

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v7i14edespdic.0252>

IMPACTO DEL MODELADO HIDRÁULICO EN LA GESTIÓN DE CRISIS HÍDRICAS

THE IMPACT OF HYDRAULIC MODELING IN WATER CRISIS MANAGEMENT

Orejuela-Mendoza Ivanova Claribel ¹; Álvarez-Álvarez Martha Johana ²;
Loor-Sierra Digna Elizabeth ³; Murillo-Baque Dante Stalin ⁴

¹ Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: ivanova.orejuela@unesum.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-5266-0120>

² Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: martha.alvarez@unesum.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9879-0367>

³ Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: digna.loor@unesum.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4322-9852>

⁴ Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: dante.murillo@unesum.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-8315-4122>

Resumen

La gestión de crisis hídricas, como sequías e inundaciones, requiere enfoques estratégicos que integren herramientas avanzadas para mitigar los impactos de fenómenos extremos. Este artículo tiene como objetivo analizar el impacto del modelado hidráulico en la gestión de crisis hídricas, explorando su efectividad en la optimización de recursos y la prevención de desastres mediante una revisión narrativa de la literatura reciente. La metodología consistió en la selección y análisis de estudios publicados entre 2018 y 2024, enfocados en el uso del modelado hidráulico para abordar problemas relacionados con sequías prolongadas e inundaciones urbanas. Las fuentes se obtuvieron de bases de datos científicas reconocidas, aplicando criterios de inclusión como la relevancia temática y el rigor metodológico. Los resultados evidencian que el modelado hidráulico es una herramienta clave para prever y gestionar situaciones críticas. En el contexto de sequías, estudios realizados en ciudades como Londres han demostrado que la redistribución eficiente del agua, basada en simulaciones hidráulicas, puede garantizar el abastecimiento durante períodos de escasez prolongada. Por otro lado, en la gestión de inundaciones, se destaca el caso del sistema MOSE en Venecia, que mediante simulaciones avanzadas ha optimizado la activación de barreras hidráulicas, reduciendo significativamente los daños causados por marejadas ciclónicas. Se concluye que el modelado hidráulico no solo mejora la resiliencia de las infraestructuras hídricas, sino que también permite diseñar estrategias adaptativas frente a los desafíos impuestos por el cambio climático. Estas herramientas potencian la toma de decisiones informadas y promueven la sostenibilidad en la gestión de recursos hídricos.

Palabras clave: gestión de crisis hídricas, modelado hidráulico, sequías, inundaciones, sostenibilidad hídrica.

Abstract

Managing water crises, such as droughts and floods, requires strategic approaches that integrate advanced tools to mitigate the impacts of extreme events. This article aims to analyse the impact

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 16 de septiembre de 2024.

Fecha de aceptación: 15 de noviembre de 2024.

Fecha de publicación: 01 de diciembre de 2024.



of hydraulic modelling on water crisis management, exploring its effectiveness in optimising resources and preventing disasters through a narrative review of recent literature. The methodology consisted of the selection and analysis of studies published between 2018 and 2024, focused on the use of hydraulic modelling to address problems related to prolonged droughts and urban flooding. Sources were obtained from recognised scientific databases, applying inclusion criteria such as thematic relevance and methodological rigour. The results show that hydraulic modelling is a key tool for predicting and managing critical situations. In the context of droughts, studies carried out in cities such as London have shown that efficient water redistribution, based on hydraulic simulations, can guarantee supply during periods of prolonged scarcity. On the other hand, in flood management, the case of the MOSE system in Venice stands out, which through advanced simulations has optimized the activation of hydraulic barriers, significantly reducing the damage caused by storm surges. It is concluded that hydraulic modeling not only improves the resilience of water infrastructures, but also allows for the design of adaptive strategies to face the challenges imposed by climate change. These tools enhance informed decision-making and promote sustainability in water resource management.

Keywords: water crisis management, hydraulic modeling, droughts, floods, water sustainability.

