

MAPA DE RIESGOS DE INUNDACIÓN EN LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA 24 DE JUNIO, TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MÉXICO

Juan Carlos Mora Chaparro^{1*}, Elvia Elizabeth Hernández Borges² y Luis Leonel Mora Mora³

1. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica UNAM, Unidad Morelia, Morelia, México.

2. Posgrado Escuela Nacional de Protección Civil, Campus Chiapas, Chiapas, México.

3. Programa Jóvenes Construyendo el Futuro, Chiapas, México.

*Autor de correspondencia: jcmora@igeofisica.unam.mx

DOI:
<https://doi.org/10.55467/reder.v7i1.111>

RECIBIDO
13 de junio de 2022

ACEPTADO
23 de agosto de 2022

PUBLICADO
1 de enero de 2023

Formato cita Recomendada (APA):
Mora Chaparro, J.C, Hernández Borges, E.E. & Mora Mora, L.L. (2023). Mapa de riesgos de inundación en la Microcuenca Hidrográfica 24 de Junio, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 7(1), 116-130. <https://doi.org/10.55467/reder.v7i1.111>



Todos los artículos publicados en REDER siguen una política de Acceso Abierto y se respaldan en una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)

Diseño: Lupe Bezzina

RESUMEN

El estudio detallado de la Microcuenca Hidrográfica 24 de Junio (MCH4), México, se realiza un análisis hidrográfico en una zona urbana que ayuda a identificar de donde viene el agua que llega a tres zonas en peligro de inundación, y en donde viven 1,213 habitantes en 304 viviendas. Éstas se encuentran distribuidas en tres diferentes colonias: 24 de Junio, Grijalva Infonavit y El Bosque. Se analizan el parteaguas y la dirección que sigue el flujo de agua de escorrentía por cada una de las calles, canales, cauces y embovedados, dentro del área de la microcuenca que aporta el agua a las zonas en riesgo de inundación dentro de la MCHU 24 de Junio. La dirección que sigue el agua hasta las diferentes zonas en peligro de inundación, junto a las condiciones de la red de drenaje natural y urbana que atraviesa la zona urbana, es sin duda, una herramienta básica que podrá ser utilizada por las autoridades, para reconocer y localizar sitios estratégicos para la construcción de obras que permitan retener, desviar o provocar inundaciones para disminuir el volumen y la intensidad de agua que llega a las zonas en riesgo de inundación.

PALABRAS CLAVES

Microcuenca hidrográfica; Vulnerabilidad física; Vulnerabilidad social; Exposición; Zona en peligro de inundación

MAP OF FLOOD RISKS IN THE JUNE 24TH HYDROGRAPHIC MICROBASIN, TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MEXICO

ABSTRACT

The study of the June 24th Hydrographic Microbasin (MCH4), Mexico, is a hydrographic analysis in an urban area, helping to identify the geographic source of water that flows into three areas in danger of flooding and home of 1,213 inhabitants dwelling in 304 housing units. These are distributed across three neighbourhoods: 24 Junio, Grijalva Infonavit, and El Bosque. This work studies the watershed and the direction of runoff flow through each of the streets, canals, channels, and vaults within the micro-basin area that contributes water to zones at risk of flooding within the MCHU June 24. The directional flow of runoff towards different areas in danger of flooding, and the conditions of the natural and urban drainage networks in the urban area are, undoubtedly, a valuable input that authorities can use for decision making. These may help in identifying key sites or infrastructures that allow the retention and diversion of floodwaters or structures that may intensify floods, reducing the volume and intensity of runoff that reaches flood-risk areas.

KEYWORDS

Hydrographic micro-basin; Physical vulnerability; Social vulnerability; Exposure; Flood hazard zone

INTRODUCCIÓN

Las ciudades se han establecido históricamente dentro de una cuenca o subcuenca hidrológica, las cuales reciben el agua que viene de sus partes altas por medio de diferentes afluentes, los cuales a su vez tienen su área de captación de agua que se identifica como su propia microcuenca.

Las cuencas, subcuencas y microcuencas naturales han sufrido una drástica y acelerada transformación, debido al acelerado crecimiento urbano, que ha provocado la deforestación y cambios drásticos en el uso del suelo. Esto ha generado una consecuente disminución de la filtración del agua en el subsuelo y el incremento exponencial del agua de escorrentía.

Rodríguez (1992) demostró matemáticamente que, si una cuenca es deforestada o urbanizada, la frecuencia de las avenidas puede aumentar hasta 5 veces, lo que provoca el desbordamiento de los ríos.

El incremento de la escorrentía y la disminución de la infiltración de agua en el subsuelo ha llevado a la erosión, desertificación de los suelos naturales y a la disminución de la recarga de los mantos acuíferos, por el aumento del agua que escurre y la disminución de la filtración de agua en el subsuelo (Mora, 1985). Las consecuencias de estas alteraciones del ciclo natural se han traducido en el constante incremento de la construcción social de las zonas en riesgo. El cambio en el uso del suelo, de bosques a pastos o campos agrícolas, especialmente en la parte alta de la cuenca, ha llevado a un incremento en los caudales pico, la erosión, contaminación y a una disminución en la fertilidad de los suelos (Badilla et al., 2003).

Con el desarrollo urbano los usos del suelo en las cuencas cambiaron drásticamente de bosques a agrícolas y posteriormente a urbanos (Badilla et al., 2003).

La zona urbana de Tuxtla Gutiérrez comenzó su desarrollo en el valle, a los lados del cauce del río principal el Sabinal, el crecimiento subsecuente fue a su alrededor, y poco a poco fue incursionando hacia las zonas medias y altas de la subcuenca de este río. Durante este crecimiento los cauces naturales tanto de los afluentes como del río principal, han sufrido numerosas modificaciones: han sido entubados, embovedados o convertidos en canales a cielo abierto, se ha reducido su área hidráulica original e incluso han pasado a ser calles asfaltadas o pavimentadas. Lo anterior transformó la Red Hidrográfica Natural en una nueva Red Hidrográfica Urbana, donde al agua ahora fluye por las calles desde las zonas altas, hasta las zonas más bajas, las cuales se han convertido en zonas de inundación.

Lo que no se sabe actualmente con exactitud es ¿Cuáles son las dimensiones del área que aporta el agua a las zonas de inundación?

Tuxtla Gutiérrez año con año sufre desastres por las inundaciones por lluvias severas que ha llevado a las autoridades a emitir siete declaratorias de emergencia y desastre. Es por lo anterior que se realizó este trabajo de investigación en esta ciudad, poniendo énfasis en las colonias 24 de Junio, Grijalva Infonavit y El Bosque.

En este trabajo se presenta el Mapa Hidrográfico de la zona urbana de la Microcuenca 24 de Junio, con el objetivo de identificar el origen del agua que llega a las tres zonas en riesgo de inundación que afecta a 1,213 habitantes que viven en 304 viviendas, las cuales se encuentran distribuidas en tres diferentes colonias: 24 de Junio, Grijalva Infonavit y El Bosque.

