



# Las inundaciones en el valle del Mezquital: un síntoma de los límites de la ingeniería convencional

*Autor:*

Laurent Courty,  
Juan Carlos Centeno Álvarez y  
Adrián Pedrozo-Acuña

*Fecha de publicación:*  
20 de septiembre de 2021

Durante una lluvia  
intensa, los operadores  
de la red tienen la difícil  
tarea de decidir a  
dónde llevar el agua.



*Las inundaciones en curso en el valle del Mezquital son sin duda dramáticas, por la población afectada.*

Analistas y periodistas han señalado que en el río Tula desemboca el drenaje profundo de la Ciudad de México, específicamente los túneles Emisor Central y Emisor Oriente (p. ej. Dávila, 2021). Sin embargo, este evento trágico da luz a un problema sistémico más amplio que no se puede reducir solamente a un tema ingenieril. Revisaremos aquí el contexto y los cambios que se requieren realizar para limitar estos eventos en el futuro.

La cuenca del valle de México es una cuenca endorreica, lo que significa que no tiene salida hacia el océano. Antiguamente, las aguas de sus ríos iban al complejo de lagos en la zona baja del valle, dónde se infiltraban y se evaporaban. En ese entonces, el nivel del lago de Texcoco naturalmente variaba de manera importante según la cantidad de agua precipitada. Tenochtitlán, y después la Ciudad de México, por estar ubicada a orillas del lago, se inundaba frecuentemente. Para prevenir dichas inundaciones, se decidió, desde la época del virreinato, enviar las aguas de la cuenca del valle de México hacia el valle del Mezquital, parte de la cuenca del río Pánuco, que desemboca en el golfo de México. La primera obra de este tipo, el tajo de Nochistongo, fue construida entre los siglos XVII y XVIII. Su principal función era interceptar, al poniente de la cuenca, los ríos Cuautitlán y Tepotzotlán, y conducir sus aguas hacia el río El Salto, que desemboca en el río Tula aguas arriba de San Miguel Vindho. Durante el Porfiriato se



construyó el Gran Canal de Desagüe, que recolectaba las aguas urbanas al oriente de la Ciudad y las mandaba al río Salado por medio de los dos túneles de Tequixquiac. Debido al hundimiento de la Ciudad, el Gran Canal perdió su capacidad de conducción algunas décadas después de su construcción, por lo que fue necesario construir, en los años setenta, el Sistema de Drenaje Profundo, cuya obra maestra, el Túnel Emisor Central (TEC), desemboca en el río Tula aguas arriba de la planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco, Hidalgo. En las décadas subsecuentes, este conducto se deterioró por su uso intensivo, por lo que en el año 2019 se inauguró el Túnel Emisor Oriente (TEO), que desemboca en el portal de salida de ambos túneles y que aporta parte de su caudal al ingreso de la PTAR de Atotonilco, y sus excedentes se unen a las aguas del TEC y del río El Salto. El mapa de este sistema y su relación con la cuenca del río Tula se puede observar en la figura 1.

Es notable que en cuatro siglos el enfoque ingenieril de gestión de las aguas pluviales no haya cambiado: evacuar el agua de la cuenca del valle de México hacia el río Tula de la manera más rápida posible. Sin embargo, la zona metropolitana del valle de México (ZMVM) sigue creciendo, generando más escurrimiento, al mismo tiempo que las estimaciones de los efectos del cambio climático vislumbran lluvias cada vez más intensas. La preocupación principal ha sido la disminución de las inundaciones en la Ciudad de México, mientras que los impactos de dichas obras sobre los ríos Tula y El Salado y sus comunidades aledañas quizá no recibieron la atención suficiente. Si bien existe un proyecto de rectificar y ampliar el río Tula en el cruce de la zona urbana de Tula de Allende (Centeno et al., 2018), dicho plan responde al mismo enfoque: aumentar la capacidad del cauce para evacuar el agua lo más rápidamente posible.

Para no caer en las mismas dificultades, es necesario atacar estos problemas hídricos considerando toda la cuenca, no de manera aislada, y evaluar opciones alternas a los métodos usados en los últimos cuatro siglos. En todo el mundo, el enfoque de la gestión de las aguas urbanas está cambiando y México no debe quedarse atrás (Courty, 2021).

La complejidad del sistema de drenaje de la ZMVM implica una operación igualmente compleja, cuya responsabilidad es compartida entre la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex), y la Comisión Nacional del Agua (Conagua). Durante una lluvia intensa, los operadores de la red tienen la difícil tarea de decidir a dónde llevar el agua, y en casos extremos, dónde inundar. Estas decisiones son sumamente políticas (Chahim, 2018), y tienen que tomarse desde un punto de vista no solo técnico, si no también ético y de la política pública.

