

Inundaciones y expansión urbana, sus implicaciones socioambientales. La Gestión de Riesgos por inundación en Guadalajara metropolitana, México

Floods and urban sprawl, their socio-environmental implications. The case of flood risk management in metropolitan Guadalajara, Mexico

Juan Pablo Rojas-Ramírez¹ 

RESUMEN

Se analiza la respuesta institucional ejecutada ante eventos de inundación desde la visión de Gestión Riesgos de Desastre (GRD) y las implicaciones socioambientales de dichas eventualidades derivadas de lluvias extremas en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), México. En los últimos diez años, se ha observado que las lluvias extremas propician la existencia de basamentos e inundaciones, en incremento cada año, en zonas donde emergen desarrollos inmobiliarios verticales de alta concentración de habitantes; dicha dinámica no responde a los criterios de Ordenamiento Territorial (OT) metropolitano y a la optimización del sistema de movilidad urbana. Sin embargo, se observa la multiplicación de los puntos de riesgo de inundación. Para establecer la relación causal, se recurre al enfoque de la Gestión del Riesgo, en específico al GRD con ayuda de aportes del campo de la Geología urbana para lograr destacar las implicaciones en la obstrucción de los flujos hídricos superficiales y subterráneos; metodológicamente se recurre al análisis de trazabilidad de procesos, desde un enfoque cualitativo, y al análisis geoespacial para la comprensión del fenómeno de inundación y se realizó trabajo de campo de observación participativa. Uno de los principales hallazgos es que las autoridades logran adaptar instrumentos de gestión territorial, pero no la reducción de las prácticas de los desarrolladores inmobiliarios.

Palabras clave: Planificación urbana, Gestión de Riesgos, Eventos hidrometeorológicos, Inundaciones, Atlas de Riesgos

ABSTRACT

The institutional response is analyzed from the perspective of Disaster Risk Management (DRM) regarding the socio-environmental implications of flooding caused by extreme rainfall in the Metropolitan Area of Guadalajara (AMG), Mexico. In the last decade, it has been observed that extreme rainfall leads to the prevalence of basements and floods, increasing year by year in areas where high-density vertical real estate developments emerge. This dynamic seemingly not responds to the metropolitan land-use planning criteria and the optimization of the urban mobility system, which relates to the proliferation of flood risk points. The Disaster Risk Management (DRM) approach, alongside contribu-

¹ Institución: Universidad de Guadalajara; Correo electrónico: jpablo.rojas@cutonala.udg.mx

tions from urban geology, is utilized to highlight the implications for obstructing surface and groundwater flows. Methodologically, it relies on process traceability analysis from a qualitative perspective and geospatial analysis to understand the flood phenomenon, along with participatory observation fieldwork. One of the main findings is that authorities manage to adapt territorial management instruments but fail to reduce the practices of real estate developers.

Keywords: Urban planning, Risk management, Hydrometeorological events, overflowing, Risk Atlas

Introducción

El objetivo del presente trabajo es exponer el análisis sobre los eventos de inundación en AMG en el horizonte de 10 años y explicar las implicaciones socioambientales relacionadas tanto a la presencia del anegamiento y su multiplicación pese a la respuesta institucional implementada para prevenir y mitigar las afectaciones de dichos eventos. Se parte del supuesto hipotético de que, la proliferación de desarrollos inmobiliarios, ya sean verticales o de expansión horizontal, en zonas periurbanas donde se ofrece suelos a bajo costo de adquisición, aunado a la transformación urbana para la redensificación vertical de los centros históricos, aparentemente acatan las disposiciones legales y normativas propuestas en los instrumentos de OT; no obstante, el incremento de inundaciones en zonas donde prevalecen estos desarrollos inmobiliarios, son correlacionales y hasta causales debido a los cambios de flujo del escurrimiento y filtración de agua de lluvia, como se observa en AMG.

La prevalencia de puntos de riesgo, el incremento de inundaciones y del sellado urbano característico de la urbe, incrementa los riesgos de desastre, ante un panorama de dinamización de la industria inmobiliaria. En cuyo caso la proliferación de vivienda vertical aumentó en los últimos 10 años de unas pocas decenas de edificios verticales a una cifra presente de 300 proyectos de edificaciones verticales (El informador, 2023), con más de 4 pisos, de esta cifra existen 56 torres de hasta 42 pisos (Peña de la et al, 2023); lo cual conlleva a un proceso de edificación compleja con impactos ambientales que pueden devenir en riesgos catastróficos, debido a los aspectos asociados a la cimentación profunda con retos geotécnicos, posibles afectaciones geohidrológicas y mayor estrés en los procesos de infiltración subterránea y cambio de cauces de escorrentía superficial del agua pluvial a causa de la preparación de suelos impermeabilizados (sellado urbano), es decir calles de concreto y asfalto. La dinámica seguida por los desarrolladores inmobiliarios de alguna manera guarda relación con las inundaciones y los impactos ambientales geohidrológicos (Dávila & León, 2011; Carrera & Vázquez, 2008).

Se han observado edificaciones verticales en áreas de riesgo, como son: al pie de cerros o en antiguos vasos hidráulicos reguladores, lo que contradice el análisis de riesgos geológicos identificados en los Atlas de Riesgo de la metrópoli en cuestión. Este fenómeno se observa tanto en ciudades con un alto nivel de desarrollo urbano como en aquellas en proceso de reestructuración de su marco jurídico-normativo, como es el caso del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), porque "las soluciones geotécnicas son las adecuadas ante la presencia de alguna anomalía en el proceso de construcción, aunque no se toman en cuenta aspectos de interacción con la geología urbana del lugar", lo cual repercute en la generación de riesgos (Huggenberger & Epting, 2011,

6). En incremento, ante eventos hidrometeorológicos perturbadores, como son las inundaciones procedentes de lluvias extremas y sus impactos en las dinámicas de la urbe. Las autoridades competentes en el AMG han implementado instrumentos de planeación para la regulación territorial, a la par de la Gestión del Riesgo, de los cuales destacan: el Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano (POTMet), el Plan de Acción para el Cambio Climático en el AMG, el Atlas de Riesgo Metropolitano y la Agenda Hídrica para la AMG (IMEPLAN & UNAM, 2021; IMEPLAN, 2016). Estos instrumentos, formulados e implementados entre 2015 y 2021, muestran un aparente compromiso con la gestión de los riesgos asociados a la crisis climática y al crecimiento urbano desordenado.

A pesar de las estrategias para la dinamización eficiente de las actividades en la metrópoli, a través del fomento del Desarrollo Orientado al Transporte expuesto en el POTMet, estas implican la edificación habitacional vertical en cuadrantes históricos, integración de espacios periurbanos a la gestión metropolitana y acciones sostenibles entre sociedad y gobierno; no obstante, la dinámica de edificación vertical promovida por la iniciativa privada a menudo se concentra en áreas propensas a inundaciones, por el costo de los suelos.

Por otra parte, los eventos hidrometeorológicos² y la respuesta del sistema natural a la contaminación atmosférica, junto con la expansión urbana desordenada, han causado estragos en el AMG en lo que va del presente siglo. Esto se refleja en el aumento de puntos de inundación y de las islas de calor, que propician la vulnerabilidad de la población ante dichos eventos (Das et al, 2023; Darabi et al, 2019; Carrizo, 2018).

A nivel comunitario, se observa en trabajo de campo de observación participativa, la interacción entre vecinos en la prevención y mitigación de los daños causados por las inundaciones. Sin embargo, en algunas zonas urbanas se observa un comportamiento contrario, donde los canales pluviales se utilizan como vertederos de residuos urbanos; contribuyendo con ello, a la obstrucción de las alcantarillas y aumenta el riesgo de inundaciones (Sandoval & Martínez, 2021).

Área de estudio y contexto

El AMG, ubicada en el occidente de México en el estado de Jalisco, cuenta con una población de más de 5 millones de habitantes que representan el 70% de la población total del estado de Jalisco. En términos de su delimitación institucional es una región metropolitana decretada por el Gobierno del estado de Jalisco en 2014 con la finalidad de contener a lo que hasta antes del decreto se conocía como Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Dicha zona, desde mediados del siglo pasado se ha caracterizado por su dinámica urbana e industrial y la expansión tanto de la conurbación, de clústeres industriales como de diversos complejos habitacionales (Rojas, 2020).

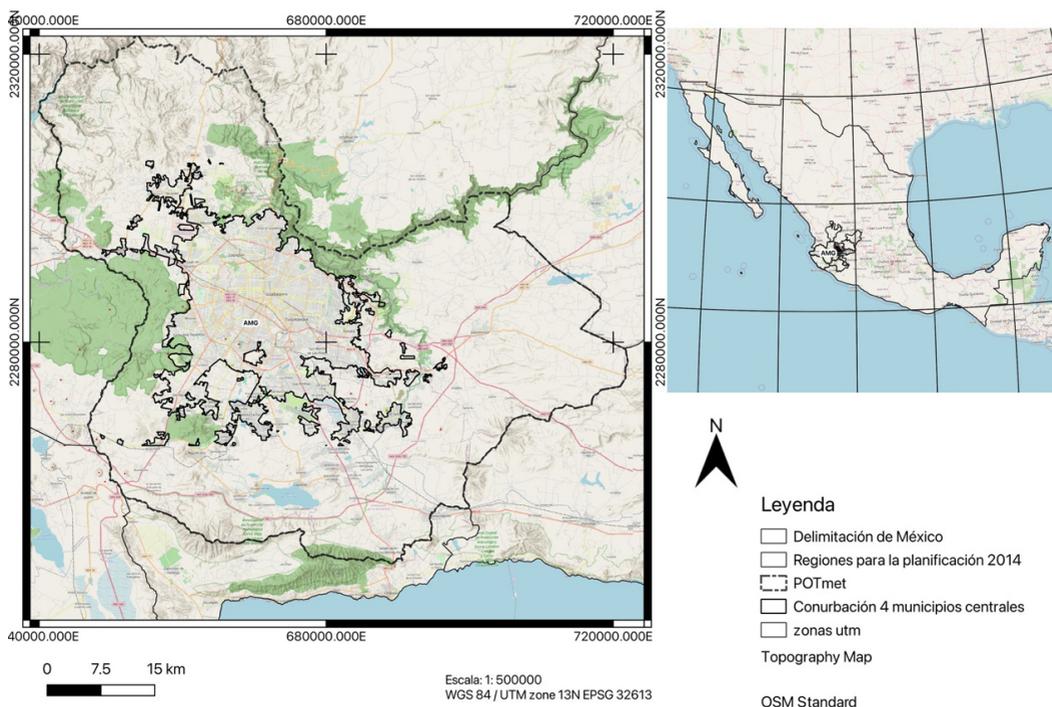
² Los eventos hidrometeorológicos son fenómenos naturales que son estudiados por la rama de la Hidrometeorología en Ciencias de la Atmósfera. Estos fenómenos reúnen aspectos meteorológicos y climáticos extremos, se conforman por la interacción fisicoquímica de vientos, condiciones de temperatura en la atmósfera y el ciclo del agua que, al interactuar producen lluvias, huracanes, granizadas, ciclones, tsunamis. Una vez que estos eventos naturales su encuentro con el suelo y la transformación de este (sea por humanos o por eventos geológicos) ocasionan de nuevo a cuenta inundaciones, sequías, licuefacción, derrumbes, deslaves; como si fuesen cadenas causales que pueden provocar impactos ambientales, en cuyo caso representan riesgos y peligros para los seres humanos. (Cenapred, 2022; Martínez-Austria, 2020; Wu, et al, 2016)