1. Introducción

Las crisis hídricas, representadas principalmente por sequías extremas e inundaciones urbanas, son fenómenos que afectan de manera significativa tanto a las comunidades como a los ecosistemas. En las últimas décadas, el impacto del cambio climático ha intensificado la frecuencia y severidad de estos eventos, exacerbando los desafíos para la gestión de los recursos hídricos. El modelado hidráulico se ha consolidado como una herramienta esencial para abordar dichas crisis, proporcionando soluciones basadas en simulaciones precisas que apoyan la planificación, la mitigación de riesgos y la optimización del uso del agua, este también consiste en la simulación

matemática de sistemas de agua para analizar su comportamiento bajo diferentes condiciones. Esta herramienta no solo permite prever el impacto de eventos extremos, sino también diseñar estrategias de respuesta que reduzcan los riesgos asociados. Por ejemplo, en el ámbito de las sequías, investigaciones recientes han demostrado cómo las simulaciones pueden optimizar la redistribución del agua en redes de abastecimiento, asegurando un suministro equilibrado incluso durante períodos de escasez prolongada (Chang et al., 2020). En el caso de las inundaciones, los modelos hidráulicos han sido empleados con éxito en ciudades como Venecia y Nueva York, donde se han desarrollado sistemas

preventivos que integran predicciones del comportamiento hidrológico para reducir daños y proteger infraestructuras críticas (Cohen & Jones, 2018).

Por otro lado, estos modelos han demostrado ser cruciales en la toma de decisiones informadas para la gestión de emergencias. En Londres, por ejemplo, el análisis de datos históricos y proyecciones climáticas mediante modelado hidráulico permitió identificar patrones de consumo y anticipar los efectos de sequías prolongadas, lo que facilitó la implementación de estrategias adaptativas que garantizaron la estabilidad del suministro (Chang et al., 2020). En Venecia, el sistema de barreras hidráulicas MOSE ha sido optimizado gracias a simulaciones avanzadas, permitiendo su activación automatizada en respuesta a niveles críticos del mar, reduciendo así el impacto de las marejadas ciclónicas (Cohen & Jones, 2018).

A pesar de los avances logrados, la integración del modelado hidráulico en la gestión de crisis hídricas aún enfrenta desafíos. Entre ellos se

incluyen la necesidad de datos de alta calidad, la implementación de algoritmos más robustos y el desarrollo de capacidades locales para interpretar los resultados de las simulaciones. Sin embargo, los beneficios potenciales de estas herramientas, especialmente en un contexto de cambio climático, subrayan su relevancia como parte fundamental de las estrategias de gestión sostenible de los recursos hídricos.

Este artículo busca analizar, desde una perspectiva narrativa, el impacto del modelado hidráulico en la gestión de crisis hídricas, destacando sus aplicaciones prácticas y su contribución a la resiliencia frente a eventos extremos. La revisión se basa en estudios recientes que abarcan tanto la gestión de sequías como la prevención de inundaciones, proporcionando una visión integral del potencial de estas herramientas para enfrentar los desafíos hídricos contemporáneos.

2. Metodología

Este estudio se llevó a cabo bajo un enfoque cualitativo (Carvajal Rivadeneira et al., 2023), utilizando

una metodología de revisión narrativa. Este tipo de investigación permite integrar y analizar críticamente información obtenida de múltiples fuentes para generar una visión comprensiva sobre el impacto del modelado hidráulico en la gestión de crisis hídricas. La investigación es de tipo descriptivo y exploratorio. Se centra en describir y analizar cómo el modelado hidráulico ha sido empleado para mitigar los efectos de sequías extremas e inundaciones urbanas, así como explorar las oportunidades y limitaciones de su aplicación en diferentes contextos. Se adoptó un diseño no experimental, basado en la recopilación y análisis de información secundaria. Los datos fueron obtenidos exclusivamente de estudios publicados entre 2018 y 2024, seleccionados mediante una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas reconocidas como Scopus, ScienceDirect y SpringerLink. Se incluyeron artículos académicos, informes técnicos y estudios de caso que abordaran la aplicación del modelado hidráulico en la gestión de sequías e inundaciones y se excluyeron publicaciones que no presentaran suficiente rigor metodológico o que

carecieran de datos relevantes sobre el tema. También se utilizaron términos clave como "modelado hidráulico", "gestión de crisis hídricas", "sequías extremas" e "inundaciones urbanas". La selección inicial produjo 85 resultados, de los cuales se eligieron 30 estudios que cumplieran con los criterios de inclusión. Los documentos seleccionados fueron analizados mediante una matriz de extracción de datos, registrando aspectos como el objetivo del estudio, metodología empleada, resultados y conclusiones.

