



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA



«GENERACIÓN DE ESCENARIOS DE  
INUNDACIÓN PARA SAN CRISTOBAL DE  
LAS CASAS, CHIAPAS. MÉXICO»

TESIS PROFESIONAL

**para obtener el título de**

LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

**presenta**

EMELYN CORTÉS GUTIÉRREZ

**Director de tesis**

**Dr. David Alberto Novelo Casanova**

Ciudad Universitaria, México, Abril 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





# AGRADECIMIENTOS

Tengo tantas personas las que agradecer, que el espacio que dediqué para esto no me será suficiente; o tal vez si.

A Frank Gustavo García, por introducirme al caótico tema de los riesgos y esos menesteres.

A la señorita y ahora Lic. en Geografía Andrea SJ por escucharme siempre y presentarme a su tutor, que al poco tiempo paso a ser el mío también.

A mi exigente y perfeccionista tutor, Dr. David Novelo, no diré por qué, creo estaría demás.

A las personas que me proporcionaron algunos de los insumos para la presente investigación: Miguel Ángel "Mike" del CENAPRED, Cmte. Víctor Amezcua y el Ing. Jorge Espinoza de Protección Civil de San Cristóbal de las Casas.

A Marisol Barrios por caerme del cielo y a Magdalena Hernández por enseñarme los gajes del oficio y luego dejarme su trabajo, por invitarme a sus seminarios y por ser tan buena onda.

A todos mis amigos que estuvieron siempre al pie del cañón para desestresarme, platicarme y escucharme: Carito (gracias especiales por tu ayuda), Fátima, Katy Kaboom, Leo, Sebas, Eri, Omar, Sandrita, Myri y Romi.

A los que casi no veía pero sabía que ahí estaban: Pau, Vale, Axel, San San, Julio, Benja (y a su mamá), Alma, Alejandrita, Dionisio, Mabel, y un mediano etcétera.

A los que me ayudaron a terminar la tesis, cuando ya no tenía ganas de terminarla: Andrés, gracias por estar ahí cuando más lo necesité y también gracias por invitarme a Colima, hermoso lugar. Y Diego, gran amigo con el que frecuentemente me peleo y reconcilio.

A mis amigos "los no humanos" que me acompañaban en casa, gracias por ese amor sublime: Zitta la perra, Muñe el perro y Ajo el ajolote (en paz descanse).

A mi familia: Vicky, Conchita, Celia, Elías y Vero. A la mujer más valiente que conozco, mi dulce y parsimoniosa abuela Paty. A mi hermano Asa. A mi padre por el apoyo económico.

Pero principalmente y antes que nadie, a mi Madre, la mejor, TE AMO, esto es para ti. Jamás podría terminar de darte las gracias por todo lo que has hecho, haces y harás por mí. Espero algún día amar a alguien tanto como tú me amas.



# ÍNDICE

<b>Introducción y contexto espacio-temporal</b>	9
<b>Capítulo 1</b> “CONCEPTUALIZACIÓN DE PELIGRO POR INUNDACIÓN, VULNERABILIDAD, RIESGO Y DESASTRE”	19
<b>1.1</b> No confundir el término FENÓMENO NATURAL con el de PELIGRO o AMENAZA	20
1.1.1    ¿Cuándo la inundación se convierte en peligro?	21
<b>1.2</b> Entonces... ¿Qué es la VULNERABILIDAD?	25
<b>1.3</b> DESASTRES	30
1.3.1    Orígenes del enfoque vigente que caracteriza el tratamiento de los desastres	-
1.3.2    ¿Qué es el desastre social?	31
1.3.3    ¿Cómo reconocer un desastre?	32
<b>1.4</b> Escenarios de RIESGO como vaticinio de un desastre	33
<b>Capítulo 2</b> “CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE INUNDACIÓN DEL VALLE DE JOVEL”	36
<b>2.1</b> Tratamiento del Modelo Digital de Elevación (MDE)	38
2.1.1    Obtención del MDE	-
2.1.2    Unión de datos	39
2.1.3    Recorte de la cuenca	-
2.1.4    Dirección de flujo	-
2.1.5    Acumulación del flujo	40
2.1.6    Red de drenaje	41

<b>2.2</b>	Obtención de los caudales de diseño	43
2.2.1	<i>Tiempo de concentración</i>	-
	<i>Observaciones con respecto al Periodo de Retorno</i>	44
2.2.2	<i>Precipitación e Intensidad</i>	45
2.2.3	<i>Gastos o caudales</i>	47
2.2.4	<i>Hidrograma para diferentes periodos de retorno</i>	-
<b>2.3</b>	Generación de mapas de peligro	50
2.3.1	<i>Clasificación de los modelos de inundación</i>	-
2.3.2	<i>Preparación de archivos en ArcGIS (Pre-proceso)</i>	52
2.3.3	<i>Creación del proyecto en HEC-RAS (Proceso)</i>	53
2.3.4	<i>Mapas de inundación (Pos-proceso)</i>	58
<b>2.4</b>	Descripción del peligro por inundaciones en SCLC	59
<b>Capítulo 3</b>	DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA EN SCLC	64
<b>3.1</b>	Análisis Social	67
3.1.1	<i>Selección de indicadores</i>	68
<b>3.2</b>	Construcción del Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica (IVSe)	73
<b>3.3</b>	Representación espacial de la Vulnerabilidad Socioeconómica	78
<b>3.4</b>	Interpretación del mapa de Vulnerabilidad Socioeconómica	81
<b>Capítulo 4</b>	ESCENARIO DE RIESGO POR INUNDACIÓN PARA SCLC	90
<b>4.1</b>	Obtención del Escenario de Riesgo por inundación de SCLC	91
<b>4.2</b>	Análisis del escenario de riesgo por inundación de SCLC	98
4.2.1	<i>Análisis del Mapa 4.1 y Mapa 4.2</i>	-
4.2.2	<i>Análisis del Mapa 4.3 y Mapa 4.4</i>	102
<b>4.3</b>	Protección Civil y el Riesgo en SCLC	107
	<b>Conclusiones</b>	114
	<b>Fuentes</b>	118

