



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

**SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES**

**APLICACIÓN DE LA GUÍA DE PROCEDIMIENTOS DE
ALERTAMIENTO POR INUNDACIONES FLUVIALES EN
COMUNIDADES RURALES DEL ESTADO DE CHIAPAS**

Sergio Lozano Torres

Informe preparado para el CENAPRED

Dirección de Investigación

Subdirección de Riesgos por Inundación

Enero, 2019



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO 1. CONOCIMIENTO DEL RIESGO	5
1.1 Identificación del tipo de inundación en la zona.....	5
1.2 Selección de la zona de estudio.....	5
1.3 Características de la zona.....	7
1.4 Determinación del riesgo.....	14
1.5 Síntesis de pasos para el conocimiento del riesgo.....	21
1.6 Recomendaciones.....	21
CAPÍTULO 2. MEDICIÓN Y PRONÓSTICO	22
2.1 Centros de pronóstico	22
2.2 Estaciones de medición en la zona.....	23
2.3 Previsión y prevención sin un sistema formal de alerta temprana.....	24
2.4 Síntesis de pasos para la medición y pronóstico	28
2.5 Recomendaciones.....	29
CAPÍTULO 3. DIFUSIÓN Y NOTIFICACIÓN DE ALERTAS	29
3.1 Aspectos normativos de la difusión.....	30
3.2 Origen y destino de los mensajes.....	31
3.3 Características de los mensajes	31
3.4 El factor tiempo	33
3.5 Alertamiento en la zona de estudio.....	34
3.6 Síntesis de pasos para la difusión y notificación de alertas.....	35
3.7 Recomendaciones	36
CAPÍTULO 4. PLAN COMUNITARIO DE RESPUESTA.....	37
4.1 Pasos para elaborar un plan comunitario de respuesta	37
4.2 Territorio incluido en el plan comunitario de respuesta	37
4.3 Preparación	39
4.4 Actuación de las autoridades.....	40
4.5 Tránsito hacia refugios o a viviendas de acogida en la zona de estudio	41
4.6 Refugios.....	43



4.7	Comités o brigadas comunitarias de apoyo	43
4.8	Alcance de un plan comunitario de respuesta.....	44
4.9	Planes comunitarios de respuesta integrales.....	45
4.10	Simulacros	46
4.11	Síntesis de pasos para un plan comunitario de respuesta.....	46
4.12	Recomendaciones	46
CAPÍTULO 5. CONSIDERACIONES FINALES		47
5.1.	Necesidad de delimitar el universo de comunidades rurales expuestas a inundaciones	47
5.2.	Gestión del desastre o gestión del riesgo.....	48
5.3.	Alcances y limitaciones	48
CONCLUSIONES.....		50
RECOMENDACIONES GENERALES.....		50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		52
ANEXO 1. ANÁLISIS HIDROLÓGICO		54



INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alerta temprana tienen la función específica de avisar oportunamente a los habitantes expuestos ante la ocurrencia de algún impacto, como una posible inundación, para que se trasladen a sitio seguro; existen otras acciones complementarias a estos sistemas, pero que pertenecen a otras divisiones de la gestión de desastres, como las que se encargan de la recuperación y reconstrucción para retornar en mejores condiciones a la normalidad; o las que buscan mejores condiciones para reducir los impactos, por ejemplo, el ordenamiento territorial.

La experiencia de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ, en alemán) en Filipinas (GIZ, 2012) subraya la necesidad de articular esfuerzos en dos sentidos. Por un lado, se requiere del apoyo institucional para sostener financieramente los esfuerzos por instalar y mantener un sistema de alerta temprana; y por otro lado, es fundamental que la autoridad local y la población tengan capacidad para atender su sistema de alerta temprana.

Luego de identificar si las inundaciones en un lugar se deben a desbordamiento de un río o lago, al influjo de agua de mar por sismo o por vientos de tormenta, o a la acumulación de lluvia, habrá que precisar la cuenca y todas las comunidades allí incluidas, que serán el objeto del estudio.

El proceso para desarrollar un sistema de alerta temprana incluye identificar en mapas las zonas inundables, de preferencia con participación de los pobladores; articular la medición de lluvia y de nivel en ríos con el pronóstico de sitios y tiempos de posible ocurrencia de inundaciones; acordar las acciones asociadas a la comunicación de alerta; y trabajar con los pobladores un plan comunitario de respuesta para evacuación. Más aún, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2017), estos sistemas pueden proporcionar tiempo para salvaguardar ganado, pertenencias e incluso para levantar barreras de emergencia que minimicen la exposición y cerrar accesos al agua, razones por las cuales estos sistemas están siendo desarrollados ampliamente.

Los factores más básicos a tomar en cuenta son: conocimiento de las zonas inundables, vigilancia del nivel de río o de lluvia durante una tormenta, y estar atentos a los pronósticos meteorológicos para la región, para saber si es necesario evacuar hacia sitios de resguardo. Si las afectaciones posibles ameritan la instalación de un sistema robusto de alerta temprana, entonces habrá que considerar los esfuerzos en equipo y personal para medición, transmisión de datos, análisis, comunicación de alertas, movilización hacia refugios temporales y retorno seguro.



CAPÍTULO 1. CONOCIMIENTO DEL RIESGO

El conocimiento del riesgo incluye la probabilidad combinada de que ocurra un evento y sus consecuencias negativas (GIZ, 2012). En ese sentido, la evaluación del riesgo tiene mucho que ver con la preparación de los pobladores para enfrentar los posibles impactos. Resulta de mucha utilidad realizar dicha evaluación a través de un proceso conjunto con los pobladores, para ir conociendo las zonas propensas a inundarse, cuánta gente vive o trabaja allí, qué tan vulnerables son (según su edad o bien si tienen alguna dificultad para la movilidad), qué bienes están expuestos (viviendas, caminos, sistemas productivos, otros), si existen refugios temporales u organización para enfrentar una posible inundación.

1.1 Identificación del tipo de inundación en la zona

La expresión de la necesidad de apoyo por parte de pobladores o de sus autoridades relativa a protección contra eventos de inundación generalmente va asociada con un reconocimiento empírico sobre el tipo de inundación que se presenta. A veces, puede ser que no se conozca con precisión si los daños ocasionados en cierto evento fueron por agua proveniente de un lago o del mar, por desbordamiento de un cauce, o porque el terreno fue insuficiente para retener, infiltrar y desalojar la precipitación.

Existen análisis particulares según el tipo de inundaciones. 1. Las costeras, debidas al agua impulsada tierra adentro por vientos ciclónicos o por una onda sísmica, requieren en el caso de vientos fuertes de estudios sobre magnitud y probabilidad con base en modelos costeros que consideren las características de las tormentas (fuerza, velocidad, dirección), así como el relieve o topografía tierra adentro y bajo el mar; y en caso de sismos, de modelos sobre la deformación del relieve marino con base en la magnitud de la fuente sísmica, deformación que determinará la altura de ola y la cota máxima de inundación en las zonas costeras afectadas. 2. Las fluviales o con origen en ríos o drenes precisan de análisis de frecuencias de los registros de lluvias o de corrientes y luego una modelación que considere datos sobre la capacidad de conducción de la red de cauces. 3. Las debidas a la acumulación de lluvia también requieren de analizar la precipitación, y de modelarla con respecto al relieve de la superficie, la retención potencial de agua en el suelo, y la capacidad de desalojo de la red de alcantarillado pluvial (Maddox, 2014, e información de la Subdirección de Riegos Sísmicos del CENAPRED).

1.2 Selección de la zona de estudio

Para el presente trabajo se buscó una zona rural del estado de Chiapas cercana a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en la que preferentemente se contara con mapas producto de un estudio de riesgo.

Entre la información para el análisis se consideraron: i) un estudio sobre peligro por inundación realizado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en 2013 sobre una región del río Grijalva comprendida entre las presas La Angostura y Chicoasén, cuyos mapas figuran ya en el Atlas Nacional de Riesgos; ii) el Programa de Ordenamiento del río Sabinal desarrollado por el Gobierno del estado de Chiapas en 2010 que abarca la cuenca de dicho río; iii) el Plan de Gestión y Manejo Integral de la Cuenca del río Sabinal, a cargo del Comité de Cuenca del río Sabinal, órgano de apoyo al Consejo de Cuenca Ríos Grijalva y Usumacinta; y iv) los atlas de riesgo de los municipios Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal, Ocozocoautla de Espinosa, San Cristóbal de las Casas y Teopisca.

El Programa de Ordenamiento del río Sabinal (Gobierno del estado de Chapas, 2010) presenta áreas identificadas según su problemática de inundación. Se buscó una zona entre moderada y altamente inundable que estuviera contenida en los mapas ya desarrollados por la CONAGUA. De esta manera, se identificó como la zona de estudio una subcuenca moderadamente inundable y con poblaciones rurales.

En la figura 1 se muestra la zona de estudio entre las diversas áreas definidas por el Programa de Ordenamiento del río Sabinal (Gobierno del estado de Chiapas, 2010) como unidades de gestión ambiental, UGA. La zona se localiza al noroeste de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (figura 2), capital del estado, y al sureste de la ciudad de Berriozábal. En la figura 3 se muestra el contexto de la región analizada por la CONAGUA (2013) bajo el mapa de profundidades de inundación correspondientes a un período de retorno de 100 años.

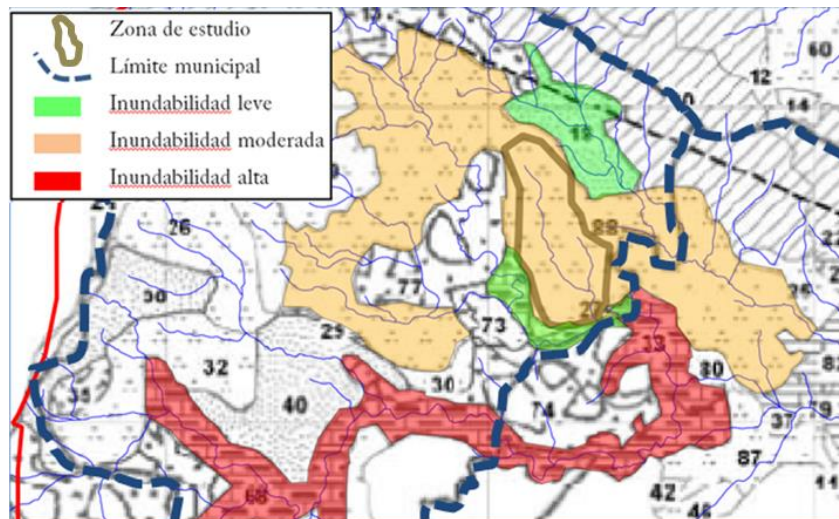


Figura 1. Zonas con diverso grado de inundabilidad según el gobierno del estado de Chiapas (fuente: Programa de ordenamiento territorial de la cuenca)



Figura 2. Ubicación de la zona de estudio (fuente: Google maps)

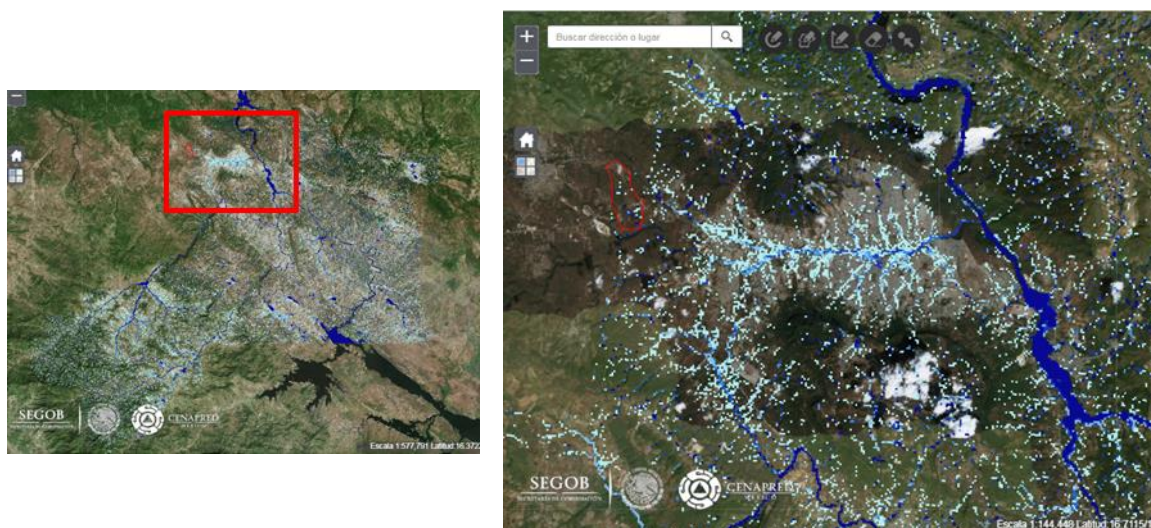


Figura 3. Mapa de profundidad de inundación para un período de retorno de 100 años de la región entre las presas La Angostura y Chicoasén analizada por la CONAGUA. A la izquierda, toda la región; y a la derecha, detalle del noroeste muestra en azul claro la red hidrográfica del río Sabinal que drena al río Grijalva; al oriente se destaca en rojo la zona de estudio (fuente: Atlas Nacional de Riesgos)

1.3 Características de la zona

La zona de estudio está localizada al centro y al suroeste del estado de Chiapas, en el municipio de Berriozábal. Dentro de la cuenca del río Sabinal, que

da cabida a la zona urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, la zona elegida es una subcuenca que aporta escurrimientos desde el noroeste. En cuanto a características climáticas relevantes, por hallarse en territorio de las provincias fisiográficas tanto de los altos de Chiapas como de las sierras del sur de Chiapas, tiene una temperatura promedio de 24°C, muy alta precipitación de 2143 mm anuales, debida a las masas frías del norte y a la influencia de los océanos Atlántico y Pacífico, lluvias en verano muy intensas, en tanto que en otoño e invierno prolongadas y torrenciales. El relieve topográfico refleja pendientes de entre 2% y 45% (CONAGUA, 2013).

El análisis de la CONAGUA (2013) encontró que hacia el norte de la región, las cuencas de los ríos Sabinal y Alto Grijalva (figura 4), experimentaron una importante urbanización entre las décadas de los setenta y de los noventa; así como una intensa deforestación entre los noventa y los 2000. La parte central de las cuencas Suchiapa y Santo Domingo quedó con suelos deforestados. El relieve, las condiciones favorables de lluvia y la evolución de los suelos son factores que propician avenidas torrenciales con arrastre de tierra.

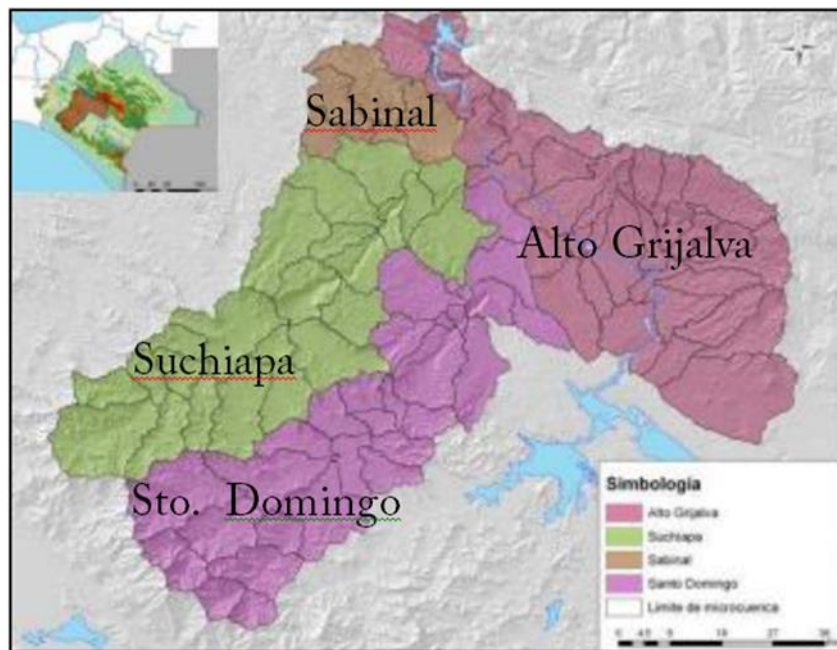


Figura 4. Cuencas que integran la región del análisis de la CONAGUA (fuente: CONAGUA 2013)

Con base en las proyecciones de población entre 2010 y 2030, el municipio de Berriozábal podría crecer en un 36%, su cabecera municipal en 22.5% y el resto de las localidades, todas ellas con menos de 2500 habitantes, crecerían en 61.1% (figura 5 y tabla 1). Esas proyecciones darían idea de que las localidades asentadas en la zona de estudio podrían crecer en 61.1% para el 2030. Ese crecimiento quizás no representa muchos habitantes para dichas

localidades; pero resulta conveniente planear adecuadamente su expansión dado que se encuentran en una región que el estado calificó como moderadamente inundable en su programa de ordenamiento ecológico y territorial (Gobierno del estado de Chiapas, 2010); además se encuentra muy próxima a la capital del estado cuyo crecimiento ha sido muy importante (tabla 2).