ANTECEDENTES

Autores como Quarantelli (1996) y Lavell (1996) evidenciaron que los actuales procesos de urbanización e industrialización generan mayores riesgos en las ciudades. Mansilla (2010) reflexiona sobre el riesgo en el ámbito urbano y plantea que los elevados índices de vulnerabilidad y las condiciones de marginalidad son un factor determinante. Los usos urbanos (edificaciones, viviendas e infraestructura urbana) y la red de transporte intervienen o, en ocasiones, reemplazan los cursos naturales de agua, afectando la geometría de la red de drenaje y reduciendo sistemáticamente la densidad de las misma (Robbins, 1984). Así también, se observan alteraciones en el trazado de las redes de drenaje, las cuales en forma natural poseen formas curvas, siendo reemplazadas por un trazado más regular y recto (Stone, 2004).

Riccardi (2000) observa que la concentración del flujo crece en la medida que la urbanización se desarrolla.

Tucci (2007) menciona que el crecimiento urbano en los países en desarrollo se ha dado de manera insustentable, con deterioro de la calidad de vida y del medio ambiente.

Benjamin (2008) describe que el número de eventos ha crecido a una velocidad vertiginosa, particularmente en áreas urbanas, impactando de manera negativa el funcionamiento normal de los sectores social, de servicios, económico y financiero, entre otros, dejando en mayor vulnerabilidad a la población con menos recursos.

Mansilla (2010) menciona que la realidad de los desastres y su creciente impacto sobre la población hacen necesario invertir el proceso con la investigación sobre su generación.

Lopez Orozco (2012) describe que la urbanización altera las redes de drenaje natural (ríos urbanos) al incrementarse las zonas impermeables en la superficie, el agua empieza a escurrir en el terreno natural y por las calles hacia las partes bajas, afectando el comportamiento hidrológico de la cuenca.

Monroy-Ortiz (2013) describe que cuando principia el proceso de la instalación de asentamientos, inicia una fragmentación territorial en el equilibrio del sistema natural de la cuenca, así como en sus procesos internos de mantenimiento y recuperación.

Finotti, Susin, Finkler, Silva y Schneider (2014) mencionan que a medida que la población crece y las manchas urbanas aumentan desordenadamente y sin planeamiento, nuevas áreas son ocupadas cada día; este desarrollo generalmente significa un aumento de la impermeabilización del suelo.

Perevochtchikova y Lezama de la Torre (2010) menciona que un aumento en la exposición de personas y bienes frente a las amenazas, crea nuevos patrones de riesgo.

Aragón-Durand (2014) considera a la urbanización y su desarrollo como factores centrales en la generación e incremento del riesgo de inundaciones. La construcción del riesgo por inundación se inicia con la ocupación y transformación de la cuenca natural, los procesos de ocupación del desarrollo urbano, la modifican.

Hernández-Urbe, Barrios-Piña y Ramírez (2015) mencionan que la determinación del riesgo por inundación se ha convertido en una práctica cada vez más recurrente, debido principalmente a la planeación urbana y a la mitigación de desastres. Cuantificar el riesgo por inundación es una tarea compleja por las variables involucradas y su estado evolutivo.

Rey-Valencia y Zambrano (2018) mencionan que la urbanización ha modificado considerablemente los ciclos naturales en las cuencas hidrológicas con el constante cambio de uso del suelo, en el que existe un aumento del área impermeabilizada y una disminución o eliminación de la cobertura vegetal.

LOCALIZACIÓN

La Ciudad de Tuxtla Gutiérrez se ubica en la parte central del estado de Chiapas y se asienta en la subcuenca del río Sabinal (Figura 1). La subcuenca del río Sabinal se localiza en la región Hidrológica XI Frontera sur. Es una región con precipitaciones anuales en promedio, de entre 3000 y 4000 mm, siendo los meses de septiembre y octubre los de mayores precipitaciones, llegando a más de 1,000 mm en un mes.

La subcuenca del río Sabinal nace en el cerro El Chupadero a unos 5 km al noroeste de la población de Berriozábal, Chiapas, a una altitud de 1,100 msnm. Esta subcuenca se encuentra en la Región Hidrológica 30 en la Cuenca "E" Grijalva-Usumacinta de Chiapas y abarca de manera parcial los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal, San Fernando y parte de Ocozocauhtla de Espinoza.

El crecimiento urbano se inició en el valle del río Sabinal y poco a poco se fue extendiendo hacia las zonas altas, en los alrededores o cubriendo los cauces de los afluentes. Los cauces de los afluentes San Roque, San Pascualito, El Cocal, El Zope y, recientemente, Patria Nueva Sur han sido embovedados. Asimismo, existen 20 afluentes que se han transformado a canales a cielo abierto y los 8 restantes han desaparecido pasando a formar parte de la red vial.

Las inundaciones registradas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se han generado por el desbordamiento del río Sabinal y sus afluentes y, principalmente, por la acumulación del agua que

escurre por sus calles, las cuales se convierten en ríos hasta descargar sus aguas en las zonas más bajas, en donde se acumula y ocasiona severos daños (Protección Civil Chiapas, 2018).

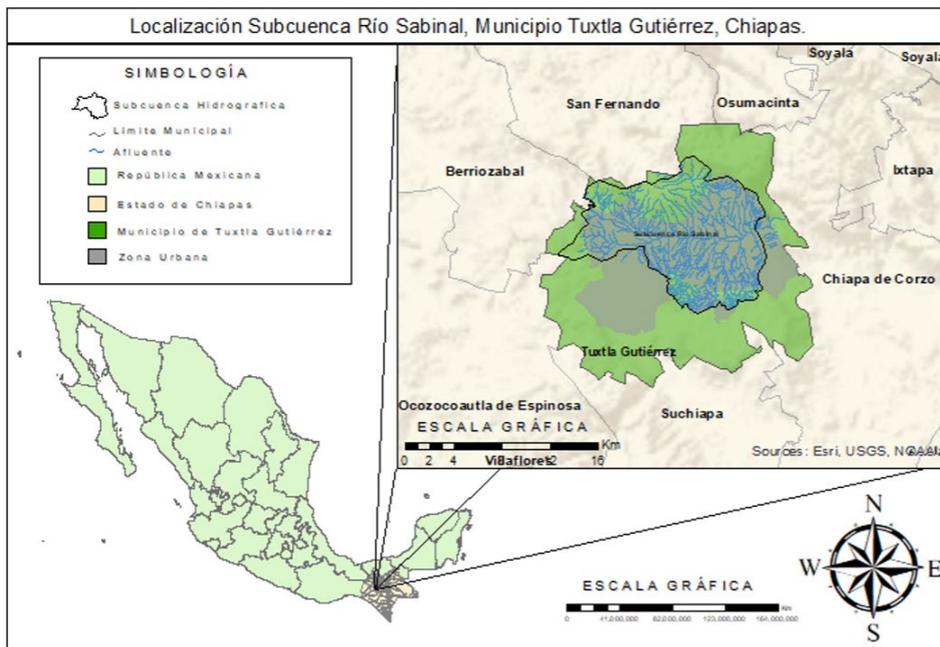


Figura 1. Mapa con la localización de la Subcuenca del río Sabinal en el municipio de Tuxtla Gutiérrez en el estado de Chiapas y la República Mexicana
Fuente: Autores, 2023.