<b>Anexos</b>	126
Anexo 2.1 Tiempo de concentración	127
Anexo 2.2 Precipitación e intensidad	128
Anexo 2.3 Gastos o caudales	131
Anexo 2.4 Hidrogramas para diferentes periodos de retorno	132
Anexo 3.1 Indicadores socioeconómicos a nivel manzana de SCLC. Tomados del CENSO 2010 del INEGI	139
Anexo 3.2 Índice a nivel manzana de Vulnerabilidad Socioeconómica	-
Anexo 3.3 Mapas de los indicadores que forman la Vulnerabilidad Socioeconómica	140
Anexo 4.1 Esquema y fotografías georeferenciadas de SCLC.	145



# INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO ESPACIO-TEMPORAL

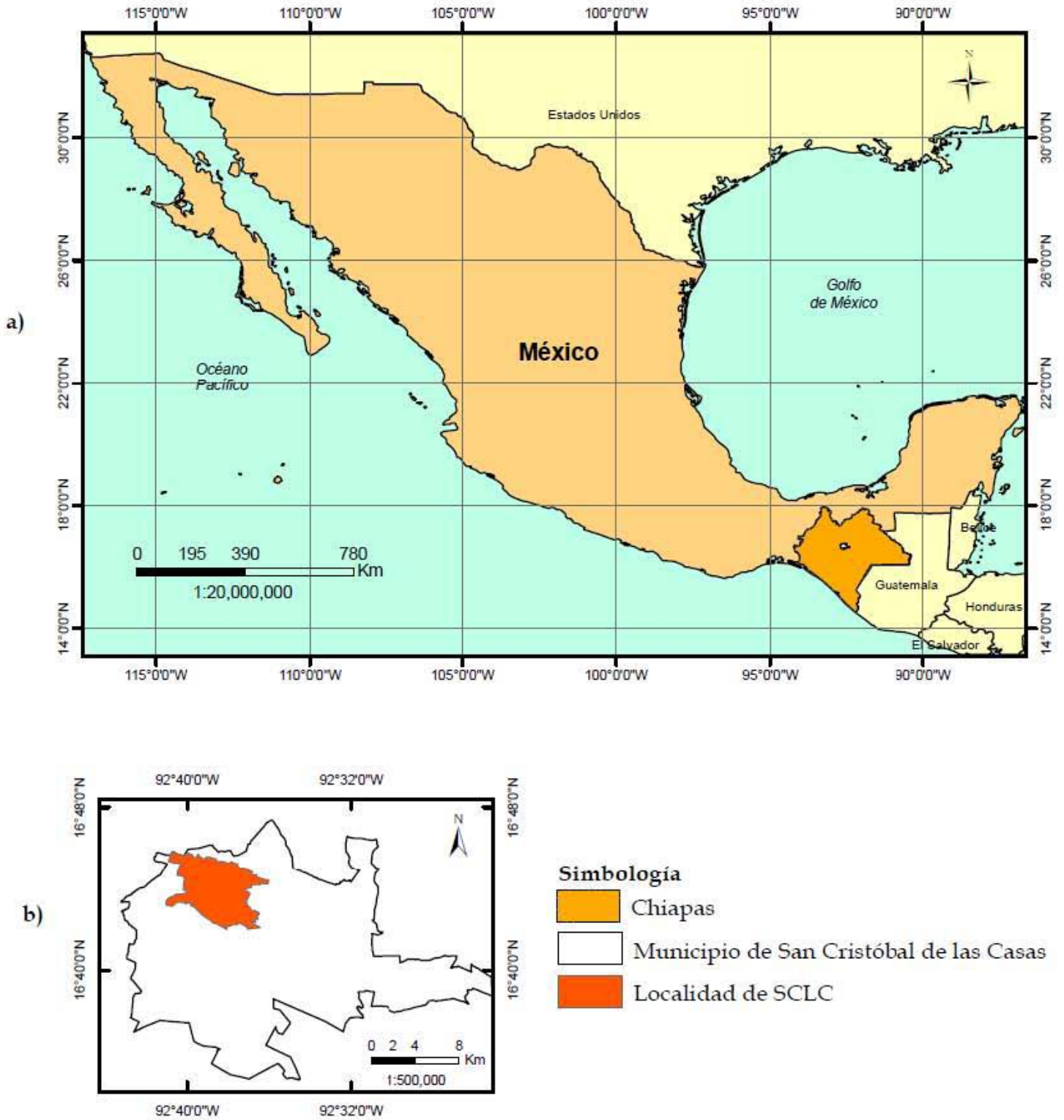
El estudio de los fenómenos naturales, el peligro que representan ante una sociedad vulnerable y el riesgo, materialización de dicha vulnerabilidad, son conceptos y hechos que son estudiados por diversas ciencias, tanto de las ciencias sociales como de las exactas. En la presente investigación se realiza un análisis integral desde una perspectiva geográfica acerca del peligro por inundación y la vulnerabilidad socioeconómica con el fin de conocer cómo se genera el riesgo en la localidad urbana de San Cristóbal de las Casas (SCLC), Chiapas.

## UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de San Cristóbal de Las Casas se localiza en el estado de Chiapas, al sur de la República Mexicana; entre los paralelos 16°32' y 16°48' de latitud norte y los meridianos 92°20' y 92°44' de longitud oeste. Su altitud varía entre 800 y 2800 msnm (INEGI, 2008).

San Cristóbal de las Casas está ubicado en la región económica II "Los Altos de Chiapas" y es el segundo municipio más importante del estado de Chiapas. Cuenta con 92 localidades, siendo la más importante la localidad urbana de SCLC. Dicha localidad cuenta con el 94% de la población del municipio, lo que daría un total de 156 472 habitantes (INEGI, 2010) (MAPA 1.1).

