



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

**LA ESCASEZ DE AGUA EN ZONAS DE ALTO RIESGO
EN TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO,
UN INDICADOR PARA MEDIR EL GRADO
DE COMPLEJIDAD EN EL TERRITORIO Y
SUS ASENTAMIENTOS**

**WATER SCARCITY IN HIGH RISK IN TLAJOMULCO
OF ZÚÑIGA, JALISCO, AN INDICATOR TO MEASURE
THE DEGREE OF COMPLEXITY IN THE TERRITORY AND
ITS SETTLEMENTS**

Juan Luis Caro Becerra

Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara, México

Luz Adriana Vizcaíno Rodríguez

Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara, México

Ma. Guadalupe Muñoz Aguiñaga

Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara, México

Victor Ravelero Vázquez

Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara, México

La Escasez de Agua en Zonas de Alto Riesgo en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, un Indicador para Medir el Grado de Complejidad en el Territorio y sus Asentamientos

Juan Luis Caro Becerra¹

juan.caro@upzmg.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3884-2188>

Universidad Politécnica de la Zona
Metropolitana de Guadalajara
México

Luz Adriana Vizcaíno Rodríguez

adriana.vizcaino@upzmg.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8301-6160>

Universidad Politécnica de la Zona
Metropolitana de Guadalajara
México

Ma. Guadalupe Muñoz Aguiñaga

g.munoz@upzmg.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0002-5232-7905>

Universidad Politécnica de la Zona
Metropolitana de Guadalajara
México

Victor Ravelero Vázquez

Victor.ravelero@upzmg.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3496-4994>

Universidad Politécnica de la Zona
Metropolitana de Guadalajara
México

RESUMEN

El Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) ha experimentado un notable desarrollo a partir de la década de los 90's y un acelerado crecimiento a partir del año 2015, propiciando un cambio y uso de suelo que ha originado importantes alteraciones a los escurrimientos. Los factores que contribuyen a la grave crisis hídrica son los siguientes: incumplimiento de los planes de seguridad hídrica e inadecuada Gestión Integral del Agua. El objetivo entonces es determinar la magnitud de los escurrimientos pluviales, así como los hidrogramas antes y después de la urbanización a través de recopilación de información sobre características fisiográficas y climatológicas de las cuencas hidrográficas: Real del Valle, Santa Fe, Chulavista y Unión del Cuatro. La metodología consiste en la aplicación de la fórmula racional americana. Los valores de precipitación media e intensidad de lluvia, se obtuvieron con información de la estación climatológica Tlajomulco. La solución será que la información generada con metadatos sea contundente, indicando la existencia o modificación de los cauces naturales a través de obras hidráulicas que alteren los regímenes de las corrientes, por lo que se recomienda que la muestra de datos sea amplia y si es pequeña es conveniente realizar estudios adicionales, tales como lluvia-escurrimiento.

Palabras clave: crisis hídrica, escurrimientos, urbanización, metadatos.

¹ Autor principal.

Correspondencia: juan.caro@upzmg.edu.mx

Water Scarcity in High Risk in Tlajomulco of Zúñiga, Jalisco, an Indicator to Measure the Degree of Complexity in the Territory and its Settlements

ABSTRACT

The Metropolitan Area of Guadalajara (MAG) has experienced a remarkable development since the 90's and accelerated growth since 2015, leading to a change in land use has caused significant alterations to runoff. The factors contributing to the serious water crisis are the following: non-compliance with water security plans and inadequate Integrated Water Management. The goal then is to determine the magnitude of rainfall runoff, as well as the hydrographs before and after urbanization through the collection of information on physiograph and climatological characteristics of the hydrographic basins: Real del Valle, Santa Fé, Chulavista and Union of Four. The methodology consists of the application the American Rational Formula. The values of overage precipitation and rainfall intensity were obtained with information from the Tlajomulco climatological station. The solution will be that the information generated with metadata is compelling, indicating the existence or modification of natural water courses through hydraulic works that alter the flow regimes, so it is recommended that the data sample be large and if it is small it is advisable to carry out additional studies, such as rainfall-runoff.

Keywords: water crisis, runoff, urbanization, metadata

Artículo recibido 10 julio 2024

Aceptado para publicación: 15 agosto 2024



INTRODUCCIÓN

El agua y la Sustentabilidad

La pandemia de la Covid 19 (SARS-CoV-2) que brotó tanto a nivel nacional como a nivel mundial a principios del año 2020, pone a prueba las capacidades de resiliencia de las sociedades y los gobiernos que estamos reprobados no solo en materia de salud ante una situación de emergencia sanitaria, sino también en lo que respecta al tema de la Gestión Integral del Agua (GIA).

Dentro de este contexto, Guadalajara, Jalisco la segunda ciudad con mayor densidad de población en el país no es la excepción debido a su vulnerabilidad tanto a la falta de agua como a sus propios excesos que se presentan como eventos hidrometeorológicos extremos.