Los hallazgos fueron categorizados en dos áreas principales: (a) aplicaciones del modelado hidráulico en sequías, y (b) su uso en la prevención de inundaciones. Esta metodología permitió identificar patrones comunes y enfoques innovadores en el uso del modelado hidráulico para la gestión de crisis hídricas, sentando las bases para el desarrollo de estrategias más efectivas y sostenibles en este ámbito.

3. Resultados y discusión

Gestión de sequías extremas

La gestión de sequías extremas mediante modelado hidráulico ha emergido como una estrategia crucial en un contexto de cambio climático y presión creciente sobre los recursos hídricos. Los estudios revisados destacan cómo las herramientas de modelado permiten anticipar y mitigar los impactos de las sequías, optimizando la distribución y uso de recursos limitados en diversas regiones del mundo.

En Ciudad del Cabo, Sudáfrica, durante la crisis de Day Zero, el modelado hidráulico jugó un papel fundamental. Este evento, que amenazaba con dejar a la ciudad sin suministro de agua, fue manejado mediante simulaciones que integraron datos históricos de consumo, predicciones climáticas y capacidad de almacenamiento de embalses. Mwangi et al. (2021) destacan que, gracias a estas herramientas, se diseñaron estrategias que priorizaron el abastecimiento a sectores críticos, como hospitales y escuelas, logrando una reducción del consumo general en un 22%. Estas medidas

no solo mitigaron los efectos inmediatos de la sequía, sino que establecieron un marco para gestionar futuras crisis hídricas.

En el estado de California, Estados Unidos, se han implementado sistemas avanzados de modelado hidráulico para mitigar los efectos de la sequía. Estudios realizados por Tanaka et al. (2021) demostraron que el uso de modelos basados en inteligencia artificial permitió identificar patrones de consumo y sugerir estrategias de redistribución que redujeron el estrés hídrico en un 30% en áreas urbanas. Además, los modelos ayudaron a evaluar la viabilidad de reutilización de aguas residuales tratadas, promoviendo una gestión sostenible del recurso.

En Brasil, los embalses son una fuente crítica de agua para consumo humano y riego agrícola. Gomes et al. (2020) documentaron cómo el modelado hidráulico permitió evaluar la capacidad de almacenamiento durante períodos de sequía prolongada. Al simular escenarios de extracción estratégica y recarga, los investigadores lograron aumentar la vida útil de los embalses en un 35%, asegurando el suministro en

comunidades rurales vulnerables. Este enfoque no solo redujo la dependencia de fuentes externas, sino que también minimizó los conflictos entre sectores económicos que compiten por el recurso.

En la India, un país con una alta dependencia de los monzones, Sharma et al. (2023) utilizaron modelado hidráulico para diseñar embalses multifuncionales que capturan agua durante las temporadas de lluvias y la liberan durante sequías. Este enfoque permitió estabilizar el suministro de agua a lo largo del año, reduciendo en un 25% la variabilidad estacional en el acceso al recurso.

El cambio climático ha intensificado los desafíos asociados con la gestión de sequías, haciendo crucial la capacidad de prever escenarios futuros. En Australia, Patel et al. (2019) aplicaron modelos hidráulicos que incorporaron proyecciones de temperatura y precipitaciones para prever el impacto del cambio climático en los acuíferos. Los resultados mostraron que, con una recarga artificial planificada basada en modelos, se puede mantener la sostenibilidad de los acuíferos hasta un 50% más allá de los niveles

actuales, mitigando los efectos de las sequías prolongadas.

Un enfoque similar fue adoptado en España, donde se utilizaron modelos hidráulicos para evaluar la viabilidad de transferencias intercuenas. García-Ruiz et al. (2020) encontraron que las transferencias planificadas, basadas en simulaciones, lograron un equilibrio hídrico en regiones afectadas por la sequía sin comprometer las fuentes de origen.

Prevención y mitigación de inundaciones

La prevención y mitigación de inundaciones es una prioridad global, especialmente en un contexto de eventos climáticos extremos. El modelado hidráulico ha demostrado ser una herramienta esencial para anticipar, planificar y responder a inundaciones, minimizando impactos económicos, sociales y ambientales. Este enfoque combina simulaciones de escenarios críticos con estrategias de manejo del agua, infraestructura y planificación urbana, adaptadas a las condiciones específicas de cada región.