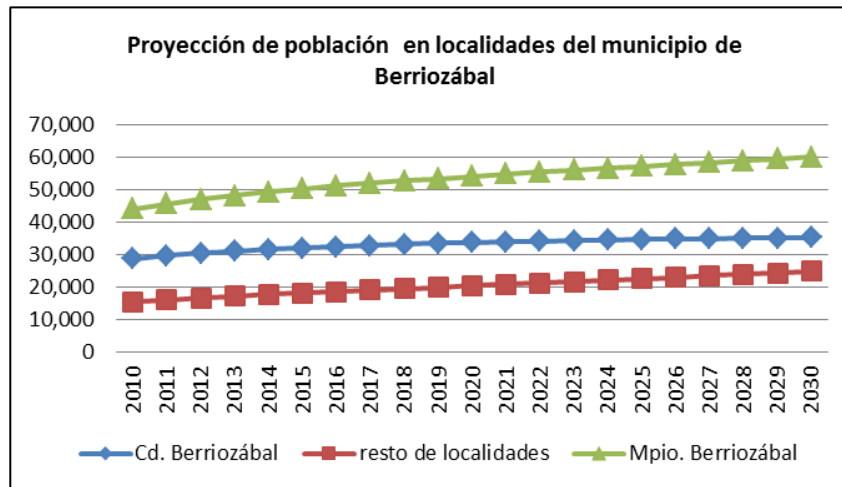


Figura 5. Crecimiento poblacional estimado para localidades del municipio de Berriozábal, Chis. (elaboración propia con datos de la CONAPO)

Tabla 1. Crecimiento poblacional estimado para localidades del municipio de Berriozábal, Chis.

Localidad	2010	2015	2020	2025	2030	Crecimiento porcentual 2010-2030
Ciudad Berriozábal	28,789	32,088	33,732	34,704	35,272	22.5
Resto de localidades	15,405	18,196	20,425	22,588	24,824	61.1
Total municipio	44,194	50,285	54,158	57,292	60,096	36.0

(fuente: CONAPO)



Tabla 2. Crecimiento poblacional 1940-2000 (fuente: Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Actualización 2007) y proyección de crecimiento poblacional 2010-2030

Año	Núm. de habitantes	Año	Núm. de habitantes
1940	15 883	1990	295 608
1950	28 260	2000	434 143
1960	41 224	2010	549,533
1970	66 851	2020	625,011
1980	166 476	2030	664,609

(fuente: CONAPO)

Cabe resaltar que la zona de estudio aporta escurrimientos desde la parte alta de la cuenca del río Sabinal. Esto implica una responsabilidad para los habitantes de la zona en cuanto a preservar en lo más posible las características de su subcuenca, particularmente la cubierta vegetal y los suelos. Ello ayudaría a contener el agua precipitada y así poder infiltrarla, con lo cual se frenarían los escurrimientos excesivos hacia la cuenca mayor donde habita la población de la ciudad capital.

Por otra parte, para no incrementar el riesgo en la zona, será necesario llevar a cabo acciones como no reducir la capacidad de los cauces con construcciones que los invadan; incrementar el potencial de retención de agua de lluvia en la subcuenca, mediante reforestación, y si continúa el desarrollo de la zona, procurar que exista suficientes superficies para infiltración.

El documento Plan de Gestión y Manejo Integral de la Cuenca del río Sabinal del Comité de Cuenca del río Sabinal califica a la subcuenca Berriozábal como de prioridad media (figura 6 y tablas 3 y 4) por comparación con la problemática compleja de otras subcuencas en las que se ubica la capital estatal. A modo preparativo, a nivel local se deben tomar las medidas preventivas para un desarrollo equilibrado de la subcuenca a fin de no añadir riesgos que más tarde serían costosos para la población.

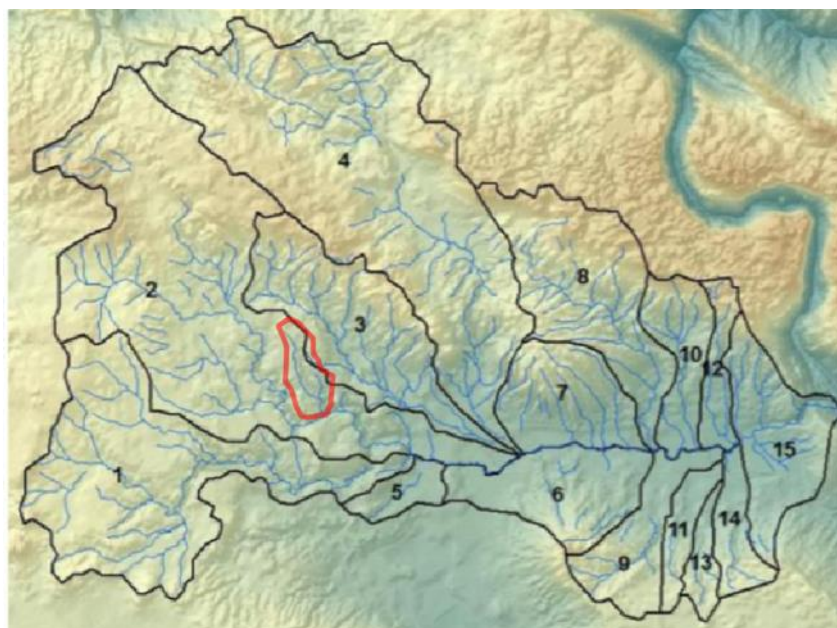


Figura 6. Subcuencas de la cuenca río Sabinal (fuente: Plan de gestión y manejo integral de la cuenca del río Sabinal)

Tabla 3. Priorización de las subcuencas de la cuenca del río Sabinal

Subcuenca	Prioridad	Orden de prioridad	Grado de prioridad
1 San Francisco	0.177	4	Medio
2 Berriozábal	0.188	3	Medio
3 San Agustín	0.248	2	Alto
4 Chacona	0.248	2	Alto
5 San José el Arenal	0.106	5	Bajo
6 Arroyo Centro Sur	0.280	1	Alto
7 Pomarrosa	0.280	1	Alto
8 El Poti	0.280	1	Alto
9 San Roque	0.280	1	Alto
10 Totoposte	0.280	1	Alto
11 Poc Poc	0.280	1	Alto
12 24 de Junio	0.280	1	Alto
13 Santa Ana	0.280	1	Alto
14 Cerro Hueco	0.280	1	Alto
15 Patria Nueva y otros	0.280	1	Alto

(fuente: Plan de gestión y manejo integral de la cuenca del río Sabinal)

Tabla 4. Criterios de valoración para priorización de las subcuencas que conforman la cuenca del río Sabinal (fuente: Plan de gestión y manejo integral de la Cuenca del río Sabinal).

Criterio	Valor relativo
Erosión hídrica actual	0.212
Capacidad de uso de suelo	0.179
Uso actual del suelo	0.150
Superficie ocupada	0.126
Número de habitantes	0.098
Aporte de sedimentos	0.083
Aporte de agua superficial	0.077
Índice de marginación	0.075
suma	1.000

El análisis de la zona con el Atlas Nacional de Riesgos (<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/app/fenomenos/#&ui-state=dialog>) muestra que hay tres escuelas, 23 localidades rurales con un total de 338 habitantes y 113 viviendas, sin establecimientos de salud, supermercados, gasolineras, bancos y presas; además, no se hablan lenguas indígenas nacionales (figuras 7 y 8, así como tabla 5).

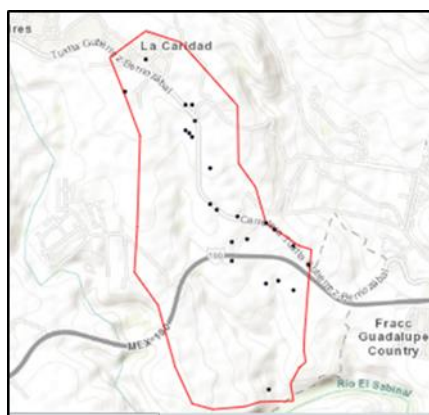


Figura 7. Ubicación de localidades rurales en la zona de estudio (fuente: Atlas Nacional de Riesgos)

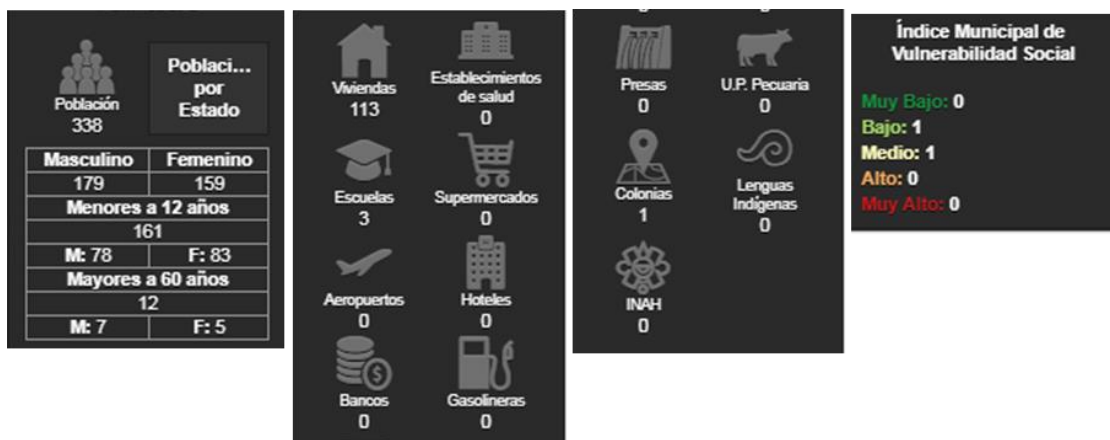


Figura 8. Resultado del análisis de bienes expuestos (fuente: Atlas Nacional de Riesgos)

Tabla 5. Localidades en la zona de estudio: ubicación, datos de la población y número de las viviendas [-: sin dato por sexo en algunas localidades]

Núm.	LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD msnm	POBLACIÓN TOTAL	POB. MASC.	POB. FEM.	VIVIENDAS TOTALES
1	183 Buenos Aires	-93.234444	16.795556	862	17	10	7	4
2	444 Buenos Aires	-93.233889	16.795556	861	20	10	10	10
3	20 El Capricho	-93.230278	16.783611	800	2	-	-	1
4	400 El Renacimiento	-93.230278	16.781944	796	3	-	-	1
5	256 El Turcón	-93.234167	16.793056	844	5	-	-	2
6	677 Fubema	-93.226111	16.780278	760	3	-	-	1
7	661 Josefina	-93.226944	16.770833	699	3	-	-	2
8	253 La Caridad	-93.238056	16.799444	879	193	104	89	67
9	249 Llantera	-93.226389	16.784722	778	6	-	-	1
10	670 Los Arcos	-93.233611	16.794167	857	5	-	-	1
11	251 Los Toritos	-93.24	16.796667	869	3	-	-	1
12	505 Quinta Emita	-93.234444	16.793333	845	12	9	3	3
13	420 Quinta Fermán	-93.227222	16.785278	796	9	-	-	1
14	262 Quinta Ilusión	-93.228889	16.783889	799	5	-	-	1
15	268 San Antonio los Potrillos	-93.223333	16.781667	765	10	-	-	2
16	257 San Francisco	-93.232222	16.79	843	2	-	-	1
17	259 San José	-93.231667	16.786389	822	4	-	-	2
18	320 San Luis	-93.233889	16.792778	848	3	-	-	2
19	260 Santa Cecilia	-93.229722	16.785833	816	4	-	-	1



Núm.		LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD msnm	POBLACIÓN TOTAL	POB. MASC.	POB. FEM.	VIVIENDAS TOTALES
20	269	Santa Cruz	-93.224722	16.783333	772	4	-	-	1
21	258	Santa María	-93.232222	16.786944	826	10	4	6	5
22	302	Santa Martha	-93.227222	16.78	761	9	-	-	2
23	586	Tuxtlán	-93.224722	16.779444	760	6	-	-	1
						338	179	159	113

(fuente: Atlas Nacional de Riesgos, corroborado con INEGI)

Cabe mencionar que el atlas de riesgo municipal de Berriozábal (Gobierno del municipio de Berriozábal, 2012), que contiene fichas con el registro de información sobre las características de las afectaciones a localidades identificadas como inundables, no incluye a ninguna localidad de la zona de estudio como susceptible a inundaciones.

1.4 Determinación del riesgo

En una zona rural resulta muy conveniente poder dialogar con la población y llevar a cabo ejercicios de identificación de los fenómenos que provocan daños en su territorio. Al trabajar en conjunto con los pobladores se logra la apropiación del estudio, puesto que lo entienden y aportan a su contenido desde el inicio. Sin embargo, para el presente trabajo no fue posible realizar esos acercamientos, por lo que se optó por trabajar en gabinete y realizar recomendaciones para estudios futuros.

Existen buenas razones para incluir a varias comunidades dentro del estudio. Entre ellas se pueden citar las siguientes: 1) un estudio hidrológico considera la cuenca en la que está una comunidad; es decir, el territorio de drenaje comprendido aguas arriba de un punto cercano a la localidad meta inicialmente elegida; pero si cada comunidad incluida en ese territorio decidiera independientemente realizar su propio estudio con trazos similares de cuenca, se repetirían los trabajos y con ello se desperdiciarían recursos; 2) la organización comunitaria para atender asuntos del riesgo por inundación podría ser más robusta si lograra incluir a los habitantes y usuarios de servicios en toda la cuenca, puesto que sus acciones o en su caso medidas preventivas o de protección indudablemente repercutirían para bien o mal en los demás pobladores, o podrían lograr mejores resultados en medición, mantenimiento, alertamiento, repliegue seguro y recuperación.

La representación del peligro se hace a través de la profundidad o tirante de inundación, de la velocidad del flujo en las zonas inundadas o bien de la combinación de ambos parámetros, conocida como severidad. La zona de estudio está incluida en el análisis de la CONAGUA para la cuenca del río Grijalva entre las presas La Angostura y Chicoasén (CONAGUA, 2013); y se concretó en



mapas correspondientes a cinco períodos de retorno (2, 5, 10, 50 y 100 años) que se pueden consultar en el Atlas Nacional de Riesgos (figuras 9 a 11). En la figura 12 se muestran detalles de los mapas de profundidad y severidad correspondientes a un período de retorno de 100 años. En ellos se aprecian los polígonos de inundación principalmente en los cauces.

En el mencionado análisis de la CONAGUA no se generaron mapas de vulnerabilidad y de riesgo. Peligro, vulnerabilidad y riesgo son tres parámetros complementarios que sirven para hacer consideraciones sobre planeación territorial y sobre medidas que disminuyan los efectos adversos de las inundaciones. De manera sencilla, el peligro dice dónde puede haber afectaciones y de qué magnitud; la vulnerabilidad muestra un estimado de los daños en los sitios expuestos al peligro; y el riesgo cuantifica esos daños.

Como se ha mencionado, mediante ejercicios participativos con la población se puede mostrar en un mapa los sitios propensos a inundarse. Sin embargo, mediante estudios de modelación este mapa se complementa con una serie de gráficos que señalan los sitios y la magnitud en que éstos son propensos dependiendo del volumen de lluvia precipitado, técnicamente conocido como período de retorno. Entonces, de la modelación resulta un mapa por cada período de retorno.

En efecto, según la cantidad de agua que llueve en un día, puede haber lluvias poco frecuentes y otras de mediana, alta o muy alta ocurrencia. El término probabilístico período de retorno expresa lo contrario a la frecuencia. Así pues, las lluvias de alto volumen son las menos frecuentes y por ello, las de período de retorno más alto; mientras que en el otro extremo están las lluvias de menor volumen, de más común ocurrencia, y entonces, las de período de retorno más bajo. Por tanto, la extensión y la profundidad de las zonas inundables, o sea el daño, se incrementa con el período de retorno, porque van aumentando con el volumen precipitado (figuras 9 a 11).