Dos terceras partes del país sufre escasez de agua y de buena calidad, a su vez la mayoría de los hogares en las zonas suburbanas del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) cuentan con sistemas hidráulicos deficientes.

La falta de agua es una situación mucho más difícil que la propia pandemia, la falta de saneamiento en las cuencas del tipo urbanístico afectan a la gran mayoría de la población en México (González Villareal, 2017), ya que están estrechamente ligadas al desarrollo tecnológico y las políticas desmedidas de privatizar el recurso hídrico, sin duda alguna ha aumentado la calidad de vida de una buena parte de la población.

En los últimos años a nivel mundial han sido notables los efectos del Cambio Climático Global (CCG), las precipitaciones son cada vez de mayor intensidad en corto tiempo, lo que ha ocasionado innumerables inundaciones en todo el planeta, por ejemplo: lluvias que no se habían presentado por décadas a consecuencia de la urbanización son cada vez de mayor riesgo, lo que ha generado una mayor relevancia e interés por la sociedad civil.

Los efectos positivos y negativos son caras de la misma moneda, cuyo impacto afecta a la población más pobre, por un lado, la falta de compromisos en una sociedad de grandes desequilibrios e injusticias donde una minoría concentra la mayor riqueza del planeta y una gran mayoría concentra la miseria más cruda (Martínez, 2010).



El agua es el recurso natural más importante para la subsistencia del ser humano, por lo que la calidad de vida de las personas se ve afectada directamente por la falta de acceso a este recurso. A pesar de que la superficie terrestre del planeta el 70% está cubierta de agua, solo el 2.53% de este recurso vital es apta para consumo humano, por citar solo un caso la situación en nuestro país no solo es crítica sino desfavorable, pues solo se dispone de menos de $1500 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{día}$ (Centro Virtual de Información del Agua, 2017) lo que considera la Organización de las Naciones Unidas como una fuerte presión de las zonas en veda, cabe señalar que una zona de veda son acuíferos, donde no se autorizan extracciones de agua adicionales a los establecidos legalmente (CONAGUA, 2014).

Uno de los desafíos que enfrenta la humanidad es la construcción de una infraestructura hidráulica eficiente que cuente con servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, sobre todo para los sectores de la población más vulnerable y con escasos recursos (Duran-Juárez, 2005), Contar con dichos servicios de cobertura en obras de drenaje y abastecimiento de agua potable, son indispensables para mejorar la calidad de vida de la población, sobre todo en zonas suburbanas, ya que siguen siendo precarios los servicios básicos.

En este contexto analizamos la vulnerabilidad a través de diferentes variables, desde su distribución y variabilidad, presentando como caso de estudio el municipio Tlajomulco de Zúñiga y sus barrios que la componen, tomando como punto de partida: inundaciones, escasez de agua, elementos de vulnerabilidad, tales como: riesgos, amenazas e inseguridad, por citar solo algunos.

Por otro lado, los eventos hidrometeorológicos extremos, como el cambio climático, junto con la expansión urbana sin ningún Plan de Ordenamiento Urbano y Territorial, han causado cuantiosos daños en los últimos años, principalmente en la zona sur del AMG, lo que ha ocasionado un elevado aumento de puntos vulnerables a las inundaciones, al igual que islas de calor, incrementando un aumento de temperatura año tras año, por consecuencia mayor vulnerabilidad a la población (Das *et al*, 2023; Darabi *et al*, 2019 y Carrizo, 2018).

Así como los daños expuestos anteriormente, la crisis del agua está relacionada directamente con los efectos adversos del CCG. El aumento de la variabilidad del ciclo hidrológico ha ocasionado consecuencias catastróficas, sequías prolongadas en el centro y norte del país, incendios forestales con pérdidas de grandes extensiones de bosques, como consecuencia los retos son cada vez mayores, para

asegurar que toda la humanidad al año 2030 cuente con servicios básicos de abastecimiento de agua potable, además de que las comunidades sean más resilientes y sostenibles, como estrategias de mitigación.

Entonces el objetivo es determinar y estimar las características fisiográficas de la cuenca hidrográfica de la zona valles de Tlajomulco, así como la magnitud de los escurrimientos pluviales aguas arriba y sus gastos picos que se acumulan aguas abajo. Dichos resultados se obtienen con base en modelos lluvia-escurrimiento con periodo de retorno T_r desde 2 hasta 100 años, esto para contar con un diseño óptimo de las obras hidráulicas a implementar en la parte baja de la cuenca.

Antecedentes

México es uno de los 12 países con mayor diversidad en el mundo, pues ocupa el cuarto lugar en riqueza biótica, se manifiesta por el gran número de especies vegetales y animales en sus diversos ecosistemas. El municipio Tlajomulco de Zúñiga presenta la confluencia de dos grandes regiones biogeográficas: la neártica y la neotropical, lo cual le permite tener excelentes condiciones para una gran biodiversidad faunística y florística (Michel, 2017).