En 2016 se publica el Plan de Ordenamiento Territorial para el Área Metropolitana de Guadalajara, en dicho plan se contempló la estructura de la región metropolitana compuesta por 9 municipios: Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Ixtlahuacán de los membrillos, Zapotlanejo y Juanacatlán (IMEPLAN, 2016). Cabe destacar que, el POTMet propone un desarrollo orientado al transporte público, basado en el fomento de usos del sistema de transporte público y la reducción del automóvil privado, con el fin de reducir los impactos ambientales, como la disminución de emisiones de gases de los automóviles y la mitigación de las emisiones contaminantes relacionadas con el aumento de temperatura, que favorece la formación de islas de calor (Oke, et al, 2017).

Los cuatro municipios mencionados inicialmente, fueron parte de lo que fue la ZMG, por el antecedente histórico en torno a la gestión del agua siguen adscritos al convenio del organismo operador de aguas: Sistema Intermunicipal de Agua y Alcantarillado (SIAPA). Dicho organismo que además de brindar los servicios de agua potable, también colabora en los servicios drenaje y alcantarillado. Por lo que, al suceder un evento de lluvia e inundación colabora en conjunto con las corporaciones municipales y estatales de bomberos y protección civil para la atención de Riesgos de Desastre (GRD) resultantes de los Eventos hidrometeorológicos en cuyo caso acatan las disposiciones técnicas del organismo federal competente: Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Figura 1.

Área Metropolitana de Guadalajara, su zona conurbada y ubicación con respecto a México



Fuente: Elaboración propia

En los últimos treinta años, el AMG ha experimentado eventos hidrometeorológicos intensos, como lluvias extremas y granizadas, correlacionados con los efectos climáticos de El Niño y La Niña. Estos fenómenos han causado más días de sequía y una temporada de lluvias más corta pero intensa (Núñez & García, 2018). Por otra parte, hasta 2015, el desorden urbano prevalecía, cuando se implementó el POTMet. A pesar de este instrumento de planificación, las dinámicas socioeconómicas y la gestión del uso del suelo han enfrentado dificultades para mitigar los riesgos ambientales por inundación y los desastres asociados a esta. Las inundaciones siguen provocando pérdidas materiales y aumentando los puntos de riesgo en toda la metrópoli.

El organismo encargado de la gestión metropolitana, el IMEPLAN ha desarrollado una serie de estrategias enfocadas tanto al OT y al manejo socioambiental de la metrópoli; así como, estrategias de gestión de riesgos y estudios hídricos, de estos últimos deriva la consolidación de un sistema de gestión de análisis geoespacial para la atención de eventos hidrometeorológicos y geológicos en torno a zona de deslave (IMEPLAN, 2021), aunque bajo ópticas disciplinares tradicionales.

Desde 2019 y con insumos de otros trabajos institucionales que datan de la última década del siglo pasado se continúa adaptando estrategias de gestión ambiental, a lo que en voz del ex director de IMEPLAN, denominó adopción y conservación de “buenas prácticas”, con ello alude a la continuidad de políticas públicas que han evidenciado resultados positivos en temáticas de gestión. En torno al material recuperado para la atención de eventos para la Gestión del Riesgo se encuentra el Atlas de riesgo (2007), los Atlas de riesgo municipal en cuyo caso, la capacidad administrativa y de disposición de recursos facultan o limitan el desarrollo y actualización de dichos instrumentos en las circunscripciones municipales.

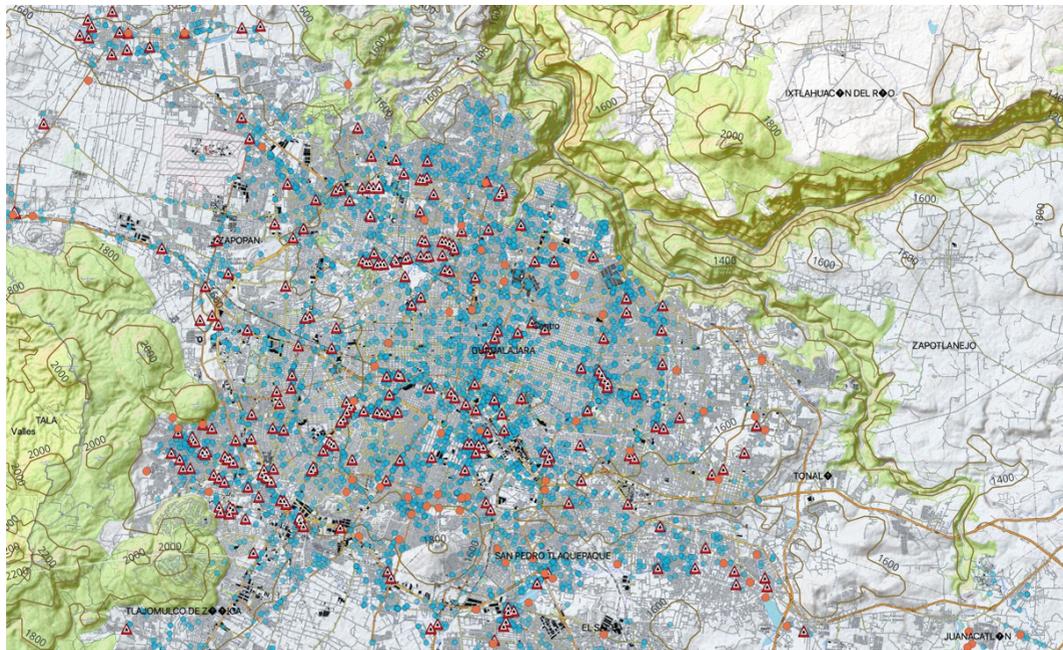
A partir del trabajo de campo de observación participativa, se observó que la evaluación realizada por protección civil e IMEPLAN a través de herramientas de análisis geoespacial en 2023, detectaron alrededor de 360 puntos de inundación a lo largo del AMG. Entre los años 2022 y 2023, los sitios de riesgo de inundación aumentaron a 31 nuevos puntos localizados, éstos se sitúan entre las áreas de desarrollo inmobiliario vertical en el Sur y Poniente de los municipios metropolitanos centrales y donde se están desarrollando transformación del espacio mediante enclaves de desarrollo inmobiliario vertical, desde la década pasada.

En lo concerniente al flujo de escurrimiento de agua de lluvia en la zona, presenta dinámicas complejas. La caldera volcánica de La Primavera, ubicada en el municipio metropolitano de Zapopan al suroeste, con una altitud de 1,840 metros sobre el nivel del mar (msnm), influye significativamente en estos patrones. Desde dicho punto, se observan dos direcciones principales de escurrimiento: a) Un flujo por gravedad hacia el noroeste desde La Primavera. B) Otros flujos importantes hacia el sureste, en dirección al municipio de Tlaquepaque.

Adicionalmente, analizando las curvas de nivel, se evidencia una preponderancia de escurrimiento superficial de noroeste a sureste, que se dirige hacia el sistema de barrancas Huentitán-Oblatos. La elevación en el Sur de dichos municipios metropolitanos se sitúa entre 2.000 msnm y 1.600 msnm propician flujos de escurrimiento de agua pluvial que concurren con los flujos de la caldera volcánica La Primavera, en la confluencia se lleva a cabo implantación de infraestructura inmobiliaria vertical y con alta presencia de sellado urbano a partir de edificaciones y redes viales con poca presencia de suelos desnudos, como se puede observar en la Figura 2; se representan

Inundaciones (en punto azul), monitoreo institucional (punto naranjas), riesgo de inundación en el contexto de hitos naturales (triángulos rojos): Caldera volcánica La Primavera (hito forestal a la izquierda) y sistema de barrancas Oblatos-Huentitán (fractura geológica derecha).

Figura 2.
Delimitación intermunicipal topográfica y representación de flujos de escurrimiento pluvial a través de curvas de nivel



Fuente: Elaboración propia.

Resulta paradójico que un modelo de desarrollo urbano orientado hacia el fomento de uso de transporte público masivo e intermodal, lo que representa aspectos importantes para el cumplimiento de objetivos de desarrollo sostenible sobre ciudades sostenibles y equitativas, su ejecución en cuanto al desarrollo de infraestructura de redensificación urbana, deviene como especulación inmobiliaria para sectores socioeconómico de alto ingreso (Peña de la et al, 2023), ante desarrollos inmobiliarios que no responden a la demanda de redensificación con equidad distributiva (Demerutis et al., 2022).

Las centralidades urbanas propuestas por IMEPLAN en el POTMet, tanto emergentes como en potencialización, coinciden con los puntos de monitoreo en la Figura 2 (marcados en naranja), utilizados para la determinación de la Gestión del Riesgo de Desastre. Estas centralidades se desarrollan a través de la edificación y ordenamiento territorial de áreas comerciales, laborales y de esparcimiento. Aunado a lo anterior, a pesar de la infraestructura pluvial implementada en el Suroeste para mitigar los estragos de anegamiento, los puntos de riesgo por inundación continúan incrementándose en torno a dichas centralidades.