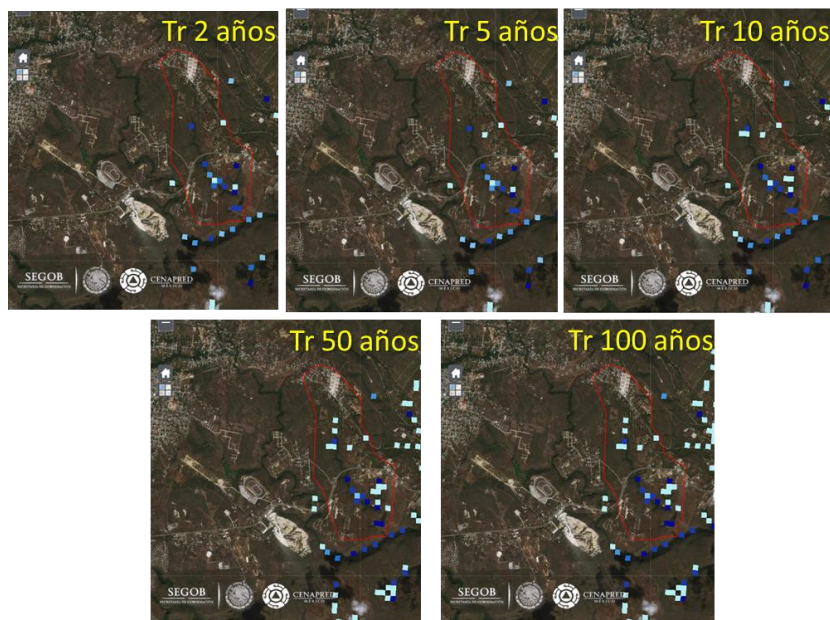


Figura 9. Mapas de peligro por inundación que muestran la profundidad correspondiente a períodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años (fuente: CONAGUA, 2013)

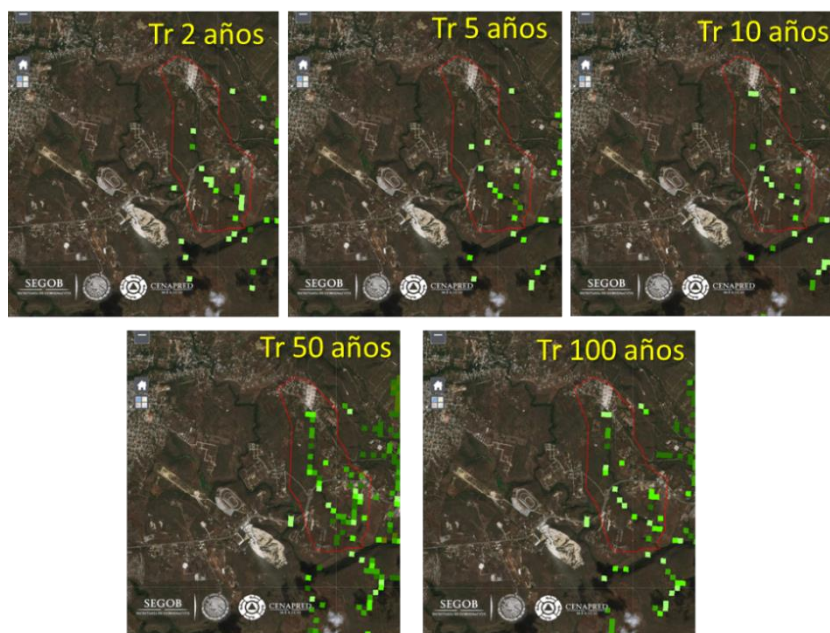


Figura 10. Mapas de peligro por inundación que muestran la velocidad correspondiente a períodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años (fuente: CONAGUA, 2013)

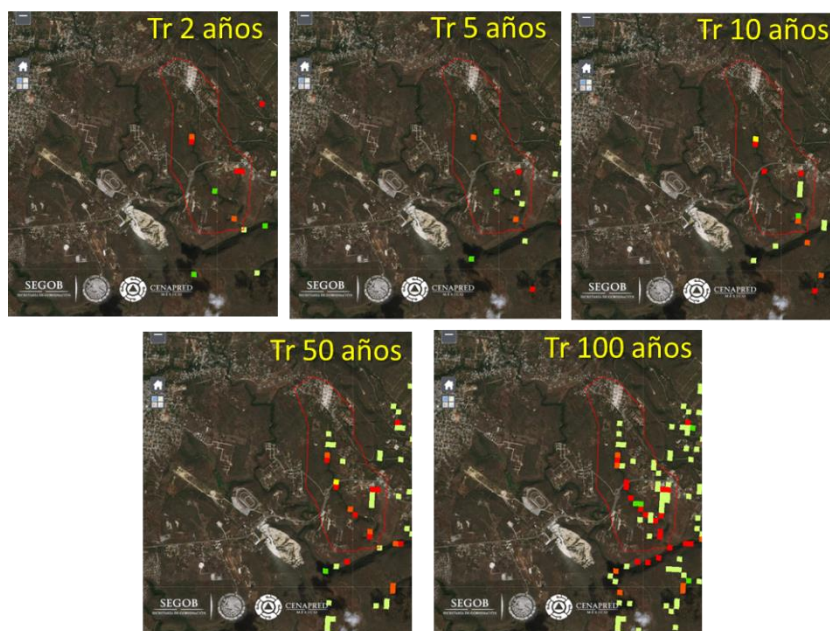


Figura 11. Mapas de peligro por inundación que muestran la severidad correspondiente a períodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años (fuente: CONAGUA, 2013)

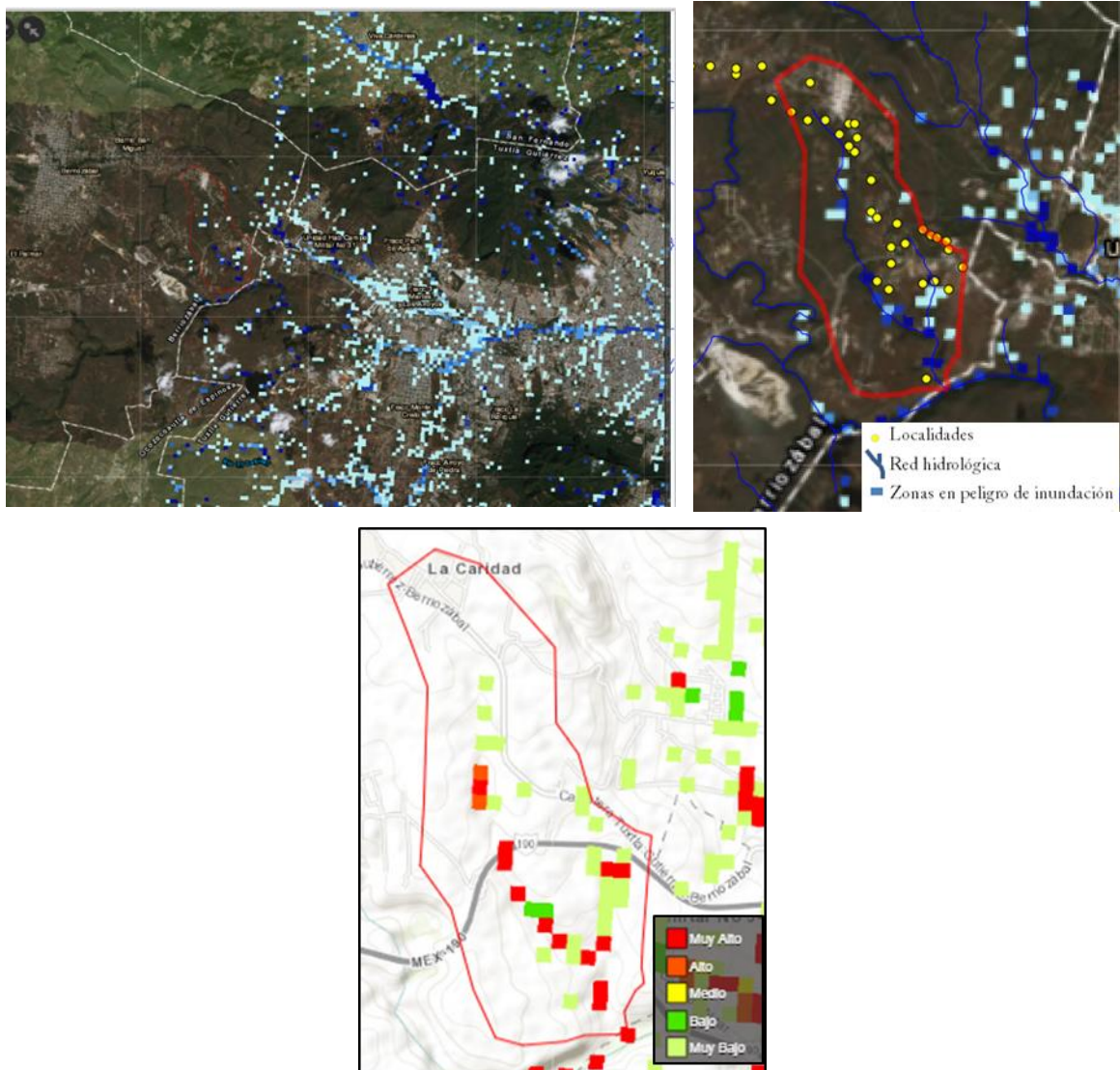


Figura 12. Información de peligro por inundaciones al período de retorno de 100 años, derivada del análisis realizado por la CONAGUA entre las presas La Angostura y Chicoasén. Arriba izquierda, tirantes profundidades de inundación; arriba derecha detalle de tirantes; abajo derecha, detalle de la severidad (fuente: Atlas Nacional de Riesgos)

Para representar la vulnerabilidad, se necesita conocer las características constructivas de techo, paredes y el tipo de suelo de las construcciones (viviendas, y locales de servicio y comercio) asentadas en la zona de peligro por inundación. De acuerdo con sus materiales se les asigna un grado de vulnerabilidad, que indica la capacidad de resistencia a los estragos que pudieran tener en sus contenidos por efecto de una inundación. Esta información se puede obtener a partir del censo de vivienda, o de encuestas en sitio o bien de una visualización mediante la herramienta de internet Google



Earth, si la zona cuenta con imágenes casa por casa a nivel de calle (street view). Para la zona de estudio no se contó con datos censales que mostraran información de piso y paredes; ni se realizaron encuestas; y aún no es posible la consulta mediante Google Earth.

Por su parte, los mapas de riesgo integran información tanto del peligro como de la vulnerabilidad. Se genera a partir de una estimación de los daños al interior de cada construcción dependiendo de la profundidad del agua a la que la vivienda esté sometida. Es decir, con los mapas de profundidad se identifican las viviendas expuestas a tirantes o profundidades de cierto rango y, según el tipo de vivienda y sus posibles contenidos, se estima el costo promedio de los daños.

El CENAPRED determinó las características de la subcuenca, y posteriormente estimó los gastos para distintos períodos de retorno (tablas 6 y 7, figura 13 y anexo 1) mediante los recursos de cálculo (isoyetas, ecuaciones y factores regionales) proporcionados por el estudio de regionalización realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (CENAPRED, 2017) y que el CENAPRED incorporó al Atlas Nacional de Riesgos. Cabe mencionar que, por el número reducido de datos en las estaciones de la región analizada por el Instituto de Ingeniería, sólo es válido extrapolar hasta un período de retorno máximo de 50 años. Dicho trabajo permitió conocer el área y las diferencias de elevación de la cuenca y su cauce principal; y, con el valor de la lluvia media, los posibles gastos que podrían escurrir por los cauces que conforman la red de drenaje natural.

Tabla 6. Características de la cuenca estimadas con los parámetros de regionalización del Instituto de Ingeniería (elaboración propia)

Características de la cuenca	
Lluvia media	71.8 mm
Área	4.15 km ²
Longitud de Cauce Principal	3.85 km
Desnivel	185.0 m
Elevación media (msnm)	775 m
Pendiente media del cauce principal	0.045
Pendiente de la cuenca	0.088
Número de escurrimiento (N)	80
Tiempo de concentración (Tc)	0.59 horas

Tabla 7. Gastos (caudales) estimados para la zona de estudio a diferentes períodos de retorno (elaboración propia)

Gastos (Q):	
Q medio	59.04 m ³ /s
Q a Tr de 2 años	41.33 m ³ /s
Q a Tr de 5 años	74.39 m ³ /s
Q a Tr de 10 años	102.13 m ³ /s
Q a Tr de 20 años	149.95 m ³ /s
Q a Tr de 50 años	375.48 m ³ /s

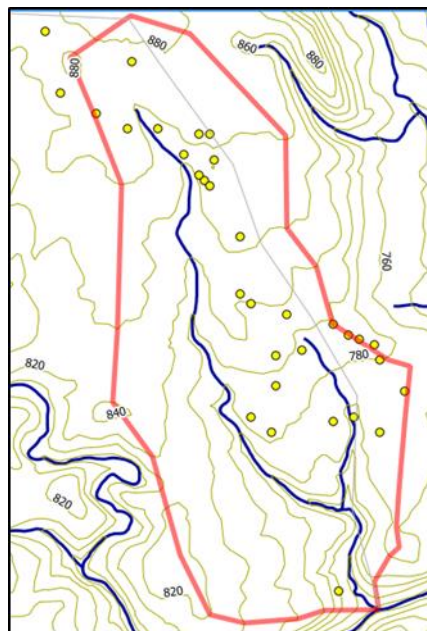


Figura 13. Topografía e hidrografía de la subcuenca (elaboración propia)

Para determinar si la cuenca es propensa a las avenidas súbitas se analiza tanto el tiempo de concentración como la pendiente de la cuenca. De acuerdo con el análisis de avenidas en diversas partes del país realizado por el CENAPRED (2004), se considera que las cuencas pueden tener avenidas súbitas si el tiempo de concentración (T_c) es menor que 4.0 horas y si la pendiente de la cuenca es superior a 6.8° (0.12). En el caso de estudio, por el primer parámetro, 0.59 horas, menor de 4 horas, la cuenca podría calificar como propensa; mientras que por la pendiente de la cuenca, considerada como el factor más importante, de 5.04° (o 0.088), la cuenca no califica. Entonces, se considera que la subcuenca en análisis no es propensa a inundaciones súbitas.

Cabe mencionar que los mapas generados con la población podrían no ser iguales a los desarrollados con equipos de cómputo y sistemas de

información geográfica. Al compararlos, sería conveniente aprovechar para compartirle a los pobladores que la modelación identifica sitios con características de relieve y de lluvias que los hacen propensos a inundaciones, aunque a la fecha no hayan registrado eventos. Ello significa que son sitios de cuidado que podrían inundarse con ciertas lluvias.

Los estudios de riesgo demandarán un costo que puede solventarse con recursos del presupuesto gubernamental, o bien se pueden hacer consultas para buscar apoyos con fondos como el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales, de alguna agencia de desarrollo o de cooperación extranjera, o de alguna Organización de la Sociedad Civil. Es importante remarcar la necesidad primordial de que exista un interés en la población y sus autoridades que los lleve a sostener una organización mínima que sostenga la realización del estudio y las demás fases de un sistema de alerta temprana.

1.5 Síntesis de pasos para el conocimiento del riesgo

En la figura 14 se muestra el flujograma del primer componente con sus aspectos más destacados.



Figura 14. Flujograma del componente Conocimiento del Riesgo (elaboración propia)

1.6 Recomendaciones

Es importante hacer una adecuada identificación del tipo de inundaciones presentes en la zona: pluvial, lacustre, fluvial, costera, o bien debida a la operación o a la falla de infraestructura hidráulica; y lentas o súbitas por el tiempo en que se manifiestan.

El enfoque de cuenca en los estudios hace necesario agrupar a las comunidades incluidas en el territorio de la cuenca, las cuales deseablemente deberían trabajar de manera coordinada.



En lo posible, se procurará laborar desde un comienzo con la comunidad para identificar conjuntamente los riesgos y, en etapas posteriores, coordinar con ellos la respuesta ante un evento de posible inundación.

Los mapas sobre peligro, vulnerabilidad y riesgo que resulten ya sea para generar un atlas de riesgos o bien para desarrollar un sistema de alerta temprana deberán ser de fácil y pronto acceso tanto para las autoridades como para la población en general.

Los mapas sobre zonas inundables también son útiles para alentar la planeación de medidas preventivas o de mitigación, ya sea por parte de las autoridades, por la población o por el sector privado que tenga instalaciones expuestas en zona inundable.

Los mapas de riesgo dan la información sobre dónde podrían afectar las inundaciones. (OMM, 2017). Puede ocurrir que dichos mapas muestren zonas que en la memoria histórica de los pobladores no han sido inundadas; pero habrá que considerar que son potencialmente peligrosas.

CAPÍTULO 2. MEDICIÓN Y PRONÓSTICO

Si una zona de una o más poblaciones tiene una historia de eventos desastrosos producidos por inundaciones, ello justificaría realizar los esfuerzos para desarrollar un sistema de alerta temprana para la cuenca, cuyos beneficios de protección superarán los costos asociados al equipamiento, personal especializado y organización. La etapa de monitoreo y pronóstico permite estimar con antelación posibles desbordamientos del agua en los cauces a partir de mediciones que pueden realizar el personal o incluso voluntarios capacitados.

2.1 Centros de pronóstico

La capacidad que tienen los cauces para conducir agua es variable, de modo que ciertos volúmenes de agua en su tránsito por algún tramo de cauce pueden desbordar por una o ambas márgenes inundando las zonas aledañas a su paso. Como es sabido, el agua de la lluvia que no es retenida en el terreno o no es absorbida en el suelo, escurre y se dirige hacia las partes bajas por las pendientes y por los cauces menores; estos últimos colectan el agua y la conducen hacia cauces mayores hasta que el cauce principal hace el desalojo final fuera de la cuenca.

Un buen conocimiento, de parte de personal técnico, sobre la relación entre la lluvia, el escurrimiento por cauces, la capacidad de conducción de éstos y el relieve del terreno próximo a la red de cauces permite anticipar si la lluvia está llegando a un valor crítico o los niveles en ríos están por alcanzar la

capacidad previa al desbordamiento. Dicho personal especializado puede estimar el tiempo en que la lluvia originaría un escurrimiento crítico en tramos detectados como desbordables.

La medición de la lluvia y del agua en los cauces son los datos esenciales que analiza la CONAGUA en los llamados centros de pronóstico de ríos. Cuando en éstos se detectan de día o de noche incrementos peligrosos, se da aviso al personal de Protección Civil y se mantiene la vigilancia durante una tormenta y aún después de ésta. El nivel del agua en cauces es la mejor forma de anticipar un posible desbordamiento; y se complementa con los registros de la lluvia en curso.

Un centro para pronóstico necesita instrumentos en la cuenca para la medición y la transmisión de datos, ya sea de manera automática o manual; además requiere de personal para análisis, interpretación y comunicación de posibles avisos hacia Protección Civil. Por lo anterior, debe haber provisión de recursos que están bien justificados por los beneficios en protección. Para cuencas pequeñas y con participación comunitaria, localmente se podría tener uno en funcionamiento.

2.2 Estaciones de medición en la zona

La zona sólo cuenta con estaciones climatológicas, sin hidrométricas para la medición de nivel o de la corriente en cauces. El estudio de regionalización del Instituto de Ingeniería de la UNAM, realizado para el CENAPRED (2017), analizó los registros de las estaciones climatológicas que conforman la región homogénea 16 en torno a la zona de estudio (figura 15 y tabla 8). Las estaciones más cercanas a la zona de estudio son: 7319 San Fernando, 7176 Tuxtla Gutiérrez (Vivero CFE) y 7039 El Boquerón, Suchiapa.