Protección Civil Chiapas (2018) identificó que de los fenómenos naturales que provocan mayores afectaciones en el estado son los fenómenos hidrometeorológicos, seguido por los fenómenos geológicos. La ciudad de Tuxtla Gutiérrez, no ha sido la excepción, en el recuento histórico de afectaciones por lluvias en la capital muchas familias han sido afectadas.

Debido a lluvias severas en Tuxtla Gutiérrez se han emitido siete declaratorias de emergencia y desastre en 1999 al 2017 (Protección Civil Chiapas, 2018).

Las lluvias en Tuxtla Gutiérrez con registros entre 83 y 141 mm han provocado diversos daños e incluso muertes asociadas al agua de escorrentía y no a los desbordamientos del río Sabinal.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó con base en la metodología siguiente:

- » Delimitación de la subcuenca del río principal y las microcuencas de cada uno de los afluentes, escala 1:150 000.
- » Ubicación de los registros de protección civil de las zonas en riesgo de inundación dentro de la subcuenca y en cada una de las microcuencas hidrográficas.
- » Delimitación y cálculos de las áreas hidrográficas en la Microcuenca Hidrográfica Urbana 24 de Junio.
- » Elaboración del mapa con la dirección del flujo de agua en cada una de las calles dentro de la MHU 24 de Junio y caracterización de las condiciones de los cauces naturales, canales y drenajes que atraviesan la zona urbana. La escala del mapa es 1:25 000 con detalle local.

RESULTADOS

Las Microcuencas Hidrográficas son todas aquellas áreas que componen una subcuenca natural y que definen su red hidrográfica por medio de sus afluentes. La red hidrográfica del área de estudio se obtuvo de los archivos del (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2010). La forma en que se delimitó el parte aguas de cada microcuenca fue siguiendo las curvas de nivel, sin tomar en cuenta la zona urbana, es decir, como si esta no existiera.

En la Figura 2 se presenta el modelo 3D de la Subcuenca del Río Sabinal con las curvas de nivel y las 33 Microcuencas Hidrográficas (MCH) que se identificaron en la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez.

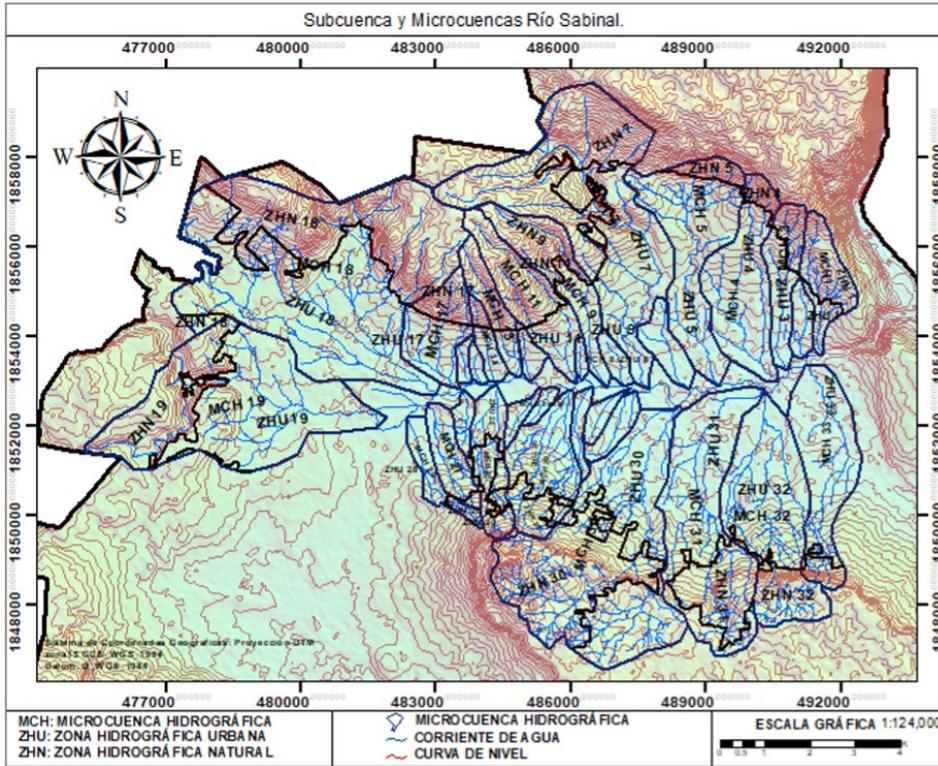


Figura 2. Modelo Digital de elevación de la subcuenca del río Sabinal con las curvas de nivel y la identificación de las 33 Microcuencas Hidrográficas (MCH 1-33), Zonas Hidrográficas Naturales (ZHN), Zonas Hidrográficas Urbanas (ZHU)
Fuente: Autores, 2023.

Las Microcuencas Hidrográficas se identificaron con las siglas MCH y se enumeraron en dirección contraria a la dirección del movimiento de las manecillas de reloj, desde la MCH1 hasta la MCH33.

El río Sabinal atraviesa de poniente a oriente la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, durante su trayecto recibe la descarga de las aguas de los afluentes, con sus respectivas microcuencas, que descienden de la parte norte y cuyo flujo de agua es de norte a sur (MCH1 hasta MCH 17) y también recibe el agua de los afluentes de la zona sur, los cuales tienen una dirección de flujo de agua de sur a norte (MCH 20 hasta MCH 33). Para cada microcuenca se registró el cauce del afluente natural y se dividió las zonas que las componen en zona urbana y zona natural, las cuales fueron identificadas como Zona Hidrográfica Urbana (ZHU) y Zona Hidrográfica Natural (ZHN); ejemplo, Microcuenca Hidrográfica Arroyo Blanco (3) (Figura 3; Tabla 1).