Aunado a la problemática del drenaje, la ZMVM se enfrenta al reto del abastecimiento de agua potable, que proviene de tres fuentes principales: 1) el sistema Lerma, que toma aguas del río epónimo, parte de la cuenca del río Santiago, 2) el sistema Cutzamala, parte de la cuenca del Balsas, y 3) los pozos en la cuenca del valle de México. Después de su uso, la mayor parte de esa agua termina en el drenaje y, subsecuentemente, en el río Tula, lo que implica que el sistema hídrico de la ZMVM funciona como un inmenso sistema de trasvase de agua: envía el líquido de las cuencas de los ríos que fluyen hacia el océano Pacífico (Lerma-Santiago, Balsas) hasta el golfo de México por medio del río Tula, parte de la cuenca del río Pánuco.

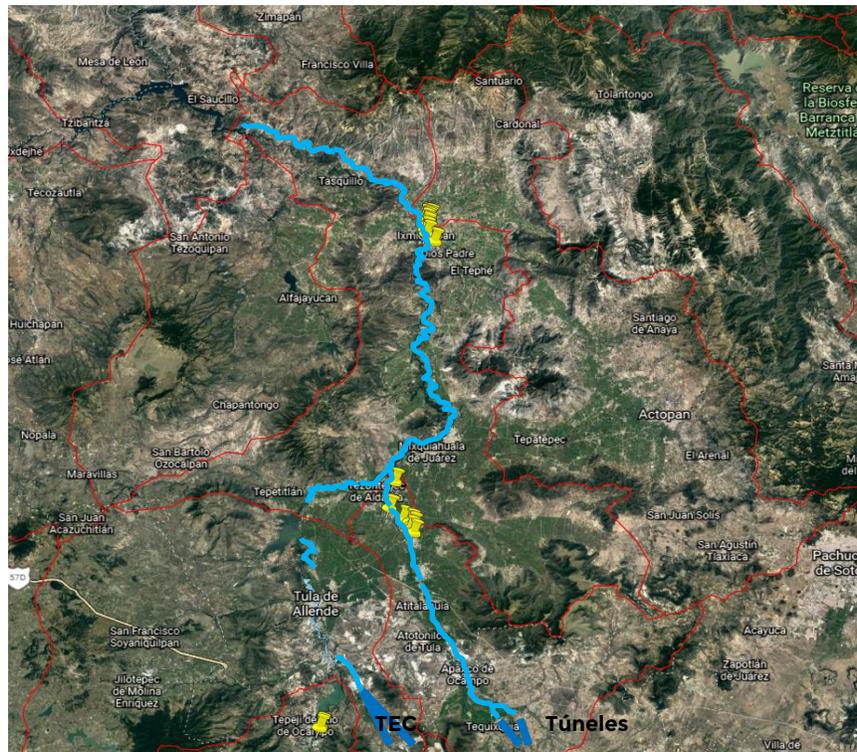


Figura 1: El río Tula y sus afluentes.

Los temas de abastecimiento de agua potable y de drenaje urbano están íntimamente ligados, y se deben estudiar de manera conjunta. No obstante, en la ZMVM esta problemática, además del trasvase, lleva otra arista: el hundimiento de la Ciudad, causada por la disminución del nivel de los acuíferos en el Valle. Dicha disminución se da por el efecto conjunto de la extracción de agua y por la falta de recarga. El crecimiento urbano convirtió las áreas porosas que antes permitían la infiltración en zonas impermeables, y los escurrimientos, ahora más intensos, son evacuados fuera de la cuenca, al río Tula. Los hundimientos causan roturas y cambios de pendientes en el sistema de drenaje, disminuyendo su eficiencia de conducción; una trágica ironía. Un ejemplo sobresaliente es el del Gran Canal de Desagüe, que vio su capacidad pasar de  $90\text{m}^3/\text{s}$  a  $10\text{m}^3/\text{s}$  entre 1910 y 2007 (Sacmex, 2011).

Como es de apreciar, la situación del agua en la ZMVM es compleja, y debe abordarse de manera más amplia, tanto geográfica como disciplinariamente. No podemos seguir ignorando lo que pasa aguas abajo de los proyectos hidráulicos que se desarrollan, así mismo, es necesario reconocer que la gestión hídrica no es solamente un tema de ingeniería; los ingenieros debemos trabajar con urbanistas, con las ciencias sociales y políticas, entre otras, para obtener soluciones cohesivas que resuelvan los problemas de manera integral.

