. El cauce se vuelve impermeable lo que disminuye las recargas al subsuelo. Se aumenta la altura de los bordos respecto de la planicie para la contención de flujos extraordinarios y se auxilia del bombeo para incorporar los escurrimientos que provienen de las zonas urbanas aledañas a sus márgenes. Representa una medida permanente.
5 ALTA	ENTUBAMIENTO+COLECTOR MARGINAL+CONTROL AGUAS ARRIBA Modificación de alto impacto, donde el cauce es entubado y en ocasiones se prioriza la infraestructura de movilidad urbana. Tránsito rápido de las aguas pluviales por la zona urbana. El colector marginal sigue siendo un apoyo para el manejo de caudales de aguas negras. Esta condición generalmente conlleva la aplicación de políticas de control aguas arriba que ayuden a mitigar los picos de grandes avenidas, evitando una condición hidráulica de saturación. Costo de mantenimiento de la infraestructura elevado. No existe aparentemente infiltración al subsuelo, aunque pueden existir pequeñas aportaciones por medio de fugas. Cambio del panorama urbano, al sustituir un cauce por una avenida de alto tránsito, impactando el ámbito social, cultural y de bienestar en la población. Es una medida permanente e irreversible, el cauce natural nunca se recupera.
6 MUY ALTA	TÚNEL PROFUNDO+ENTUBAMIENTO MIXTO Modificación límite de la Escala, el entubamiento es insuficiente y requiere del apoyo de infraestructura de mayores capacidades (túnel emisor profundo, plantas de bombeo, etc.) para desalojar los escurrimientos pluviales. Síntoma de una urbanización desmedida y poco planeada, ya que los caudales siguen incrementándose y el control de éstos se hace problemático. Costos de operación, mantenimiento y obras muy elevados. Solución permanente a una problemática que se ha venido arrastrando por varios años, no se soluciona de forma integral la problemática. Las pérdidas económicas o afectaciones a la población en caso de falla del sistema principal de descarga son incalculables.

POLÍTICAS DE CRECIMIENTO URBANO QUE LIMITEN EL EFECTO SOBRE LOS CAUCES

En contraposición a la modificación o adecuación de los cauces, pueden establecerse políticas de desarrollo urbano que eviten el deterioro del SND, o impidan una modificación mayor a lo aceptable por la entidad responsable del manejo pluvial; por lo que se propone una serie de políticas para el desarrollo urbano, motivadas a mejorar la conciencia del rol de los cauces naturales en el marco de un desarrollo sustentable, siendo:

1. Elaboración de Planes de Desarrollo Urbano con base en estudios hidrológicos, con el fin de limitar las zonas de crecimiento urbano y cuantificar la capacidad permisible del cauce.
2. Respeto al SND de las cuencas como área natural protegida; esta política busca que no se invadan las márgenes, para poder contar con zonas de expansión en caso de requerirse.
3. Incluir en el programa de desarrollo un plan de saneamiento que capte las descargas sanitarias y que evite las descargas sin tratamiento al cauce, fomentando la conservación de la calidad del agua.
4. Reducir el impacto al Coeficiente de Escurrimiento debido a la urbanización, tratando de mantener en 0% su modificación, a través de entornos urbanos que compensen artificialmente el cambio de uso de suelo.
5. Ante cambios significativos de uso de suelo, valorar los impactos al SND, dictaminando si es viable el grado de desarrollo urbano o que adecuaciones se deben hacer para cumplir los puntos 2 y 4. La medida se propone para mantener un orden de crecimiento urbano y dar oportunidad a la toma de decisiones, anticipando los planes de obras hidráulicas a las condiciones urbanas.
6. Seleccionar un estado/escenario de modificación aceptable a los cauces con el menor impacto posible, esta medida usaría la Escala propuesta para identificar qué tipo de proyectos se pueden implementar y cuáles serían los resultados esperados.
7. Desarrollar la Planificación Urbana con inclusión de la movilidad de la población, propuesta encaminada a buscar que futuras vialidades y sistemas de transporte no sacrifiquen la superficie perteneciente a los ríos, como son los casos extremos de la Escala 5 y 6, buscando un esquema de movilidad como el mostrado en la Escala 3 o 4, (Figura 4).

CONCLUSIONES

El caso expuesto en el artículo es un claro ejemplo de como un cauce es modificado a raíz del desarrollo de un modelo de crecimiento urbano obsoleto, que ha demostrado la falta de cohesión entre el desarrollo urbano, la sociedad y la sustentabilidad, ya que a pesar de lograr altos índices de bienestar y competitividad por una sociedad, bajo un entorno urbano, no se contemplan en el largo plazo el impacto negativo al entorno natural que le rodea, y las consecuencias sobre su propia área de urbanización, como son la pérdida de los cauces naturales, aumento del riesgo de inundación y peligros sanitarios por la exposición a aguas residuales.

Las experiencias vistas a lo largo de la historia de la ZMVM son la fuente de información en la que se basa la Escala de modificaciones de los cauces (Figura 4), donde la mayoría de los ríos pasaron de un escenario con Cauce Natural a uno de Entubamiento + Colector Marginal + Control Aguas Arriba o en caso extremo de Túnel Profundo + Entubamiento Mixto en un periodo muy corto. En esta cadena de escenarios es claro advertir, cómo cada etapa es una consecuencia o adaptación al desarrollo urbano, con la tendencia a degradar el estado natural del cauce. Por ello, la propuesta de Escala de modificación de los cauces es una herramienta útil para dictaminar un alcance aceptable a los trabajos de modificación que puede haber en un cauce y la trascendencia que estos conllevan. Desde el punto de vista de los autores de este artículo, las modificaciones a los cauces no deben rebasar los niveles de Bajo impacto / Conservación, (Figura 4 y Tabla 2), a fin de evitar la pérdida del cauce y limitar el predominio de las malas políticas de desarrollo urbano por sobre la protección y cuidado del entorno natural.

Como apoyo para el cambio de la forma en la que se planean las urbes, la propuesta de Políticas de Desarrollo Urbano fundamentadas en la capacidad de drenaje de los cauces naturales, propone que todo Plan de Desarrollo Urbano sea integral o sustentable al considerar el SND, el ciclo y la cuenca hidrológica del territorio sobre el que se asiente, cubriendo las necesidades de la población, asimismo, todo plan debe evaluar el impacto de los cambios de uso de suelo o planes de expansión urbana, a fin de ajustar los modos de urbanización a una dinámica de técnicas sustentables, buscando que la toma de decisiones en un Plan de Desarrollo Urbano sea a través de un soporte técnico antes que político.

REFERENCIAS

- Campos, A. D. F.** (2015); *Introducción a la Hidrología Urbana*. UASLP, San Luis Potosí, México.
- Campos, A. D. F.** (2011); *Estimación y aprovechamiento del Escurrimiento*. UASLP, San Luis Potosí, México.
- Escalante, S. C. A. and L. R. Chavéz** (2008). *Técnicas Estadísticas en Hidrología*. UNAM – FI, México
- H Ayuntamiento de Cuautitlán Izcalli** (2016); *Plan Municipal de Desarrollo Urbano*. Gaceta Municipal, México.
- INESPROC, S.A. de C.V. y CONAGUA** (2014). *Informe de Los Estudios Básicos para Detectar los Trabajos de Mantenimiento que se Requieren en el Río Cuautitlán, Estado de México*. México. (2014).