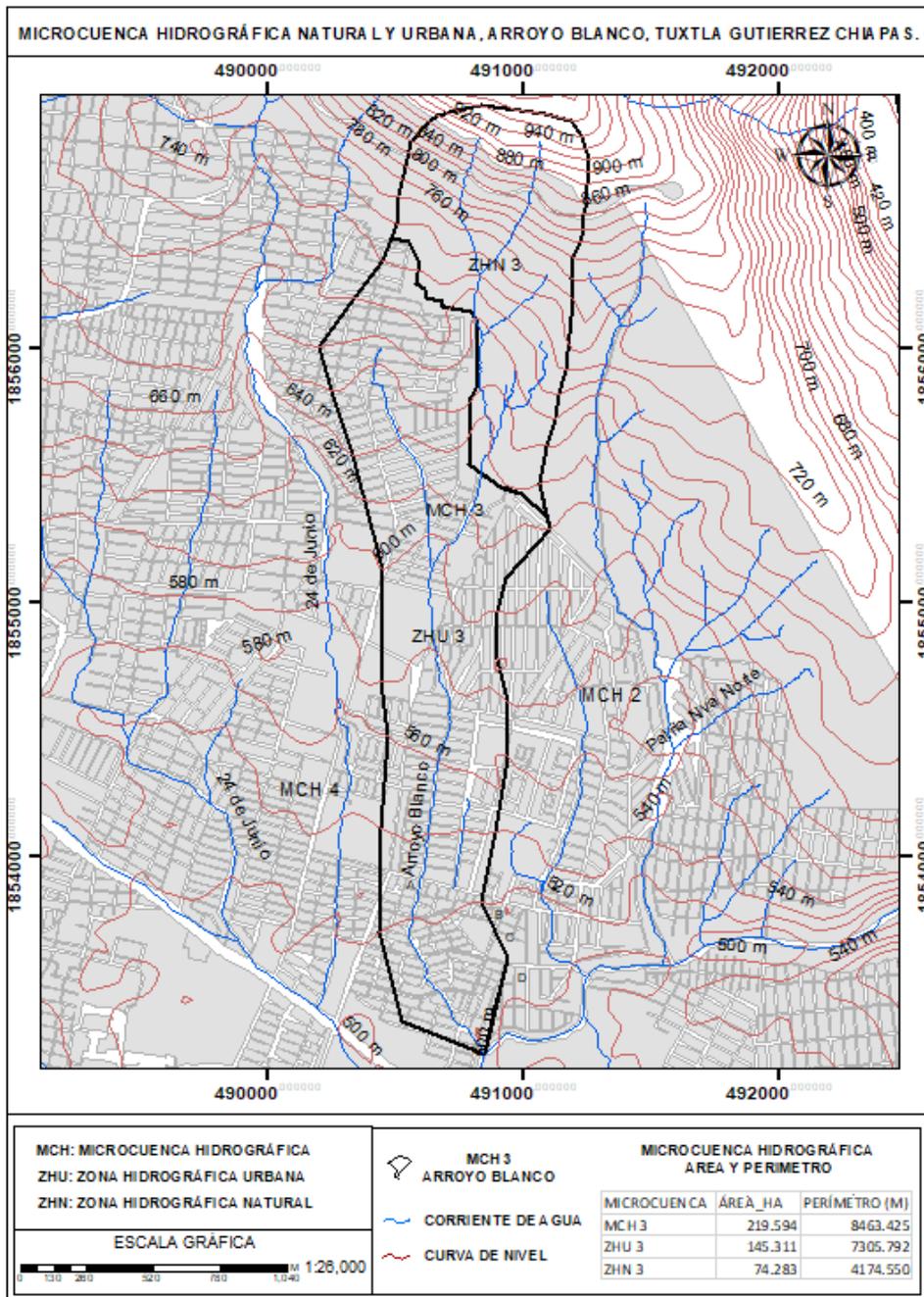


Figura 3. Se muestra un ejemplo de cómo se compone la Microcuenca Hidrográfica (3) con su Zona Hidrográfica Urbana (ZHU3) y su Zona Hidrográfica Natural (ZHN3). La ZHU se delimita de acuerdo a la traza urbana observada en la imagen de satélite y mapa urbano
 Fuente: Autores, 2023.

MICROCUENCAS HIDROGRÁFICAS DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS							
Abreviaciones: MCH= Microcuenca Hidrográfica; ZHU= Zona Hidrográfica Urbana; ZHN= Zona Hidrográfica Natural; HA= Hectáreas =10 000 m ² ; M= Metros.							
MCH		MCH AREA (HA)	ZHU AREA (HA)	ZHN AREA (HA)	MCH PERIMETR O (M)	ZHU PERIMETR O (M)	ZHN PERIMETR O (M)
MCH1	Patria Nva. Norte	213	51	162	7438	4774	6085
MCH2	Microcuenca Hidrográfica 2	72	72	0	4040	4040	0
MCH3	Arroyo Blanco	220	145	74	8463	7306	4175
MCH4	24 de junio	480	430	49	11313	10709	3766
MCH5	Arroyo Totoposte	618	554	64	14279	13939	4920
MCH6	Microcuenca Hidrográfica 6	116	116	0	5231	5231	0
MCH7	Potinaspak	1342	584	758	21709	24478	27456
MCH8	Microcuenca Hidrográfica 8	53	53	0	3279	3279	0
MCH9	Pomarrasa	322	130	192	11204	7516	8585
MCH10	Microcuenca Hidrográfica 10	21	21	0	2167	2167	0
MCH11	Rosario Poniente	349	117	232	10086	6123	7853
MCH12	Microcuenca Hidrográfica 12	46	44	2	3264	2986	656
MCH13	Ojo de Agua	155	44	110	7276	2964	5451
MCH14	Laguitos	76	55	21	4672	3338	2147
MCH15	Laguitos 2	25	25	0	2412	2412	0
MCH16	Microcuenca Hidrográfica 16	29	29	0	2791	2791	0
MCH17	San José	271	175	96	7310	5975	4572
MCH18	Chacona y San Agustín	2096	1216	881	24129	27531	49800
MCH19	Microcuenca Hidrográfica 19	1225	800	425	16692	21252	21100
MCH20	Microcuenca Hidrográfica 20	113	91	22	6975	6103	2761
MCH21	La Laguna	146	135	12	5873	5470	1877
MCH22	Microcuenca Hidrográfica 22	47	47	0	3486	3486	0
MCH23	Microcuenca Hidrográfica 23	236	120	116	7901	12330	9742
MCH24	Microcuenca Hidrográfica 24	41	41	0	3525	3525	0
MCH25	Microcuenca Hidrográfica 25	30	30	0	2679	2679	0
MCH26	El Cocal	374	277	97	8274	11384	7318
MCH27	Romeo Rincón	56	56	0	4837	4837	0
MCH28	Microcuenca Hidrográfica 28	50	50	0	3552	3552	0
MCH29	Microcuenca Hidrográfica 29	84	84	0	4496	4496	0
MCH30	San Roque	1406	763	644	18393	28307	21351
MCH31	Poc-Pon	890	624	266	15679	22290	10019
MCH32	Ana y Cerro Hueco	736	548	188	13258	12044	9330
MCH33	Patria Nueva Sur	495	438	56	11861	12644	4093

Tabla 1. Microcuencas Hidrográficas en Tuxtla Gutiérrez (MCH) con el área y perímetro total y de la Zona Hidrográfica Natural y Urbana que las componen
Fuente: Autores, 2023.

En Tuxtla Gutiérrez se obtuvieron los registros de 88 colonias con 58 888 viviendas (vulnerabilidad física expuesta) y 70 980 personas expuestas (vulnerabilidad social expuesta) al peligro por inundación (Tabla 2).