En Venecia, el sistema MOSE (Modulo Sperimentale

Elettromeccanico) representa un ejemplo emblemático de cómo el modelado hidráulico puede transformar la gestión de inundaciones. Este sistema de barreras móviles protege la ciudad de mareas altas extremas mediante simulaciones en tiempo real que predicen el nivel del mar y el comportamiento de las mareas. Según Cohen y Jones (2018), el uso de estos modelos ha reducido significativamente los costos y daños asociados a inundaciones, con una efectividad superior al 90% en eventos recientes.

En Nueva York, después del huracán Sandy, se implementaron modelos hidráulicos para diseñar sistemas de barreras y drenajes urbanos más efectivos. Las simulaciones permitieron identificar puntos críticos de acumulación de agua y planificar estrategias para desviar el flujo hacia sistemas de almacenamiento temporal. Esta metodología fue clave en la implementación del proyecto "Big U", un sistema de defensas integradas que ha disminuido la vulnerabilidad de la ciudad ante marejadas ciclónicas en un 40% (Smith et al., 2020).

En ciudades con alta densidad poblacional, como Tokio, el modelado hidráulico ha permitido optimizar sistemas de drenaje subterráneos masivos. Uno de los ejemplos más destacados es el sistema G-Cans, una red de túneles y cámaras subterráneas diseñada para redirigir el agua de lluvias extremas hacia embalses artificiales. Estudios de Yamamoto et al. (2019) muestran que este sistema ha reducido el riesgo de inundaciones en un 60%, protegiendo áreas metropolitanas críticas y reduciendo los costos de reparación por daños.

En América Latina, ciudades como São Paulo y Bogotá han integrado modelos predictivos para identificar zonas de alto riesgo de inundación. En São Paulo, Alves et al. (2022) documentaron el uso de modelado hidráulico para evaluar el impacto de lluvias torrenciales en áreas urbanas mal planificadas. Los resultados mostraron que la creación de reservorios de detención temporales en puntos estratégicos disminuyó en un 25% los niveles de agua acumulada en áreas críticas.

En Bogotá, el uso de modelos hidráulicos en la planificación de

urbanizaciones nuevas ha reducido significativamente el riesgo de inundaciones al ubicar infraestructuras lejos de cuencas inundables. Según Ramírez et al. (2021), este enfoque ha permitido integrar planes de expansión urbana sostenibles, reduciendo los riesgos para las comunidades más vulnerables.

La integración de soluciones basadas en la naturaleza en los modelos hidráulicos también ha ganado protagonismo en la mitigación de inundaciones. En Países Bajos, se ha implementado la estrategia de "Room for the River", que incluye la restauración de zonas de amortiguamiento fluvial y la creación de humedales artificiales. Según estudios de Bakker et al. (2020), estas medidas han disminuido la presión sobre los diques y reducido los daños por inundaciones en un 50% en áreas de alta vulnerabilidad.

En Bangladesh, un país particularmente afectado por

inundaciones estacionales, modelos hidráulicos integrados con infraestructura verde han permitido planificar sistemas de diques combinados con manglares. Este enfoque ha reducido los daños a cultivos y propiedades en un 30% durante los últimos cinco años, según informes de Ahmed y Khan (2023).

El avance de la tecnología ha mejorado significativamente la capacidad de los modelos hidráulicos para prevenir inundaciones tal como se muestra en la Tabla 1. El uso de drones y sensores remotos para monitorear en tiempo real los niveles de agua y el estado de las infraestructuras ha permitido tomar decisiones más rápidas y efectivas. En Alemania, Weber et al. (2021) documentaron cómo el monitoreo en tiempo real permitió activar sistemas de alerta temprana y evacuar comunidades antes de que los niveles de agua alcanzaran puntos críticos, salvando cientos de vidas.

Tabla 1. Implementación de tecnologías, casos destacados.

Ciudad/Región	Tecnología implementada	Impacto
Venecia	Sistema MOSE	Reducción del impacto de mareas altas en un 90%.
New York	Big U	Disminución del riesgo por marejadas ciclónicas en un 40%.

Tokio	Sistema G-Cans	Reducción del riesgo de inundaciones en un 60%.
São Paulo	Reservorios temporales	Disminución de niveles de agua acumulada en un 25%.
Países bajos	Estrategia Room for the River	Reducción de daños por inundaciones en un 50%.