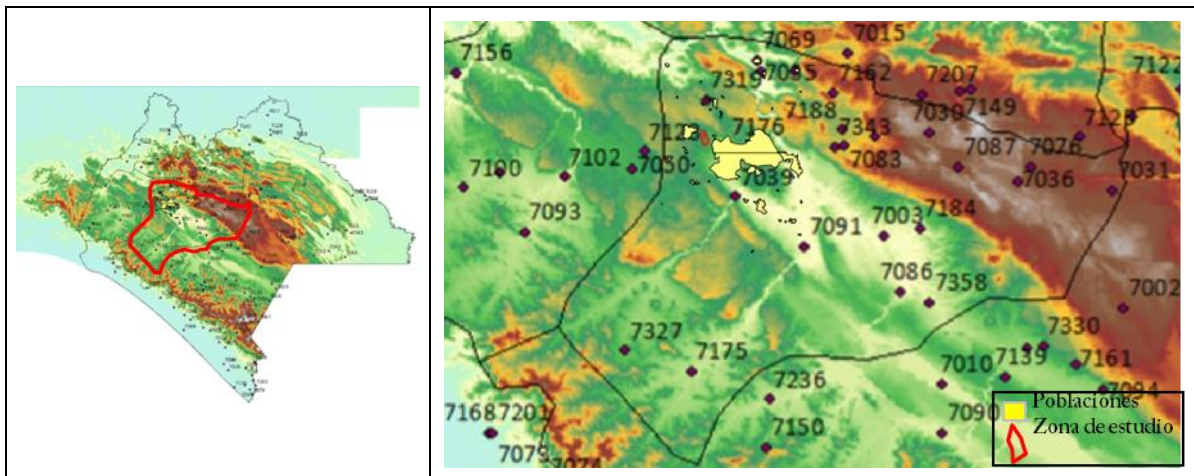


Figura 15. Estaciones climatológicas (fuente: CENAPRED, 2017)

Tabla 8. Estaciones de la región homogénea núm. 16, en la que se encuentra la zona de estudio

Núm. Est.	Estación	Media	Desv. Est	Coef. Var.	Máx	Mín	Núm. años
7003	Acala, Acala	83.7	22.4	0.3	147.0	54.0	40
7016	Bonbana, Bochil	66.3	16.1	0.2	123.0	38.5	49
7030	Chamula, Chamula	62.6	20.2	0.3	118.0	34.5	42
7031	Chanal, Chenalho	61.1	20.2	0.3	117.0	30.0	33
7035	Chicoasén, Chicoasén	72.3	23.2	0.3	163.0	34.9	37
7036	Chilil, Huixtán	63.8	23.3	0.4	157.0	32.4	40
7039	El Boquerón, Suchiapa	71.5	25.0	0.3	145.0	32.5	56
7040	El Burrero, Ixtapa	73.7	26.7	0.4	216.0	40.0	59
7069	Grijalva, Chicoasén	68.9	21.8	0.3	140.4	40.0	28
7076	Huistán, Huistán	52.4	13.9	0.3	96.0	35.0	33
7083	Ixtapa, Ixtapa (SMN)	65.1	30.0	0.5	180.0	30.5	28
7086	La Angostura, V. Alcala	82.6	18.1	0.2	116.0	47.4	37
7087	La Cabaña, S.C. Las Casas	60.2	17.3	0.3	105.0	32.5	50
7091	La Escalera, Chiapa de C.	75.1	17.6	0.2	120.0	48.4	54
7162	Soyalo, Soyalo	60.9	14.9	0.2	92.0	35.0	32
7175	Villa Flores (SMN)	79.8	32.2	0.4	216.0	41.0	63
7176	Tuxtla Gtz. (Vivero CFE)	70.7	19.0	0.3	121.0	36.5	22
7184	Chiapilla, Chiapilla CFE	77.0	19.0	0.2	110.4	31.0	26
7188	Ixtapa, Ixtapa (CFE)	66.7	27.3	0.4	177.0	33.0	38
7319	San Fernando, S.Fernando	69.0	27.8	0.4	150.2	40.0	25
7327	Úrsulo Galván, V. Flores	75.6	58.2	0.8	381.0	35.5	33
7343	Cuauhtémoc, Ixtapa	74.2	29.7	0.4	184.1	34.0	24
7358	Flores Magón	96.4	28.4	0.3	170.0	45.0	28

(fuente: CENAPRED, 2017)

2.3 Previsión y prevención sin un sistema formal de alerta temprana

Equipo de medición en una comunidad

El personal asignado a estaciones climatológicas reporta la lluvia acumulada cada 24 horas en los pluviómetros. La forma en que estos aparatos trabajan no permite conocer la evolución de la lluvia durante ese tiempo. Para conocer la acumulación progresiva de la lluvia se necesita contar con un pluviógrafo (el tradicional registra en papel la precipitación conforme ésta evoluciona; el automático, transmite el registro mediante una señal electrónica) o bien con un pluviómetro con diseño diferente, con un cuerpo transparente y que permita leer directamente la escala; un ejemplo de éstos son los que

difunde la Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales del CENAPRED en sus cursos prácticos (figura 16).

En la zona de estudio, de ser posible podría establecerse una estación con un pluviómetro como el ya comentado, para el fácil seguimiento de la lluvia acumulada de una tormenta. Sería deseable también tener en seguimiento los incrementos en el nivel del río, mediante observación de una escala en el cauce.

Cabe aclarar que las características del sitio e instalación de los aparatos de medición tanto de lluvia como de niveles tienen recomendaciones por parte de la Organización Meteorológica Mundial y de la CONAGUA para asegurar correctas mediciones, sin interferencia de la vegetación circundante. Los pluviómetros deberán estar en zonas que les den resguardo del vandalismo, y su lectura y registro deberán ser tomados con seriedad y en coordinación con las autoridades de Protección Civil. Por su parte, las escalas para medir el nivel de un río deben estar hechas con material adecuado como el concreto; y deberán estar en un lugar visible para que sus lecturas se realicen desde un lugar seguro, como la orilla o desde un puente u orilla.

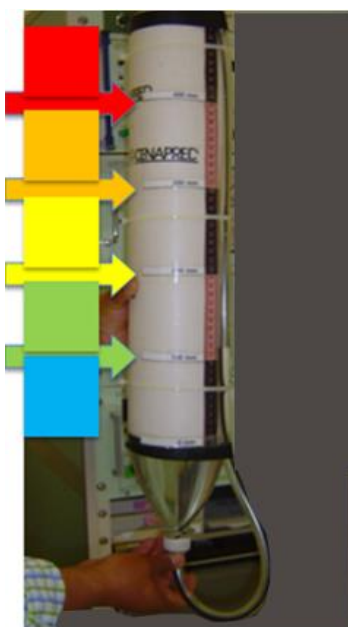


Figura 16. Ejemplo de pluviómetro de diseño sencillo para vigilancia de lluvia en progreso (fuente: CENAPRED, Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales)

Registro de lluvia en una comunidad

Las formas de participación comunitaria podrían ser con voluntarios en la medición, o en el cuidado de los equipos en campo, o permitiendo la instalación

de instrumentos en propiedad privada segura, entre otras. Los trabajos de la GIZ en algunos barrios de la subcuenca del río Binahaan en Filipinas muestran que es posible adiestrar voluntarios que trabajen junto con el personal técnico en diversas actividades de medición y pronóstico.

En las cuencas que carecen de un sistema de alerta temprana, el alertamiento debe estar basado en estar pendientes de cuatro factores (figura 17): i) los pronósticos para la región emitidos por el Servicio Meteorológico Nacional; ii) la medición tanto de la lluvia, con los pluviógrafos o pluviómetros, como de los niveles en los cauces mediante escalas graduadas; iii) los valores mínimos de lluvia o de nivel de agua en cauces a partir de los cuales se conoce que podría haber un desbordamiento (conocidos como valores umbrales); y iv) el conocimiento de las zonas inundables producto de los mapas de peligro o de riesgo. En caso necesario, y bajo coordinación de las autoridades de Protección Civil, se organizaría el desalojo preventivo de la población fuera de las zonas expuestas.

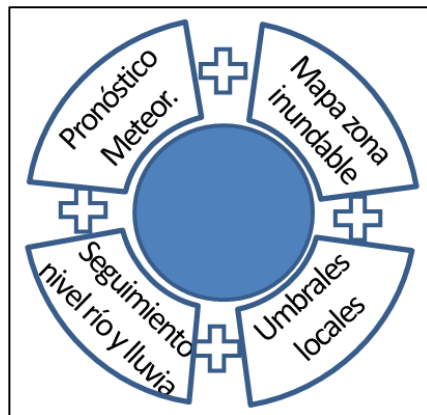


Figura 17. Elementos básicos a tener en cuenta en caso de posibles lluvias que podrían derivar en inundaciones, en tanto no se cuente con un sistema de alerta temprana (elaboración propia)

La zona de estudio pertenece a la cuenca del río Sabinal, para el cual la CONAGUA tiene en operación un centro que realiza las funciones de medición y pronóstico; es decir, recopila datos de lluvia y de nivel de ríos para analizar si el agua de escurrimiento puede transitar por los cauces sin desbordarse; y en caso de grandes escurrimientos, estima dónde podría haber inundaciones. Este centro de pronóstico de ríos está prioritariamente dirigido al alertamiento de parte de las autoridades de Protección Civil hacia la población de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, capital del estado, debido a la gran cantidad de habitantes urbanos; lamentablemente, no tiene alcance para las poblaciones rurales.

El interés por mantener actualizado el centro de pronóstico de ríos en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez obliga a las autoridades locales de la CONAGUA a



tener las estaciones de medición de las partes altas de la cuenca en buen estado de funcionamiento.

Una idea de pronóstico de lluvia la puede obtener cualquier persona desde el internet. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) difunde el pronóstico general de lluvia para el país diariamente a las 6:00 y a las 18:00 horas, a través de su página electrónica en internet (<http://smn.conagua.gob.mx/es/pronosticos/pronosticossubmenu/pronostico-meteorologico-general>). Ese dato da idea de la posible cantidad de lluvia que se esperaría en diversas ubicaciones del país; en realidad, es un rango de posibilidades, entre el valor mínimo y el máximo de lluvia probable. El SMN pone también a disposición de autoridades y sociedad otros análisis útiles, como: i) los avisos de ciclones tropicales en los océanos Pacífico y Atlántico, durante temporada de huracanes, cada tres, seis o doce horas, conforme sea requerido (<http://smn.conagua.gob.mx/es/pronosticos/avisos>); y ii) los avisos de tiempo severo, cada tres horas (<http://smn.conagua.gob.mx/es/pronosticos/avisos/aviso-de-potencial-de-tormentas>).

Los pronósticos y avisos darán a una comunidad o a una autoridad una idea general sobre la magnitud de la lluvia esperada; pero es necesario complementarla con más información, ahora sobre el lugar de interés, la zona de estudio. Entre esa información, está la generada en la etapa de conocimiento del riesgo (tal como se explicó en el capítulo anterior); particularmente, cuál es el territorio inundable y qué vulnerabilidad tienen las viviendas allí expuestas. Una segunda parte de la información útil es tener escrito en un lugar visible, así como en el plan comunitario de respuesta (el cual se describirá en un capítulo más adelante), los valores de lluvia respectivos a los diversos períodos de retorno. Así, una persona encargada podrá buscar en la tabla la magnitud de la lluvia máxima pronosticada, en milímetros; luego, identificar el período de retorno correspondiente; y centrarse en el mapa de inundación de ese período para ubicar las viviendas que podrían inundarse. Una tercera información importante es saber siempre cuál es el llamado umbral para inundaciones en la región. Los umbrales fueron estimados conjuntamente por la Comisión Nacional del Agua y en el CENAPRED para el nivel municipal. Para el municipio de Berriozábal, el umbral es de 118 mm. La utilidad del umbral es saber que si la lluvia pronosticada es similar o más grande, entonces se podría anticipar una inundación; la limitación es que el umbral es representativo para todo el municipio; pero no es exacto para cada porción o terreno dentro de los límites municipales. Esto último significa que puede haber sitios en el municipio con un valor diferente al del umbral municipal. Sin embargo, en tanto no se cuente con un valor umbral específico para una zona particular, podría usarse el umbral municipal como valor aproximado. Finalmente, mediante un pluviógrafo o bien con un pluviómetro que permita ver la acumulación progresiva y que cuente con una marca en el nivel umbral, el personal o voluntarios deben vigilar el



ritmo en que avanza la acumulación de lluvia y dar aviso si continúa lloviendo y aproximándose al valor crítico.

En una zona expuesta a posibles inundaciones, si no es posible contar con un sistema formal de alertamiento, sí es recomendable organizar una de las brigadas con función de medición. A este respecto, con asesoría y vinculada con las autoridades de Protección Civil, la guardia puede revisar, desde su computadora o su teléfono celular, el pronóstico a 12 horas que el SMN de la CONAGUA publica diariamente a las 6:00 y a las 18:00 horas, y así tener idea de si las lluvias son de importancia. Si el pronóstico fuera de cuidado, entonces se revisaría cada tres horas los avisos preventivos que también publica el SMN; pero si el pronóstico no señala peligro, puede relajarse la atención. Entonces, el pronóstico y los avisos serán la guía para que la guardia esté atenta a vigilar el avance de la lluvia a través del pluviómetro.

En lugares donde se cuenta con escala para medir el nivel de un río, con ayuda de la CONAGUA se puede determinar el nivel crítico para que los encargados estén pendientes por si sigue lloviendo y el nivel creciendo.

La zona de estudio es pequeña y bastaría con tener un pluviómetro situado en un lugar seguro. Es importante que los habitantes reconozcan la utilidad del equipo y material (de registro y de comunicaciones) allí instalado, para que entre todos lo cuiden.

Las mediciones de lluvia en pluviómetros son de gran importancia para entender mejor el comportamiento de la precipitación, por lo que su registro regular debe ser realizado conforme a normativa aceptada internacionalmente y que en México es regulada por la CONAGUA.

Si es que una comunidad decide conformar una brigada para la guardia del pluviómetro local, deben estar bajo cobertura de la autoridad local de Protección Civil, que con frecuencia coordinará y buscará la asesoría técnica de la CONAGUA. Además, en lo posible, dicha autoridad buscará proveer del equipo necesario para mantener la comunicación abierta en caso de cualquier dificultad o de emergencia. Cabe mencionar que el trabajo de brigadista encargado de la medición y aviso a las autoridades es sin remuneración económica; pero aporta un gran servicio a los demás.

2.4 Síntesis de pasos para la medición y pronóstico

En la figura 18 se destacan de manera resumida los elementos de decisión y tareas relativas al monitoreo y pronóstico, el segundo componente de un sistema de alerta temprana.

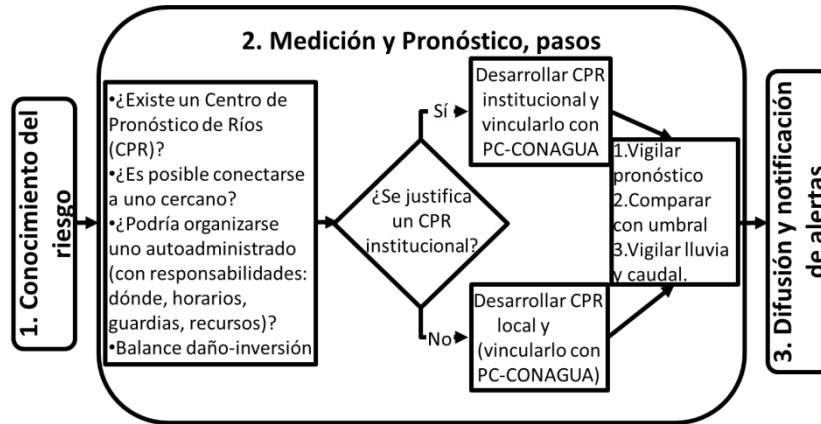


Figura 18. Flujograma del componente Monitoreo y Pronóstico (elaboración propia)

2.5 Recomendaciones

La medición de nivel de agua en cauces o de la lluvia que se va acumulando durante una tormenta debe ser reportada y analizada día y noche por personal calificado, para estar atentos a la proximidad de los valores críticos o umbrales que podrían preceder a una inundación.

Aún si se carece de un centro de pronóstico de ríos operado por la CONAGUA, en el que se cuenta con personal y equipo para el análisis preciso, es posible manejar los factores básicos de monitoreo y pronóstico: i) los mapas de zonas inundables, ii) los valores umbrales de nivel en cauces y de lluvia, iii) la medición en ríos y de lluvia acumulada, y iv) los pronósticos de lluvia emitidos por el Servicio Meteorológico Nacional. Esto, bajo la coordinación de la Unidad de Protección Civil y la participación de los pobladores logrará una evacuación oportuna en caso necesario.

Una población consciente ayudará a cuidar que el equipo y las instalaciones permanezcan en buen estado.

CAPÍTULO 3. DIFUSIÓN Y NOTIFICACIÓN DE ALERTAS

Como se mencionó en el capítulo anterior, los centros de pronóstico vigilan los fenómenos peligrosos todo el tiempo y emiten avisos a las autoridades de Protección Civil para que ésta dé inicio a las acciones de respuesta en caso de desastre. En nuestro país, los avisos de alerta y las instrucciones para respuesta son coordinados por las autoridades de Protección Civil. En palabras sencillas, la OMM (2010) describe el protocolo operativo de



alerta temprana como: *quién emite qué aviso para qué peligro y utilizando qué vía de difusión.*

Hay que aclarar que el alertamiento y las acciones a seguir, como todas las demás etapas de un sistema de alerta temprana se basan en disposiciones legales; es decir, el respaldo gubernamental es conveniente aún en iniciativas originadas en la misma población como intentos de resolver su problemática de inundaciones. Una adecuada coordinación garantizará las operaciones continuas (24 horas / 7 días), así como la toma de decisiones. En Chiapas la conformación de comités ciudadanos o brigadas de apoyo en Protección Civil provee el marco adecuado de comunicación entre comunidad y autoridades en las diversas actividades de un sistema de alerta temprana.

Un resultado importante derivado del estudio de riesgo y del análisis de parte del centro de pronóstico de ríos es el tiempo disponible para coordinar el alertamiento y la evacuación del área hacia zonas seguras o hacia refugios antes de que se susciten los problemas.

El desalojo de muchas personas podría crear caos a menos que sea adecuadamente planeado y guiado (OMM, 2017), como se explicará en el siguiente capítulo.