Los tiempos de anegamiento se prolongan y el incremento de nivel de agua tanto pluvial como residual procedente de los colectores que colapsan y propulsan el agua de alcantarillas al nivel de las

calles. En los puntos recurrentes de inundación, se evidencian al Sur de Oeste a Este por efectos de escurrimiento y convergencias de aguas que no logran encontrar los antiguos meandros naturales, hoy parte del espacio metropolitano. La infiltración en términos de hidrogeología urbana (Dávila & De León, 2011), se impide debido al efecto Barrera y el efecto Dren en el flujo del agua subterránea (Carrera y Vázquez, 2008), debido al decremento del nivel freático tanto por la extracción de agua subterránea como el abatimiento de agua de espacios subterráneos destinados a obras de la infraestructura vertical en incremento y otras obras de sellado a partir de cimentación de edificios.

Localización de afectaciones en AMG por lluvias extremas

Los eventos hidrometeorológicos, tales como lluvias, trombas y chubascos, representan un tema que requiere una evaluación exhaustiva y deben considerarse como fenómenos de notable importancia en la región del AMG, más allá de los aspectos técnicos llevados a cabo por las corporaciones encargadas de la gestión de riesgos de desastre, protección civil y bomberos. Las sequías extremas prolongadas, tormentas y chubascos se intensifican debido a la contribución antrópica desde la urbe, en los mecanismos de formación de precipitaciones.

La minuciosa investigación de estos fenómenos resulta imperativa desde los estudios de caso, debido a que se incrementa constantemente la presencia de estos fenómenos naturales alrededor del planeta y en particular en el AMG. En cuyo caso particular, las autoridades se enfrentan a contextos de aceleración industrial y desequilibrio ambiental. Debido a que la localización, en términos climatológicos se encuentra en una zona de convergencia de dos sistemas climáticos generadores de celdas de nubes con un marcado desarrollo vertical. Esta convergencia conlleva a manifestaciones climáticas violentas de riesgo elevado, tanto por la notable velocidad de los vientos registrados como por la incidencia de descargas eléctricas y granizo, como se da cuenta en el Atlas de Riesgo (IMEPLAN, 2023).

Sin embargo, el aspecto más crítico radica en el fenómeno de inundaciones repentinas, también conocidas como "flash flow", que se han documentado en varios municipios y han resultado en pérdida de vidas y graves daños materiales, según lo señalado en el Atlas de Riesgo 2007 (Georiesgos, 2023).

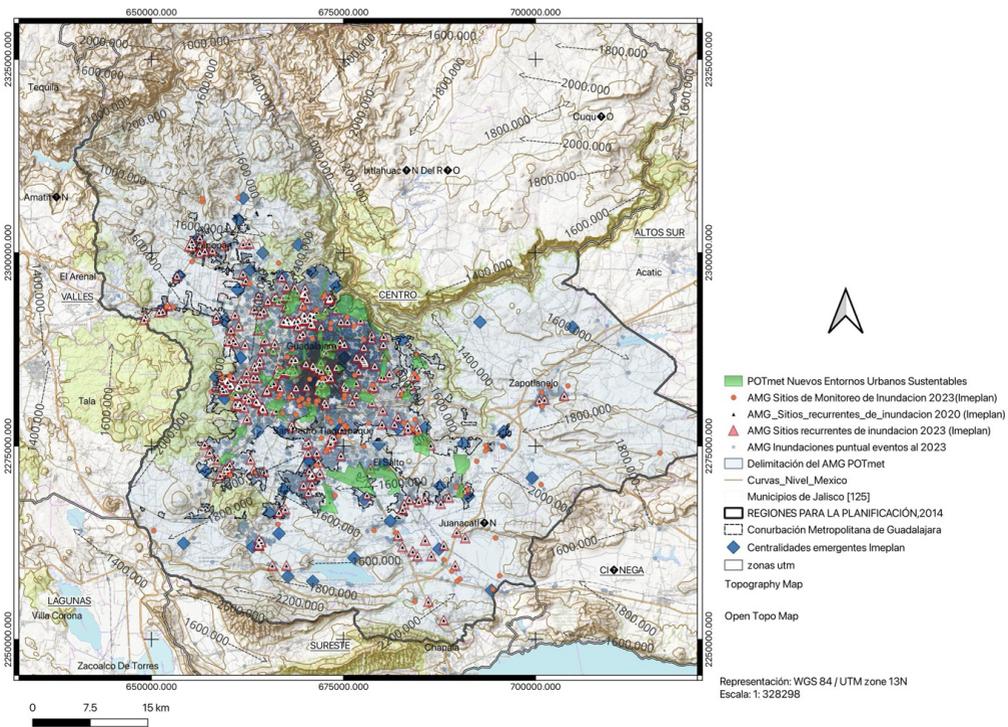
En el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), durante la temporada de verano y el inicio del otoño, se manifiestan precipitaciones, generadas por procesos de convección, lo que da lugar a tormentas intensas, concentradas y de breve duración (IMEPLAN, 2023). Estas condiciones, junto con el aumento de la urbanización, la progresiva impermeabilización del suelo a través del sellado urbano de las redes viales, la obstrucción de los flujos transversales subterráneos y la saturación de agua de la infraestructura en el sistema de drenaje, guardan relación con el incremento de inundaciones repentinas que se consideran graves, causando la pérdida de vidas humanas y de bienes materiales.

En la Figura 3 se observa que la mayor concentración de inundaciones tanto en duración como intensidad se presentan en el centro de convergencia de los 4 municipios centrales: Guadalajara, Tlaquepaque y Tonalá, en cuyo punto se sitúa el área más transformada de la metrópoli en términos de edificación inmobiliaria: Centro histórico, los 8 barrios primigenios en cuyo caso experimentan procesos de edificación vertical, primordialmente en Guadalajara y Zapopan de Noreste a

Noreste. En dicha localización se concentran áreas dinámicas, y los estratos socioeconómicos de alto ingreso per cápita. Mientras de Sur a Sureste, se encuentran las principales zonas periurbanas empobrecidas que experimentan, en la presente década procesos de gentrificación, a través de complejos habitaciones y áreas comerciales atractivas para sectores de inversión inmobiliaria y concentradas en lo que se denomina centralidades emergentes. Es en estos dos últimos espacios que los estragos de inundación y granizada han sido difusos, pero de grandes impactos socioambientales, ya que en 2019 se concentraron afectaciones de dos eventos uno de granizada y otro de lluvia extrema en el mismo lapso por más de 12 horas.

Figura 3.

Curvas de nivel frente a puntos de inundación históricos, monitoreo y centralidades emergentes



Fuente: Elaboración propia

En el ámbito del AMG se identifica un riesgo significativo de inundaciones pluviales, derivado de la cobertura asfáltica de los cauces naturales de ríos y arroyos, destinados a ser convertidos en vías de comunicación y/o sistemas de recolección de aguas sanitarias y pluviales, que en términos de hidrogeología urbana implica la impermeabilización de los suelos a partir de sellado urbano (Dávila & De León, 2011). La amenaza de inundaciones persiste cuando el volumen de escurrimiento pluvial excede la capacidad de conducción del sistema de alcantarillado, lo que subraya la importancia de estimar la cantidad de agua que se desplaza y la tasa de precipitación por hora para evaluar la capacidad del sistema de alcantarillado.

Ante tal contexto el AMG ha decretado 5 declaratorias de emergencia al 2024, 4 por lluvia extrema y 1 por granizada en los últimos 10 años. Sin embargo, lluvias de 15 a 20 mm de lluvia propicia estragos socioorganizacionales, pese a la baja intensidad.

Materiales, métodos y aspectos teóricos

El contenido presentado aborda principalmente aspectos cualitativos de manera inductiva, explicando las relaciones entre anegamiento, expansión urbana, desarrollos inmobiliarios y sellado urbano, los cuales están correlacionados con los riesgos de desastre por inundación según la literatura; así mismo, observados en el estudio de caso y que presentan patrones similares datados en estudios internacionales. Como paso técnico, se realizó la recopilación, cribado y depuración de información especializada. Además, se establecieron cadenas causales mediante procesos de inteligencia artificial generativa, entrenada para procesar el sistema de variables resultante de la estructuración de la información (Carobene et al, 2024).

Para sistematizar el análisis del problema, se empleó el método de trazabilidad de procesos causales, conocido en inglés como *Process-Tracing Methods* y *explaining-outcome process tracing* (Beach & Pedersen, 2013; Beach, 2017; Stark, 2021). Este método desglosa los procesos causales en sus componentes y examina cómo cada evento o causa contribuye al resultado final, facilitando la formulación de explicaciones plausibles mediante la comparación de información y la observación en campo. Básicamente, consiste en estructurar las variables en causas, mecanismos causales y respuestas (Beach, 2017).

El proceso causal se segmenta y se seleccionan del universo multicausal, las causas directamente relacionadas con el objeto de estudio, como eventos hidrometeorológicos: a) cambio climático, b) crisis climática, c) irregularidad de eventos hidrometeorológicos (Martínez et al., 2020). Se analiza la evidencia empírica de los efectos de estos aspectos, como lluvias extremas y granizadas, que producen basamentos e inundaciones. En los mecanismos causales se posicionan la transformación y dinámica urbana, específicamente la edificación inmobiliaria y la construcción de infraestructura subterránea, que implican respuestas gubernamentales, como instrumentos de planificación y obras de infraestructura: sellado urbano (calles, avenidas, construcciones que impermeabilizan el suelo), además de las respuestas del sector económico y social como: asentamientos periurbanos y la multiplicación de edificaciones con cimentación profunda (Illán et al., 2022; García et al., 2014). Los resultados se conforman por las cadenas de procesos resultantes tanto de la cadena causal ambiental como de las resoluciones sociales e institucionales implementadas para atender los mecanismos causales, como la generación o actualización de Atlas de Riesgo e Instrumentos de Ordenamiento Territorial para el AMG en modalidad de compactación de la ciudad a través de DOT. Cabe destacar que el presente trabajo forma parte de una investigación más amplia y no aborda la cuestión de infraestructura subterránea y la actuación social ante la problemática expuesta.