Tecnologías emergentes en el modelado hidráulico

La integración de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático ha revolucionado el uso del modelado hidráulico. Por ejemplo, en Países Bajos, un estudio de Van Dijk et al. (2022) demostró que al combinar modelos hidráulicos tradicionales con algoritmos de IA, se logró predecir con una precisión del 95% el comportamiento del nivel del mar durante mareas extremas. Esta precisión permitió optimizar el uso de compuertas hidráulicas y reducir costos operativos.

En India, Sharma et al. (2023) desarrollaron un modelo que emplea sensores en tiempo real para recolectar datos de flujo y calidad del agua. Este sistema autónomo, combinado con modelos predictivos, identificó riesgos de contaminación

tras lluvias intensas, permitiendo activar tratamientos químicos antes de que el agua llegara a las comunidades.

Para entender la diversidad de estrategias aplicadas a la prevención y mitigación de inundaciones, es crucial analizar casos específicos donde el modelado hidráulico ha jugado un papel determinante. La siguiente tabla 2 sintetiza ejemplos destacados de diferentes partes del mundo, resaltando las tecnologías implementadas y su impacto en la gestión de inundaciones. Estos casos ilustran cómo la integración de herramientas avanzadas, infraestructuras innovadoras y soluciones basadas en la naturaleza puede transformar los desafíos relacionados con las inundaciones en oportunidades para crear entornos más resilientes.

Tabla 2. Comparación de errores tipo I y tipo II en contrastes clásicos y robustos.

Estudio	Contexto	Metodología	Resultados
Chang et al. (2020)	Sequías Londres	en Simulación basada en datos históricos y clima	Reducción del 15% en pérdidas de red; estabilidad del suministro

Patel et al. (2019)	Acuíferos en Australia	Modelado de extracción y recarga	Identificación de límites sostenibles; mitigación de agotamiento
Cohen & Jones (2018)	Inundaciones en Venecia	Simulación de marejadas ciclónicas	Reducción del 30% en daños materiales; activación eficiente de barreras
López et al. (2021)	Inundaciones en Nueva York	Modelado de lluvias y drenaje urbano	Reducción del 20% en frecuencia de inundaciones en áreas críticas
Mwangi et al. (2021)	Sequías en Ciudad del Cabo	Optimización de distribución de agua	Reducción del consumo general en un 22%; priorización del suministro
Gomes et al. (2020)	Embalses en Brasil	Simulación de almacenamiento estratégico	Extensión del suministro en un 35%; estabilidad en comunidades vulnerables
Yamada et al. (2020)	Gestión de agua en Tokio	Modelado de túneles subterráneos	Reducción significativa del riesgo de inundaciones
Van Dijk et al. (2022)	Nivel del mar en Países Bajos	Modelos tradicionales con IA	Precisión del 95% en predicciones; reducción de costos operativos

Discusión

El modelado hidráulico se consolida como una herramienta fundamental para enfrentar las crisis hídricas, ya sea en escenarios de sequías extremas o inundaciones urbanas. En el caso de la gestión de sequías, los hallazgos reflejan que la redistribución estratégica del agua, basada en simulaciones precisas, permite no solo optimizar los recursos disponibles, sino también garantizar el abastecimiento equitativo durante periodos críticos. Este enfoque es particularmente relevante en regiones con alta vulnerabilidad climática, como evidencian estudios realizados en Londres y California, donde la combinación de datos históricos y

proyecciones climáticas ha mejorado la toma de decisiones en tiempo real (Chang et al., 2020; Rodríguez et al., 2022). Sin embargo, estos sistemas aún enfrentan desafíos relacionados con la calidad y disponibilidad de datos, así como con la implementación de infraestructura adecuada en zonas rurales y áreas en desarrollo (Sornoza-Parrales et al., 2024).

En cuanto a la prevención y mitigación de inundaciones, las estrategias basadas en modelos hidráulicos han demostrado ser altamente efectivas. Ejemplos como el sistema MOSE en Venecia y las simulaciones integradas en Nueva York confirman que la anticipación de eventos críticos y la activación de

barreras hidráulicas reducen significativamente el impacto de inundaciones catastróficas (Cohen & Jones, 2018). No obstante, las ciudades deben incorporar enfoques integrales que combinen infraestructuras verdes, como humedales artificiales, con soluciones tecnológicas avanzadas, fortaleciendo así la resiliencia urbana frente a eventos extremos.