Microcuencas Hidrográficas y vulnerabilidad física y social expuesta			
Microcuenca hidrográfica	Colonias	Viviendas	Población
MCH 4	24 DE JUNIO	138	425
	EL BOSQUE	40	139
	GRIJALVA INFONAVIT	212	649
MCH 6	MADERO	109	289
MCH 7	GUADALUPE	368	1052
	POTINASPAK	227	750
	COL 42	119	220
	LINDA VISTA SHANKÁ	253	995
	NIÑO DE ATOCHA	201	590
	SANTO DOMINGO	76	217
	COLON	146	392
MCH 8	NIÑO DE ATOCHA	201	590
	COLON	146	392
	GUADALUPE	368	1052
MCH 9	COLON	146	392
	POMAROSA	109	469
	GUADALUPE	368	1052
MCH 15	RINCON DE LOS LAGOS	60	189
MCH 17	SAN ISIDRO BUENAVISTA 2	72	219
	SAN ISIDRO BUENAVISTA	196	538
	SAN JOSÉ YEGUISSTE	173	588
	SAN ISIDRO	156	444
	SAN MARTIN	67	161
	ATENAS	63	208
	JARDINES DE TUXTLA	102	260
	JARDÍN CORONA FOVISSSTE 2	468	1479
	LUM HA	217	596
	VILLAS DEL RIO	272	762
	LOS LAURELES	620	1848
MCH 18	LOS LAURELES	620	1848
	ARAMONI	76	224
	CATAZAJA	76	224
MCH 19	FLAMINGOS	348	1006
	ZAVALETA	30	95
	HERRADURA	186	532
	LA GLORIA 2	28	76
	SAN JOSÉ TERÁN	282	1011
	ROSARIO SABINAL	91	227
	PLAN DE AYALA	67	222
	EL TRIUNFO	265	905
	CAMPANARIO	36	120
	TERAN	3195	10106

(Continúa)

(Continuación de página anterior)

MCH 20	TERAN	3195	10106
	LA RELIQUIA 2	300	1088
	LA RELIQUIA 3	56	188
	LOMA VERDE	31	131
	SOLIDARIDAD CHIAPANECA	186	618
	VILLAS BUENA VENTURA	57	247
	FOVISSSTE 3	193	572
	LOMA BONITA	57	247
	EL CIPRES	460	1322
	AMPLIACION EL PUENTE	36	135
	EL PRIVILEGIO	40	124
	BELISARIO DOMINGUEZ	385	1256
	BELLAVISTA	266	775
	COLINAS DE BELLAVISTA	193	492
	LA RELIQUIA	839	3034
LINDA VISTA	202	644	
NUEVA ESPERANZA	181	568	
SOLIDARIDAD INFONAVIT	258	853	
MCH 21	BELLAVISTA	266	775
	NUEVA ESPERANZA	181	568
	LINDA VISTA	202	644
	LOS TAMARINDOS	97	240
	AMPLIACION TERAN	796	2687
	ALIANZA CAMPESINA	17	56
	MACTUMATZA	135	429
	MACTUMATZA 2	167	554
	PRIVADA FLAMBOYANT	61	183
	BUENOS AIRES	229	638
	BUENA VISTA	196	693
SIGLO XXI FOVISSSTE	215	710	
SOLIDARIDAD INFONAVIT	258	853	
MCH26	SAN JOSE LIBRAMIENTO	6	19
	PENIPAK	83	248
	BELEN	2	14
	LA GLORIA	245	672
MCH 28	GUADALUPE	368	1052
MCH 29	GUADALUPE	368	1052
	SANTO DOMINGO	76	217
MCH 30	POPULAR	51	153
	POTRERO MIRADOR	19	88
	SAN MARCOS	65	191
	JOYAS DEL ORIENTE	10	38
	MADERO	109	289
MCH 31	EL VERGEL	248	772
	EMILIANO ZAPATA	76	286
	MEXICANIDAD CHIAPANECA	109	289
	HIDALGO	90	317
	LAS FLORES	102	352
	EL BRASILITO	152	537
	CAMINERA	134	398
BIENESTAR SOCIAL	125	397	
MCH 32	BIENESTAR SOCIAL	125	397
	EL BRASILITO	152	537
	LAS PALMAS	187	551
MCH 33	LOMAS DEL ORIENTE	948	3284
	LAS TORRES	138	353
	LA ILUSIÓN	270	814
	LA MISIÓN	80	252
	COL 24	151	514
	CUEVAS DEL JUAGAR	235	640
	6 DE JUNIO 1	105	393
	6 DE JUNIO 2	86	325

Tabla 2. Microcuencas Hidrográficas con las zonas en riesgo, con el peligro de inundación por colonia y el registro de la Vulnerabilidad Física Expuesta, Viviendas y la Vulnerabilidad Social Expuesta
Fuente: Autores, 2023.

MAPA DE RIESGOS DE INUNDACIÓN EN LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA 24 DE JUNIO, TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MÉXICO

La Microcuenca Hidrográfica Urbana 24 de Junio tiene una longitud aproximada de 2.5 km, sus aguas fluyen con dirección norte-sur e inicia en la parte más alta a 1020 msnm. La mayor parte de esta microcuenca ha sido cubierta por la urbanización y en la misma se han presentado severas inundaciones que han afectado viviendas, oficinas y vías de comunicación (Figura 4).



Figura 4. Fotografías que ilustran el nivel de inundación en la parte baja de la Microcuenca Hidrográfica 24 de Junio
Fuente: Autores, 2023.