3.1. Aspectos normativos de la difusión

La autoridad de Protección Civil es la encargada de la difusión de mensajes de alerta. Si bien la medición de la lluvia en el territorio nacional se realiza en estaciones tradicionales o automáticas operadas por diversas instituciones federales o gobiernos estatales, la transmisión de los mensajes de alerta es atribución de la Coordinación Nacional de Protección Civil, a través de mecanismos con canales y protocolos que informen sobre las instrucciones basadas en la información del monitoreo, según lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Protección Civil, artículo 67 fracciones III y V, y artículo 68 (Presidencia de la República, 2014). De manera complementaria, el Manual de Organización y Operación del Sistema Nacional de Protección Civil (Secretaría de Gobernación, 2018) establece que los gobiernos estatales y los municipales en coordinación con otras dependencias instrumentarán la medición, y en comunicación con la autoridad central de Protección Civil difundirán los mensajes de alertamiento a la población a través de los medios a su alcance. Es decir, que la autoridad de Protección Civil estará articulada con las instituciones que vigilan la evolución de la lluvia y niveles de agua en cauces, y cuando la situación lo amerite, por la cercanía a valores umbrales, emitirá los alertamientos requeridos a los pobladores.

El gobierno del estado de Chiapas (2013), de acuerdo con su Programa Estatal de Protección Civil 2013-2018, considera que el alertamiento está vinculado estrechamente con la transferencia de conocimiento a la población



(acción 5.1 de la política 1.1.3. Manejo Integral de Riesgos de Desastres). Esta conceptualización favorece el darle un sentido práctico a las campañas educativas; y, a su vez, asegura tener una cultura de prevención como respaldo de acciones como la habilitación de refugios temporales, la delimitación de zonas de seguridad o los simulacros.

Por otra parte, la Ley General de Protección Civil en su capítulo XI (Secretaría de Gobernación, 2012) contempla que las Unidades de Protección Civil promuevan que voluntarios de las comunidades se constituyan en brigadistas que trabajen coordinadamente con las autoridades en diversas tareas preventivas, de alertamiento, de evacuación y otras. En este sentido, el mismo que figura en la propia Ley de Protección Civil para el Estado de Chiapas, en el capítulo IV de su título décimo primero (Gobierno del estado de Chiapas, 2014 y reforma 2015), el gobierno estatal publicó en el segundo semestre de 2016 el primer documento en el país que dicta a los municipios la obligación de conformar los llamados Comités de Prevención y Participación Ciudadana. Dichos comités, equivalentes a las brigadas, auxilian a sus localidades y cuentan con respaldo municipal para su organización y equipamiento.

3.2. Origen y destino de los mensajes

La atribución del alertamiento a la población es de la autoridad de Protección Civil. Recae pues en ella valorar la información sobre proximidad a umbrales de lluvia o de nivel en ríos; y con base en estos datos, teniendo en cuenta el tiempo disponible para alertar y evacuar, dará las instrucciones para la movilización.

A este respecto, si es una autoridad federal como la CONAGUA quien dé seguimiento a los niveles o si fueran los voluntarios de una brigada habilitada mediante guardias para el monitoreo; en cualquier caso darán aviso no a la población, sino al personal de Protección Civil.

3.3. Características de los mensajes

Los comunicados del personal encargado del monitoreo y pronóstico hacia la autoridad de Protección Civil estarán dirigidos a determinar si existe la probabilidad de inundación (ya sea por desbordamiento de río o lago, por intrusión de mar, o por lluvia secundaria a saturación por humedad en suelo), en qué sitios y en cuánto tiempo. Si ambas instancias juzgan que es previsible la inundación, entonces la autoridad de Protección Civil deberá seguir el protocolo escrito de coordinación con todas las instancias y les notificará la situación prevaleciente; y luego emitirá un primer mensaje a la población sobre la probabilidad de inundación. Antes de dar un segundo mensaje, el personal operativo de todas las instancias participantes se preparará para una eventual evacuación. El segundo aviso indicará tanto a dichas instancias (las dependencias y organizaciones participantes), como a las brigadas y a los



pobladores que es necesaria la movilización pronta y organizada conforme a un plan previamente concebido y practicado (ver siguiente capítulo). El tercer aviso sirve para cancelar o bien para indicar a la población que es seguro el retorno, luego de pasado el evento, y que las condiciones de seguridad en el sitio se han restablecido.

En los casos en que las comunidades por alertar pertenezcan a más de un territorio municipal, se requerirá de una excelente coordinación entre autoridades a fin de optimizar los tiempos dedicados para la decisión y el alertamiento; y ciertamente también para la evacuación, como se explicará en el siguiente capítulo.

El contenido y forma de los mensajes a los pobladores debe incluir brevemente los impactos que podrían esperarse, la instrucción de ir a resguardo, y deben ser difundidos mediante el idioma y las lenguas hablados en la región.

Es importante tener en cuenta que se requiere de toda una labor educativa previa con la población, entendida como los niños y jóvenes en edad escolar y la población en general. Esto incluye difundir previamente la localización de los sitios para refugiarse lejos de áreas inundables y las rutas para acceder a esos sitios. Al respecto, cabe decir que los mensajes de alerta pueden dar tan poco tiempo que se da por supuesto el conocimiento de esas zonas seguras.

Debe llevarse a cabo con la población un trabajo de análisis, particularmente con las brigadas comunitarias para definir los medios más convenientes para diseminar los mensajes de alerta. Hay que tener en mente que lo mejor es contar con diversidad de medios para alcanzar a notificar a todos los que deben ser evacuados en la cuenca; eso podría incluir a los métodos modernos como telefonía celular, radio local, perifoneo desde vehículos, torres con megáfonos o altavoces, la difusión motorizada (camionetas, motocicletas) o con bicicleta o caballo, y los medios que la población prefiera, como campanas¹ o a través de avisos en voz de sus representantes (GIZ, 2012). Adicionalmente, los medios de comunicación local, radio o televisión, ayudan a difundir ampliamente los mensajes oficiales (figura 19).

¹ Las señales sonoras mediante campanas correspondientes a los mensajes primero (estar prevenidos) y segundo (evacuar) se realizan como sigue: para el primero, una campanada seguida de una pausa larga y repetir; en tanto que para el segundo, campanadas continuas (GIZ, 2012).



Figura 19. Para asegurar que se notificará a todas las personas expuestas, se sugiere emplear diversos medios de difusión (fuente: modificación de la infografía *Sistemas de Alerta Temprana- Avisos que pueden salvar vidas*, CENAPRED 2016)

3.4. El factor tiempo

Conforme a la experiencia de la GIZ en Filipinas (2012), entre la detección de condiciones críticas de lluvia y el envío de un mensaje de alertamiento transcurre cierto tiempo, que depende de la frecuencia con la cual los datos de lluvia o de caudales son reunidos, transmitidos y analizados; ese tiempo también incluye el requerido para la decisión sobre el alertamiento y la difusión de mensajes. La GIZ considera que los sistemas de rápido desempeño requerirán de tan solo diez minutos; pero aun así en circunstancias normales muchos de los hogares captarían los mensajes hasta transcurridos 30 a 60 minutos o incluso después (GIZ, 2012).

Como en cualquier otra zona de estudio, se requiere tener en cuenta que técnicamente la recopilación e interpretación de los datos de lluvia y de flujo en ríos toma tiempo, al que hay que añadir el necesario para alertar; y hay que contrastarlo con el tiempo disponible antes de un posible desbordamiento. El caso más crítico lo representan las avenidas súbitas, cuya presentación es tan rápida que no hay posibilidad de alertar antes de que se sientan sus efectos; pero a favor hay que considerar que antes de iniciadas estas lluvias, su pronóstico por parte del Servicio Meteorológico Nacional brinda tiempo anticipado valioso para movilizar a los pobladores de estas zonas. La ruptura inesperada de algún bordo o cualquiera otra falla de conducción hídrica tampoco dan oportunidad de evacuar antes del desastre. Por su parte, el rebasamiento de límites en cauces, canales o lagos sí aplican para poder ser previstos.

Nuestro país cuenta con sistemas de alertamiento para los municipios costeros expuestos a inundación por los dos variantes de ingreso de agua marina, ya sea en la forma de tsunami por efecto de un sismo, o bien como resultado de los vientos que acompañan a un ciclón. En efecto, el Centro de Alerta de Tsunamis coordinado por la Secretaría de Marina (CAT-SEMAR) alerta a las autoridades y frecuentemente realiza simulacros virtuales ante posibles tsunamis; para lo cual proporciona los posibles tiempos y sitios de arribo de ola. Y por su parte, el Sistema de Alerta Temprana Ciclones Tropicales (SIAT-CT), a cargo de la Coordinación Nacional de Protección Civil anticipa y emite avisos a



las autoridades sobre el pronóstico de trayectoria e intensidad de ciclones que pudieran afectar a poblaciones y actividades en las costas. Se encuentra en desarrollo un módulo para el SIAT-CT que estimará anticipadamente el peligro de inundación secundaria al oleaje por vientos ciclónicos. Para cualquiera de las dos variantes de inundación costera, se cuenta con un cierto tiempo previo, dependiente de las características del fenómeno perturbador, a fin de alertar y en su caso evacuar a los pobladores.

3.5. Alertamiento en la zona de estudio

El estudio hidrológico de la zona elegida como caso de estudio dio entre sus resultados que el agua producto de una lluvia originada en la parte alta tardaría aproximadamente 35 minutos (0.59 horas) en ser conducida por el cauce principal hacia la salida de la cuenca situada en el extremo sur.

Los poblados en la zona, que por el relieve del cauce y del terreno fueron identificados como inundables por el estudio se aprecian en las figuras 12 y 18; se aprecian los siguientes cinco: Santa María y San José, casi al centro; Fubema, Santa Martha y Tuxtlán un poco más al sur. Su población (tabla 5), respectivamente, es: 10, 4, 3, 9 y 6 habitantes, de acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Los poblados situados al centro se hallan a una altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm) de 826 y 822, mientras que los que están algo más al sur se encuentran a 760 o 761 msnm; ello implica que la diferencia de altura con respecto a la parte más alta de la cuenca (localizada aproximadamente a 880 msnm) es de entre 54 y 58 m para localidades del centro y de 119 m para las otras tres. Llegado el caso, esos sitios deberán ser alertados y evacuados en menos de 35 minutos hacia refugios o lugares altos, no necesariamente hasta el sitio de máxima altitud en la cuenca o aún más al norte, lo cual se tratará más a detalle en el capítulo que sigue.

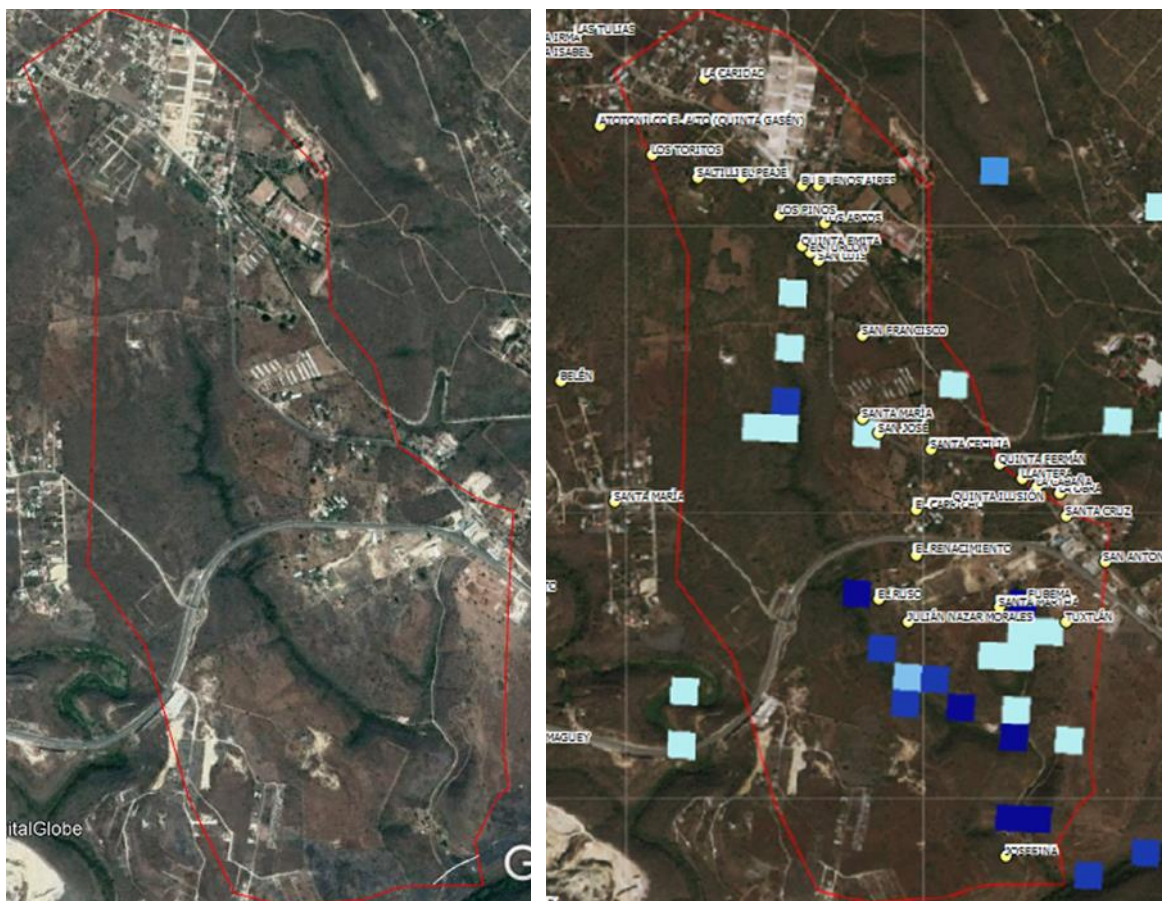


Figura 20. Acercamiento en la zona de estudio para apreciar poblados y caminos (fuente: modificación con base en el estudio de CONAGUA 2013, incorporado al Atlas Nacional de Riesgos)

Si para el alertamiento las autoridades de Protección Civil tuvieran una persona de contacto en cada poblado, y a partir de cada punto de contacto la persona correspondiente difundiera el mensaje de evacuación dentro de su poblado mediante altavoces y recorridos con vehículos (camioneta, motocicleta o bicicleta) o a pie, se abreviarían los minutos valiosos que servirían para la movilización de habitantes hacia el norte.

3.6. Síntesis de pasos para la difusión y notificación de alertas

En la figura 21 se muestra un esquema con los pasos destacados del alertamiento, tanto para la planeación como para llevarlo a ejecución.

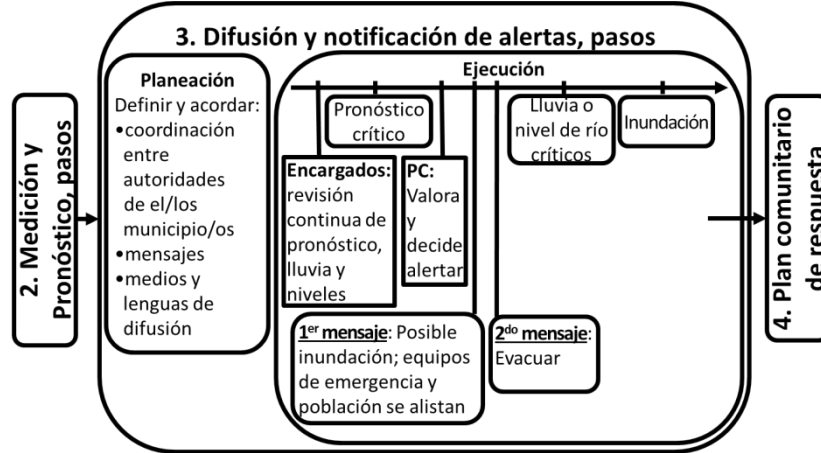


Figura 21. Flujograma del componente Difusión y Notificación de Alertas (elaboración propia)

3.7. Recomendaciones

Tiempo y coordinación son dos conceptos básicos para un alertamiento eficiente. El tiempo deberá alcanzar para: a) analizar los datos, b) tomar la decisión, c) difundir el mensaje de evacuación y d) movilización hacia sitios seguros en la cuenca; y la coordinación asociada a esas cuatro actividades será realizada por las autoridades de Protección Civil para con: i) el personal de medición y análisis de datos, ii) los responsables de mayor jerarquía, iii) los contactos que difundirán el mensaje, y iv) todo el personal y brigadistas que se repartirán el territorio inundable para ayudarlos en la movilización.

Derivado del análisis hidrológico, el alertamiento se enfoca en conocer cuándo podría ocurrir la inundación, para prever las instrucciones de evacuar eficientemente a la población (OMM, 2017).

La planeación del alertamiento debe conducir a instrucciones claras hacia el personal participante sobre qué hacer.

Los medios para el alertamiento podrían ser consensuados con los habitantes para adoptar los que les vayan a resultar más adecuados. Es recomendable incluir diversidad de medios, tanto tradicionales como modernos.

Resulta esencial que la población esté debidamente capacitada para habituarse a dos mensajes: 1) estar pendiente para evacuar pues es posible que ocurra una inundación; y 2) evacuar.



CAPÍTULO 4. PLAN COMUNITARIO DE RESPUESTA

Una comunidad debe conocer los pasos necesarios para preparar un plan comunitario de respuesta (Martínez, sin año). Dicho plan debería contemplar todo tipo de fenómenos, de acuerdo con el concepto de multialerta de la OMM; pero el presente documento se enfoca en las inundaciones.

Los principales elementos y contribuciones de este componente del sistema de alerta temprana son elaborados y aprobados entre autoridades de Protección Civil y los pobladores interesados: i) un protocolo sobre qué hacer, ii) la asignación de funciones y responsables, iii) evaluaciones mediante simulacros, iv) el fortalecimiento de las capacidades de respuesta de la comunidad, y v) el incremento de una conciencia pública (HELVETAS Swiss Intercooperation, 2014).