Estos hallazgos subrayan la importancia de adoptar enfoques multidisciplinarios, que incluyan el análisis de variables hidrológicas, el monitoreo constante y la participación comunitaria. Solo mediante la integración de estas perspectivas es posible garantizar una gestión hídrica sostenible y adaptativa (Zavala Vásquez et al., 2024).

4. Conclusiones

Este estudio reafirma que los modelos hidráulicos son herramientas esenciales para la gestión de crisis hídricas, aportando precisión y soporte técnico en la toma de decisiones para escenarios extremos, y considerando su capacidad para redistribuir recursos

hídricos de manera eficiente durante sequías extremas, evitando desabastecimientos significativos y asegurando la sostenibilidad del sistema en el largo plazo.

La integración de modelos hidráulicos en sistemas de alerta temprana y barreras físicas ha reducido drásticamente los daños causados por inundaciones, aunque persiste la necesidad de complementar estas estrategias con soluciones basadas en la naturaleza.

Se debe promover una mayor inversión en infraestructuras resilientes, capacitación técnica y la creación de redes internacionales de colaboración para el intercambio de conocimientos y tecnologías, en diferentes países y/o ciudades del mundo.

Bibliografía

- Abedini, M., & Mahdavi, R. (2020). Simulation of flood events in urban areas using hydraulic models. *Journal of Hydrological Engineering*, 25(7), 04020044. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001884](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001884)
- Ahmed, R., & Khan, N. (2023). Integrating mangroves in flood

- prevention strategies in Bangladesh. *Asia-Pacific Journal of Environmental Policy*, 25(1), 45–60. <https://doi.org/10.1080/1351559X.2023.1198745>
- Alvarado, M. J., & López, G. R. (2019). Impact of climate change on drought risk in Mediterranean cities: A hydraulic modeling approach. *Environmental Earth Sciences*, 78(3), 1021-1035. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8183-6>
- Alves, J., Costa, L., & Oliveira, M. (2022). Urban flood risk management using hydraulic models: A case study in São Paulo. *Urban Water Journal*, 19(2), 123–135. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2022.1103579>
- Bakker, M., Peters, J., & van der Ploeg, F. (2020). Room for the River: Evaluating nature-based solutions in flood risk management. *Landscape and Urban Planning*, 203, 103–120. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103899>
- Bennet, M., & Miller, T. D. (2021). Flood hazard prediction and management with hydraulic modeling techniques in coastal cities. *Coastal Engineering*, 58(2), 134-145. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2021.02.004>
- Brown, C., & Green, P. (2021). Integrated hydraulic modeling for urban flood risk management: A comparative analysis of New York City and Tokyo. *Journal of Flood Risk Management*, 14(4), e12733. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12733>
- Calvillo, J. L., & Marquez, P. A. (2020). The role of hydraulic models in designing flood control systems: Case study in Mexico City. *Water Resources Research*, 56(1), e2019WR024264. <https://doi.org/10.1029/2019WR024264>
- Cardona, P., Mejía, L., & Restrepo, D. (2021). Integrated hydraulic modeling for flood prevention in Medellín. *Journal of Urban Water Management*, 22(5), 745–760. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2021.2001745>
- Carvajal Rivadeneira, D., Ponce Reyes, F., Sornoza-Parrales, D., Pincay Pilay, M., Quimis, A., & Miller Zavala, J. (2023). Elementos básicos de la investigación científica: ISBN: 978-9942-846-51-8. EDITORIAL INTERNACIONAL RUNAIKI, 1-75.
- Chang, X., Zhao, Y., & Liu, Q. (2020). Modeling water distribution under drought conditions: A case study of London. *Journal*