Se utilizó el análisis geoespacial asistido por SIG para examinar capas institucionales de cartografía a través de geoprocesos, como la elevación del territorio, el flujo de microcuencas en el espacio metropolitano y la clasificación de eventos de inundación desde 2019, cuando se estructuró un sistema de gestión de riesgos de desastre por inundación del organismo de planeación metropolitana. También se recurrió al trabajo de campo (Jociles, 2018), realizando observación participativa en mesas de trabajo organizadas por IMEPLAN. Esta técnica permitió recopilar información de primera mano y cotejarla con la literatura especializada durante diez años, tanto de instituciones de ordenamiento territorial como de infraestructura vial en el área de estudio, y durante cinco años como observador de eventos de inundación con el apoyo de personal de

protección civil. Esta experiencia proporcionó una visión dual: desde las instituciones ante la solución de problemas específicos y desde la sociedad como ciudadano, dejando la investigación para el proceso posterior al acopio de información registrado en diarios de campo.

Se recopiló literatura especializada tanto del caso en estudio como de otros similares en Latinoamérica, Europa y Asia, eligiendo casos relevantes por economía de espacio. Solo se mencionan aquellos más próximos en temporalidad al rediseño de instrumentos de ordenamiento territorial y gestión de riesgos de desastre, que presentan inundaciones extremas. La investigación abarca una década de observación participativa, de 2013 a 2023, de eventos de lluvia extrema, sus afectaciones socioorganizativas y la discusión institucional.

Consideraciones teóricas

Se parte de la perspectiva de los enfoques de Análisis de Gestión Integral de Riesgos de Desastre (Rodríguez & Morán, 2021; Mohammad & Bee, 2017), en torno a la política orientada al OT en tanto que se estudian las variables implicadas en el incremento de inundaciones y su atención por parte de las autoridades competentes en el AMG, esto con el fin de comprender las dinámicas de atención por parte de Protección civil Jalisco y Bomberos y clasificarlas de acuerdo a lo reportado en otros estudios de caso similares.

Como aspecto teórico, la GRD representa más un enfoque que está circunscrito a un campo multidisciplinario que involucra a campos disciplinares de la Antropología, la Ciencia Política, administración, Economía, Sociología, Ciencias Ambientales, Geología y Geografía por mencionar algunos recurrentes en los estudios del Riesgo. El objetivo de dicho enfoque instrumental busca mitigar los impactos de desastres naturales y antropogénicos a través de diversas estrategias y teorías (CENAPRED, 2022), parte de una visión sistémica basada en procesos de gestión.

En primera instancia el estudio académico de GRD comprende dos aspectos provenientes de las teorías de gestión pública y teorías de la organización donde los resultados obtenidos del estudio de los impactos ambientales, en específico del Análisis del riesgo ambiental contribuyen a las pautas del proceso administrativo público, en su gestión ante los eventos aludidos. Este implica la identificación de los componentes del Riesgo, los hay naturales y sociales; prácticamente el análisis del riesgo implica variables de Amenaza, Vulnerabilidad, Exposición, Peligro y capacidad de reposición ante los daños (Rodríguez et al, 2021; Ruíz et al, 2015).

Cuando se habla de Análisis de riesgo ambiental se entiende, según el modelo de análisis en donde el Riesgo es la adición de la Fragilidad ambiental más la Amenaza del evento perturbador y la Exposición al evento que perturba el común devenir del entorno. En condiciones sociales se evidencia un evento multiplicativo, el Riesgo es la resultante de índice de Vulnerabilidad multiplicado por la Amenaza, multiplicado por la Exposición, esta última es la utilizada comúnmente en GRD y se estructura su evaluación de acuerdo con el método. En trabajos como el de Rojas & Martínez (2011) se exponen las diferencias entre métodos existentes; en cuanto a la GRD. CENAPRED (2021) en México, instrumenta una guía sobre la gestión de las situaciones relativas a los desastres desde el año 2006, en donde se establecen las bases para la elaboración de los Atlas de riesgo municipales, con la finalidad de homologar criterios de acción e instrumentos tanto de ordenamiento como de gestión de recursos naturales acorde a la coyuntura global.

En términos de OT, estos se diseñan e implementan con la finalidad establecer dinámicas en los diferentes campos de acción social y reglas de aprovechamiento del espacio territorial. La finalidad última de la ordenación del territorio no es la de buscar una simple racionalidad o armonía física, sino la de “establecer los principios rectores de dicha ordenación dentro de la política de desarrollo del país, con una visión integral que permita orientar la distribución racional de las actividades y la población...” (Fantone, 2004).

El OT y la GRD son competencias municipales y estatales para el caso mexicano (Calderón & Frey, 2017) interrelacionadas y de facultad gubernamental donde la dirección de los procesos de gestión y atención se realizan desde una visión técnico-científica en constante actualización de sus enfoques disciplinares.

En el caso del AMG, las inundaciones, como principal riesgo de desastre, han sido prioritarias para los ayuntamientos, especialmente en los municipios centrales: Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá y El Salto. Estos municipios, por su carácter histórico y dinámica de desarrollo urbano, enfrentan expansión desordenada (Das & Mohammad, 2023; Karayaci, 2016) y una movilidad urbana intensificada por el crecimiento vehicular. Este crecimiento implica el sellado urbano mediante calles, avenidas y complejos residenciales, lo que impide la infiltración de agua de lluvia (Fokaides et al., 2016; García & Pérez, 2014; Huggenberger & Epting, 2011). Así, se generan estragos socioambientales derivados de las actividades productivas y la dinámica natural de la urbe. En cuanto a la visión institucional sobre la atención a eventos hidrometeorológicos, el Atlas de Riesgo Metropolitano adopta como marco referencial la Gestión Integral de Riesgos de Desastre (IMEPLAN, 2021).

Resultados y Discusión

De acuerdo con los resultados del trabajo de observación participativa y el análisis triangulado de literatura especializada, realizado entre junio de 2019 y marzo de 2024, la planificación del Instituto Metropolitano de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN) en torno al OT considera el desarrollo del Atlas de Riesgo Metropolitano, basado en el enfoque de GRD. Este Atlas considera las características urbanas de las zonas propensas a inundaciones, identificadas mediante puntos de monitoreo, aunque las cifras disciernen con las de otros estudios como el de Georiesgos (2023).

Como parte de este proceso, IMEPLAN colabora con las corporaciones municipales de protección civil y bomberos para crear y actualizar el Mapa Único de Inundaciones (MUI). Desde 2020, este mapa ha sido dinámicamente actualizado con el objetivo de identificar áreas de riesgo de inundación y zonas históricas de inundaciones, proporcionando series históricas de datos hidrometeorológicos, como duración, intensidad y volumen de las lluvias en puntos críticos. Esto permite prever y mitigar daños en infraestructura urbana, servicios públicos, movilidad, bienes de los ciudadanos y vidas humanas.

Se infiere que IMEPLAN está en proceso de transición de una atención reactiva, que responde a desastres una vez ocurridos, a una atención proactiva, que implementa estrategias preventivas para mitigar daños a la infraestructura y reducir pérdidas materiales y humanas (Mohammad & Bee, 2017). No obstante, los puntos de inundación y el riesgo de nuevas inundaciones en la

urbe siguen proliferando, a pesar de las medidas gubernamentales y comunitarias. Estas medidas incluyen reuniones con asociaciones vecinales para comunicar riesgos y acciones preventivas, como la limpieza de calles y la evitación de zonas de encharcamiento e inundación en trayectos automovilísticos y no motorizados.

Además, el Atlas de Riesgos y la reestructuración de la atención de las corporaciones de protección civil y bomberos se llevan a cabo en constante diálogo con los ayuntamientos y el organismo metropolitano. Según Georiesgos (2023), existen 570 zonas inundables documentadas, una cifra que difiere de la proporcionada por IMEPLAN, sugiriendo un sesgo en la interpretación geomática y la omisión del reconocimiento histórico en un horizonte de 100 años.

La implementación de infraestructura pluvial, como colectores en puntos estratégicos de la ciudad, ha sido crucial para mitigar los niveles de inundación en áreas históricamente afectadas por anegamientos de hasta 1.5 metros. Estas obras, diseñadas desde una perspectiva de aparente sustentabilidad, han reducido la severidad de los daños causados por lluvias extremas y granizadas, eventos que se han vuelto más frecuentes desde 2018 (IMEPLAN, 2021; IMEPLAN, 2016). Sin embargo, el número de puntos de inundación sigue aumentando. Entre 2023 y el primer semestre de 2024, se identificaron 41 nuevos puntos de inundación mediante análisis geoespacial basado en datos institucionales disponibles en el sitio "sigmetro" de IMEPLAN.

En 2010, se contabilizaron aproximadamente 147 puntos de riesgo de inundación debido a encharcamientos y anegamientos. A casi quince años después, este número ha aumentado a 570, incluyendo puntos históricos y nuevos de anegamiento, así como zonas con efecto presa susceptibles a inundaciones. Este incremento se correlaciona con la expansión urbana y la proliferación de edificaciones de media y alta densidad habitacional, tanto horizontales como verticales, debido a sus efectos de sellado de suelos que no permiten infiltración (Das & Mohammad, 2023; Karayaci, 2016).

El modelo DOT ha promovido la compactación y verticalización de edificaciones de uso mixto, mientras que la expansión urbana en la "región metropolitana por decreto" desde los años ochenta ha generado dispersión y segmentación del sistema urbano. Los desarrolladores inmobiliarios, siguiendo las tendencias de asentamientos industriales, gestionan la transformación del uso del suelo en áreas periurbanas, a menudo en el límite de lo normativo y alejadas de las centralidades de servicios urbanos. Estas gestiones, facilitadas por instituciones laxas y poco transparentes, desafían los planes de ordenamiento territorial y el Atlas de Riesgo (Fokaides et al., 2016; García & Pérez, 2014; Huggenberger & Epting, 2011).