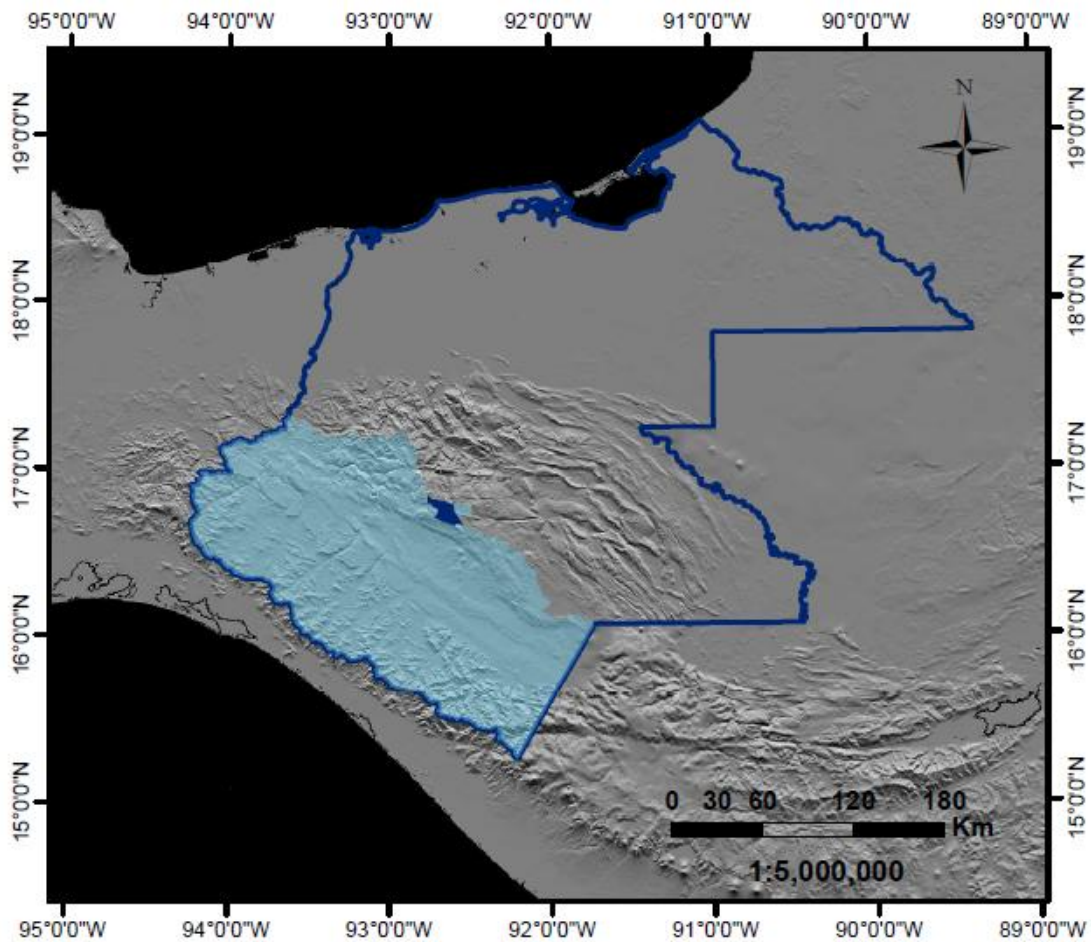
SCLC corresponde a la Región Hidrológica 30 Grijalva-Usumacinta, y administrativamente a la Región XI - Frontera Sur (CONAGUA, 2012). Es la segunda Región Hidrológica que recibe más cantidad de precipitación al año del país, aproximadamente entre 1351 - 2182 mm (IMTA, 2010).



**MAPA 1.1** a) Localización del estado de Chiapas en México, b) Localidad de SCLC. Elaborado con base cartográfica del INEGI (2010).



Específicamente SCLC se asienta en la microcuenca del Valle del Jovel localizada en la subcuenca del Río Chamula, y esta a su vez, forma parte de la Cuenca Alto-Grijalva. La precipitación en el Valle del Jovel está en el rango de 1000 a 1500 mm al año; con una temperatura oscilante de 12 a 24°C. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (81.13% de la precipitación total del municipio) (INEGI, 2008). En realidad las lluvias son casi todo el año teniendo en el verano lluvias muy abundantes y en invierno lluvias esporádicas (MAPA 1.2).



**Simbología**

- Región Hidrológica No. 30
- Cuenca Alto-Grijalva
- Subcuenca Río Chamula

**MAPA 1.2** Subcuenca Río Chamula. Elaborado con base cartográfica del INEGI 2010.

## MARCO HISTÓRICO

Los pueblos autóctonos de Chiapas, no desarrollaron un complejo sistema de vida, como lo hicieron los Mayas en la Península, [...] *la atomización de las comunidades mayas en Chiapas resultó con niveles reducidos de producción, como efecto y causa, a la vez, de la continua marginación de la región de los patrones de desarrollo que caracterizaron a otras áreas de Mesoamérica* (Zebadúa, 2010).

Chiapas, al tener tal orografía, fue uno de los últimos territorios en ser colonizado. Se encontró desde un principio en la periferia de las rutas de exploración y de la conquista española (Zebadúa, 2010). La falta de minerales preciosos como el oro, permitió cierta independencia de algunas comunidades al menos durante un tiempo.

Posteriormente, los españoles se adentraron en estos territorios y encontraron la forma de explotar el uso de la tierra y a sus habitantes indígenas. Buscando reproducir sus antiguas formas de vida, se establecieron en amplias planicies con climas predominantemente templados como Comitán y el alto valle que rodea Ocosingo. Por supuesto, no tardaron en ocupar la fría y nebulosa cuenca de San Cristóbal para fundar en el altiplano un centro administrativo, eclesiástico y misionero (Helbig, 1976).

Un fenómeno que caracterizó a la población de San Cristóbal durante cuatro siglos y medio fueron las constantes inundaciones que datan desde el año 1592 (AHD, 1982) hasta el año 1973 (Velasco, 1973) ocurriendo en este periodo un total de nueve inundaciones severas.