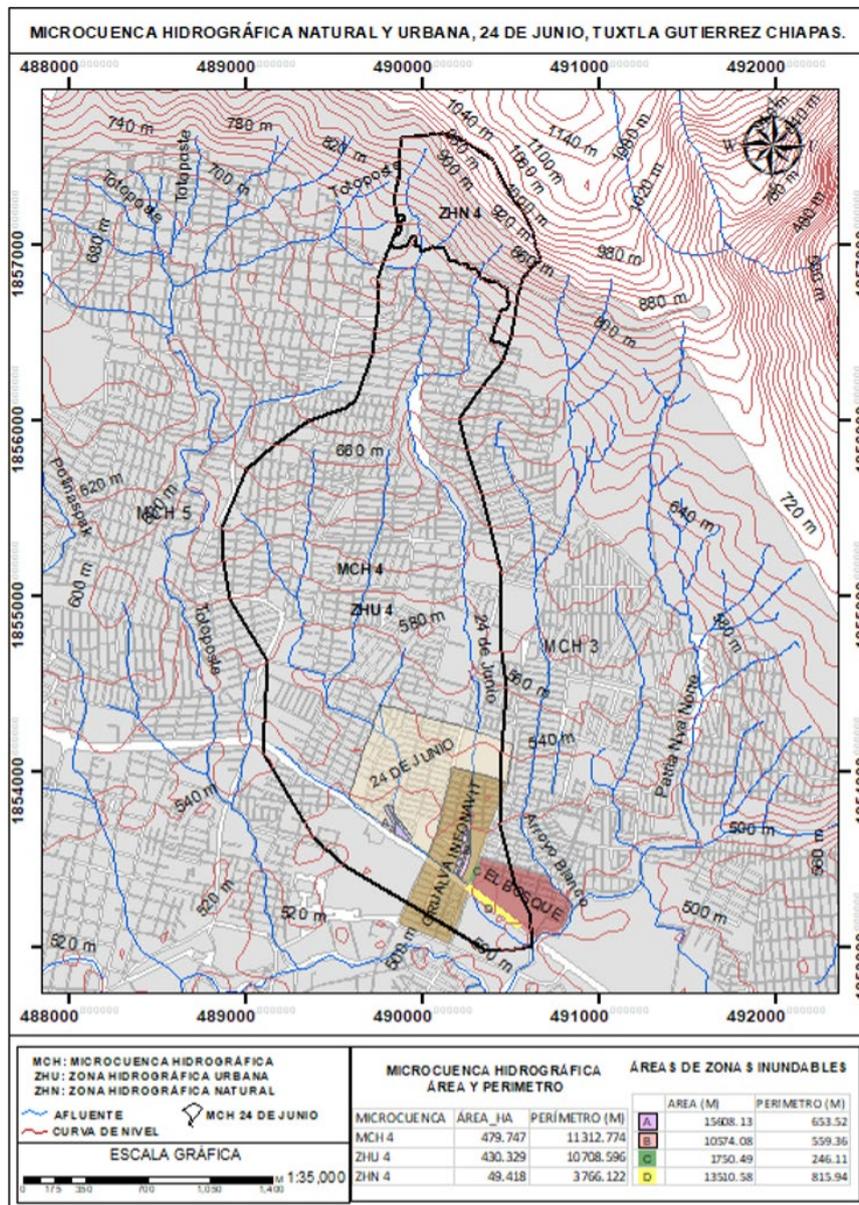


Figura 5. Microcuenca Hidrográfica 24 de Junio con la ubicación de: ZHN4, Zona Hidrográfica Natural; ZHU4, Zona Hidrográfica Urbana; Zonas en peligro de inundación (A, B, C y D); sus respectivas áreas y las Colonias afectadas (24 de Junio, Grijalva Infonavit y El Bosque)
Fuente: Autores, 2023.

En los registros de protección civil de Tuxtla Gutiérrez (Atlas, 2015; PDUCP, 2015) se tiene que las zonas de inundación dentro de la MHU 24 de junio se encuentran en la colonia 24 de Junio, donde afecta 138 viviendas en donde viven 425 personas, en un área de 15608.13 m², en la colonia El Bosque la zona en peligro de inundación abarca un área de 10574.08 m², afecta a 40 viviendas y 139 personas y en la colonia Grijalva Infonavit en donde hay dos zonas de inundación, la primera tiene un área de 1750.49 m², que afecta a 212 viviendas y 649 personas, mientras que la segunda abarca un área de 13510.58 m² y afecta al flujo vehicular en el libramiento norte (Figura 5).

Para la identificación y delimitación de la red hidrográfica en la zona urbana se realizó a un análisis de imágenes de satélite en escala 1: 25000 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI, 2010).

Se mapearon las zonas en peligro de inundación, identificadas y delimitadas por la oficina de Protección Civil Municipal entre los años 2005 al 2018 (Atlas, 2015; PDUCP, 2015), y se llevaron a cabo recorridos de campo para verificar la dirección del flujo de agua en toda la zona. En total se verificaron 210 puntos de control ubicados en diferentes calles, cruces de calles y cruces de calles y cauces de tributarios. Se levantaron 350 encuestas a la población de población de las tres colonias (24 de Junio, Grijalva Infonavit y El Bosque) y particularmente en las zonas de mayor afectación, cubriendo las 4 zonas de inundación (Figura 6).

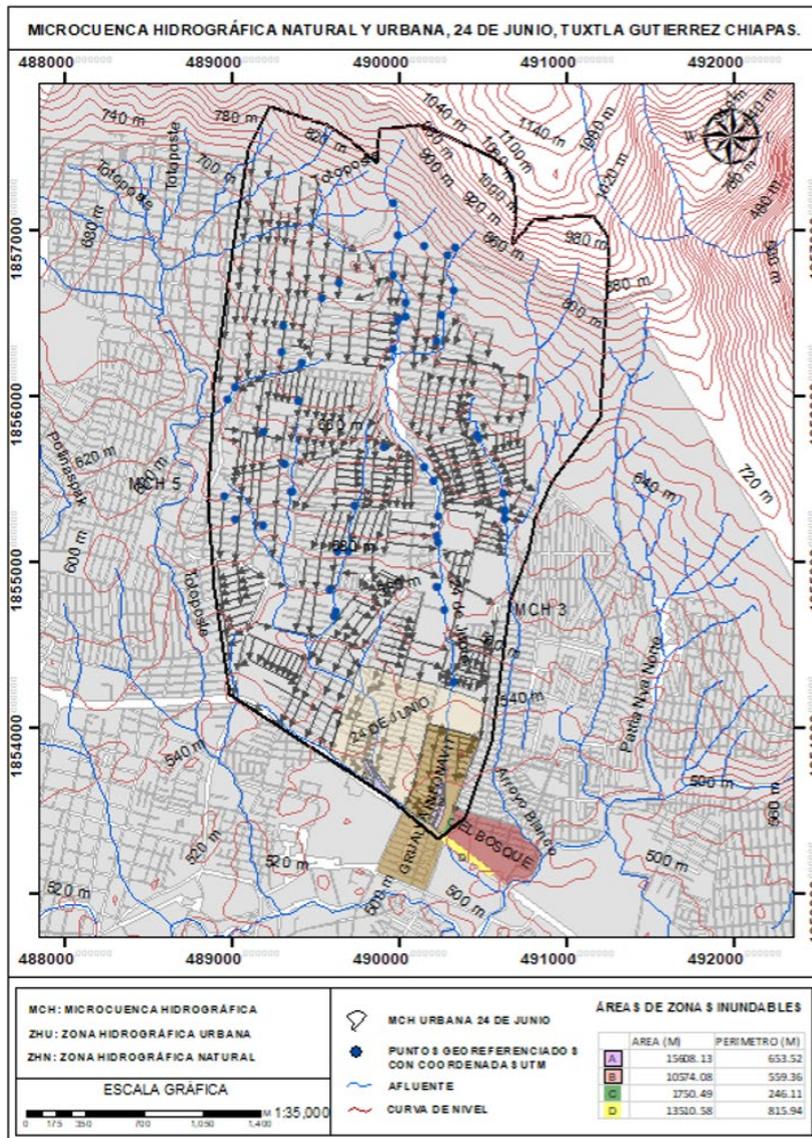


Figura 6. Se presenta el mapa con la Microcuenca Hidrográfica 24 de Junio sobre el cual se señaló la dirección que sigue el flujo del agua, obtenido del trabajo de campo, en las calles (afluentes urbanos) tanto en las microcuencas vecinas, como en la parte alta, media y baja de la microcuenca. En línea roja se tiene delimitada el área de la nueva Microcuenca Hidrográfica Urbana 24 de Junio

Fuente: Autores, 2023.