La fauna de nuestro país es una de las más ricas en el mundo, por ejemplo, Canadá y Estados Unidos registran conjuntamente 2187 especies de vertebrados terrestres, mientras que en México existen alrededor de 3032 especies (Flores, 1994).

Por estas y otras razones más el suelo mexicano reúne una elevada proporción de flora y fauna mundial, tan solo el 1.3% de la tierra emergida del mar, concentra entre el 10 y el 15% de las especies terrestres, ocupa el primer lugar mundial en especies reptiles (717), el décimo primero en aves (1150) y es posible que el cuarto lugar en angiospermas (plantas con flor). Estas y otras razones más nos sitúan, como lo señalamos anteriormente, entre los doce países con mayor diversidad (Jiménez, *et al.*, 2014).

Más sin embargo, el municipio Tlajomulco puede perder su riqueza biológica si no se llevan a la práctica los instrumentos del Programa de Ordenamiento, Territorial y Ecológico (POTE), debido a que el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) ha experimentado un notable desarrollo y crecimiento a partir de la década de los 90's y acelerado después del año 2010, esto ha propiciado que se modifique los cambios de uso de suelo siendo originalmente destinado a la agricultura con altos rendimientos y con densa vegetación de algunos bosques, ahora urbanizados y pavimentados (Torres, 2013).

Dichas dinámicas de crecimiento de población y urbanización en el valle de Tlajomulco han caracterizado a la cuenca en las últimas décadas a enfrentar severos problemas ocasionados con la degradación y el deterioro del medio ambiente (Nápoles, 2022), constituyendo un uso indiscriminado y explotación de sus recursos naturales, hoy en día más que una oportunidad para la población más vulnerable de Tlajomulco es una limitante para el desarrollo.

Tlajomulco de Zúñiga es uno de los municipios con mayor crecimiento inmobiliario, pero también una de las zonas con mayor riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos extremos: sequías, inundaciones, socavones, hundimientos, etc. Cabe señalar que la cuenca hidrográfica de Tlajomulco junto con la cuenca El Ahogado, se han caracterizado en los últimos años que tan solo una intensidad de lluvia de 15 mm/hr es lo suficiente para provocar encharcamientos e inundaciones de alturas considerables (Valdivia, 2022).

La cuenca El Ahogado, asentada en un medio de origen volcánico tipo extrusivo, presenta variaciones climáticas que influyen en la presencia de numerosas comunidades vegetales dispuestas en tipos de suelo contrastantes. Como resultado, la biodiversidad es extensa y ofrece numerosos servicios ambientales a la población (Chávez 2009). Cabe señalar que la mayor parte del territorio de la cuenca hidrográfica El Ahogado le pertenece al municipio de Tlajomulco, su superficie que ocupa aproximadamente el 48% de su territorio y su uso habitacional es del 25%, pero el autorizado por los planes de desarrollo le da la posibilidad de aumentar hasta un 35% (De Anda, 2022).

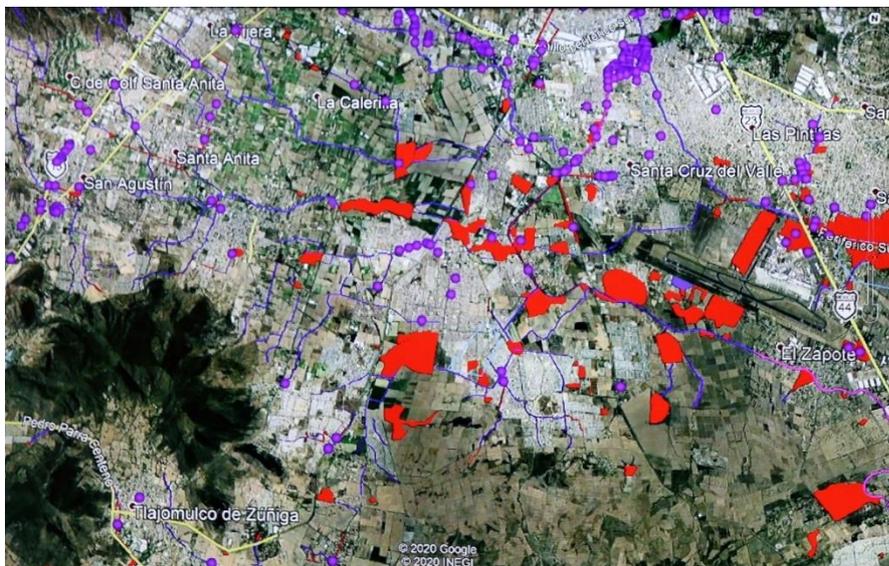
Además de las reservas naturales, la situación de los asentamientos indica que a mediano plazo el 50% del área estará por urbanizarse. Actualmente el área forestada es del 60%, pero podría reducirse hasta un 40% con base a los planes parciales de desarrollo urbanos que se lleguen a implementar (Inegi, 2020). Aunado a esto, la intensa actividad agropecuaria y en los últimos años la agricultura tecnificada de la producción de agave, han repercutido en una pérdida constante de cobertura vegetal y degradación lo que ha ocasionado daños irreversibles, como empobrecimiento y erosión de los suelos.