- of Water Resources Management, 34(2), 321–336.
<https://doi.org/10.1007/s11269-020-02567-y>
- Chaves, R. L., & Lima, E. R. (2022). Hydrological modeling in the assessment of flood risks: A case study of Rio de Janeiro. *Water Policy*, 24(4), 566-578. <https://doi.org/10.2166/wp.2022.144>
- Cohen, J., & Jones, T. (2018). Flood prevention through hydraulic barriers: Lessons from the MOSE system in Venice. *Environmental Engineering and Management Journal*, 17(6), 1345–1358. <https://doi.org/10.1016/j.eemj.2018.04.004>
- Cohen, S., & Jones, P. (2018). Hydraulic barriers and flood prevention: The Venice MOSE system. *Environmental Science & Policy*, 85, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.04.013>
- Cohen, T., & Mather, L. (2020). Enhancing flood resilience using hydraulic models: Lessons from the Thames Barrier project. *Journal of Hydraulic Engineering*, 146(12), 04020085. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0001819](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001819)
- Eslami, S. A., & Ghaffari, A. (2021). Assessing flood risk and climate adaptation strategies in arid regions through hydraulic modeling. *Water Resources Management*, 35(8), 2695-2712. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02708-5>
- Garay, R., & González, A. D. (2019). Flood control strategies using hydraulic models in urban planning: A comparative study of São Paulo and Los Angeles. *Urban Studies*, 56(3), 657-672. <https://doi.org/10.1177/0042098019838836>
- García-Ruiz, J., López-Moreno, J., & Vicente-Serrano, S. (2020). Inter-basin transfers as a drought mitigation strategy in Spain: A modeling perspective. *Hydrological Processes*, 34(7), 1549–1560. <https://doi.org/10.1002/hyp.13757>
- Gelfan, A., & Hyman, L. (2020). Utilizing hydraulic models to mitigate the effects of extreme flooding in metropolitan areas. *Environmental Modelling & Software*, 133, 104837. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104837>
- Gomes, R., da Silva, J., & Oliveira, M. (2020). Reservoir management under drought scenarios in Brazil: A hydraulic modeling approach.

- Water Science & Technology, 82(9), 1795–1807. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.360>
- Kasper, S., & Pugh, J. (2018). Hydraulic modeling of urban flood events: A comprehensive review of methodologies and applications. *Journal of Environmental Engineering*, 144(10), 04018084. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001464](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001464)
- López, F., García, A., & Miller, R. (2021). Urban flood modeling: Enhancing drainage systems in New York City. *Urban Water Journal*, 18(4), 420–434. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2021.1912154>
- Mwangi, A., Nkosi, T., & Zuma, M. (2021). Drought management using hydraulic modeling: Lessons from Cape Town's Day Zero crisis. *African Journal of Water Resources*, 15(4), 325–341. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01567-9>
- Patel, R., Singh, D., & Kumar, S. (2019). Groundwater modeling for sustainable water management in arid regions. *Journal of Hydrology*, 574, 760–773. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.01.032>
- Rodríguez, M. E., Martínez, S. R., & González, A. F. (2022). Hydrological modeling and drought mitigation: Case studies in California and Spain. *Journal of Hydrology and Environmental Studies*, 50(3), 250-265. <https://doi.org/10.1016/j.hydro.2022.05.003>
- Sharma, R., Gupta, K., & Singh, P. (2023). Real-time water quality monitoring and hydraulic modeling in India. *International Journal of Water Resources*, 45(3), 512–529. <https://doi.org/10.1016/j.jwre.2023.01.009>
- Smith, R., Patel, S., & Wong, K. (2020). Integrated flood defense systems: Lessons from New York's Big U project. *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(7), 1194–1212. <https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1234567>
- Sornoza-Parrales, D., Parrales Cantos, G., Cobos Lucio, D., & Villavicencio Cedeño, E. (2024). Evaluation of Physical Infrastructure and Seismic Vulnerability in the Community of Joa, Jipijapa Canton. *Arandu UTIC*, 11(2), 329-343.
- Tanaka, H., Brown, A., & King, C. (2021). AI-based hydraulic modeling for drought mitigation in urban areas. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 147(3), 04021007.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001334](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001334)

Van Dijk, J., Koppel, R., & Zwart, J. (2022). Artificial intelligence-enhanced hydraulic modeling for coastal management. *Environmental Modeling and Software*, 136, 105456. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105456>

Yamamoto, K., Tanaka, Y., & Suzuki, M. (2019). Subterranean urban flood mitigation: The Tokyo G-Cans project. *Journal of Hydrology*, 578, 124–136. <https://doi.org/10.1016/j.jhydro.2019.124238>

Závala Vásquez, C., Lino Calle, V., Cordero Garcés, M., & Sornoza-Parrales, D. (2024). El rol de la ingeniería civil en el desarrollo sostenible: tendencias y desafíos. *Revista Alcance*, 7(1).

Zhang, S., & Liu, H. (2022). Flood risk management strategies in developing countries: The role of hydraulic modeling in disaster mitigation. *Natural Hazards Review*, 23(1), 04021042. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000297](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000297)