Desde 2015, se han autorizado alrededor de 70 proyectos de edificaciones de más de 15 pisos en los nueve municipios de la región metropolitana (Demerutis et al., 2022). Guadalajara, Zapopan y Tlaquepaque concentran más del 80% de estas edificaciones verticales, y son los principales territorios que se ven afectados en cada temporal de lluvias. Entre 2014 y 2023 se emitieron cuatro declaratorias de desastre para atención a habitantes de dichos municipios: tres por inundaciones en 2014, 2019 y 2021 que conllevaron inundaciones y deslaves de suelo con pérdidas materiales en el Suroriente en los municipios de Tlaquepaque y Guadalajara, y una por granizada en 2019 en linderos del centro histórico, próximos del suroriente y Sur hacia Zapopan. Con ello se activó en cada evento el programa nacional de atención a desastres DNIII de la federación para la atención económica y de limpieza por desastres.

En menos de una década, los eventos hidrometeorológicos, junto con la obstrucción de escorrentías naturales y el sellado de suelos debido a edificaciones y expansión vial, han resaltado la necesidad de integrar enfoques multi e interdisciplinarios más diversos en los que se incluya la Geología urbana por los evidentes estragos ante la incapacidad de infiltración. Dicha disciplina contribuye en la comprensión integral de los eventos hidrometeorológicos, hidrogeológicos y de sustentabilidad que pueden contribuir en la planeación territorial para el OT y la GRD (Huggenberger & Epsting, (2011).

Retomando el asunto de las edificaciones, tanto las realizadas en *pro* de la compactación de la ciudad como aquellas que apuestan a la potencialización de “nuevas” centralidades por la expansión “desordenada” de la urbe, se infiere a partir de la literatura especializada en aspectos de Hidrogeología urbana y de Geología urbana que, dichas construcciones ejercen afectaciones en el flujo de escorrentías superficiales, obstaculizan la infiltración y traslado transversal del agua pluvial subterráneo, la red de colectores que tienen una antigüedad de más de 80 años, su calibre y azolve es ineficiente, ante la concentración de descargas de agua sanitaria de los nuevos edificios, las áreas habitacionales tradicionales, los volúmenes de agua de lluvia y la severidad de chubascos y granizadas, como se puede observar en el caso analizado del AMG. En la figura 4., se observan imágenes del evento de desastre en 2019, las inundaciones y desborde de estas es una situación “normalizada” que no debe serlo, en cuanto a la granizada, esta aconteció tanto en volumen como en tiempo de precipitación, alrededor de 4 horas de granizado (con afectaciones en tiempo por más de 12 horas), donde los sistemas de drenaje y captación colapsaron al punto de emanar granizo ¡a través de las tuberías domesticas!

Figura 4.

Efectos de la granizada en 2019 sobre AMG

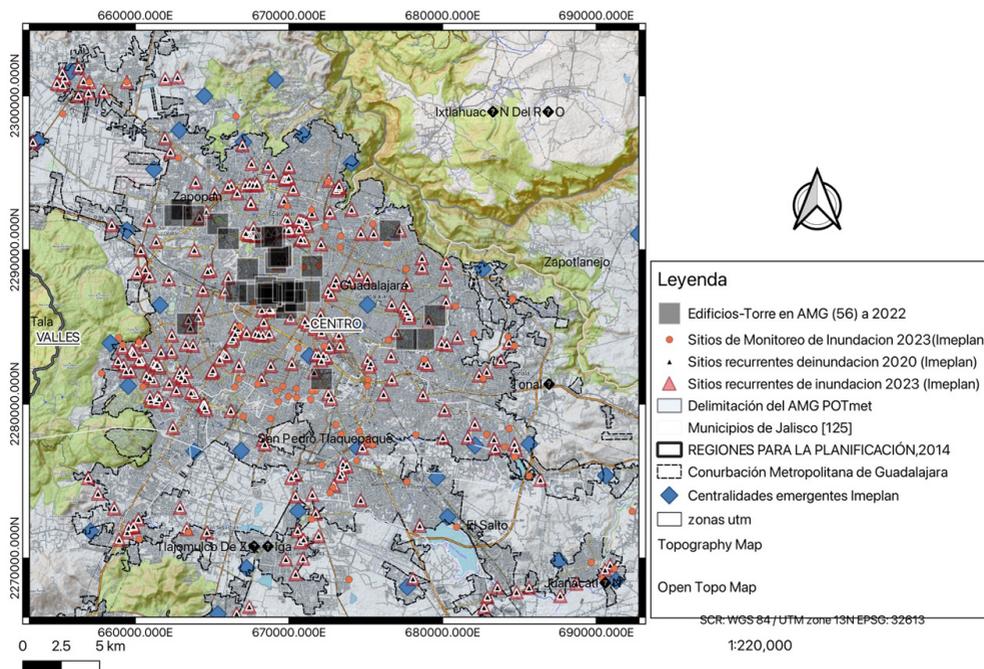


Evento Hidrometeorológico extremo: Lluvia y Granizada, Sur- Poniente AMG, 1 de julio 2019

Fuente: Reforma (30 de julio 2019). <https://www.reforma.com/pega-granizada-a-guadalajara/ar1712484>
 El Economista (30 de julio 2019). <https://www.eleconomista.com.mx/arteseideas/Granizada-inusual-de-ja-afectaciones-en-Guadalajara-20190630-0014.html>
 El Informador (27 de julio 2017). <https://www.informador.mx/Jalisco/Lluvia-exhibe-28-puntos-de-inundacion-20170727-0125.html>

La evaluación de riesgos en proyectos de infraestructura vial subterránea, así como los criterios de inspección y vigilancia ambiental en México, ha revelado transformaciones significativas en el resguardo del patrimonio natural hídrico en los últimos 20 años (Rojas, 2022). Las instituciones han promovido la conservación y sustentabilidad de los repositorios de agua mediante estrategias y políticas ambientales alineadas con acuerdos internacionales. No obstante, una lógica de mercado permisiva ha afectado la mejora del entorno urbano, dicha lógica es promovida por desarrolladores inmobiliarios y solapada por servidores públicos (Peña, 2023). La infraestructura urbana, aunque esencial para la realización social, no es Sostenible pese a las consideraciones ambientales en los proyectos, éstas no consideran adecuadamente las variables climáticas a mediano y largo plazo y sus efectos como en este caso, las inundaciones. Esta dinámica complica la atención de eventos desastrosos por inundación en áreas residenciales, que actualmente se observan exacerbados por los regímenes hidrometeorológicos que prevalecen a nivel global.

Figura 5.
Zonas de edificación vertical en AMG



Fuente: Elaboración propia

Instrumentos de Gestión del Riesgo de desastre a través de un organismo de gestión metropolitana

Los Atlas de Riesgo, son instrumentos útiles en el diseño de la planeación para el OT (Darabi et al, 2019; Ruiz et al., 2014), son herramientas fundamentales en el proceso de planificación para prevenir y mitigar tanto las islas de calor como las inundaciones, estas últimas a través de herramientas geospaciales como son los mapas de inundación (Etulain, 2017). Estos Atlas de Riesgo proporcionan información detallada sobre los riesgos naturales y antropogénicos presentes en

una determinada área, lo que incluye riesgos hidrometeorológicos, geológicos, y de otro tipo. En el proceso del OT, los Atlas de riesgo sirven como base para establecer normativas y regulaciones que limiten el desarrollo urbano en áreas de alto riesgo y promuevan prácticas de construcción sostenible que reduzcan la vulnerabilidad ante desastres (Hemmati, et al., 2020; Darabi et al., 2019).

La respuesta de organismos para el ordenamiento territorial metropolitano como es el caso de IMEPLAN en la Gestión del Riesgo de Desastres, se caracteriza por un enfoque predominantemente reactivo, como señalan Rodríguez y Morán en torno a la clasificación del tipo de atención gubernamental (2021). Aunque se han establecido el POTMet, el Atlas de Riesgo para el AMG y la Agenda de Resiliencia Hídrica, no aborda directamente la gestión de eventos hidrometeorológicos como estrategia de resiliencia, más allá de los sistemas de colecta pluvial cuyo esfuerzo se observa débil. A pesar de los esfuerzos gubernamentales por mantener la etiqueta de ciudades resilientes, las afectaciones son frecuentes en poblaciones no acostumbradas a inundaciones y que se ven vulneradas, además de sus carencias económicas por la pérdida de sus bienes materiales a causa de los desastres que van proliferando por el incremento de puntos de inundación. La atención se centra en la gestión post-eventos, evidenciando la necesidad de adoptar una visión proactiva que contemple la planificación integral para abordar estos desafíos (Rodríguez & Morán, 2021).

Figura 6.

Línea de Tiempo de Instrumentos de Planeación de OT y Gestión de Riesgos en el AMG

Año	2001 y rectificación en 2008	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018	2019	2020
Instrumento	Plan de Ordenamiento Ecológico Territorial de Jalisco (POET)	Atlas de Riesgo Municipal de Guadalajara	Atlas de Riesgo Municipal de Zapopan	Atlas de Riesgo Municipal de Tlaquepaque	Surgimiento de IMEPLAN	Atlas de Riesgo Municipal de Tonalá	Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano (POTmet)	Plan de Acción Climática del AMG	Agenda Hídrica	Atlas de Riesgo Metropolitano del AMG
Objetivo	Regular y orientar el uso del suelo para proteger el medio ambiente y fomentar el desarrollo sostenible.	Identificar y evaluar riesgos para mejorar la planificación y respuesta ante desastres.	Identificar zonas de riesgo para implementar estrategias de mitigación y prevención de desastres.	Delimitar áreas de riesgo para facilitar la toma de decisiones en gestión de riesgos.	Coordinar la planeación y gestión del desarrollo en el AMG.	Proporcionar información sobre áreas de riesgo para planificar acciones de prevención y mitigación.	Establecer lineamientos para el desarrollo urbano coordinado.	Implementar medidas de adaptación y mitigación ante el cambio climático.	Garantizar el manejo sostenible del agua mediante la planificación y gestión integral.	Identificar riesgos a nivel metropolitano para desarrollar estrategias de protección civil más efectivas.
Acciones de Gestión de Riesgos	- Elaborar una propuesta de ordenamiento ecológico. - Promover la participación de sectores sociales, públicos y privados. - Orientar la toma de decisiones sobre el uso del territorio.	- Identificación de zonas de riesgo. - Desarrollo de estrategias de mitigación y prevención. - Integración de información de riesgos en la planificación urbana.	- Identificación y delimitación de áreas de riesgo. - Implementación de medidas preventivas y de mitigación. - Integración de información de riesgos en la planificación municipal.	- Evaluación de vulnerabilidades y capacidades de recuperación. - Integración de condiciones de vulnerabilidad, amenaza y resiliencia. - Desarrollo de mapas temáticos sobre hidrología y amenazas específicas.	- Coordinación de esfuerzos entre municipios. - Implementación de políticas y estrategias metropolitanas. - Integración de la gestión de riesgos en la planificación metropolitana.	- Identificación de áreas vulnerables. - Desarrollo de estrategias de mitigación y prevención. - Integración de información de riesgos en la planificación municipal.	- Definición de criterios y lineamientos para la reducción de riesgos. - Integración de información de riesgos en el desarrollo urbano. - Coordinación de acciones de mitigación y prevención a nivel metropolitano.	- Desarrollo de estrategias de adaptación y resiliencia climática. - Implementación de medidas de mitigación de emisiones. - Integración de la gestión de riesgos climáticos en la planificación metropolitana.	- Desarrollo de estrategias para la conservación y uso sostenible del agua. - Implementación de medidas para la prevención de riesgos hídricos. - Integración de la gestión de riesgos hídricos en la planificación metropolitana.	- Identificación de peligros, amenazas y vulnerabilidades. - Definición de criterios y lineamientos para la reducción de riesgos. - Coordinación de acciones de mitigación y prevención a nivel metropolitano.