Estos cambios y usos de suelo antes mencionados, los podemos apreciar en toda la zona valles, siendo predominantemente de uso agrícola a uno totalmente urbanizado (sin ningún plan de Desarrollo Urbano), ya que la infraestructura tanto de captación de aguas pluviales, como pozos de absorción para

la recarga de mantos acuíferos, no es capaz de desalojar los volúmenes precipitados por tormentas torrenciales (Valdivia, 2000).

Estos transformaciones y alteraciones en el ciclo hidrológico del agua, principalmente la disminución de infiltraciones naturales de agua pluvial al subsuelo, como consecuencia se tienen identificados alrededor de 350 puntos vulnerables a las inundaciones en el AMG, como se muestra en la figura 1 (*ibid*, 2020), de los cuales 100 puntos se han presentado en el municipio de Tlajomulco. Por consiguiente, se presentan problemas hidrológicos en la parte baja de la cuenca, cubierta la mayoría por desarrollos habitacionales dado que muchas cauces o arroyos naturales han sido modificados, invadidos o incluso desaparecidos (Ramírez, 2012).

Figura 1. Puntos vulnerables a las inundaciones en el AMG



Fuente: Google Earth, 2022

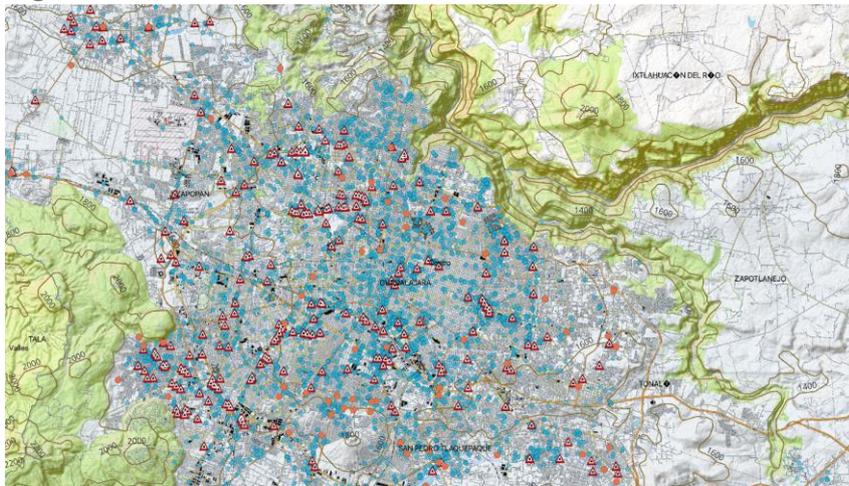
Planteamiento del problema

El crecimiento urbano sin un plan de Ordenamiento Territorial y Ecológico es la verdadera causa y consecuencia de los desastres naturales, en otras palabras, las políticas públicas que se han implementado no han servido de mucho, pues el verdadero problema radica en la falta de mantenimiento y operación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Tucci, 2006).

De las centralidades propuestas por el Imeplan en su POTMet para la determinación de la gestión de riesgos y desastres, enfatiza que a pesar de la infraestructura pluvial construida en el sur del AMG, los puntos de riesgo por inundación siguen incrementándose año tras año.

En cuanto a zonas vulnerables a las inundaciones (Valdivia, 2021) ha identificado por lo menos 100 puntos, entre ellos: Villas de la Hacienda, Jardines del Eden, Geovillas, La Arbolada y Villa Fontana, Real del Valle, Santa Fe, Chulavista, Unión del Cuatro, por citar solo algunas, pues uno de los alcances de este trabajo es determinar gastos picos con periodos de retorno T_r desde 2 hasta 100 años, con base en modelos probabilísticos y estadísticos, con el objeto de identificar llanuras de inundaciones, como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Puntos vulnerables a las inundaciones en el AMG



Fuente: Sistema de Información y Gestión Metropolitana, 2023

Las verdaderas causas y consecuencias de las inundaciones, han sido prácticamente por una mala GIA, en síntesis, una red de drenaje y alcantarillado construida en la década de los 80, como consecuencia la red de drenaje es ya obsoleta, lo que se busca alcanzar a corto y mediano plazo es implementar infraestructura hidráulica y sanitaria mucho más eficiente y libre de fugas domiciliarias.

Por otro lado, un diseño insuficiente de las bocas de tormenta, así como su ubicación de las mismas, esto a consecuencia de un crecimiento acelerado y mal planeado sin ningún Plan de Desarrollo Urbano, como lo señalamos anteriormente. Aunado lo dicho anteriormente un desconocimiento total de la topografía de la zona Valles de Tlajomulco (zonas invadidas por predios irregulares que originalmente la pertenecen a los causes y arroyos).

METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos específicos y general, se hizo una investigación detallada sobre la caracterización fisiográfica de la cuenca con base en cartografía del AMG, como se muestra en las figuras 1 y 2, debido a que intervienen diversos factores como tipos de suelos, rocas, relieve, pendientes,

vegetación, superficie, longitud del cauce principal, precipitación, tiempo de concentración, dimensiones del cauce que por tratarse tanto de condiciones naturales como urbanizadas, dichos factores presentan variaciones a lo largo del cauce.

Es por ello que para la determinación de gastos picos Q_p se usaran herramientas de probabilidad y estadística, tales como el modelo lluvia-escorrentía. Para determinar el gasto o caudal que llega a un punto de salida, se puede apreciar que durante los primeros minutos de la tormenta la intensidad es muy alta, pero como el tiempo de concentración es muy corto, no se ha alcanzado a drenar en toda la cuenca, por lo que el gasto que pasa por un punto de salida no es muy grande.

Para la determinación de los gastos picos Q_p se utilizó la fórmula racional americana, tomando como base el coeficiente de escorrentía en breña tanto para un área urbana como para un área no urbanizada, cabe mencionar que dichos coeficientes son de suma importancia en hidrología, ya que determina la capacidad que tiene el suelo para retener, evaporar e infiltrar las aguas pluviales.

El coeficiente de escorrentía c es la relación entre la lámina de agua precipitada sobre una superficie y lámina de agua que escurre superficialmente, esta relación se puede obtener por métodos experimentales, sin embargo, existen coeficientes de escorrentía asociados a los tipos de suelos señalados en la tabla 1 extraídos del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS; 2018).

Tabla 1. Coeficientes de escorrentía C , para distintos tipos de terreno

Tipo de área drenada	Mínimo	Máximo
Zona Comercial	0.75	0.95
Vecindario	0.50	0.70
Zonas Residenciales		
Unifamiliar	0.30	0.50
Multifamiliares espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares compactos	0.60	0.75
Semiurbanos	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0-70
Zonas Industriales		
Espaciados	0.50	0.80
Compactos	0.60	0.90
Cementerios y parques	0.10	0.25
Campos de juego	0.20	0.35
Zonas suburbanas	0.10	0.30

Fuente: Manual de Agua Potable y Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) de la Comisión Nacional del Agua

Aplicación de la fórmula racional americana

El método racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural, además de que tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la determinación de caudales picos máximos (Breña, 2013).

La mayoría de los métodos empíricos se han derivado del método racional americano, el primero en emplearlo fue Kuichling (1989). No obstante, otros autores citan que los principios básicos de este método fueron desarrollados por Mulvaney (1851). La expresión utilizada por el método racional es:

$$Qp = 0.278 c i A \quad \text{ecn. 1}$$

donde:

c = coeficiente de escorrentía en breña = 0.20

c = coeficiente de escorrentía en zona urbanizada = 0.85

i = intensidad de lluvia con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al periodo de retorno deseado = 62 mm/hr

A = área a servir 500 ha

tc = tiempo de concentración = 15 min ~ 90 seg

Aplicación del modelo lluvia-escorrimento

La estimación de los gastos picos es demasiado compleja si no se cuenta con información hidrométrica, para ello se utilizan herramientas como la probabilidad y la estadística, todo esto para presentar alternativas de solución mediante obras hidráulicas necesarias, tales como: rectificación de cauces, arroyos y canales de aguas pluviales.

La cuantificación de los gastos pluviales se lleva a cabo comúnmente con el método racional o también si se cuenta con datos adicionales al proyecto como coeficiente de escorrentía del terreno en zona urbanizada y no urbanizada se utiliza el modelo *lluvia- escurrimiento*.

Para la determinación del gasto pico se utilizó el modelo lluvia-escorrimento, esta metodología consiste en determinar una altura de precipitación base, la cual estará asociada a una duración de tormenta de 1 hora y un periodo de retorno de 10 años.

A partir de esta se determina la altura de precipitación específica de diseño, para lo cual la precipitación es afectada por tres factores que están relacionados con el tiempo de concentración t_c , área de la cuenca A_c y periodo de retorno T_r que se haya elegido para interpolar los datos.

Dichos factores se estimaron después de varios análisis tales como: Log normal, Pearson III y Gumbel, cuya finalidad es establecer una relación congruente entre la cantidad de agua de lluvia y los volúmenes escurridos, sus valores se han ordenado en un rango práctico, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Factores de ajuste para determinar la precipitación específica de diseño

Duración de la tormenta (hr)	Factor recomendado	Área de la cuenca km ²	Factor recomendado	Periodo de Retorno (años)	Factor recomendado
0.50	0.79	1.00	1.00	2	0.67
1.00	1.00	10.00	0.98	5	0.88
2.00	1.20	20.00	0.96	10	1.00
8.00	1.48	50.00	0.92	25	1.15
24.00	1.50	100.00	0.88	50	1.25

Fuente: Gerencia Regional de Agua del Valle de México GRAVAMEX

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El conocimiento de los efectos de una avenida a lo largo de una avenida de un río, nos permite tomar medidas de adaptación al cambio climático, en caso que se presente un evento hidrológico extraordinario que pueda ocasionar problemas por inundación debido al desbordamiento de cauces y arroyos, de esta manera se tendrán los elementos necesarios para determinar soluciones que mejoren el comportamiento hidráulico del arroyo San Juanate los cuales fueron: gastos picos para periodos de retorno de 50 años límite, afectado por factores de ajuste tales como: área de la cuenca, duración de la tormenta y periodo de retorno, los cuales su muestran en el gráfico 1.