La nueva estrategia para el manejo del riesgo generado por inundaciones, recae no solamente en la construcción de obras de defensa como bordos, compuertas de derivación, rectificación y dragado de los ríos (Pedrozo-Acuña, 2012); sino también en la incorporación de otras medidas de mitigación, que permiten reducir la severidad de los daños asociados a estos fenómenos (ej. cambios en el uso de suelo por medio de un ordenamiento territorial). El cambio en el paradigma consiste en evolucionar de una



perspectiva de control y defensa contra el exceso de agua, hacia una de manejo y mitigación de daños de las inundaciones (DEFRA, 2005). Esta nueva visión, se apoya en las bases que dan pie al desarrollo sustentable, enfocándose tanto en la reducción de las consecuencias nocivas de las inundaciones (ej. mortalidad de la población, pérdidas económicas y ecológicas), como en el aprovechamiento de los beneficios sociales, económicos y ecológicos que éstas producen (ver UNESCO-IFI: International Flood Initiative – Baldassarre y Unlenbrook, 2011).

Ante las nuevas condiciones hidrológicas, impuestas por el cambio climático, las posibles respuestas ante inundaciones son la mitigación, esto es la reducción de las causas u orígenes del fenómeno (punto clave para los tomadores de decisiones); o la adaptación que representa el ajuste de los sistemas humanos a los estímulos climáticos o sus efectos, las cuales disminuyen el daño o explotan las oportunidades de beneficio.

En todo el mundo, la forma de enfrentar esos fenómenos y sus efectos consiste en un portafolio de medidas abocadas a la reducción del riesgo (ej. Plan Hídrico Integral de Tabasco, México, Making space for water, Reino Unido). Por ejemplo, en su reporte de 2004, la oficina de prospección del gobierno británico UK Foresight (Evans et al., 2004a y 2004b) definió un variado número de medidas divididas en temas y grupos, los cuales fueron actualizados en una revisión posterior conocida como Pitt Review (2008). Esta clasificación se presenta en la Tabla 1.

En la práctica, se utilizan conjuntos de medidas, en contraste con la implementación de una medida única para la mejor gestión del riesgo por inundación. Una de las conclusiones más significativas del reporte Foresight, fue precisamente que las medidas estructurales ingenieriles en conjunto con medidas no estructurales, serán indispensables en el futuro para una mejor gestión del riesgo por inundación.

Tabla 1. Clasificación de temas y grupos para las medidas ante inundaciones, según el Foresight future flooding report 2008.

Tema	Número de medida	Grupo
<b>Gestión del paisaje rural</b>	1	Infiltración rural
	2	Almacenamiento a nivel de cuenca
	3	Flujo rural
<b>Gestión del escurrimiento en ciudades</b>	4	Almacenamiento urbano
	5	Infiltración urbana
	6	Flujo urbano
<b>Gestión urbana</b>	U1	Desarrollo constructivo
	U2	Desarrollo de áreas urbanas
	U3	Control urbano y rutas sobre tierra
	U4	Control de flujo urbano subterráneo
	U5	Almacenamiento urbano (subterráneo y superficial)
	U6	Red de drenaje principal (mantenimiento y operación)
<b>Gestión de eventos de inundación</b>	7	Medidas antes del evento
	8	Pronóstico y alerta
	9	Control de inundación
	10	Evadir daños colectivos
	11	Evitar daños individuales
<b>Gestión de pérdidas por inundación</b>	12	Manejo de uso del suelo
	13	Protección contra inundaciones
	14	Planeación del uso del suelo
	15	Reglamentos de construcción



	16	Aseguramiento, riesgo compartido y compensación.
	17	Medidas y políticas sociales y de salud
<b>Ingeniería de ríos y mantenimiento</b>	18	Flujo en ríos
	19	Almacenamiento ingenieril de avenidas
	20	Transferencia de avenidas
	21	Defensas ribereñas como bordos y espigones
<b>Ingeniería costera y manejo</b>	22	Defensas costeras
	23	Realineación de defensas
	24	Abandono de defensas
	25	Reducción de la energía costera
	26	Protección morfológica costera

Por esta razón, la generación de una estrategia adecuada para el manejo del riesgo por inundación en el Valle del Mezquital y en general en la ZMVM, deberá de contener una serie de medidas diseñadas para que la gestión del escurrimiento urbano, antes/durante el evento permitan minimizar las pérdidas e impacto que hemos visto durante este año.