*Y de no haber [...] ciertos sumideros, que son cinco ojos, aberturas o grietas en peña viva, por donde desagua toda la ciudad, y caminan los raudales como ocho leguas debajo de tierra, no pudiera hacerse una muy profunda y hondable laguna toda la ciudad y valles de ella, que se contienen en el círculo de las sierras como en un anillo. El año de 1592 se anegó dicha ciudad [...] y totalmente se inundara si la buena diligencia no hubiera acudido con tiempo, antes que subiesen las aguas, a limpiar y destapar los ojos, o aberturas, quitando de ellos algunos animales muertos, maderos y piedras, que no dejaban pasar el*

*agua [...] (Relato de Fray Francisco de Vázquez; AHD, 1982)*

En el año de 1921 se comenzó a gestionar el manejo del agua para prevenir inundaciones. Por primera vez las instituciones del gobierno federal presentaron un proyecto de túnel para drenar la cuenca. Cincuenta años más tarde, el proyecto se ejecutó parcialmente, y para la inundación de 1973 el Presidente de la República Luis Echeverría, en un recorrido por la ciudad que se encontraba bajo el agua, autorizó la construcción del túnel de 4.3 km lineales para drenar la cuenca (García G., 2005).

A pesar de esta medida de mitigación contra las inundaciones, se ha visto que hacia el siglo XXI este fenómeno ha continuado, sobre todo por la falta de planificación territorial, y la carencia de recursos por parte de la población indígena que se ha visto obligada a asentarse en los lugares menos propicios para la vivienda como humedales<sup>1</sup> o laderas.

Fritz Rene Allemann buen conocedor de la población indígena de toda América Latina, acertadamente decía que a pesar de todo el idealismo bien intencionado en la región de SCLC, no se había logrado hasta ahora librar al indígena de su papel tradicional de marginado e integrarlo activamente a la nación, sin conmovier el carácter de su organización social tradicional y su cultura propia. Quedaba marginado de la vida nacional y excluido de una participación real en el progreso indudable de México (Helbig, 1976).

En este sentido, Andrés Fábregas Puig sintetiza la situación que vive el Sur del México:

*“[...] Este sur así definido abarca un extenso territorio legendario por sus riquezas y el contraste que ello hace con el subdesarrollo y la pobreza que presenta la población. Pareciera que la riqueza es la tragedia del sur, al ser codiciada para fines del “desarrollo*

---

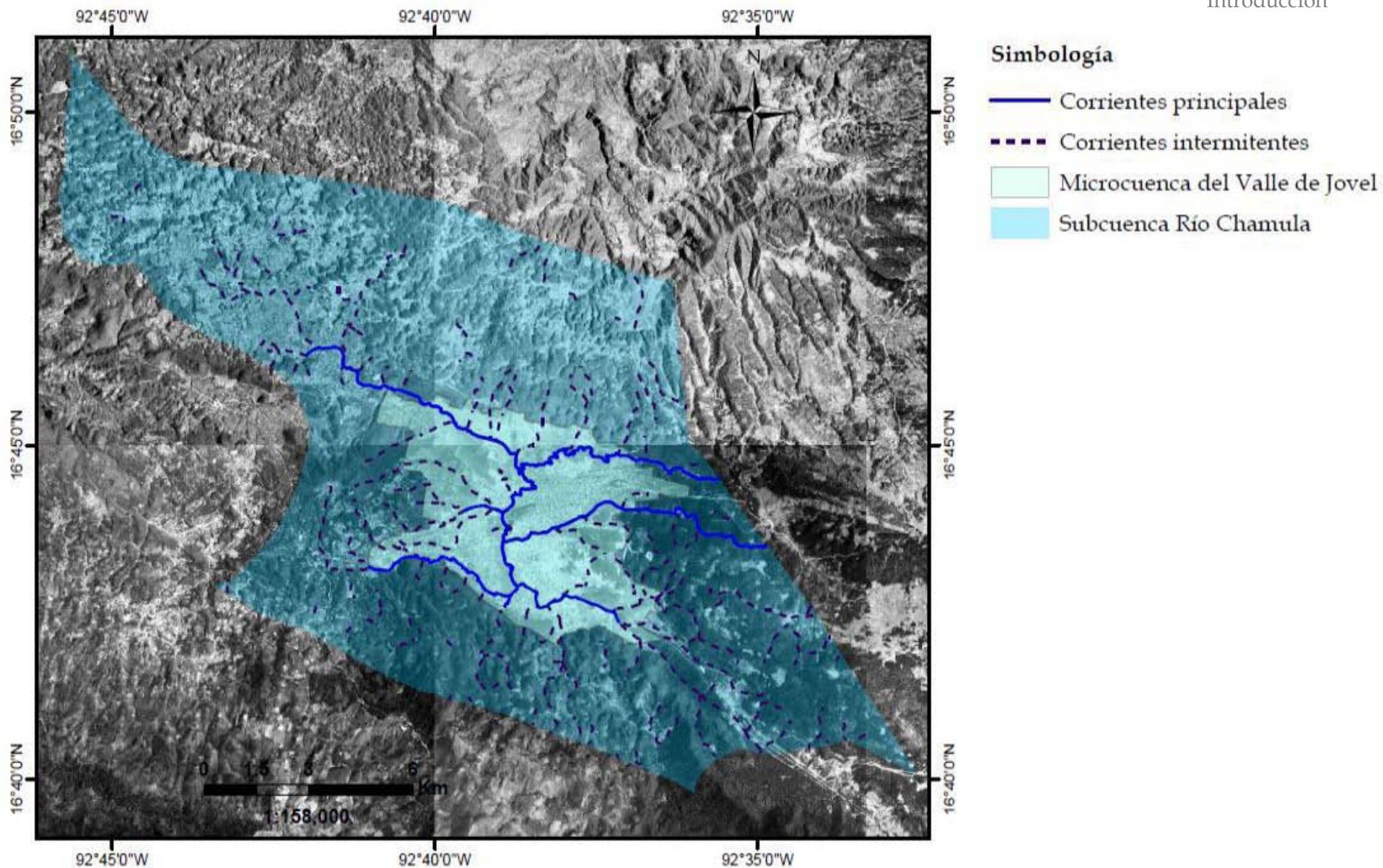
<sup>1</sup> Los humedales de SCLC son resultado de la dinámica hidrológica de ríos y arroyos superficiales que desbordan sus aguas sobre suelos mal drenados. Se caracterizan por tener bosques riparios al margen de los ríos y vegetación hidrófila enraizada emergente (tipo tular) sobre extensas depresiones cársticas (Pronatura-Sur, 2011)

*regional”, menos para el bienestar del propio sur” (Fábregas Puig, 2008).*

Finalmente, cobra relevancia la acelerada urbanización a nivel mundial, pero sobre todo la hiperurbanización de los países en vías de desarrollo. Las opciones de trabajo son centralizadas en espacios específicos, lo cual implica que estos lugares cada vez sean más poblados y sus recursos sobreexplotados. Esto lleva consigo una serie de problemas como degradación ambiental, hacinamiento, marginación, falta de servicios, construcciones mal edificadas, no planeadas y sin estudios previos de peligros de origen natural o antropogénico. El resultado es el incremento de la vulnerabilidad social de la población y por lo tanto la probabilidad de encontrarse en situación riesgo.