Los resultados a obtener son básicamente como ya mencionamos, la obtención de los gastos picos antes y después de la urbanización, así como los gráficos del Hidrograma Unitario Triangular (HUT), tanto para gastos picos como para volúmenes retenidos.

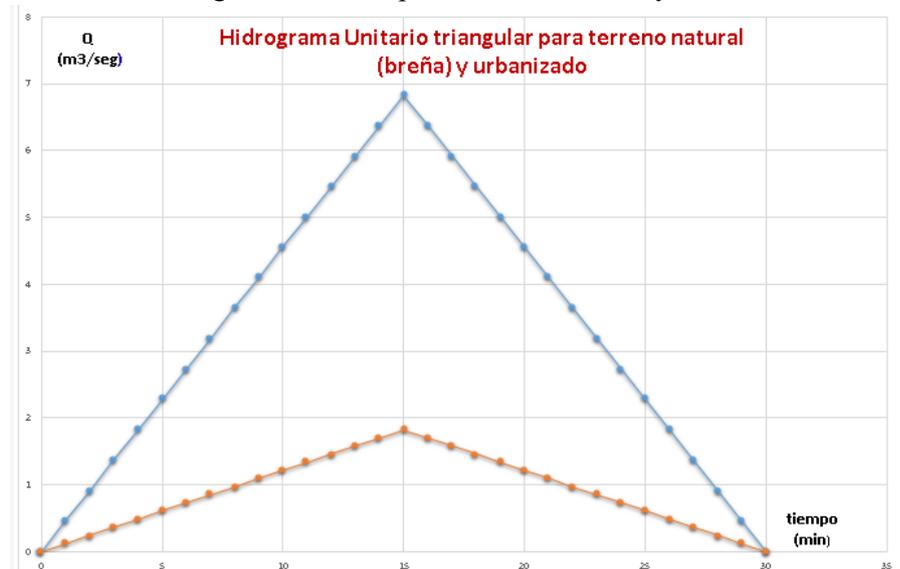
Para determinar los gastos picos se calcula como primer paso el tiempo de concentración t_c , que es el tiempo de recorrido del agua desde el inicio de la cuenca (aguas arriba) hasta su propia salida (aguas abajo). El tiempo de concentración se refiere al lapso de tiempo que transcurre para que el agua de lluvia transite desde la entrada hasta su punto de salida.

$Q_p = 0.28 c i A = 0.28 * 0.20 * 65 * 0.50 = 1.82 \text{ m}^3/\text{seg}$ para suelo en breña

$Q_p = 0.28 c i A = 0.28 * 0.75 * 65 * 0.50 = 6.826 \text{ m}^3/\text{seg}$ para suelo urbanizado

$\text{Vol. retenido} = (6.826 * 900) - (1.82 * 900) = 4505.4 \text{ m}^3$

Gráfico 1. Hidrograma Unitario para terreno en breña y urbanizado



Fuente: Caro 2023

CONCLUSIONES

Para resolver la problemática de una corriente o cauce, así como demarcar la zona federal de un tramo de corriente en específico, es necesario elaborar un análisis cuidadoso de la información disponible, ya sea hidrométrica o pluvial y fisiográfica de la cuenca. La información hidrométrica o climatológica debe ser consistente a la fecha que se elaboren estudios pertinentes y en su caso ajustar debidamente los datos de temperatura y precipitación.

La base de la determinación del gasto máximo, se utilizó la fórmula racional americana que es el método más adecuado para superficies menores a 50 km^2 en comparación con los métodos estadísticos de intensidad-duración de la tormenta-periodo de retorno, con el fin de asignar un gasto correspondiente al periodo de retorno que en la práctica nos ha indicado 50 años siempre y cuando la corriente sea perenne.

En las zonas con régimen natural de escurrimiento intermitente es conveniente que la muestra de gastos sea amplia para el mejor conocimiento del comportamiento de la corriente, ya que puede haber gastos grandes y gastos nulos. Si la muestra es pequeña es conveniente hacer un estudio adicional usando modelos *lluvia-escurrimiento*.

Recomendaciones

El municipio de Tlajomulco de Zúñiga como lo señalamos anteriormente tiene potencial para cambiar la forma en que viven sus habitantes dentro y fuera de la ciudad, por ende, sus habitantes viven en espacios fragmentados debido a la imposición de muros y rejas que ocasionó el modelo de planificación residencial y que acentúa los niveles de marginación como efecto del progreso capitalista.