Como se ha dicho, es importante resaltar que la atención a la inundación del río Tula en Hidalgo, requiere no solamente de un proyecto de rectificación del río, sino también es vital incorporar medidas complementarias que nos permitan preparar y proteger a la población, prevenir los daños que se generan y aliviar los impactos una vez que el fenómeno se ha dado.

Esto requiere de una ingeniería moderna, que permita crecer al río al mismo tiempo que damos seguridad a la población. Para lo que se necesita un programa de comunicación social del riesgo por inundación, de tal manera que los habitantes conozcan tanto el riesgo de inundación al que están expuestos, como lo que tienen que hacer antes y durante el evento (ej. zonas de evacuación y de seguridad). Debemos también reducir los daños por inundación por medio de la planeación y la adaptación de los edificios, infraestructura, superficies y actividades económicas. Esto requiere la identificación de zonas proclives a inundación, incorporando en lo posible un ordenamiento territorial que permita habilitar áreas de almacenamiento seguro para el exceso de agua durante el evento. No menos importante, existe la necesidad de sistemas de monitoreo en tiempo real abiertos a la población, de tal suerte que se informe minuto a minuto tanto de la lluvia en la cuenca, como de los escurrimientos en el río y los emisores del drenaje de Ciudad de México. Esto permitirá diseñar alertas automáticas para activar protocolos de seguridad y evitar daños. Por último, resalta la relevancia de revisar hidrológicamente lo ocurrido durante el evento, para determinar las causas de esta inundación (lluvias extremas simultáneas en ambas cuencas), su probabilidad de ocurrencia y las posibles lecciones aprendidas.

El Gobierno de México cuenta con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, que es una institución que hoy más que nunca trabaja con esta visión moderna y de vanguardia. Las capacidades de sus especialistas están al servicio de la nación y tienen un enfoque hacia el cuidado de la vida y de nuestro medio ambiente. Por esta razón, trabajamos desde ya en la revisión del evento, para poder coadyuvar a la generación de un programa de manejo de inundación en el río Tula con estos principios de la ingeniería del siglo 21.



#### Referencias:

- Ashley RM and Saul AJ (2007) Chapter 19: Responses to Future intra-urban Flood Risks, Future Flooding and Coastal Erosion Risks. Thomas Telford, pp 320-339. ISBN 978-0-7277-3449-5.
- Baldassarre, G. D., Unlenbrook, S. 2011. Is the current flood of data enough? A treatise on research needs for the improvement of flood modeling. Hydrological processes. DOI: 10.1002/hyp.8226
- Chahim, D (2018). Engineers Don't Solve Problems. Logic Magazine, Issue 5, Fall 2018
- Centeno, J C, et al. (2018) Modelación matemática del río Tula para la gestión del riesgo por inundación. XXV Congreso Nacional de Hidráulica, AMH.
- Courty, L G (2021). Hacia una gestión de las aguas urbanas basada en la naturaleza. Perspectivas IMTA.
- Dávila, P (2021). La Ciudad de México y el Edomex ahogaron a Hidalgo. Revista Proceso, edición 2341.
- DEFRA, 2005. Making space for water: Taking forward a new Government strategy for flood and coastal erosion risk management in England.
- Evans, E.P., Ashley, R., Hall, J., Penning-Roswell, W., Sayers, P., Thorne, C., Watkinson, A., 2004a. Future Flooding Scientific Summary: Volume I, Future Risks and their drivers. Office of Science and Technology, London.
- Evans, E.P., Ashley, R., Hall, J., Penning-Roswell, W., Sayers, P., Thorne, C., Watkinson, A., 2004b. Future Flooding Scientific Summary: Volume II, Managing Future Risks. Office of Science and Technology, London.
- Michel-Kerjan, E. 2012. How resilient is your country? Nature, Vol.49, p497.
- von Lany P H, and Palmer J: "River Engineering" in Future Flooding and Coastal Erosion Risks, Thorne, C R, Evans, E P and Penning-Rowsell, E (ed's) 2006, Thomas Telford, London, ISBN 978-0-7277-3449-5, 514 pages
- Pedrozo-Acuña A., 2012. Inundaciones: Evaluación y manejo del riesgo. AGUA en Quintana Roo, Año 2, No.2, Enero-Marzo 2012. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo.
- The Pitt Review, 2008. Learning lessons from the 2007 floods, Cabinet Office, 22 Whitehall, London SW1 A2 WH.
- Sacmex (2011). Operación del sistema de drenaje metropolitano.