Elaboración propia. Fuente: <https://www.IMEPLAN.mx/atlas-metropolitano-de-riesgos/> https://geomatica.guadalajara.gob.mx/apps/atlas_riesgo/index.html <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/196> <https://sigat.semadet.jalisco.gob.mx/ordenamiento/POET.html>

La experiencia acumulada y el análisis de eventos hidrometeorológicos que impactan, a través de inundaciones y pérdidas materiales y humanas, se utilizan en la formulación de Planes de Ordenamiento Ambiental y Atlas de Riesgos como medidas de resiliencia (Hemmati et al., 2020). En el Área Metropolitana de Guadalajara, las autoridades no solo abordan las consecuencias inmediatas, sino que incorporan lecciones aprendidas para diseñar políticas preventivas (IMEPLAN & UNAM, 2021). Este enfoque busca anticipar y mitigar riesgos, promoviendo una gestión del riesgo de desastres más proactiva y efectiva en el ámbito territorial.

En cuanto a la GRD y la evaluación de riesgos asociados a eventos, ya sean de origen natural o sociorganizativos, los cuerpos de protección civil y bomberos desarrollan estrategias de actuación fundamentadas en el análisis de las causas y efectos de fenómenos particulares. Conforme a la perspectiva de Ruiz et al. (2015), los municipios, según lo estipulado en el artículo 115 de la constitución mexicana, ostentan la responsabilidad en la prestación de servicios y administración públicos; dicha atribución a partir de la declaratoria de desastre en 2019 en AMG se tomó como referente para cambiar la actuación institucional hacia la GRD de manera proactiva (Mohammad & Bee Lan, 2017).

En el contexto de eventos perturbadores, como inundaciones y granizadas, los cuerpos de protección civil y bomberos en México están facultados para intervenir de manera eficiente. En la última década, han emergido organismos de gestión pública y metropolitanos que coordinan la planeación y el acopio de información de campo. Desde 2023, IMEPLAN ha buscado la coordinación municipal y de los cuerpos mencionados para actualizar el Mapa Único de Inundaciones (MUI).

Este progreso ha llevado a la adopción de buenas prácticas en proyectos y programas de políticas públicas, así como en el diseño de instrumentos de OT y gestión de riesgos en Latinoamérica (Etulain et al., 2017; Ruiz, Casado & Sánchez, 2014). En otros contextos internacionales, se han implementado estrategias sustentadas en disciplinas científicas emergentes, desafiando el sentido tradicional de la planificación urbana (Rodríguez en Morales et al., 2016), la incursión al programa de 100 ciudades resilientes por parte de AMG puede contribuir a la mejora en el diseño e implementación de estrategias más integrales.

Casos en países latinoamericanos, asiáticos y europeos han respondido a los estragos del cambio climático con una planeación metropolitana apegada a instrumentos normativos y jurídicos, acordes al paradigma de la sostenibilidad. En Noruega, por ejemplo, el desarrollo inmobiliario vertical y la especulación de mercado no contemplados en la reglamentación subnacional han generado afectaciones ambientales, a pesar del apego normativo de los proyectos (Huggenberger & Epting, 2011). Estos problemas se asocian a las afectaciones hidrogeológicas, conocidas como efecto Barrera y Dren, que interrumpen los flujos de agua subterránea (Carrera & Vázquez, 2008).

En el AMG, desde la creación de IMEPLAN en 2015, se han impulsado estrategias metropolitanas para el OT, basadas en el conocimiento de corporaciones de protección civil, bomberos y la comisión estatal del agua. Esto ha resultado en la producción de Atlas de Riesgo y estudios técnicos para adaptar continuamente el POTMet (IMEPLAN, 2016). A pesar de estos avances, a una década del inicio de funciones del organismo y la inercia de prácticas irregulares en proyectos inmobiliarios privados representan obstáculos para la implementación efectiva de estrategias de gestión integrada de riesgos de desastre. La expansión periurbana en territorios de antigua propiedad social y la participación intensiva de la iniciativa privada en proyectos dispersos y lejanos a las centralidades de servicios públicos agravan la situación (Rojas, 2022).

El seguimiento de las pautas de acción institucional por parte del organismo muestra consistencia en la formulación de políticas públicas para la gestión metropolitana y la coordinación interinstitucional. Desde 2019, se actualiza el mapa único de inundaciones, evidenciando el compromiso en la gestión del riesgo de inundaciones. Sin embargo, las afectaciones como deslaves

de casas y pérdida de bienes se presentan en espacios periurbanos empobrecidos, mientras que el caos vial es común en el cuadrante central con mayor edificación vertical.

La visión institucional sobre la atención a desastres en México está fuertemente influenciada por enfoques urbanísticos e industriales, relegando aportaciones de otros campos científicos. En las mesas de trabajo para la adecuación del POTMet en 2023, las propuestas de expertos no siempre se transmiten adecuadamente, especialmente en la gestión metropolitana del agua. Esto resalta la necesidad de integrar disciplinas emergentes como la geología urbana y la ecología política para abordar problemas recurrentes como el incremento de puntos de inundación, la alteración de la red geohidrológica subterránea, y las afectaciones socioambientales.

La expansión urbana desordenada, conocida como "urban sprawl" (Das, Kahn & Mohammad, 2023), ha intensificado los problemas de inundación en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) durante la última década. Este crecimiento, tanto vertical como horizontal, propicia el sellado de suelos potencialmente filtrantes o de traslado hídrico, afectando negativamente los flujos de agua subterránea y el régimen de escurrimiento. Como consecuencia, eventos hidrometeorológicos extremos como lluvias intensas y granizadas han causado desastres localizados, afectando bienes materiales y vidas humanas. Aunque la Organización de las Naciones Unidas sugiere que las dinámicas urbanas pueden ser clave para implementar soluciones sostenibles que mitiguen los efectos del cambio climático, asociados a impactos ambientales urbanos. Se observa que las irregularidades en las que incurren los desarrolladores inmobiliarios obstruyen la eficacia del OT, al no atender las disposiciones normativas de construcción, de adaptación de sus marcos conceptuales en la elaboración de estudios técnico-científicos como en materia de usos de suelo.

La infraestructura urbana profunda interfiere con los procesos naturales de escorrentía e infiltración, exacerbando los problemas hidrogeológicos y estresando los depósitos subterráneos de agua (Huggenberger & Epting, 2011). La expansión desordenada y la falta de planificación integral están alterando los procesos naturales, destacando la necesidad de integrar criterios de geología urbana y otras disciplinas emergentes en la planificación territorial para garantizar la sostenibilidad y resiliencia urbana.

Gestión del Riesgo de Desastres y Expansión Urbana en el Área Metropolitana de Guadalajara: Desafíos y Estrategias

En Latinoamérica, la transformación de espacios naturales o rurales en urbanos ha generado problemas socioambientales, como se observa en el AMG. La expansión urbana y las construcciones verticales incrementan el sellado urbano mediante redes viales y edificaciones, interrumpiendo el ciclo geohidrológico y el escurrimiento superficial hacia ríos y arroyos (Das et al., 2023; Drabi et al., 2019; García et al., 2014; Huggenberger & Epting, 2011). Según ONU-Hábitat (2019), las ciudades son tanto el problema como la solución a la crisis ambiental, dado su papel en la producción de contaminantes y la concentración de recursos.

La impermeabilización del suelo, como se ha observado en la Unión Europea (Illán et al., 2022), obstaculiza el intercambio entre la geosfera y otros sistemas, afectando ciclos biogeoquímicos y el ciclo del agua, lo que impacta el clima y la temperatura microregional (Pérez, Romero & Pedraza, 2016; Fokaides, Kili & Ioannu, 2016; García, Pérez & García, 2013). La Comisión Europea ha

clasificado recientemente este fenómeno como un tema preocupante y que se está observando de manera reiterada no sólo en Latinoamérica (Carrera & Vázquez, 2008).

La GRD asociada a inundaciones se centra en estrategias para prevenir, mitigar, prepararse y responder, Gobierno y Sociedad, ante estos eventos para minimizar su impacto en comunidades, entornos e infraestructuras (Rodríguez & Morán, 2021; PNUD, 2012). Este enfoque utiliza el conocimiento científico y la capacidad de anticipación para abordar los riesgos de anegamiento, complementado por la gestión comunitaria (Ruiz et al., 2014; Mutuverría & Palazzolo, 2013).

Mohammad y Bee Lan (2017) destacan la necesidad de comportamientos proactivos en la GRD, comprendiendo las particularidades de cada riesgo. En Estados Unidos, se observa una diferencia entre la atención proactiva y reactiva en la gestión del riesgo. En México, el CENAPRED establece directivas para la atención de riesgos de desastre, enfatizando la importancia de enfoques interdisciplinarios.