4.1 Pasos para elaborar un plan comunitario de respuesta

Los siguientes pasos sugeridos (modificado a partir de información de Martínez, sin año) pueden orientar a las autoridades y pobladores para realizar un plan que les permita guiar las acciones conjuntas de evacuación.

1. Reconocer las zonas de riesgo por inundación.
2. Integrar un censo de personas, con énfasis en aquéllas que tienen necesidades especiales en caso de evacuación.
3. Especificar las características de los refugios temporales disponibles acreditados por la autoridad de Protección Civil.
4. Especificar que el centro coordinador de acciones es la autoridad de Protección Civil.
5. Enlistar las brigadas habilitadas en el sitio, así como sus funciones.
6. Elaborar el contenido del plan.
7. Ayudar a las y los brigadistas a que éstos a su vez brinden información a los vecinos sobre lo básico del plan: riesgo, plan familiar, alertamiento, evacuación.

4.2 Territorio incluido en el plan comunitario de respuesta

La elección de la zona de estudio se hace con base en el parteaguas de la cuenca que la contiene. Esto implica incluir algunas comunidades y desechar otras dependiendo no de su proximidad, sino más bien de que pertenezcan a la misma o a distintas cuencas. En algunas ocasiones, habrá que decidir el tamaño de la cuenca; y con ello, el número de comunidades para analizar; a veces, querer incluir una comunidad cercana obligaría a trazar una cuenca más grande, la cual abarcaría muchas poblaciones adicionales, que también tendrían que ser consideradas. Ello quizás haría más compleja la organización comunal.

Como una ilustración de que la inclusión de otras comunidades pudiera llevar a una creciente dificultad de coordinación, se ejemplifica a continuación un caso cercano al sitio del presente estudio, que por su ubicación geográfica requiere de un trazo de cuenca que envuelve un territorio medianamente considerable. Se trata de una subcuenca (ver figura 22), cuyas características más sobresalientes (tabla 9) dan idea de la mayor complejidad para organizar el alertamiento y la evacuación, ya que sus 3549 habitantes rurales se ubican en tres municipios, dentro de una gran área de 54 km², y con distancias de recorridos y desniveles mayores que en la subcuenca elegida para el estudio actual. Para esta subcuenca no se contó con un análisis de zonas inundables que abarcara toda su extensión, lo cual fue otra de las razones por las que no se eligió para el estudio presente.

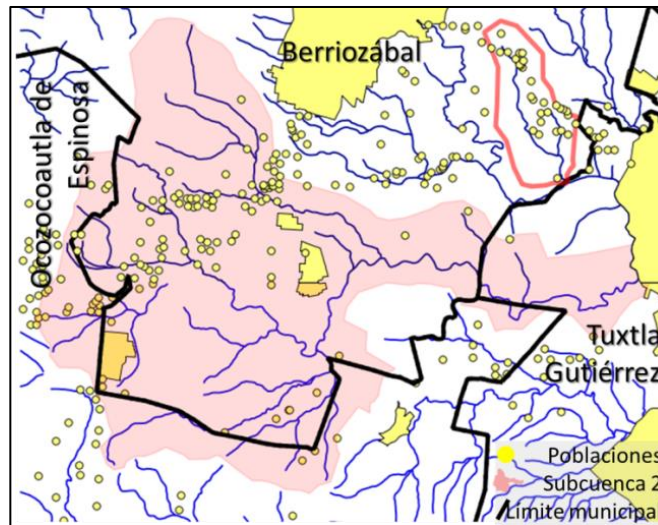


Figura 22. Ejemplo de una segunda subcuenca extendida en tres municipios (elaboración propia)

Tabla 9. Características básicas de población (fuente Atlas Nacional de Riesgos) y de fisiografía (fuente: SIATL) en la segunda subcuenca.

Elevación máxima	1055 m
Elevación mínima	617 m
Desnivel	438 m
Longitud de cauce mayor	20.6 km
Área	54.9 km ²
Población rural total	3549
Número de viviendas	2234
Localidades rurales por municipio:	
•Berriozábal	66
•Ocozocoautla de Espinosa	15
•Tuxtla Gutiérrez	1

Para casos donde se tienen comunidades en la cuenca pertenecientes a diversos municipios, se deberán llegar a convenios o acuerdos de organización sobre las rutas de traslado, los refugios temporales y sobre la misma distribución de las viviendas que tocan ser evacuadas por cada institución u organización participante.

4.3 Preparación

Las reuniones para preparar el plan deben lograr que la comunidad identifique el riesgo y la necesidad de contar con un plan bien estructurado. También incluirán por escrito de manera clara quién hace qué y cuándo, a fin de que el documento sea una especie de manual de consulta; un documento que brinda instrucciones a grupos reducidos de personas para que realicen funciones específicas (Martínez, sin año).

Durante la preparación del plan se debe tratar con la gente los aspectos de las cuatro etapas o componentes del sistema de alerta temprana: el conocimiento del riesgo a través de mapas, la medición de la lluvia y la corriente, el alertamiento y la evacuación. Y se profundizará en señalar las acciones de las autoridades y de los pobladores con base en los mensajes de alertamiento. Señalará las rutas seguras, los refugios existentes, los tiempos disponibles entre el primer mensaje de alerta, que llama a estar preparados, y el segundo, para la movilización. Indicará en particular las funciones específicas de los diversos participantes; es decir, autoridades y brigadistas.

Debido a la vulnerabilidad de las sociedades, es muy importante el trabajo coordinado de los interesados, debido a que son directamente afectados por las decisiones y a que pueden influir en mejorarlas. Se requiere de su participación y puntos de vista para avanzar hacia soluciones integrales dentro de un plan de gestión de riesgo como lo concibe la OMM (2010). El plan comunitario de respuesta aquí descrito aún enfatiza la preparación para



disminuir pérdidas por un desastre; pero debería incluir consideraciones como la de definir las acciones preventivas y de restauración que necesitan ser gestionadas; y al menos exponer las posibles formas de lograrlas, tales como plantearlas formalmente ante el Consejo de Cuenca, y buscar la confluencia de recursos que las puedan sustentar.

4.4 Actuación de las autoridades

La autoridad de Protección Civil es la encargada del alertamiento a la población, así como de la coordinación para evacuar a los pobladores, de mantenerlos dentro y seguros en los refugios temporales, y, llegado el momento, de que la gente retorne al sitio desalojado una vez que verifique que las condiciones son adecuadas.

Las autoridades de Protección Civil, antes de la emergencia y en coordinación con las autoridades respectivas, revisarán que las rutas de desalojo y los refugios temporales sean aptas para su eventual uso; y gestionarán la vigilancia y las acciones de control y mejora en los sitios de la zona identificados como críticos debido a acumulación de escombros o de sedimentos, o por cualquiera otra causa de insuficiente capacidad de conducción.

Las autoridades correspondientes brindarán seguridad, control vial o la asistencia médica requerida. Así mismo, regularán y coordinarán a otras organizaciones que pudieran intervenir, como asociaciones religiosas, organizaciones de la sociedad civil, grupos de ayuda internacional o personal de municipios o entidades cercanas.

Al respecto de la coordinación, las autoridades necesitan conocer sobre los grupos de apoyo presentes, a fin de facilitar las operaciones mutuas, brindarles seguridad y conocer en qué sector estarán brindando algún tipo de apoyo. También deben ser flexibles para poder ir integrando a los grupos adicionales que se añadan, mediante esquemas eficientes de colaboración en espacio y tiempo.

La seguridad y control de las personas en tránsito hacia albergues estarán a cargo de las autoridades, quienes habrán de repartirse por sectores las viviendas y locales que cada institución evacuará, incluso, en su caso, las fuerzas armadas. Este esquema sectorizado lo utilizó la Unidad de Protección Civil del municipio de Tuxtla Gutiérrez en su ejercicio de simulacro de evacuación ante inundaciones en mayo de 2018, durante el cual organizaciones y dependencias, como Cruz Roja, Bomberos, Seguridad Pública y Tránsito, Obras Públicas, Desarrollo Urbano, Medio Ambiente y Movilidad Urbana, Salud, Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia, Igualdad de las Mujeres y Protección Civil, entre otras, actuaron coordinadamente desde un centro de mando en el sitio para optimizar esfuerzos.



4.5 Tránsito hacia refugios o a viviendas de acogida en la zona de estudio

La evacuación antes de que ocurra una inundación puede ocurrir bajo condiciones de lluvia. Con base en los mapas de riesgo habrán de ser utilizadas las rutas que no pasen por sitios críticos que pudieran fallar como puentes, confluencia de arroyos o alcantarillas, así como ciertos tramos de cauces o canales con bordes de baja altura.

Desgraciadamente, en muchos casos el traslado hacia refugios se realiza después de ocurrida una tragedia, bajo condiciones más difíciles y peligrosas, así como con incertidumbre de quién más hace falta por ser evacuado.

De acuerdo con la topografía de la zona de estudio, la pendiente va disminuyendo desde el noroeste al sureste, por lo que las partes más altas y seguras contra inundación están hacia el extremo norte. Sin embargo, no es necesario desplazar a la gente hacia la parte más alta de la cuenca, sino que basta con dirigirla hacia sitios altos en la cercanía y a través de rutas seguras. En ese sentido, si de las comunidades del centro, Santa María y San José, localizadas a 826 y 822 metros de altitud, sus catorce habitantes evacuaran hacia el norte, bordeando un tramo de la carretera Panamericana y luego a través de un camino secundario hasta la comunidad de San Francisco, quedarían, por principio, protegidos del cauce por el terraplén de dicha carretera, y además a una mayor altura, entre 17 y 21 metros, sobre sus poblaciones, a través de un recorrido de sólo 0.60 kilómetros (figuras 23 y 24).

Por su parte, si de las comunidades del sur, Santa Martha, Fubema y Tuxtlán, ubicadas entre los 765 y 755 metros de altitud, los dieciocho pobladores se dirigieran al noroeste hasta la población El Renacimiento, cuya altitud es aproximadamente de 780 m, a través de rutas secundarias, quedarían aproximadamente veinte metros arriba de sus poblaciones de origen, en sitio seguro y con recorridos relativamente cortos, de aproximadamente 0.42, 0.56 y 0.84 kilómetros (figuras 23 y 25).

Es importante remarcar la necesidad de que las evacuaciones sean coordinadas por las autoridades. En caso de que la movilización implique pasar cerca de o incluso cruzar una carretera; se requerirá del apoyo de las dependencias oficiales para detener o controlar el flujo vehicular y así garantizar la seguridad durante el desalojo de personas.

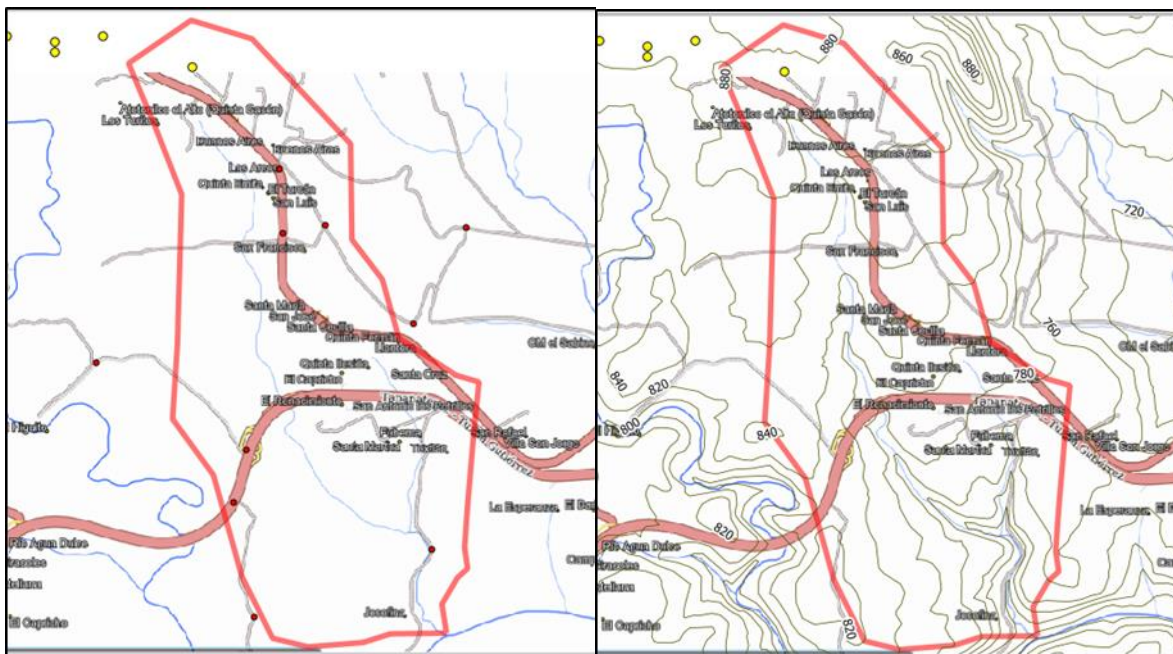


Figura 23. Izquierda: caminos existentes; derecha: curvas de nivel (fuente: basada en información del Simulador de flujos de agua de cuencas SIATL del INEGI)



Figura 24. Detalles de ubicación aproximada de localidades en sitios inundables al centro, altitud y caminos existentes. Izquierda: sin trazo de rutas; derecha: con rutas propuestas (elaboración propia)



Figura 25. Detalles de ubicación aproximada de localidades en sitios inundables al sur, altitud y caminos existentes. Izquierda: sin trazo de rutas; derecha: con rutas propuestas (elaboración propia)

4.6 Refugios

El uso del refugio en casos de emergencia se puede fomentar si en tiempos de calma es visto por la gente como un sitio para actividades culturales, de capacitación, o para reuniones sociales (Martínez, sin año). Ello también ayudaría a tenerlo en buenas condiciones e incluso a costear su mantenimiento. Sus dimensiones deben ser estimadas sabiendo que no tiene que dar cabida a toda la población; pero sí resguardo a un cierto número de personas que podrían permanecer damnificadas algunos días. Hay que considerar que parte de los pobladores prefieren ir con amigos o familiares.

En la subcuenca de estudio, y con base en los mapas de zonas inundables y de topografía, se proponen dos sitios para instalación de refugios: hacia el norte (en la comunidad de San Francisco) y al noroeste (en la población El Renacimiento) de dichas zonas, puesto que estarían a mayor altitud.

Por otra parte, contar con sitio para animales es ya una necesidad, al igual que en ciertas zonas sería importante tener un lugar para dar albergue a animales de granja con las debidas medidas de seguridad. De las reuniones para elaboración del plan comunitario debería surgir la opción sobre sitios de resguardo, el reparto de responsabilidades para su mantenimiento y para el cuidado de los animales. De acuerdo con la información de la subcuenca de estudio (figura 7), ésta no tiene ganado reportado.

4.7 Comités o brigadas comunitarias de apoyo

Los representantes de la población deben trabajar en conjunto con el personal de Protección Civil. Estos representantes conformarán las brigadas



que por su cercanía con los vecinos son vistas con cierta confianza. En contraparte, deberán desempeñarse ante sus vecinos sin distinciones ni privilegios, y siempre siguiendo lo que dicte su mandato de creación otorgado por la autoridad de Protección Civil, y en apego al plan comunitario de respuesta.

Las brigadas colaboran para la salvaguarda de la vida de los vecinos, facilitando y apurando la evacuación para ceñirse a los tiempos disponibles. Con ayuda de los vecinos, mantienen actualizado un censo para identificar cuáles personas irán con familiares o amigos, así como cuáles a los refugios temporales; y en cualquiera de los dos casos, quiénes requerirán de apoyo especial para moverse. Son las encargadas de informar y aclarar a la gente lo que sí se puede hacer y lo que no, con base en el plan comunitario de respuesta, como: desconexión de agua, gas, luz, volumen de pertenencias que se pueden cargar, restricciones para la movilización de vehículos, dónde dejar a los animales caseros y de traspatio, asuntos todos que ya deben antes haber sido objeto de análisis, aprobación y escritura dentro del plan. Además recordarán a los vecinos que la protección y vigilancia de los hogares y comercios que dejarán serán responsabilidad de las autoridades gubernamentales correspondientes.

Acerca de la difusión del plan hacia los otros miembros de la comunidad, las brigadas comunitarias apoyadas por representantes de Protección Civil son ideales para tener sesiones de capacitación. Habrá que enfocar la atención hacia las acciones esperadas con el alertamiento, así como a crear conciencia sobre la participación. Es cierto que en dichas sesiones podrían surgir temas de difícil abordaje, puesto que los vecinos pueden tener una propia percepción de la problemática, de la existencia de posibles agravantes de las inundaciones, y de la necesidad de acciones. Estas cuestiones son también importantes; pero deberán ser conducidas hacia propuestas concretas y llevadas ante las autoridades respectivas.

Durante las sesiones con vecinos, es posible compartirles que hay muchas oportunidades de participar, como apoyando en la toma de lecturas de aparatos, recopilando y transmitiendo los datos, cuidando las instalaciones, participando en los simulacros, o bien como brigadista.

4.8 Alcance de un plan comunitario de respuesta

Con un plan preconcebido, la comunidad sabrá qué hacer mientras llega el personal institucional. Por ejemplo, tener listos a los vecinos para cuando llegue la instrucción y, en su caso, el transporte hacia el refugio temporal; así como haber identificado a las personas que van a requerir apoyo, ya sea por alguna incapacidad o por condiciones como enfermedad, embarazo, o en el caso de algunas mujeres, tener niños pequeños. Los vecinos habrán tenido tiempo para poner en resguardo algunas de sus posesiones.



En un buen plan comunitario de respuesta habrá que considerar qué hacer ante la falta de alguna persona o hasta de todo el grupo encargado; por ejemplo, a cierta hora del día, en un fin de semana o durante vacaciones.