La presente investigación se centrará específicamente en la cabecera municipal de SCLC debido a las siguientes consideraciones:

1. La localidad está asentada sobre un valle intermontano que forma parte de una cuenca endorreica. La Microcuenca del Valle de Jovel es atravesada por los ríos perennes Fogótico, Amarillo y Chamula, y los arroyos San Felipe y Navajuelos entre otras corrientes temporales (MAPA 1.3). Las precipitaciones abundantes durante el verano superan los 1000 mm al año que aunado a la conformación topográfica de la cuenca, provocan que las partes bajas sean proclives a inundaciones y justamente éstas corresponden al valle donde se asienta la ciudad de SCLC (García G., 2005).
2. Es la tercera ciudad más importante de Chiapas, lo que implica que su concentración demográfica aumente cada vez más debido a su creciente dinámica económica. La falta de apoyo al campo mexicano y la necesidad de trabajo en combinación con la ilusoria idea de abundancia en las ciudades generan que la población con menos recursos económicos tiendan a establecerse en lugares no propios para la vivienda cercanos al lecho de los ríos y humedales, lo que aumenta su vulnerabilidad y genera condiciones de riesgo.



**MAPA 1.3** La localidad de SCLC está asentada en la Microcuenca endorreica del Valle de Jovel. Elaborado con base cartográfica del INEGI 2010.

## ESTRUCTURA

Son cuatro los capítulos que abordan cada una de las temáticas que son objeto de estudio en este trabajo. El peligro, la vulnerabilidad y el riesgo son representados a través de mapas que en su conjunto conforman el sostén de esta tesis. Los mapas principales se elaboraron a una escala de 1:50 000, escala considerada adecuada para la descripción y análisis de los resultados.

En el Capítulo 1 “*Conceptualización de amenaza por inundación, vulnerabilidad, riesgo y desastre*” se hace un recuento del significado y pensamiento que se ha venido desarrollando con respecto al tema para algunas instituciones y principalmente para algunos autores. Este marco conceptual es la base ideológica que se maneja en todo el contenido de esta investigación.

El Capítulo 2 “*Construcción del modelo de inundación del Valle de Jovel*” explica a partir de la metodología propuesta por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), la elaboración de un modelo de inundación para la microcuenca endorreica en donde se asienta SCLC. La modelación se realiza a partir de un Modelo Digital de Elevación escala 1:50 000 y un Mapa de Isoyetas de la República Mexicana. Los datos se procesaron utilizando el Software ArcGIS 9.3 y Hec-RAS 3.1.3. De aquí se obtuvo el mapa de inundación para un periodo de retorno igual a 20 años, el cual muestra las profundidades a las que podrían llegar los encharcamientos y desbordamientos de ríos en la Ciudad de SCLC. En un segundo mapa se muestra las principales colonias afectadas.

En el Capítulo 3 “*Determinación de la Vulnerabilidad Socioeconómica en SCLC*” se obtiene un Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica a partir de la metodología desarrollada por el Departamento del Medio Ambiente y Recursos Naturales de Carolina del Norte (Novelo y Suárez, 2010). Para la elaboración del Índice se utilizaron indicadores socio-económicos del Censo de Población y Vivienda del año 2010 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía y Informática (INEGI). Los resultados de la investigación son representados espacialmente en dos mapas principales, uno que representa la Vulnerabilidad Socioeconómica (IVSe) y otro que muestra las colonias con mayor vulnerabilidad en SCLC. También se elaboraron otros mapas complementarios con los sub-indicadores que conformaron el IVSe. Por otro lado, se realiza un análisis sobre el

significado de la vulnerabilidad y su sobresaliente importancia en el estudio de los desastres.

El Capítulo 4 "*Escenario de riesgo por inundación para SCLC*" presenta el análisis de los resultados finales de la tesis, tanto del modelo de inundación como del mapa de Vulnerabilidad Socioeconómica. De igual manera, se realiza una estimación del riesgo por inundación así como su distribución espacial en el área de estudio utilizando el Software ArcGIS 9.3. Además del análisis del mapa que sincretiza la labor de los capítulos anteriores, se realiza una crítica constructiva al *Modus Operandi* de Protección Civil en SCLC.







# CAPÍTULO 1

## CONCEPTUALIZACIÓN DE PELIGRO POR INUNDACIÓN, VULNERABILIDAD, RIESGO Y DESASTRE

«Así ha sido, así es, así será: según se dice y se repite, la naturaleza es una madre despiadada que nos viene echando la maldición de sus catástrofes desde tiempos remotos. Pero, ¿hasta dónde son naturales las catástrofes naturales que están azotando al mundo? Las inundaciones y las sequías, ¿no se multiplican por el arrasamiento de los bosques y de los suelos, ejecutado en nombre del progreso? ¿Y no está enloqueciendo el clima esta civilización que envenena el aire?»

Por si fueran pocas estas catástrofes fabricadas, que condenan a millones de personas al hambre y al éxodo, muchas son las catástrofes naturales que deberían ser llamadas, más bien, catástrofes sociales. El huracán Mitch dejó veinte mil muertos en los países centroamericanos, donde los pobres están librados a la buena de Dios. En cambio, casi no hubo víctimas cuando otros huracanes, tanto o más devastadores, han pasado por la Florida y Cuba.»