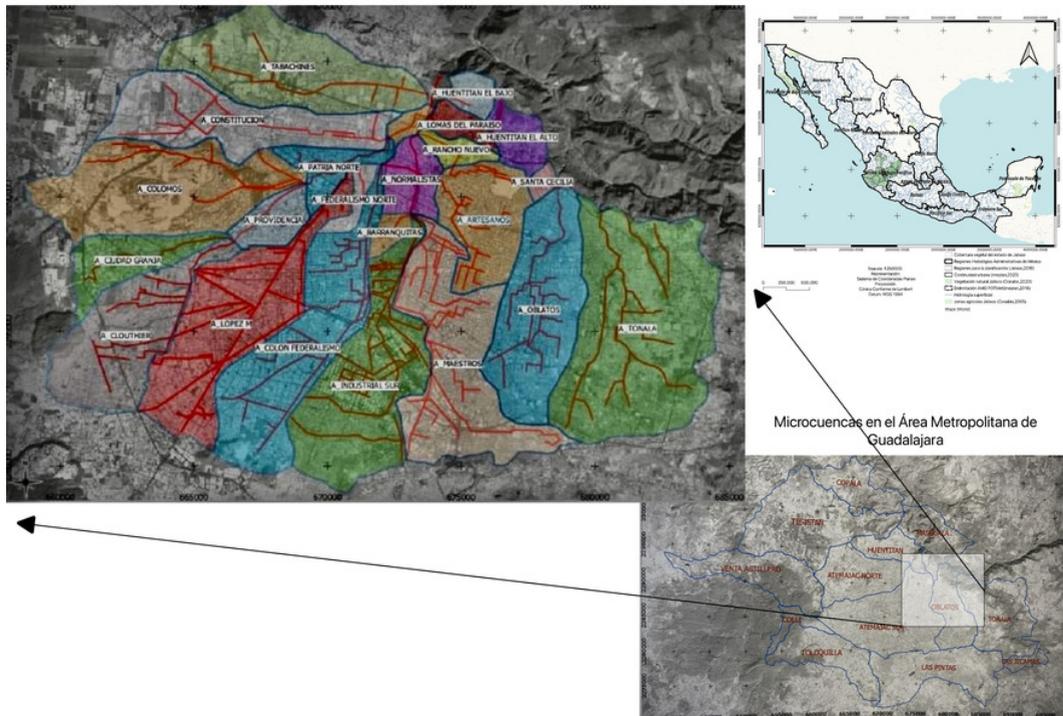
Es imperativo destacar que las medidas de control en origen de los flujos de escorrentía para prevenir inundaciones no excluyen la necesidad de adoptar medidas estructurales convencionales, como la construcción de colectores, que siguen siendo esenciales para abordar las complejidades de las zonas urbanizadas existentes y pese a los costos financieros, si del cuidado de vidas se trata. Para optimizar la eficacia de estas medidas, se requieren esfuerzos adicionales en el mantenimiento del sistema de drenaje, respaldados por métodos modernos de monitoreo y control. Para el caso atendido se observa la existencia de alcantarillado combinado: infraestructura que conduce de manera simultánea tanto las aguas residuales (domésticas e industriales) como las aguas pluviales, según la definición de Peavy et al. (1985); no obstante, en la actual AMG son insuficientes. Lo cual deriva en la necesidad de implementar más ductos del proyecto de colectores pluviales.

La elección del tipo de alcantarillado a implementar se determinó considerando factores como, la densidad poblacional atendida, la precipitación pluvial, la topografía y las condiciones económicas del proyecto, este último factor representa la mayor limitante. En México, más del 90% de las ciudades, incluida la AMG en sus cuatro municipios centrales, emplea un sistema de alcantarillado combinado como se puede observar en la Figura 7.

Figura 7.

Localización de Colectores combinados en las microcuencas Atemajac Sur y Norte y Oblatos.

Colectores Sanitarios combinados de los 4 municipios centrales: Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá



Fuente: Elaboración propia con imágenes 1. Colectores sanitarios combinados y 2. Microcuencas del AMG de Hernández González, A. (2017)

Aunque esta alternativa resulta económica en términos de recolección inicial, se plantea una reflexión crítica desde la perspectiva de un enfoque integral de saneamiento, especialmente en relación con la posterior implementación de plantas de tratamiento, puesto que dicho sistema contempla el acopio de aguas negras, grises y pluviales. Se aboga por buscar soluciones separadas si es viable, abordando individualmente los retos asociados a la conducción de aguas residuales y pluviales, según López Cualla (1999).

Conclusiones

El crecimiento urbano desordenado, ya sea vertical u horizontal, parece cumplir con las leyes y normativas de OT en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). Sin embargo, se observa que los intereses de la iniciativa privada en el mercado inmobiliario no se limitan exclusivamente a esta región microeconómica del occidente de México o al país en su totalidad. Este fenómeno es recurrente en países con desarrollo urbano caracterizado por la eficiente prestación de servicios públicos, tanto en Latinoamérica como en Europa o Asia. Los desarrolladores inmobiliarios tienen influencia en la aprobación de proyectos, a pesar de las repercusiones socioambientales y la capacidad institucional limitada para remediar futuras externalidades negativas, como la pre-

vención de daños por lluvias extremas o la mitigación del aumento de temperatura que afecta el microclima urbano.

Las variaciones climáticas actuales y la alteración de los ciclos hidro-geomorfológicos generan graves estragos en la vulnerabilidad de los habitantes urbanos ante los riesgos de desastres, especialmente durante eventos hidrometeorológicos atípicos, como las intensas lluvias que causan inundaciones y daños en el AMG. Ante este panorama, las autoridades han adaptado esquemas de Gestión del Riesgo de desastres, adoptando buenas prácticas de otros casos similares a nivel mundial.

A pesar de los avances en la integración de visiones sociales y ambientales en el OT, persisten obstáculos burocráticos y una visión predominantemente urbanística sustentada en el análisis geoespacial como “regla de comprobación científica”, aunque no lo es del todo, ya que prioriza la estética sobre las consideraciones socioambientales y de equidad social. La sostenibilidad argumentada se vuelve selectiva, priorizando un aspecto de la triada de la sustentabilidad económica para el desarrollo urbano y dejando de lado los otros dos aspectos de sostenibilidad ambiental como la tratada aquí y la justicia socioambiental de grupos sociales vulnerables que reciben los costos ambientales a través de los riesgos y desastres devenidos por lluvias, lo que conduce a una simulación retórica de sostenibilidad y resiliencia urbana de discurso, difundida en organismos internacionales pero no evidenciada en la seguridad ambiental de los ciudadanos.

Los desarrolladores inmobiliarios, en su afán de promover el desarrollo urbano, ejercen influencia sobre la observancia de las leyes, mientras que las afectaciones socioambientales severas persisten al margen de los instrumentos de OT y las agendas de resiliencia hídrica. El sellado urbano impermeable, el efecto drenaje alrededor de los sótanos de los edificios y la expansión desordenada del crecimiento urbano obstaculizan la capacidad de infiltración de agua de calidad y afectan los flujos de escurrimiento.

Agradecimientos

Se agradece las facilidades otorgadas a la Universidad de Guadalajara, al Municipio de Tlaquepaque y sus administraciones 2019-2022 y 2023-2025 y a Imeplan del Área Metropolitana de Guadalajara, por las facilidades otorgadas para el desarrollo de la Investigación.

Referencias bibliográficas

BEACH, D., and Pedersen, R.B. (2013). *Process-Tracing Methods: Foundations and Guidelines*. Ann Arbor Michigan: University of Michigan Press https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5569087/mod_folder/content/0/Textos/Beach%20and%20Pedersen%2C%20Process-Tracing%20Methods%20-%20Foundations%20and%20Guidelines.pdf

BEACH D. Process-Tracing Methods in Social Science. (2017). Politics. *Oxford Research Encyclopedias*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228637.013.176>

BORJA, J., CARRIÓN F. & CORTI M. (Eds.). *Ciudades resistentes, ciudades posibles*. Barcelona. Editorial UOC. 2017. <https://www.editorialuoc.com/ciudades-resistentes-ciudades-possibles>

CALDERÓN Ramírez, D. & FREY, K. (2017). El Ordenamiento Territorial para la Gestión del Riesgo de desastres en Colombia. *Territorios*, (36), 239-264. <http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.4795>

CAROBENE, A; Padoan, A; Cabitza, F; Banfi, G; & Plebani, M. (2024). Rising adoption of artificial intelligence in scientific publishing: evaluating the role, risks, and ethical implications in paper drafting and review process. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, vol. 62, no. 5, pp. 835-843. <https://doi.org/10.1515/cclm-2023-1136>

CARRIZO Sineiro, C. (2018) Sustentabilidad y gestión de riesgo. Respuesta, reparación y prevención frente a inundaciones desde un análisis de caso. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (24). Ecuador, Ed. Flacso. Pp. 105-123. <https://doi.org/10.17141/letras-verdes.24.2018.3328>

CARRERA, J. & VÁZQUEZ-SUÑÉ, E. (2008). Sobre la interacción entre acuíferos y obras subterráneas. *El agua y las infraestructuras en el medio subterráneo*. Barcelona: AIH-GE,. https://www.researchgate.net/publication/242559111_Sobre_la_interaccion_entre_acuiferos_y_aguas_subterranas

CENAPRED. (2021). Lineamientos generales para la elaboración de Atlas de Riesgos; conceptos básicos sobre peligros, riesgos y su representación geográfica. México, Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana,. <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/44.pdf>

DARABI, H., Choubin, B., Rahamati, O., Torabi, A., Pradhan, B. & Kløve, B. (2019). Urban flood risk mapping using the GARP and QUEST models: A comparative study of machine learning techniques. *Journal of Hydrology*, 569. pp. 142-154. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.12.002>

DAS, B., KHAN, F. & MOHAMMAD, P. (2023). Impact of urban sprawl on change of environment and consequences. *Environ Sci Pollut Res*, 30, pp. 106894-106897. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29192-3>

DAVILA PORCEL, R & De LEÓN GOMEZ, H. (2011). Importancia de la hidrogeología urbana; ciencia clave para el desarrollo urbano sostenible. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 63, n. 3. Ciudad de México , p. 463-477, Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222011000300008&lng=es&nrm=iso