4.9 Planes comunitarios de respuesta integrales

Las Unidades de Protección Civil necesitan tener una visión y conocimientos adecuados para poder orientar a los pobladores, y promover iniciativas de crecimiento, a fin de poder juntos identificar instituciones y organizaciones que podrían intervenir en la atención de una emergencia y en la recuperación. También pueden propiciar acciones que reduzcan los factores de riesgo.

En efecto, los planes comunitarios de respuesta buscan que la gente y las autoridades estén siempre listos para, en el menor tiempo posible, confirmar los datos, alertar y evacuar; pero de acuerdo con el marco de acción de Sendai, deberían promover el conocimiento de los factores que causan la vulnerabilidad en las poblaciones y emprender poco a poco acciones para que el peligro de una inundación los arriesgue lo menos posible. De esta forma, no sólo se prepararía la respuesta para proteger personas y propiedades, sino que se disminuiría la exposición en zonas de peligro y aumentarían las defensas.

De acuerdo con la OMM (2017), el plan debe indicar cómo prepararse para una respuesta efectiva; eso incluye definir qué hacer ante diversos escenarios o posibilidades (por ejemplo, que algo llegue a faltar en una emergencia), realizar ejercicios de práctica, demostraciones y simulacros, y también capacitar y desarrollar destrezas, como llenado y colocación de sacos de arena. El plan debe definir además la coordinación entre organizaciones para lograr que se minimicen las pérdidas de vidas y los daños. Así mismo, la OMM (2017) recomienda que el plan incluya qué hacer para recuperar rápidamente la economía del lugar, mediante la asistencia y cooperación con municipios y entidades vecinas, estímulos económicos y otros apoyos externos que pudieran vislumbrarse. Para cada familia afectada resulta desalentador el panorama de muebles, equipo y todo tipo de bienes echados a perder, además de posibles daños en su vivienda. Es por ello que desde el diseño del plan se requiere definir posibles acciones para hacer revivir las actividades socioeconómicas, después de la limpieza, del desalojo de objetos inservibles y de la paulatina reconexión de los servicios en la comunidad.

Como ya fue mencionado, antes de que ocurran ciertas inundaciones hay tiempo para evacuar a la gente, animales y quizás hasta recoger algunos bienes. Aun en casos en los que, debido a lo súbito de los sucesos una evacuación anticipada no sea posible, el plan debe señalar recomendaciones como no estar en sitios expuestos, o contar con acciones de defensa contra la intrusión del agua y los objetos que ésta arrastra.

4.10 Simulacros

El plan comunitario de respuesta, y de hecho todo el sistema de alerta temprana es perfectible. Los puntos en que se pueden mejorar se descubren mediante la práctica de simulacros, que además sirven para que los participantes reconozcan el riesgo y cómo actuar ante éste.

4.11 Síntesis de pasos para un plan comunitario de respuesta

Un flujograma con los pasos sobresalientes para la consecución de un plan comunitario de respuesta se muestra en la figura 26.

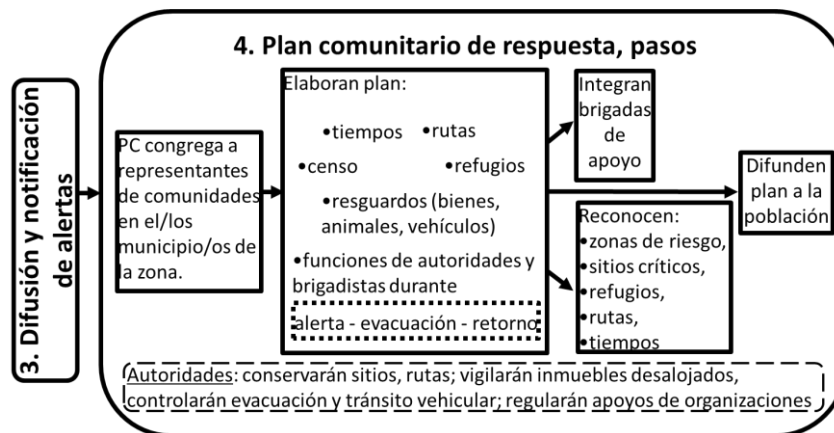


Figura 26. Flujograma del componente planes comunitarios de respuesta (elaboración propia)

4.12 Recomendaciones

Con el fin de dimensionar los esfuerzos de identificación del riesgo; y posteriormente, de la ejecución de la respuesta, es necesario que, en pláticas con las personas que habitan las comunidades cercanas, se elija convenientemente el territorio de análisis, procurando explicarles que la elección va ligada al tamaño de la cuenca. Tratar de incluir otra comunidad que sea cercana pero no esté dentro de la cuenca implicaría delimitar una nueva cuenca y considerar a mayor número de comunidades que las que se puedan coordinar de manera práctica.

El plan comunitario de respuesta lo elaboran en conjunto las autoridades de Protección Civil con los representantes de las comunidades. Las acciones del plan sobre apoyos a la evacuación, rutas, refugios temporales y retorno deberán ser consensuadas entre los representantes, de modo que exista coordinación entre las diversas instituciones y brigadas participantes. Si las comunidades pertenecen a diversos municipios, deberá haber claridad y especificidad, a fin de que se complementen todos los participantes.



Las brigadas comunitarias de apoyo a la autoridad de Protección Civil han dado muy buenos resultados en el estado de Chiapas, por lo que su ejemplo bien vale la pena de ser replicado en otros estados.

La conformación de brigadas comunitarias debe realizarse bajo un marco de promoción y supervisión de parte de las autoridades de Protección Civil, a fin de contar con la adecuada cobertura institucional que garantice condiciones de seguridad en una evacuación hacia refugios temporales confiables.

De acuerdo con el marco de Sendai, sería conveniente que un plan comunitario de respuesta, además de guiar la evacuación, al menos bosquejara acciones preventivas para mitigar los daños y acciones de restauración para recuperar los medios de vida más prontamente.

CAPÍTULO 5. CONSIDERACIONES FINALES

5.1. Necesidad de delimitar el universo de comunidades rurales expuestas a inundaciones

De acuerdo con información del INEGI (2011 y dos publicaciones en la internet sin año) basada en el censo de 2010, en el estado de Chiapas existen del orden de 26 219 localidades rurales donde habitan 2 459 382 personas (51.3% de la población del estado); mientras que a nivel país, el número de localidades rurales es 188 593, en las que viven 26 049 382 personas (el 23.2% de la población nacional); ver tabla 9. No todas ellas están en zonas sujetas a algún tipo de inundación, ni son afectadas en el mismo grado. Sin embargo, la identificación de las zonas expuestas es una labor aún en proceso en el país. Requerirá de determinar a detalle las zonas en peligro de inundaciones a través del desarrollo de atlas a nivel estatal y municipal. El conocimiento preciso que se obtenga de los mapas que conformen los atlas será una herramienta operativa y de planeación territorial de gran ayuda para las autoridades correspondientes.

Tabla 10. Distribución de población y localidades urbanas y rurales en el país y en el estado de Chiapas, al 2010

Referencia	Ámbito urbano				Ámbito rural				Totales	
	Población		Localidades		Población		Localidades		Población	Localidades
	Núm. de habitantes	%	Número	%	Núm. de habitantes	%	Número	%		
México	86 287 410	76.8	3 653	1.9	26 049 128	23.2	188 593	98.1	112 336 538	192 246
Chiapas	2 337 198	48.7	189	0.7	2 459 382	51.3	26 219	99.3	4 796 580	26 408

Elaboración propia con base en información del Censo de Población y Vivienda 2010



Sería muy recomendable para el desarrollo de los atlas que los mapas de inundaciones se realizaran con enfoque de cuenca, de modo que un solo estudio de riesgo podría servir a varios municipios, dependiendo de su tamaño. Eso implicará desafíos de organización porque posiblemente habrá municipios que tendrían que participar en dos o más cuencas, y su participación en cada una requerirá de ponerse de acuerdo con otras autoridades municipales, a veces de entidades federativas diversas. Hacerlo de esta manera permitirá sentar las bases para posteriormente desarrollar los sistemas de alerta temprana requeridos que conlleven ya los inicios de organización de las localidades que comparten el mismo territorio de una cuenca. Un segundo desafío será el dividir convenientemente el territorio nacional en cuencas de trabajo, cuyos municipios se agruparían a fin de hallar fondos y ejecutor para el estudio de riesgo.

5.2. Gestión del desastre o gestión del riesgo

Bajo el enfoque en el desastre se llegaron a elaborar diversas recomendaciones sobre medidas organizadas como qué hacer en las etapas de antes, durante y después del mismo. Desde el marco de trabajo de Sendai para la reducción del riesgo de desastres, 2015-2030, se busca poner el énfasis ya no en el desastre mismo, sino en la gestión del riesgo, a fin de comprender y poder incidir en los múltiples factores que lo propician.

En este sentido, valdría la pena analizar si los sistemas de alerta temprana están logrando ese cambio de visión. Con esto, no se pone en duda su incuestionable contribución en la reducción de pérdidas y afectaciones. Más bien, se podría aprovechar el potencial de organización que conllevan, tanto de autoridades como de la población, para profundizar en el análisis de esos factores generadores de vulnerabilidad y trabajar en reducirlos. La propuesta concreta es que entre las autoridades y la población puedan identificar acciones convenientes, priorizarlas, buscar recursos y llevarlas a cabo.

5.3. Alcances y limitaciones

5.4.1. Alcances.- Algunos de los que merecen ser destacados son:

En inundaciones súbitas, aquéllas en las que se cuenta con cuatro horas o menos desde que inicia la lluvia, debido a las pendientes tan inclinadas y a los cambios que se han realizado a la cobertura vegetal original, la importancia de los pronósticos de lluvia se hace mayor, ya que al avisar sobre la probabilidad de ocurrencia de una lluvia proporcionan tiempo valioso por si llegara a ser necesario el alertamiento para evacuación.

El alertamiento también es de utilidad cuando la autoridad que opera las presas considera indispensable aumentar el desfogue de presas por motivo del pronóstico de escurrimientos más allá de la capacidad segura de



almacenamiento. En tales casos, previamente se debe dar aviso a Protección Civil para alertar a los habitantes aguas abajo.

La organización entre localidades y autoridades que compartirán el sistema de alerta podría facilitarse si: i) existe similar percepción sobre los daños compartidos provocados por las inundaciones; y ii) se cuenta con disponibilidad de recursos para realizar dicho sistema.

Si se logra posicionar a los albergues como centros comunitarios multiactividades para que se conozcan y sean cuidados por la comunidad, se facilitará el que la gente los vea como sitios que en un momento dado servirán para albergue de emergencia.

Los simulacros ayudan a identificar aspectos de mejora, que las autoridades procurarán implementar, con la gestión de los recursos necesarios.

5.4.2. Limitaciones.- Entre ellas se encuentran:

Si las áreas susceptibles de inundación grave se logaran cubrir con sistemas de alerta temprana completos, las pérdidas se podrían reducir. A este respecto, cabe mencionar que, por ahora, ante los pronósticos de lluvia severa las autoridades ciertamente dan aviso a los pobladores; pero al no contar con estimación precisa de áreas afectables, no saber si el mensaje fue captado por todos los que allí habitan, o porque la población carece del conocimiento y práctica sobre qué hacer, los logros no son los óptimos en el tiempo disponible.

Los valores umbrales de lluvia con que se cuenta actualmente, fueron desarrollados por la CONAGUA y el CENAPRED para cada municipio. Por ahora no se ha hecho el trabajo de tener umbrales submunicipales, los cuales serán muy útiles porque por pequeño que sea un municipio podría tener sitios que reaccionaran más rápido a la lluvia y que sus umbrales difirieran del municipal.

El alertamiento no puede prever inundaciones resultado de la ruptura o falla inesperada de algún ducto de agua o bordo de protección.

Se deben hacer esfuerzos por mantener en operación todo el sistema de alerta temprana, aunque sea en modo básico. Existen lamentables ejemplos en el mundo donde ha coincidido la ocurrencia de una tragedia con alguna falla de funcionamiento del sistema; por ejemplo, a consecuencia de insuficiente presupuesto.

CONCLUSIONES

- Se ejemplificó con una zona rural de Chiapas y se brindaron recomendaciones para la elaboración de un sistema de alerta temprana ante inundaciones, con sus cuatro componentes técnico-sociales: la identificación del riesgo, la medición y pronóstico, el alertamiento y elaboración de plan comunitario de respuesta.

- Entre los resultados esperados al realizar un ejercicio como el presente destacan por su importancia: el conocimiento de los tiempos entre la ocurrencia de una lluvia y la salida como corriente de la cuenca, los sitios probables de inundación de acuerdo con los mapas de peligro, los requerimientos de sitios para medir la lluvia y en su caso de voluntarios locales para estar pendientes de una tormenta antes del valor crítico o umbral, procedimiento para alertar, la conformación de un plan comunitario de respuesta con censos, refugios y rutas de evacuación (figura 27).

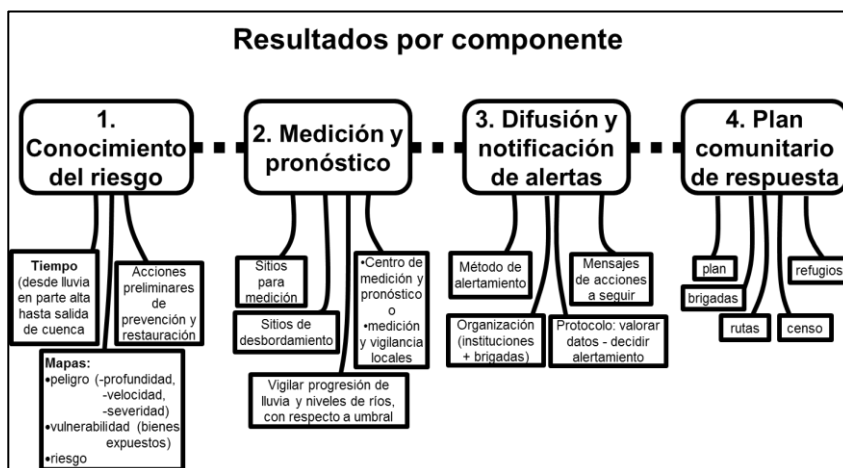


Figura 27. Flujograma del componente planes comunitarios de respuesta (elaboración propia)

RECOMENDACIONES GENERALES

La cuenca en análisis es pequeña y tanto su historial como su potencial de inundaciones no es crítico; pero al formar parte de la porción alta de la cuenca Sabinal, sería recomendable cuidar que los suelos conserven su tasa de infiltración para que no contribuyan con el tiempo a generar grandes escurrimientos que se incorporarían a los tributarios del río Sabinal y con ello complicarían la problemática de inundación urbana. A este respecto, se debería controlar la edificación de viviendas y vialidades, considerar la conservación de



áreas de vegetación y suelo inalterados, así como cuidar que los cauces estén libres, con suficiente capacidad hidráulica, y si se considera pertinente, construir obras de protección. Por otro lado, las zonas que en los mapas de peligro aparecen como inundables, deberán mantenerse inhabitadas; pero hay que tener en mente que esos mapas deberán ser actualizados con los cambios que vaya teniendo la subcuenca en sus características.

Un análisis de riesgo que identifica las zonas inundables y las gradúa de acuerdo con su importancia es un trabajo que convendría realizarlo con las comunidades, para involucrarlas en torno a la necesidad de participar en las múltiples tareas preventivas asociadas a un sistema de alerta temprana.

Los costos para mantener en operación un sistema de alerta temprana pueden justificarse porque se protegerá la vida de las personas; y si además su plan comunitario de respuesta promueve la identificación de medidas preventivas y de recuperación (OMM, 2017), entonces se mejora la resiliencia de las comunidades y sus medios de vida, lo cual va de acuerdo con lo que promueve el marco internacional de Sendai.

El gobierno de México, a través de la Comisión Nacional del Agua, mantiene en operación centros de pronóstico de ríos, en los que se vigilan lluvias y ríos para dar aviso a Protección Civil en caso de que sea posible que los ríos alcancen niveles críticos para desbordar. Sin embargo, es necesario desarrollar planes comunitarios de respuesta, porque una población informada y participativa ayuda a abreviar los tiempos de desalojo, como se probó en el simulacro de evacuación de una colonia en la ciudad chiapaneca de Tuxtla Gutiérrez en mayo de 2018.

El desarrollo de cada una de las fases de un sistema de alerta temprana demanda de los participantes (tanto autoridades municipales y comunitarias, como brigadistas) asumir las propias responsabilidades, lo cual debería ser garantizado mediante convenios o documentos de compromiso.

La coordinación de parte de Protección Civil para el desarrollo y operación de un sistema de alerta temprana tiene fundamento legal, y asegura el respaldo de otras instituciones de gobierno federal, estatal y municipal para el sostenimiento del sistema de alerta temprana.