Eduardo Galeano en *Solidaridad Internacional, Exposición Itinerante sobre Vulnerabilidades, 2001*.  
(Fragmento tomado de Hernández Marín, Romero Edgar, 2003)

## CAPÍTULO 1

### CONCEPTUALIZACIÓN DE PELIGRO POR INUNDACIÓN, VULNERABILIDAD, RIESGO Y DESASTRE

Es conveniente priorizar el marco conceptual con el fin de comprender el desarrollo que tomará esta investigación.

#### 1.1 NO CONFUNDIR EL TÉRMINO FENÓMENO NATURAL CON EL DE PELIGRO

La consideración de fenómeno natural como algo inesperado o fortuito, supone que la naturaleza puede tener un comportamiento equivocado y errático, de aquí la importancia de analizar el concepto por separado (Calderón, 1999):

Fenómeno (del latín *phaenomenon*). Cosa extraordinaria o sorprendente. Toda apariencia o manifestación, así del orden material como espiritual.

Natural (del latín *naturalis*). De la naturaleza, relacionado por ella o producido por ella.//Cosa normal, lógica.

Naturaleza. Esencia y propiedad característica de cada ser.//Conjunto, orden y disposición de todo lo que compone el universo (Calderón, 1999).

Analizando lo anterior, se denota que el significado de fenómeno se contrapone al de natural (extraordinario contra normal). Pero sintetizando ambos significados y de acuerdo con Calderón (1999) “un fenómeno natural es un elemento discreto dentro de un proceso más general”.

Por lo tanto, cuando se utilice el término “fenómeno natural” se hace en el sentido de toda manifestación que sucede de forma regular, la cual puede mostrarse aparentemente de manera repentina de acuerdo a la percepción de la sociedad que afecta. Es producto de los procesos periódicos de la naturaleza. Considerar entonces al fenómeno natural como un **peligro**, es tomar la perspectiva de éste como un evento extraordinario. Esto no tendría lógica si deducimos que en la naturaleza no existen cosas extraordinarias porque lo natural sucede de manera regular, con una temporalidad cuya escala es tan variada que puede implicar desde la geológica hasta el propio ritmo de la vida humana. Por lo tanto, es sólo a partir de los procesos sociales que se puede hablar de un fenómeno natural como un peligro.

En síntesis: si no existe una sociedad vulnerable sobre la cual actúe un fenómeno natural, no existe tal peligro.

### 1.1.1 ¿CUÁNDO LA INUNDACIÓN SE CONVIERTE EN PELIGRO?

Una definición técnica acerca de una inundación podría ser la de León (1996), quién señala que está determinada por el desbordamiento de un río; el cual corresponde a un evento de carácter natural y recurrente; como resultado de precipitaciones continuas o muy intensas que llegan a sobrepasar la capacidad de retención del suelo y sus cauces, desbordando e inundando las llanuras o planicies de inundación.<sup>2</sup>

La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) del Departamento de los Estados Unidos, considera que las inundaciones son uno de los peligros hidrológicos más comunes sobre la superficie de la Tierra. Asimismo, dependiendo del tipo de inundación estas pueden ser lentas y su desarrollo puede llevarse en un plazo de varios días. Otro tipo de inundaciones son las rápidas que pueden desarrollarse en cuestión de minutos, llegando a transportar grandes cantidades de escombros y ser muy destructivas. Las inundaciones pueden ser locales o de gran magnitud (CENAPRED, 2012).

---

<sup>2</sup> Porción del fondo de un valle que puede llegar a ser cubierta por las aguas durante las avenidas de un río.

El CENAPRED señala que existen tres factores que generan inundaciones: lluvias de invierno y verano, ciclones tropicales y la falla o mal operación de obras hidráulicas como son presas, bordos, canales, diques y redes de alcantarillado. El CENAPRED hace una diferencia entre avenida e inundación, entendido que la primera se produce sobre los ríos y es el incremento del nivel del agua en el río que genera un caudal mayor al que normalmente presenta. Ocurren debido a una precipitación intensa en una cuenca con una respuesta hidrológica muy rápida. La inundación es la consecuencia de esa avenida cuya corriente es insuficiente para desalojar el volumen de agua que fluye a través de ella.

*Una inundación se entiende por aquel evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, **generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay...** (Salas y Jiménez, 2007)*

Las inundaciones no solo se dan por desbordamientos de ríos; una definición más completa es la de Bremer y Lara (2001):

*Se considera una inundación, al flujo o a la invasión de agua por exceso de escurrimientos superficiales o por la acumulación de éstos en terrenos planos, ocasionada por la falta o insuficiencia de drenaje, tanto natural como artificial. En general, la magnitud de una inundación, provocada por eventos de origen hidrometeorológico, depende de la intensidad de la lluvia, de su distribución en el espacio y tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, así como de las características del suelo y del drenaje natural y artificial de las cuencas (Bremer y Lara, 2001).*

Los huracanes y tormentas tropicales provenientes tanto del Océano Pacífico como del Atlántico traen consigo precipitaciones intensas en los meses de abril a septiembre, aunado a las lluvias anormales causadas por frentes fríos durante el invierno (o mejor dicho la temporada de secas).<sup>3</sup> Esto da como resultado que prácticamente todo el año ocurran lluvias en SCLC, lo que tradicionalmente ha sido el principal factor de las inundaciones, pero no el único.

Como mencionan Gonzáles y Baires (1996), el factor humano -y no sólo el natural- está presente en la ocurrencia de éstos fenómenos. Ya sea por el aporte antrópico al cambio climático debido a generaciones de gas carbono (entre otros) que exacerbaban el efecto invernadero y destruyen la capa de ozono por una parte; y por otra, la deforestación y el depósito de desechos sólidos que bloquean los canales han encauzado varias de las inundaciones de los últimos años a nivel mundial.

*“El análisis de las causas de los desastres muestra que el factor de localización de los asentamientos y desbordamientos de ríos son los que provocan el desastre... Por sus limitaciones económicas, buena parte de la población pobre urbana construye sus comunidades (ciudades perdidas, tugurios o colonias ilegales), en lugares altamente vulnerables físicamente... La ocupación territorial en zonas de alto riesgo es una expresión del proceso desordenado de ocupación del territorio y la falta de una adecuada planificación de las ciudades” (Gonzáles y Baires, 1996).*

La mayoría de las inundaciones se producen frecuentemente en las zonas llanas, donde se registran los mayores asentamientos humanos (Baró Suárez et al., 2005).