En nuestro estudio se verificaron 210 puntos de control con datos de altitud en los puntos de intersección de las calles y se siguieron las calles con dirección al flujo que sigue el agua por las mismas. Con los datos anteriores se realizó un mapa con las direcciones de flujo. También durante el recorrido de campo se tomaron los datos de las áreas hidráulicas de los diferentes cauces que atraviesan las calles, tanto de las microcuencas hidrográficas vecinas como de la microcuenca objeto de este estudio.

Con la información recabada en campo, donde se verificaron todas las direcciones que sigue el flujo de agua de escorrentía durante una lluvia, y con el análisis de las áreas de las microcuencas vecinas (MCH3 y MCH5) donde se encerraron todas las calles que aportan agua a las zonas en peligro de inundación, se obtuvo un área total que aporta el agua a las cuatro Zonas en Riesgo de Inundación.

El área que contribuye con agua de escorrentía a las zonas en peligro de inundación es de 7,443,043.25 m² (Figura 6). El registro de la clasificación de los afluentes urbanos (calles) permitió diferenciar tres diferentes áreas por donde fluye el agua y que llega a las zonas en riesgo e inundación, las cuales se identificaron como Área na Hidrográfica Urbana 1 (ZHU1), Zona Hidrográfica Urbana 2 (ZHU2) y ZHU3. Cada Zona Hidrográfica Urbana indica el área por donde el agua escurre hasta las diferentes zonas de inundación. Los cauces naturales y el agua que fluye por las calles de las tres Zonas Hidrográficas Urbanas descargan el agua corriente hasta la zona más baja, las tres terminan en el libramiento norte de Tuxtla, en donde el agua llega y se acumula, provocando las Zonas en peligro de Inundación (A, B, C y D). En el libramiento norte el agua choca contra él mismo y cambia su dirección de flujo hacia el poniente, aportando agua a las otras zonas inundables.

La zona Hidrográfica Urbana 1 provoca la inundación de la Zona en Peligro de Inundación A, en la cual se registró una vulnerabilidad social expuesta de 425 personas y una vulnerabilidad física expuesta de 138 viviendas de la colonia 24 de Junio, y al mismo tiempo aporta agua que fluye por el libramiento a la zona de inundación B (Figura 7).

La Zona Hidrográfica Urbana 2 descarga sus aguas a la Zona en Peligro de Inundación B en la que se registró una vulnerabilidad social expuesta de 649 personas y una vulnerabilidad física expuesta de 212 viviendas (Figura 7).

La Zona Hidrográfica Urbana 3 vierte sus aguas a las Zonas en Peligro de Inundación C y D. En la zona C hay una vulnerabilidad social expuesta es de 139 personas y una vulnerabilidad física expuesta de 40 viviendas de la colonia el Bosque. En la zona D la vulnerabilidad física expuesta son los vehículos que circulan o se estacionan en la misma, mientras que la vulnerabilidad social expuesta son las personas que viajan en los vehículos o los que caminan en esta vía de comunicación que es la lateral y en el libramiento norte de la zona urbana (Figura 7).

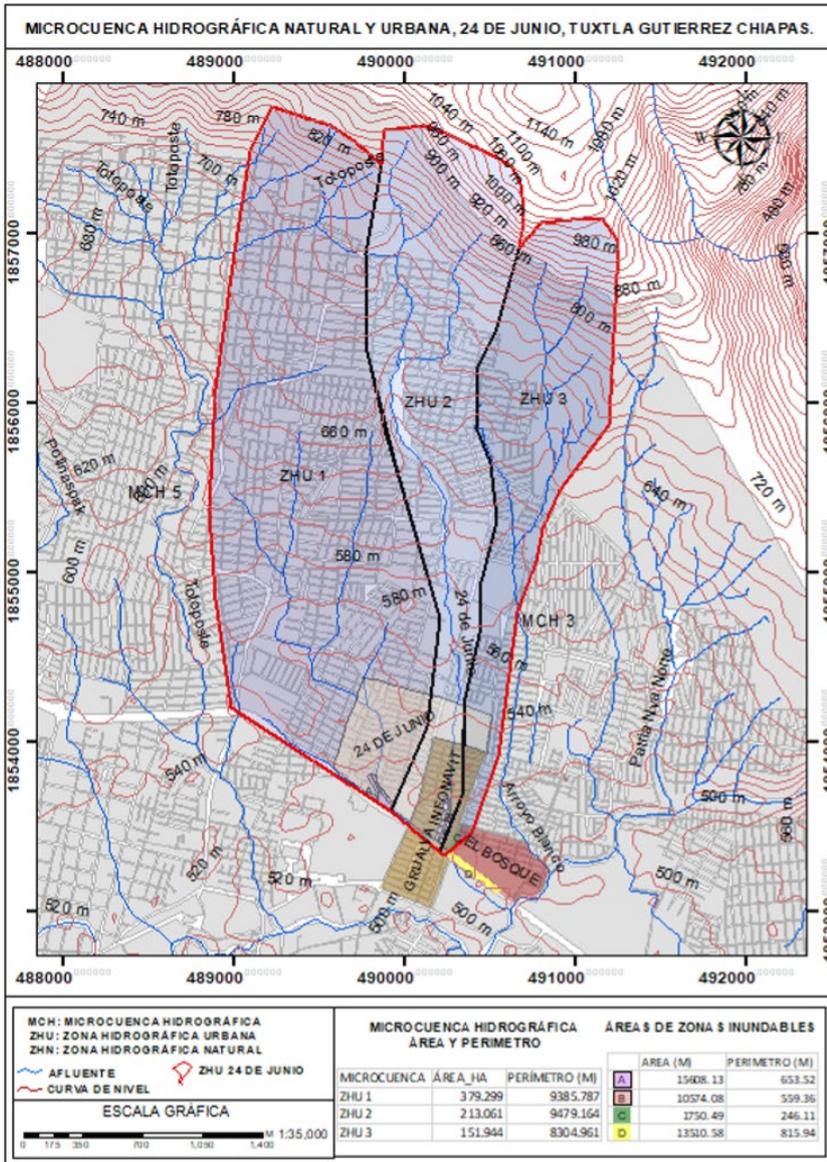


Figura 7. Mapa de la Microcuenca Hidrográfica Urbana 24 de Junio con la dirección del flujo de agua hacia las zonas en riesgo de inundación. En el mismo mapa se puede apreciar las características de las Zonas Hidrográficas Urbanas (1, 2 y 3), que aportan agua a las cuatro diferentes Zonas en Riesgo de Inundación
 Fuente: Autores, 2023.

CONCLUSIONES

En este trabajo se obtuvieron las Microcuencas Hidrográficas que se relacionan con la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, en donde cada una, en la actualidad, se compone de dos zonas por donde escurre el agua hasta el río principal; una zona natural, que corresponde a el área natural remanente, identificada como Zona Hidrográfica Natural (ZHN), y una zona urbana, que corresponde a la zona invadida por las construcciones urbanas, denominada aquí como Zona Hidrográfica Urbana (ZHU).