Se recomienda que en zonas con escurrimientos natural e intermitente es conveniente que la muestra de gastos sea amplia con el mejor conocimiento de las corrientes en estudio de la cuenca Tlajomulco-El Ahogado, ya que puede haber registros tanto de gastos grandes y nulos. Si la es pequeña es conveniente hacer un estudio adicional usando el modelo lluvia-escurrimiento, como lo señalamos anteriormente.

Como segunda recomendación, se deben establecer “zonas de amortiguamiento”, en otras palabras, restricciones de áreas de agostadero, con el objeto de generar conectividad en los cauces y arroyos y de minimizar los riesgos y desastres ante desastres naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar, J. O. et al. (2005). *Diagnóstico ambiental en la cuenca del Ahogado y las zonas aledañas La Primavera y Cajititlán*. I Foro de Investigación y Conservación del Bosque La Primavera, Zapopan, Jalisco.

Aguilera Cortés, A. (2015). *Caracterización de la subcuenca del Guayabo para el aprovechamiento de agua pluvial en el desarrollo urbano en la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Trabajo de obtención de grado, Maestría en Proyectos y Edificación Sustentable, Instituto de Estudios Superiores de Occidente. Tlaquepaque, Jalisco.

Bárcena, A. (2001). *Evolución de la urbanización en América Latina y el Caribe en la década de los noventa: desafíos y oportunidades*. Información Comercial Española (ICE), Madrid, España.

Breña Puyol, A. F., Jacobo Villa, G. A. (2013). *Principios y fundamentos de la Hidrología Superficial*. Universidad Autónoma Metropolitana. Disponible en: https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/riego-drenaje/Hidraulica-de-canales.pdf

Caro Becerra, J. L., et al. (2018). *La urbanización en zonas de alto riesgo y su impacto hidrológico cero, subcuenca el Guayabo*. Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencia. Benemérita.



- Universidad Autónoma de Puebla BUAP. Vol. 9, núm., 21, pp. 1657-1673. Puebla de Zaragoza, México. Disponible en: <https://rlac.buap.mx/sites/default/files/9%2821%29-118.pdf>
- Centro Virtual de Información del Agua (2017). Agua en el planeta. Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A. C. Ciudad de México. Disponible en: <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>
- Chávez Hernández A. (2015). *Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del municipio de Tlajomulco de Zúñiga POETT, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco*. [En línea]. Disponible en: <https://Tlajomulco.gob.mx/programa-de-ordenamiento>
- Comisión Nacional del Agua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS). México, D. F. Disponible en: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (2014). *Vedas, Reservas y Reglamentos de Aguas Nacionales Superficiales*. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conagua/documentos/vedas-reservas-y-reglamentos-de-aguas-nacionales-superficiales>
- Darabi, H., *et al.* (2018). Urban flood risk mapping using the GARP and QUEST models: A comparative study of machine learning techniques. *Journal of Hydrology*. Pp. 142-154. Available in: <http://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.12.002>
- Das, B., *et al.* (2023). *Impact of urban sprawl on change of environment and consequences*. *Environ Sci Pollut Res*. Available in: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29192-3>
- De Anda-Sánchez, J.; Olvera Vargas, L. A.; Lugo Melchor, O. (2022). *Consultoría para la generación del diagnóstico de calidad del agua en los ríos Santiago y Zula y sus afluentes como parte de la “Estrategia Integral para la recuperación del Río Santiago”*. Fondo Noroeste, A. C. (FONNOR), Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. Guadalajara, Jalisco, México.
- Duran Juárez, J. M., Torres Rodríguez, A. (2005). *Los problemas de abastecimiento en una ciudad media*. *Revista Espiral*, vol. 12, núm. 36. Guadalajara, Jalisco, México. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-05652006000200005



- Eibenschutz H. R. (2015). *Repensar la metrópoli II. Políticas e instrumentos para la gestión metropolitana*. Tomo I (1.a ed.) Universidad Autónoma Metropolitana, México, D. F. Disponible en: <https://casadelibrosabiertos.uam.mx/gpd-repensar-la-metropoli.ii-dos-tomos.html>
- Given, L. M. (2008). *The SAGE Encyclopedia of Qualitative Research Methods*. Alberta, Canada. <https://doi.org/10.4135/9781412963909>
- Flores Villela, O. y Gerez Fernández, P. (1994). *Biodiversidad y conservación en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad. México, D. F.
- García García, E. X. M., et al. (2021). *Estudio de Aguas Subterráneas Primera Etapa: Caracterización de los Acuíferos del Área Metropolitana de Guadalajara*, Informe Final 2021. Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo, Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. Disponible en: <https://www.imeplan.mx/sustentabilidad-y-cambio-climatico/>
- Garnica Ibarra, L. G. (2017). *Análisis Geológico-Geofísico para delimitar zonas de recarga de acuíferos, aplicación: zona perimetral de Guadalajara*. Tesis de Maestría por el Centro Universitario Tonalá de la Universidad de Guadalajara, México.
- González Villarreal, F. (2017). *México experimenta escasez de agua y falta de equidad en su distribución*. Revista Gaceta UNAM. CDMX. Disponible en: <https://www.gaceta.unam.mx/mexico-experimenta-escasez-de-agua-y-falta-de-equidad-en-su-distribucion/>
- Instituto Nacional de Geografía e Informática INEGI (2000). *Carta Topográfica F13D65, Guadalajara Oeste, escala 1:50000*. [En línea]. Disponible en: www.inegi.org.mx
- Imeplan-UNAM (2021). Atlas Metropolitano de Riesgos. Zapopan, Imeplan-Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <https://www.imeplan.mx/atlas-metropolitano-de-riesgos/>
- Jiménez Sierra, C. L., et al. (2014). *México país mega diverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas: Investigación y ciencia*. Vol. 22, núm. 60. Disponible en: <https://www.redalyc.org/html/674/67431160003/>