DEMÉRUTIS Arena, A., RODRÍGUEZ Bautista, JJ., NAPOLES, D. & TORRES Espinoza, G. (2022). Vivienda vertical en el AMG es clasista y gentrificadora. En Iván Serrano Jauregui. *Secc. Investigación y Conocimiento, Gaceta UdeG*. Zapopan, Universidad de Guadalajara.. <https://www.gaceta.udg.mx/vivienda-vertical-en-el-amg-es-clasista-y-gentrificadora/>

El Informador. *Vivienda: Ofrecen torres otro lienzo al cielo de Guadalajara*. (2023, septiembre 30). Guadalajara. <https://www.informador.mx/jalisco/Vivienda-Ofrecen-torres-otro-lienzo-al-cielo-de-Guadalajara-20230930-0042.html>

ETULAIN, J. & LÓPEZ, I. (2017). Inundaciones urbanas. Mapas de riesgo y lineamientos de Ordenamiento Territorial en la región del gran La Plata: aspectos teóricos-metodológicos y propositivos. *Estudios del Hábitat num.15*, vol., 2. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo; pp. 1-21. <http://dx.doi.org/10.24215/24226483e030>

FANTONE, F. (2004). Relaciones teóricas de la ordenación del territorio y el paradigma de desarrollo de abajo hacia arriba. *Terra Nueva Etapa*, vol. XX, núm. 29, Universidad Central de Venezuela Caracas, Venezuela. pp. 87- 105. <https://www.redalyc.org/pdf/721/72102906.pdf>

FOKAIDES PA, KYLILI A, NICOLAOU L & IOANNOU B.(2016). The effect of soil sealing on the urban heat island phenomenon. *Indoor and Built Environment*, 25 (7). Pp.1136-1147. <https://doi.org/10.1177/1420326X16644495>

GARCÍA Alvarado, J., PÉREZ Gonzalez, M. & GARCÍA Rodríguez, M. (2014). Revisión del concepto de sellado de suelos y propuesta de tipología urbana. *Anales de Geografía*, vol. 34, núm. 1. Pp. 87-103 http://dx.doi.org/10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n1.45193

GEORIESGOS. *Calamidades antropogénicas*. 2023. Guadalajara. <https://www.georiesgosjalisco.com/mapas/estado-de-jalisco>

GLIGO, N. (2021). *Sustentabilidad”: contradicciones y trampas inherentes a ella*. Universidad de Chile.. <https://www.uchile.cl/noticias/172734/sustentabilidad-contradicciones-y-trampas-inherentes-a-ella>

HERNÁNDEZ González, A. [Tesis de grado]. (2017). *Diagnóstico y propuesta para el problema de incapacidad de los colectores sanitarios y pluviales en la ciudad de Guadalajara*. Tonalá, Universidad de Guadalajara. <https://riudg.udg.mx/handle/20.500.12104/73567>

HEMMATI, M., ELLINGWOOD, B. R., & Mahmoud, H. N. (2020). The role of urban growth in resilience of communities under flood risk. *Earth's Future*, 8, e2019EF001382. <https://doi.org/10.1029/2019EF001382>

HUGGENBERGER P., & EPTING J. *Urban Geology; Process-Oriented Concepts for Adaptive and Integrated Resource Management*. Great Britania, Springer Basel AG, 2011. <https://doi.org/10.1007/978-3-0348-0185-0>

ILLÁN-Fernandez, E. J., Pérez-Morales, A., & Romero-Díaz, A. (2022). El sellado antropogénico del suelo. Análisis bibliométrico. *Cuadernos Geográficos*, 61(1), pp. 107-128. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v61i1.22293>

IMEPLAN. (2023). Mapa Único de Inundaciones. Zapopan, SIGmetro. <https://sigmetro.IMEPLAN.mx/login>

IMEPLAN & UNAM. (2021). *Atlas Metropolitano de Riesgos*. Zapopan. IMEPLAN- Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.IMEPLAN.mx/atlas-metropolitano-de-riesgos/>

IMEPLAN.(2016). *POTMet. Plan de Ordenamiento Territorial para el Área Metropolitana de Guadalajara*. Guadalajara: Gobierno del estado de Jalisco. <https://plan.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2024/05/Plan-de-Ordenamiento-Territorial-Metropolitano-POTmet.pdf>

JOCILES Rubio, M. I. (2018). La observación Participante En El Estudio etnográfico de las prácticas sociales. *Revista colombiana de antropología*, 54, pp. 121-150. <https://doi.org/10.22380/2539472X.386>

KARAKAYACI, Z. (2016). The concept of urban sprawl and its causes. *The Journal of International Social Research*, 9(45), pp. 815-818. <https://doi.org/10.17719/JISR.20164520658>

LÓPEZ Cualla, R. A. (1999). *Diseño de Acueductos y Alcantarillados*. Colombia. Ed. Alfaomega., 2da. Edición. Pp. 263-354. <https://latam.casadellibro.com/libro-diseno-de-acueductos-y-alcantarillados/9789701504024/679591>

LI-FANG C., Shu-Li H. (2015). Assessing urban flooding vulnerability with an emergy approach. *Landscape and Urban Planning*, Volume 143, Pp. 11-24, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.004>

MARTÍNEZ-AUSTRIA , P. F., et al. (2020). *Cambio climático y riesgos hidrometeorológicos*. Universidad de las Américas Puebla - UDLAP. <https://ulibros.com/cambio-climatico-y-riesgos-hidrometeorologicos-yfc2c.html>

MOHAMMAD M., BEE L. O. (2017). Critical attributes for proactive engagement of stakeholders in disaster risk management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 21,Pp.35-43, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.10.017>

MUTUVERRÍA, M., & PALAZZOLO, F. (2013). Del estudio de las inundaciones a la Gestión del Riesgo de desastre. *Question/Cuestión*, pp. 66-74. <http://www.perio.unlp.edu.ar/ojs/index.php/question/article/view/1882>

NÚÑEZ González, G., & GARCÍA Suárez, J. (2018). Análisis de la calidad de los datos y la tendencia de algunos índices de precipitación en el estado de Jalisco. *Revista internacional de Estadística y Geografía*, Vol.9, núm. 2, mayo-junio. <https://rde.inegi.org.mx/index.php/2018/11/07/analisis-la-calidad-los-datos-la-tendencia-algunos-indices-precipitacion-en-jalisco/>

OKE, T., Mills, G., Christen, A & Voogt, J. (2017). *Urban Climates*. Cambridge, Cambridge university press. <https://doi.org/10.1017/9781139016476>

OLCINA, J. (2017). ¿Es la ordenación del territorio una medida eficaz contra el riesgo de inundaciones en España? En Arana García E. (Dir.), *Riesgos naturales y Derecho: una perspectiva interdisciplinar*. Editorial Dykinson., pp. 63-82. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=723018>

OLCINA, J. & DÍEZ-HERRERO, A. (2017). Cartografía de inundaciones en España. *Estudios Geográficos*, 78 (282), 283-315. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201710>

ONU-HABITAT. (2019). Las ciudades, "causa y solución" del cambio climático. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/las-ciudades-causa-y-solucion-del-cambio-climatico>

PEÑA de la, A; Ibarra K; García A; García, I; Cantero, C. (2023). La ciudad Inhabitable ¿Redensificación o destrucción de la vivienda? *Zona Docs, periodismo de resistencia*. <https://www.zonadocs.mx/la-ciudad-inhabitable-redensificacion-o-destruccion-de-vivienda/>

PNUD. (2012). *Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País [Chile]*. Santiago, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. https://www.preventionweb.net/files/38050_38050conceptosbsicos.pdf

RODRÍGUEZ Estevez, J. & Morán Escamilla, J. (2021). La Gestión Integral del Riesgo Hidrometeorológico en México: avances y limitaciones. En: Morales Hernández, J., González Sosa, E., Welsh Rodríguez, C. & Frausto Martínez O. *Gestión de Desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos en sistemas socio naturales*. Cd. de México, ed. Clave. http://seidcyt.coqcyt.gob.mx/images/pdf/capitulos_libros/5auW9tlwH8vZlauFdzSqZ05WaslsHO56mtbMJgp.pdf

ROJAS Ramírez, J. (2022) La gestión metropolitana del agua en Guadalajara, México: su incorporación a la agenda de gestión metropolitana sustentable. *Revista Proyecciones*, vol. 14 núm. 31. Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/proyeccion/article/view/5719>

ROJAS Ramírez, J. J. P. (2020). Resguardo ambiental en materia de agua subterránea urbana en torno a la infraestructura vial en el Área Metropolitana de Guadalajara. Línea 3 del tren eléctrico. *Revista de El Colegio de San Luis*, 10(21). <https://doi.org/10.21696/rcsl102120201220>

RUIZ Rivera, N, CASADO Izquierdo, N & SANCHÉZ Salazar, M. (2015). Los Atlas de Riesgo municipales en México como instrumentos de Ordenamiento Territorial. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. núm. 88. México, UNAM. pp. 146-162 <https://www.elsevier.es/es-revista-investigaciones-geograficas-boletin-del-instituto-118-articulo-los-atlas-riesgo-municipales-mexico-S0188461116300115>

SANDOVAL-DÍAZ, J. & MARTÍNEZ-Labrín, S. (2021). Gestión comunitaria del riesgo de desastre: Una propuesta metodológica-reflexiva desde las metodologías participativas. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 5(2), 75-90. <http://revistareder.com/handle-0719-8477-2021-097>

VARGAS, J., Olcina, J., & Paneque, P. (2022). Cartografía de riesgo de inundación en la planificación territorial para la Gestión del Riesgo de Desastre. Escalas de trabajo y estudios de casos en España. *EURE (Santiago)*, 48(144), 1-25. <https://dx.doi.org/10.7764/eure.48.144.10>

VITO I., COLUZZI, R., BIANCHINI, L., Di Stefano & Salvati. (2022). Chapter Two Urban sprawl: Theory and practice. En Paulo Pereira, Carla Sofia Santos Ferreira (Eds). *Advances in Chemical Pollution*,

Environmental Management and Protection. Elsevier, Volume 8, Issue 1. Sciendirect, Elsevier. Pp. 23-46. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.apmp.2022.10.017>

ZAPPERI, P., & OLCINA, J. (2021). Cartografía de inundaciones en la planificación territorial. Estudio comparado entre Argentina y España. *Revista de Geografía Norte Grande, (79)*. Santiago. Pp. 183-205. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022021000200183>