En Tuxtla Gutiérrez Chiapas existían 33 microcuencas hidrográficas naturales, las cuales han sufrido cambios en el uso del suelo de bosques, agrícolas hasta urbanos, en algunos casos, hasta del 100%. Esto provocó cambios en el régimen hidrológico que ahora se manifiesta con un mayor volumen de agua que escurre y que ha generado numerosas zonas en riesgo de inundación en la mayoría de las Microcuencas Hidrográficas. Este cambio ha generado que el agua de escorrentía siga la pendiente y la dirección de las calles, que en conjunto siguen el flujo vehicular hacia las calles principales. En ocasiones, esto genera que el volumen de agua se acumule en estas últimas y se convierta en ríos caudalosos.

De acuerdo al análisis de la nueva red hidrográfica en la zona urbana de estudio, se identificó un incremento del área de la microcuenca, por la que fluye al agua desde las partes más altas hasta las más bajas y zonas de inundación. Éste incremento es por la conexión de las calles localizadas fuera de la microcuenca, que ahora siguen la dirección del flujo vehicular y la pendiente. Con lo anterior fue posible identificar y delimitar la “Microcuenca Hidrográfica Urbana 24 de Junio” con un área de 1010 Ha, en la que las calles pasaron a ser sus Afluentes Urbanos.

Con el análisis de la pendiente y la dirección de las calles por donde ahora circula el agua, se delimitaron tres diferentes Zonas Hidrográficas Urbanas (ZHU1, ZHU2 y ZHU3), las cuales aportan el agua a las zonas en riesgo de inundación A, B, C y D.

La ZHU1 es la que mayor volumen de agua aporta a las zonas de inundación, ya que al chocar con el libramiento norte cambia su dirección y lo convierte en un río caudaloso, además de que descarga el agua principalmente a la zona de inundación A.

La ZHU2 acumula el agua en la zona en riesgo de inundación B. Esta zona se origina porque una construcción obstruye el cauce del afluente principal y provoca que el agua se detenga y acumule. Al pasar este obstáculo el agua continúa y se une con otro flujo de agua importante y descarga el agua en la zona de inundación C. Esta zona de Inundación también recibe el agua que viene de la ZHU3 y del libramiento norte.

La Zona de Inundación D, recibe el agua de las ZHU2, ZHU3 y del libramiento norte.

Los mapas generados de la Microcuenca Hidrográfica Urbana 24 de Junio, con la identificación de las zonas hidrográficas urbanas 1, 2 y 3 que aportan el agua a las zonas de inundación A, B, C y D, pueden servir como una herramienta base, para identificar los posibles puntos de desviación, retención o zonas de inundación inducidas (jardines, campos, baldíos u otros) que disminuyan el volumen y la intensidad del flujo de agua que llega a esas zonas inundables y disminuyan los daños que provocan.

Los resultados de este estudio establecerán bases científicas para el desarrollo de nuevas zonas de crecimiento urbano, sin que sus conexiones tanto de vialidad como de drenaje incrementen el agua de escorrentía y fomenten un desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

- Aragón-Durand, F. (2014). *Inundaciones urbanas América Latina reducción del riesgo de inundación*. Gobierno de Colombia. <http://hdl.handle.net/20.500.11762/19850%0A>
- Badilla, E., van Western, C.J. & Kingma, N.C. (2003). Evaluación de la amenaza y causas de inundación en la ciudad de Turrialba, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 28, 91-108.
- Benjamin, M.A. (2008). *Analysing urban flood risk in low-cost settlements of George, Western Cape, South Africa*. University of Cape Town.
- Finotti, A.R., Susin, N., Finkler, R., Silva, M.D., & Schneider, V.E. (2014). Development of a monitoring network of water resources in urban areas as a support for municipal environmental management. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 182, 133-143. <https://doi.org/10.2495/WP140121>
- Hernández-Urbe, R.E., Barrios-Piña, H. & Ramírez, A.I. (2015). Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 8(3), 5-25. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-03-01>
- INEGI. (2010). Hidrografía. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/temas/hidrografia/>
- Lavell, A. (1996). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano: Problemas y conceptos. In Fernandez, M.A. (compiladora), *Ciudades en riesgo: Degradación Ambiental, Riesgos Urbanos y Desastres*. La Red.
- Lopez Orozco, J.A. (2012). *Manejo Integral Del Agua En Tuxtla Gutierrez, Chiapas*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TE501000687000
- Mansilla, E. (2010). *Riesgo urbano y políticas públicas en América Latina: la irregularidad y el acceso al suelo*. UNISDR, UNDP & Corporación OSSO. https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/Mansilla_2010.pdf
- Monroy-Ortiz, R. (2013). Los sistemas urbanos de cuenca en México. Transitando a estrategias integrales de gestión hídrica. *Economía Sociedad y Territorio*, 13(41), 151-179. <https://doi.org/10.22136/est0201321>

- Mora, C.S. (1985). Las laderas inestables de Costa Rica. *Rev. Geol. Amer. Central*, 3, 129-161.
- Perevochtchikova, M. & Lezama de la Torre, J.L. (2010). Causas de un desastre: Inundaciones del 2007 en Tabasco, Mexico. *Journal of Latin American Geography*, 9(2), 73-98. <https://doi.org/10.1353/lag.2010.0010>
- Protección Civil Chiapas. (2018). *Reporte interno (inedito) de inundaciones en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. 22p. PCC.
- Quarantelli, E.L. (1996). The future is not the past repeated: Projecting disasters in the 21st century from current trends. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 4(4), 228-240. <https://doi.org/10.1111/j.1468-5973.1996.tb00097.x>
- Rey Valencia, D.M., & Zambrano, J.D. (2018). Estudio de la respuesta hidrológica en la cuenca urbana de montaña San Luis-Palagrande. *Revista UIS Ingenierías*, 13(1), 115-126. <https://doi.org/10.18273/revuin.v17n1-2018011>
- Riccardi, G.A. (2000). *La transformación de la lluvia - caudal en ambientes rurales y urbanos. Los procesos hidrológicos y el modelado*. Cuadernos del Curiham.
- Robbins, C.H. (1984). *Effects of Urbanization on the Magnitude and Frequency on Small Streams in Tennessee*. USGS. <https://doi.org/10.3133/ofr80572>
- Rodríguez, M.A. (1992). Efecto de la variación del coeficiente de escorrentía en la frecuencia de las avenidas. *Revista Geográfica de América Central*, 1(25-26), 209-225. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2895>
- Stone, B. (2004). Paving over paradise: How land use regulations promote residential imperviousness. *Landscape and Urban Planning*, 69(1), 101-113. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.028>
- Tucci, C.E.M. (2007). Gestión de Inundaciones Urbanas. *World Meteorological Organization*. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/gestion-de-inundaciones/gestion-de-inundaciones-urbanas-esp.pdf