La actividad humana y la concentración de los medios de producción llevan a la población a localizarse en áreas rurales y urbanas que son propensas a inundaciones y como consecuencia, el número de personas en peligro aumenta a medida que la población

---

<sup>3</sup> Chiapas, así como más de la mitad del territorio mexicano, al encontrarse geográficamente al sur del trópico de Cáncer, no cuenta con estaciones climáticas bien definidas; más bien, predomina un tipo de clima durante todo el año que varía según aumente la latitud y altitud. De igual manera, existe una temporada de lluvias bien definida que varía comenzando entre marzo o abril y terminando en septiembre u octubre.

crece. La falta de asentamientos apropiados obliga a las personas a ubicarse en terrenos aluviales. De modo que la amenaza por inundaciones es en parte un producto de ambientes creados por el hombre, aunque los riesgos se experimentan en varios grados entre diferentes grupos sociales de personas (Blaikie, 1996).

Se pueden generar nuevos peligros por inundaciones en pueblos y ciudades a través de presiones económicas y sociales que obligan a la población marginada asentarse en localizaciones urbanas propensas a las inundaciones. El suelo está cubierto de superficies impermeables y los asentamientos que invaden las laderas de las colinas aumentan la tasa de escurrimiento, lo cual lleva a inundaciones donde antes no había. Green (1990) hace énfasis en que debido a que las cuencas de esas áreas urbanizadas generalmente son pequeñas y las inundaciones tienden a ser repentinas, estas zonas son propensas a producir alta mortalidad. Él sostiene que si la urbanización sigue acelerándose en el Tercer Mundo, el equilibrio de los riesgos de inundación probablemente se incline de las áreas rurales a las urbanas (Green, 1990; en Blaikie, 1996).

Por lo tanto, una inundación se convierte en peligro cuando existe una población asentada en terrenos aluviales, zonas bajas y/o mal drenadas. Sobre todo, una inundación es peligrosa cuando la población es altamente vulnerable.

## 1.2 ENTONCES... ¿QUÉ ES LA VULNERABILIDAD?

Una breve reseña histórica del concepto:

*A finales de la década de los 70 y comienzos de los años 80, se empezaron a realizar estudios sobre desastres en los países del llamado tercer mundo. En estos estudios se dieron cuenta que algunas causas de los desastres se encontraban en las condiciones sociales, políticas y económicas que caracterizan a los países subdesarrollados. Sobre todo, los daños más graves los encontraron en las poblaciones económicamente más débiles.*

*A partir de los estudios de caso surgieron nuevos modelos analíticos para explicar los desastres. Poniendo énfasis en la situación económica de las poblaciones, esta nueva propuesta plantea que el desastre no es causado únicamente por un fenómeno natural peligroso. De igual manera, sugiere que los modelos analíticos propuestos por la visión dominante<sup>4</sup> no son aptos para explicar la situación de desastre, al no considerar los diferentes aspectos que contextualizan un desastre [...]*

*... Los estudios realizados en los países del Tercer Mundo, particularmente en América Latina, mostraron que la naturaleza no había tenido un cambio radical desde hacía mucho tiempo. Los fenómenos naturales no eran violentos, la pregunta era: ¿por qué cada vez estos países padecen más desastres? La respuesta la encontraron en las condiciones sociales, políticas y económicas que caracterizaban a los países subdesarrollados" (Cuevas Portilla, 2007).*

---

<sup>4</sup> Concepto ideado por Kenneth Hewith en su obra "La idea de calamidad en la era tecnocrática" en 1983 para denominar a la gran mayoría de científicos que atribuían el desastre y las catástrofes a la naturaleza, y que jamás mencionaban en sus investigaciones que las decisiones del hombre aumentaban el riesgo de desencadenar un desastre.

Aunque se han escrito tesis, libros, apuntes, ensayos y artículos acerca de la vulnerabilidad, abordándola desde diferentes disciplinas para teorizar acerca de ésta, las concepciones que se tienen son muy diferentes. Es por esto que se han seleccionado las definiciones que se relacionan con el objetivo de esta investigación.

Según Maskrey (1993), la vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad hacia un peligro o amenaza, está integrado por la población y diversos componentes del desarrollo humano, entre los que destacan el uso del suelo, la vivienda, el equipamiento, la infraestructura y servicios, así como la vialidad y transporte, los cuales al estar expuestos al impacto del “fenómeno destructivo”, pueden sufrir daños. “[...]Es el grado estimado de daño o pérdida en un elemento o grupo de elementos expuestos como resultado de la ocurrencia de un fenómeno de una magnitud o intensidad dada, expresado usualmente en una escala que varía desde 0 , sin daño, a 1, la pérdida total. La diferencia de la vulnerabilidad de los elementos expuestos ante un evento peligroso determina el carácter selectivo de la severidad de las consecuencias de dicho evento sobre los mismos (Maskrey, 1993)”

Para Macías (1993) la vulnerabilidad en términos generales es una condición (susceptible de recibir daños) en referencia a otra (condición no dañada) en cuya relación median, en ese orden el peligro y el riesgo.

Vulnerabilidad es “la propensión a sufrir daños por la exposición a riesgos, derivada de la incapacidad para hacerles frente y la inhabilidad para adaptarse activamente a ellos” (Lavell, 1996).

Bender (1993) explica que “el desarrollo puede ser definido como un mejoramiento (usando la medida que cada país escoja) por el cual la sociedad busca mantener un progreso a través del tiempo. La vulnerabilidad (vulnerabilidad al desastre) es un reflejo de dependencia que entorpece el mejoramiento [...] La diferencia entre mejoramiento y vulnerabilidad es un reflejo de la resistencia de la sociedad ante eventos naturales e inducidos por la población. Cuando un evento hace que el nivel de mejoramiento actual se



reduzca por debajo del nivel de vulnerabilidad, se requiere de asistencia ajena, y el curso del mejoramiento social puede ser alterado por años o incluso décadas.”