- Jordán, R. (2017). *Desarrollo sostenible, urbanización y desigualdad en América Latina y el Caribe*. Dinámicas y desafíos para el cambio estructural. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/b83172de-d3d6-4e45-a4d7-e5c2adbc9ff0/content>
- Kuichling, E. (1989). Time of concentration of small agricultural watersheds. Civil Engineering, ASCE, vol. 10.
- Legorreta J. (2006). *El agua y la ciudad de México, de Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI*. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, México, D.F.
- Martínez Castillo R. (2010). *La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual*. Revista Electrónica Educare, Vol. XIV, Núm. 1 enero-junio 2010, pp. 97-111. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.
- Michel Parra, J. G. (2017). *Guía para la Protección, Conservación y Manejo (PCYM) de los Humedales. Caso "Laguna de Zapotlán, Jalisco" Sitio Ramsar No. 1466*. Editorial Porrúa. Centro Universitario Sur de la Universidad de Guadalajara
- Moreira, et al. (2018). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, vol. 29, núm. 1. Pp. 69-85. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2818/281863455006/html/>
- Mulvaney, T. J. (1851). On the use of self-registering rain and flood gauges in making observations of the relation of rainfall and of flood discharges in a given catchment. Institute Civil Engineering Ireland, vol. 4. Dublin.
- Nápoles Franco, D., et al. (2022). *Segregación socioespacial y medio ambiente. Escenarios de vulnerabilidad*. Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad de Guadalajara, Jalisco. México.
- Olcina, C. J. (2008). *Prevención de Riesgos: Cambio Climático, Sequías e Inundaciones*. Panel científico-técnico de seguimiento de la política del agua. Departamento de Análisis Geográfico

- Regional y Geografía Física. Universidad de Alicante, España. Disponible en <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/23016>
- Ponce V. (2008). *Sobre el periodo de retorno a ser usado en el diseño*. Artículo [En línea]. Disponible en: https://ponce.sdsu.edu/periodos_de_retorno_articulo.html
- Programa de Ordenamiento Territorial Metropolitano (2016). *Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano para el Área Metropolitana de Guadalajara*. Zapopan, Imeplan. Disponible en: https://www.imeplan.mx/wp-content/uploads/2021/12/POTmet_IIIFB-BajaRes-1.pdf
- Ramírez A. (2012). *Problemática actual global*. Universidad Virtual del Estado de Guanajuato (UVEG). Guanajuato, Gto. México. [En línea], Disponible en: http://roa.uveg.edu.mx/repositorio/licenciatura/75/Problematicambiental_global.pdf
- Science for a Changing World (USGS) (2014). *El Ciclo del Agua – The Water Cycle*. Disponible en: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish>
- Torres Rodríguez A. (2013). *Abastecimiento de agua potable en las ciudades de México: el caso de la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Revista: Agua y Territorio. Universidad de Jaén, Jaén, España. [En línea]. Disponible en: <https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atms>
- Tucci, C. E. (2007). *Gestión de inundaciones urbanas*. Instituto de Pesquisas Hidráulicas de la Universidad Federal do Río Grande do Sul, Brasil. Universidad Nacional de Córdoba, Instituto Superior de Recursos Hídricos, Argentina.
- Valdivia O. L. (2021). *En riesgo de inundación 350 puntos del AMG*. Gaceta Universitaria de la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. Disponible en: www.udg.mx/noticia/en-riesgo-de-inundacion-350-puntos-del-amg
- Valdivia O. L. (2022). *Actualización del Atlas de riesgo por inundaciones en el AMG propuestas y mitigación*. Prensa Universidad de Guadalajara. Disponible en: www.youtube.com/watch?v=Z43uHObbGGa&t=1525s
- Valdivia O. L., Suarez P. C. (2002). *Riesgos naturales en el Área Metropolitana de Guadalajara*. Observatorio Geográfico de América Latina. Disponible en: <https://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/index.html>

Wanbeke J., Viera M. (2013). *Captación y almacenamiento de Agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y El Caribe*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Fondo Internacional para el Desarrollo de la Agricultura (FIDA) y la Cooperación Suiza, Santiago de Chile, Chile.