Una versión simplificada del componente de medición y pronóstico puede ser generada y operada, bajo la cobertura y autoridad de Protección Civil, en los casos en que no se cuente con un centro de pronóstico robusto. Para ello, se requiere estar atentos a los avisos y pronósticos del Servicio Meteorológico Nacional y revisar si la lluvia esperada pudiera alcanzar o rebasar el umbral o nivel crítico.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CENAPRED (2004). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos versión 2004. Elaboración de mapas de riesgo por inundaciones y avenidas súbitas en zonas rurales, con arrastre de sedimentos.* México.
2. CENAPRED (2016). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos.* México.
3. CENAPRED (2017). *Estudio para regionalizar los gastos generados por avenidas máximas, como base para la elaboración de mapas de peligro por inundaciones fluviales en todas las cuencas de la república Mexicana.* Ciudad de México.
4. CONAGUA (2013). *Estudio de inundaciones fluviales y mapas de peligro para el Atlas Nacional de Riesgos por Inundaciones, Organismo de Cuenca XI Frontera Sur, cuenca piloto río Grijalva (entre la CH Angostura y la CH Chicoasén).* Ciudad de México, México.
5. GIZ -Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Cooperación Alemana al Desarrollo- (2012). *LFEWS Local Flood Early Warning System.* Filipinas.
6. Gobierno del estado de Chiapas (2010). *Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca del río Sabinal en los municipios de San Fernando, Berriozábal, Ocozocoautla de Espinosa y Tuxtla Gutiérrez.* Publicación No. 1573-A-2010 en el Periódico Oficial del estado libre y soberano de Chiapas, el 24 de marzo de 2010. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
7. Gobierno del estado de Chiapas (2013). *Programa Estatal de Protección Civil 2013-2018,* Chiapas, México.
8. Gobierno del estado de Chiapas (2014 y 2015). *Ley de Protección Civil del Estado de Chiapas.* Chiapas, México.
9. Gobierno del municipio de Berriozábal (2012). *Atlas de peligros y/o riesgos naturales.* Berriozábal, Chiapas.
10. H. Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez (2007). *Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Actualización 2007 (Versión abreviada).* Secretaría de Obras Públicas y Desarrollo Urbano Municipal.



11. HELVETAS Swiss Intercooperation. Cooperación Suiza en Bolivia (2014). *Guía para la conformación de Sistemas Municipales de Alerta Temprana*, La Paz, Bolivia.
12. Instituto Estatal del Agua. Gobierno del Estado de Chiapas (sin año). *Plan de Gestión y Manejo Integral de la Cuenca del río Sabinal*. Consultado en la internet a través de https://issuu.com/inesachiapas/docs/plan_de_gestion_del_comite_de_cuenc.
13. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2011). *Principales resultados Censo de Población y Vivienda 2010*. INEGI. Aguascalientes, México.
14. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (sin año). *Cuéntame. Volumen y crecimiento. Población total según tamaño de localidad para cada entidad federativa, 2000, 2005 y 2010*. Consultado en la internet a través de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo13&s=est&c=17503>.
15. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (sin año). *Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades - consulta y descarga*. Consultado en la internet a través de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/CatalogoClaves.aspx>.
16. Maddox, Ivan (2014). *Three comon types of flood explained*. Consultado en la internet a través de <http://www.intermap.com/risks-of-hazard-blog/three-common-types-of-flood-explained>. Intermap Technologies.
17. Martínez D. Angélica (sin año). *Plan de manejo de emergencias comunitarias*. Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas. Servicio de Extensión Agrícola, Desarrollo de los Recursos de la Comunidad. Puerto Rico.
18. OMM -Organización Meteorológica Mundial- (2010). *Directrices sobre sistemas de alerta temprana y aplicación de predicción inmediata y operaciones de aviso*. WMO/TD No. 1559. Suiza.
19. OMM - Organización Meteorológica Mundial- (2017) *Selecting measures and designing styrategies for integrated flood management. A guidance document*. Associated Programme on Flood Management.
20. Presidencia de la República (2014). *Reglamento de la Ley General de Protección Civil*. Ciudad de México, México.
21. Secretaría de Gobernación (2012 y 2014). *Ley General de Protección Civil*. Ciudad de México, México.
22. Secretaría de Gobernación (2018). *Manual de Organización y Operación del Sistema Nacional de Protección Civil*. Ciudad de México, México.



Anexo 1. Análisis hidrológico

Cálculos para obtener las características fisiográficas de la subcuenca, por medio de la hoja de cómputo desarrollada por la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos de la CONAGUA; y estimación de gastos de diseño conforme al método desarrollado para el CENAPRED por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

A) Cálculo del número de escurrimiento N para la cuenca de proyecto

Ponderación del número de escurrimiento N, según el criterio del USCS, con base en el uso y tipo de suelo

Area Total de la cuenca = 4.153 km²

Área, km ²	TIP_VEG	TIPO	CLAVE	B	C	D	Tipo Edafo-lógico	Clasificación	Uso de Suelo y Vegetación	N	N*A
0.225	URBANO CONSTRUIDO	D	E+Vp/3/PC	84	90	92	E+Vp/3/PC	C	URBANO CONSTRUIDO	90	20.24
0.638	URBANO CONSTRUIDO	D	E+Vp/3/PC	84	90	92	E+Vp/3/PC	C	URBANO CONSTRUIDO	90	57.46
0.765	PASTIZAL CULTIVADO	D	E+Vp/3/PC	69	79	84	E+Vp/3/PC	C	PASTIZAL CULTIVADO	79	60.45
0.683	PASTIZAL INDUCIDO	D	E+Vp/3/PC	61	74	80	E+Vp/3/PC	C	PASTIZAL INDUCIDO	74	50.54
0.012	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	D	E+Vp/3/PC	80	87	90	E+Vp/3/PC	C	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	87	1.07
0.513	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	D	E+Vp/3/PC	80	87	90	E+Vp/3/PC	C	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	87	44.63
1.303	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	D	E+Vp/3/PC	60	73	79	E+Vp/3/PC	C	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	73	95.14
0.011	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	D	E+Vp/3/PC	60	73	79	E+Vp/3/PC	C	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	73	0.82
0.002	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	D	E+Vp/3/PC	60	73	79	E+Vp/3/PC	C	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	73	0.11

B) Cálculo de la pendiente del cauce principal

tramo	desnivel/ m	curva nivel/m	longitud /km	longitud/ m	pendiente del tramo Si/ m km ⁻¹	I · S ⁻²
		675				
1	5	680	0.029	29	0.172413793	69.84124856
2	20	700	0.386	386	0.051813472	1695.76614
3	20	720	0.56	560	0.035714286	2963.241468
4	20	740	0.27	270	0.074074074	992.0433458
5	20	760	0.326	326	0.061349693	1316.168226
6	20	780	0.357	357	0.056022409	1508.298594
7	20	800	0.49	490	0.040816327	2425.376259
8	20	820	0.352	352	0.056818182	1476.722858
9	20	840	0.615	615	0.032520325	3410.339976
10	20	860	0.465	465	0.043010753	2242.148802
			3.85	3850		18099.94692

La lluvia media en la subcuenca se puede estimar como:

0.69 km x 2 mm

hp = 72 - $\frac{0.69}{(5.43+0.69) \text{ km}}$ = 71.8 mm

$$L = \left[\frac{L_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{L_n}{\sqrt{S_n}} \right]^2$$



C) Características fisiográficas de la cuenca

hp	71.8		
área/km ²	4.15		
longitud de cauce principal / km	3.85		
desnivel	185.0		
Pendiente media de cauce principal, S	0.045245		
Pendiente de la cuenca	0.088	=	5.04°
Número de escurrimiento, N	80		
Tiempo de concentración, Tc	0.59 horas	=	35.5 minutos

Resumen del cálculo del tiempo de concentración (Tc)

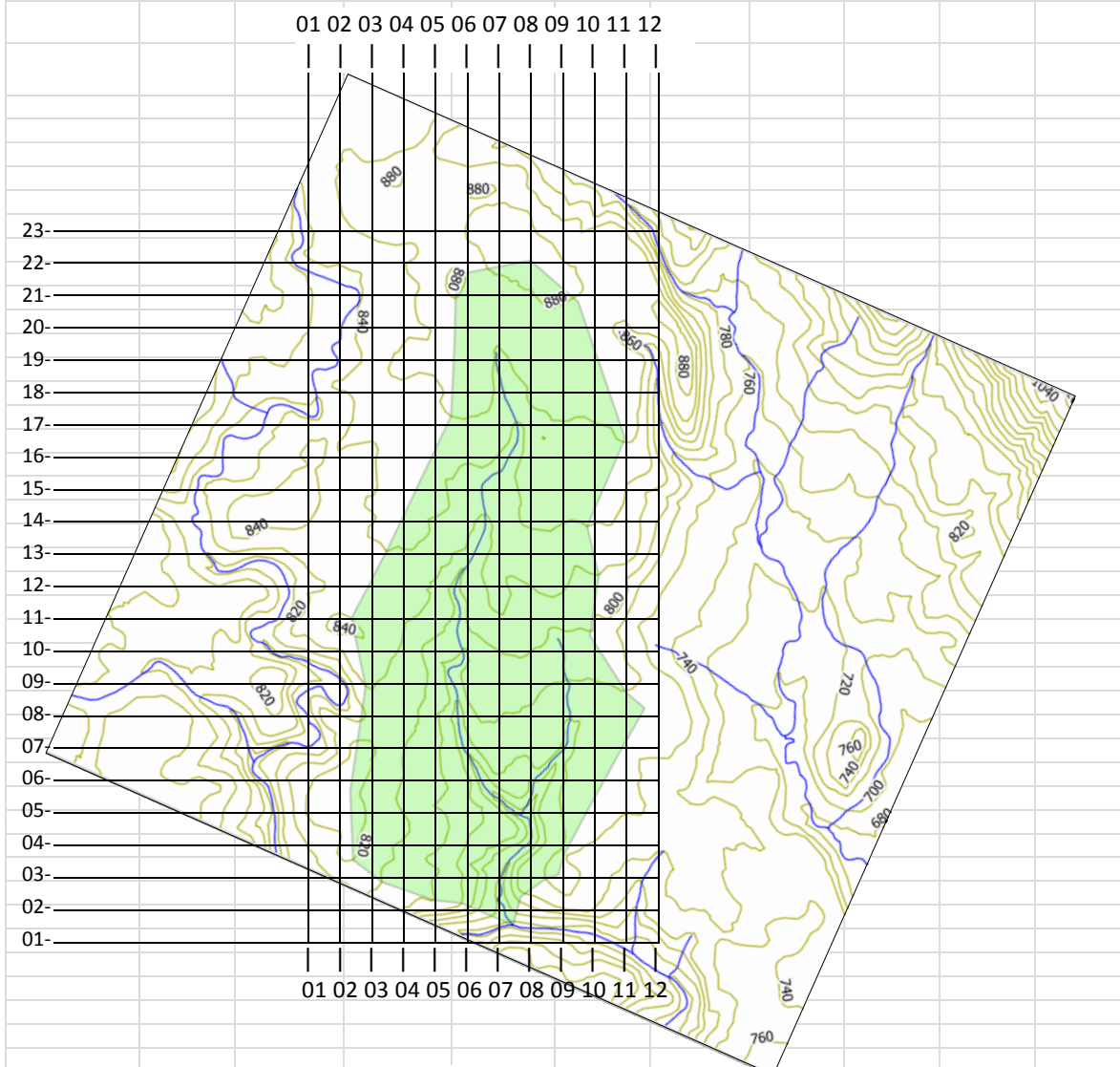
Método

Tc	Rowe	0.60 horas	
	Kirpich	0.62 horas	
	SCS	0.59 horas	
	Selecccionado	0.59 horas	



D) Cálculo de la pendiente de la cuenca con información de una malla.

Pendiente de la cuenca



desnivel entre curvas: 20 m $S_i = \frac{desn}{l_i}$

intersección	Coordenadas		dist mapa, cm	dist. a escala, km	pendiente, S
	x	y			
1	21	6	2.3	0.925	0.022
2		7	1.0	0.402	0.050
3		8	0.9	0.362	0.055
4	20	6	2.2	0.884	0.023
5		7	1.0	0.402	0.050
6		8	0.9	0.362	0.055
7		9	1.7	0.683	0.029
8	19	6	2.1	0.844	0.024
9		7	1.2	0.462	0.043
10		8	1.1	0.442	0.045

intersección	Coordenadas		dist mapa, cm	dist. a escala, km	pendiente, S
	x	y			
61		8	0.7	0.281	0.071
62		9	0.5	0.201	0.100
63		10	0.6	0.241	0.083
64	10	3	1.7	0.683	0.029
65		4	0.4	0.141	0.142
66		5	0.4	0.141	0.142
67		6	0.3	0.101	0.199
68		7	0.5	0.201	0.100
69		8	0.9	0.362	0.055
70		9	0.7	0.281	0.071



intersección	Coordenadas		dist mapa, cm	dist. a escala, km	pendiente, S
	x	y			
11		9	1.5	0.603	0.033
12		10	1.8	0.724	0.028
13	18	6	2.1	0.844	0.024
14		7	1.1	0.442	0.045
15		8	1.4	0.543	0.037
16		9	1.7	0.683	0.029
17		10	1.7	0.683	0.029
18	17	6	0.7	0.261	0.077
19		7	0.5	0.201	0.100
20		8	0.4	0.161	0.124
21		9	1.4	0.563	0.036
22		10	1.4	0.563	0.036
23	16	5	1.0	0.402	0.050
24		6	0.7	0.281	0.071
25		7	0.9	0.362	0.055
26		8	0.7	0.281	0.071
27		9	1.5	0.603	0.033
28		10	1.3	0.523	0.038
29	15	5	1.2	0.482	0.041
30		6	0.7	0.281	0.071
31		7	0.8	0.322	0.062
32		8	1.2	0.482	0.041
33		9	1.4	0.563	0.036
34		10	1.3	0.523	0.038
35	14	4	2.0	0.804	0.025
36		5	0.6	0.221	0.090
37		6	0.5	0.181	0.111
38		7	0.4	0.161	0.124
39		8	1.6	0.643	0.031
40		9	1.5	0.583	0.034
41	13	4	0.7	0.281	0.071
42		5	0.5	0.201	0.100
43		6	0.3	0.121	0.166
44		7	0.7	0.281	0.071
45		8	0.8	0.322	0.062
46		9	0.7	0.281	0.071
47		10	0.7	0.281	0.071
48	12	3	1.3	0.503	0.040
49		4	0.9	0.362	0.055
50		5	0.3	0.121	0.166
51		6	0.4	0.141	0.142
52		7	1.2	0.462	0.043
53		8	0.8	0.322	0.062
54		9	0.8	0.322	0.062
55		10	0.5	0.201	0.100
56	11	3	1.5	0.583	0.034
57		4	1.1	0.442	0.045
58		5	0.4	0.161	0.124
59		6	0.4	0.161	0.124
60		7	0.5	0.181	0.111

intersección	Coordenadas		dist mapa, cm	dist. a escala, km	pendiente, S
	x	y			
71		10	0.7	0.281	0.071
72	9	3	1.9	0.764	0.026
73		4	0.6	0.241	0.083
74		5	0.3	0.101	0.199
75		6	0.7	0.281	0.071
76		7	0.9	0.362	0.055
77		8	0.6	0.221	0.090
78		9	0.7	0.281	0.071
79		10	0.7	0.281	0.071
80	8	3	0.8	0.302	0.066
81		4	0.8	0.322	0.062
82		5	0.3	0.121	0.166
83		6	0.2	0.080	0.249
84		7	0.9	0.362	0.055
85		8	0.7	0.281	0.071
86		9	0.5	0.201	0.100
87		10	0.7	0.281	0.071
88		11	1.1	0.422	0.047
89	7	4	1.0	0.382	0.052
90		5	0.5	0.181	0.111
91		6	0.2	0.080	0.249
92		7	0.7	0.261	0.077
93		8	0.7	0.281	0.071
94		9	0.3	0.101	0.199
95		10	1.2	0.482	0.041
96	6	3	0.5	0.201	0.100
97		4	0.6	0.241	0.083
98		5	0.6	0.241	0.083
99		6	0.4	0.141	0.142
100		7	0.2	0.080	0.249
101		8	0.2	0.060	0.332
102		9	0.2	0.080	0.249
103		10	1.7	0.683	0.029
104	5	3	0.6	0.221	0.090
105		4	0.5	0.181	0.111
106		5	0.5	0.201	0.100
107		6	0.6	0.221	0.090
108		7	0.3	0.121	0.166
109		8	1.0	0.402	0.050
110		9	0.4	0.141	0.142
111	4	3	0.4	0.161	0.124
112		4	0.5	0.201	0.100
113		5	0.6	0.221	0.090
114		6	0.3	0.121	0.166
115		7	0.4	0.161	0.124
116		8	1.0	0.402	0.050
117		9	0.3	0.101	0.199
118	3	4	0.7	0.281	0.071
119		5	0.4	0.141	0.142
120		6	0.2	0.080	0.249
121		7	0.3	0.101	0.199
122		8	0.4	0.161	0.124
123	2	7	1.0	0.402	0.050

n= 123

ΣSi= 10.858

Pendiente de cuenca, $S_c = \frac{\sum S_i}{n}$

S= 0.088 = 5.04



Número ecuación	Región (es) Hidrológica (s)	Estaciones Hidrométricas Seleccionadas	Ecuación	R ²
RH30-ER2	RH 30	Grupo 2	$M_{Qmi} = 0.0122074 * A^{0.6571} * h_p^{1.4631} * S^{-0.4197}$	0.9423

$$MQ_{mi} = 59.04$$

Según el análisis en diversas cuencas realizado por el CENAPRED (2006), se considera que éstas pueden tener avenidas súbitas si $T_c < 4.0$ horas y si su pendiente $> 6.8^\circ$ (0.12).

Por la pendiente de la cuenca, aunque el tiempo de concentración es bajo, se consideraría que la cuenca no es propensa a las avenidas súbitas.

La obtención de los gastos de diseño a diferentes períodos de retorno se logra con multiplicar el gasto por los factores correspondientes a la región. Según el II-UNAM, para esta región se pueden utilizar los factores hasta el T_r 50 años:

E) Estimación de gastos conforme al método del Instituto de Ingeniería de la UNAM

II-UNAM		$Q_{subcuenca}$ en m^3/s
Estaciones- año	229	
Región	RH 30	
Grupo	Grupo 2	
FD	Doble Gumbel	

Tr	factores	Gastos
2	0.7	41.33
5	1.26	74.39
10	1.73	102.13
20	2.54	149.95
50	6.36	375.48
100	8.93	N/A
200	11.26	N/A
500	14.2	N/A
1000	16.38	N/A
2000	18.53	N/A
5000	21.35	N/A
10000	23.47	N/A
Confiable Hasta Tr	50	