Calderón (1998) parafraseando a Bender, explica que al tomar en cuenta la vulnerabilidad se facilita la definición de la población objetiva, o el “para quiénes” se piensan las acciones de desarrollo y la mitigación del impacto de los desastres. La reducción de la vulnerabilidad es una medida que adquiere una creciente importancia para evaluar “para quién” son realizados estos proyectos de desarrollo.

De acuerdo con Perrow (1984) “los fracasos de la realidad no pueden ser anticipados en la teoría. Pero, partiendo de que el desastre es un proceso social, se coloca como una principal consideración las estructuras propias de la sociedad a partir de las cuales se va construyendo y se puede apreciar a las próximas situaciones de desastre sobre todo después de la manifestación de alguno.”

Gustavo Wilches-Chaux (1993) menciona que la vulnerabilidad “es la incapacidad de una comunidad para “absorber”, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su “inflexibilidad” o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad”.

Wilches-Chaux (1993) divide a la “vulnerabilidad global” en varias “vulnerabilidades” -natural, física, económica, social, política, ideológica, técnica, cultural, educativa, ecológica e institucional-, las cuales se entrelazan unas con otras, y en raras ocasiones una no tiene que ver con la otra. En el presente estudio se tomarán en cuenta principalmente las siguientes:

- Vulnerabilidad física. Se refiere especialmente a la localización de los asentamientos humanos en zonas de riesgo (en este trabajo considerado como zonas de peligro), y a las deficiencias de sus estructuras físicas para “absorber” los efectos de esos riesgos. En el caso de estudio de SCLC, la vulnerabilidad

física representaría la localización de la ciudad asentada en el Valle del Jovel (una cuenca endorreica).<sup>5</sup>

- Vulnerabilidad económica. Quizás el eje más significativo de la vulnerabilidad global. Cuny (1983), Davis (1980) y Wijkman y Timberlake (1985) aportan ejemplos que demuestran cómo los sectores económicamente más deprimidos de la humanidad son, por esa misma razón, los más vulnerables frente a los riesgos por fenómenos naturales. A nivel local e individual, la vulnerabilidad económica se expresa en desempleo, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral, dificultad o imposibilidad total de acceso a los servicios formales de educación, de recreación y de salud [...], inexistencia de control local sobre los medios de producción, etc. Esta será la vulnerabilidad que se analizará para el caso de SCLC.

También existe la vulnerabilidad económica a nivel país, que se expresa en una dependencia de nuestra economía de factores externos prácticamente incontrolables por nosotros, como son los precios de compra de las materias primas, venta de combustibles, insumos y productos manufacturados, etc.

- Vulnerabilidad social. Se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad. Una comunidad es socialmente vulnerable en la medida en que las relaciones que vinculan a sus miembros entre sí y con el conjunto social, no pasen de ser únicamente relaciones de vecindad físicas, en la medida en que estén ausentes los sentimientos compartidos de pertenencia y de propósito, y en la medida en que no existan formas de organización de la sociedad civil que encarnen esos sentimientos y los traduzcan en acciones

---

<sup>5</sup> En el Capítulo 2 se desarrolla la metodología que determina las zonas de peligro, y en el Capítulo 4 se presentan las áreas de inundación en combinación con la vulnerabilidad socioeconómica, o sea, el riesgo por inundación.

concretas. Se relaciona directamente con el liderazgo efectivo en una comunidad, programas de salud, así como con la coordinación con las autoridades correspondientes.

Es importante recalcar que vulnerabilidad no es sinónimo de pobreza (Blaikie, 1996). Mientras que la pobreza es una medida descriptiva mucho menos compleja de la carencia de las personas centrada en la medición del ingreso, el gasto y el consumo. Desde la perspectiva del riesgo, la vulnerabilidad es una combinación de características de un grupo social derivada de sus condiciones sociales y económicas, relacionadas con una peligrosidad específica (Barrenechea *et al.*, 2000).

Altos niveles de vulnerabilidad implican un serio resultado social ante la ocurrencia de eventos peligrosos, pero son una compleja combinación tanto de las cualidades de las amenazas implícitas como de las características de la población (Barrenechea *et al.*, 2000). Por lo tanto, y como menciona Blaikie (1996) “[...] la vulnerabilidad es un término relativo y específico, que siempre implica una vulnerabilidad a una amenaza particular”; o bien, como dice García A. (2002) “[...] los riesgos de desastre deben llevar un apellido, una asociación con la amenaza con la que están relacionados”.

De lo anterior, se entiende que no importa la magnitud del fenómeno natural que se presente en una determinada sociedad, sino la capacidad de respuesta de dicha sociedad, la cantidad de recursos dedicados a la mitigación y a la prevención, la resistencia cultural y estructural, la educación de la población, la preparación social y económica *a priori* de ocurrir el peligro. De lo contrario, la vulnerabilidad se materializará, la sociedad se encontrará en riesgo de sufrir daños e inevitablemente se producirá el desastre.

### 1.3 DESASTRES

#### 1.3.1 ORÍGENES DEL ENFOQUE VIGENTE QUE CARACTERIZA EL TRATAMIENTO DE LOS DESASTRES

El problema de los desastres se centra en la aparición de la modernidad y la revolución científica del siglo XVII, una época donde, entre otras cosas, la forma de enmarcar al mundo con invenciones como el microscopio o el telescopio, y el papel articulador que la razón y la ciencia jugó en este proceso de enmarque, permitió que la naturaleza se volviera autónoma y observable, y por ende, que el “problema de la gestión de los desastres” emergiera como un problema moderno, hace apenas unos tres siglos (Linayo, 2012)

Especialmente durante los siglos XVII y XVIII, se comenzó a cuestionar la verdadera razón de la causalidad de los desastres. Para terminar de definir si los desastres eran producto de la furia de dios o no, sucedió un evento que cambió el rumbo de las concepciones de los desastres (Linayo, 2012). En 1755 un terremoto azotó una de las ciudades más importantes de Europa, El puerto de Lisboa (Portugal). Como en cualquier ciudad de aquella época (y de la actualidad) había una concentración de población, comercialización, bienes y otros servicios, así como infraestructura urbana construida sin organización alguna. Bajo estas características, el terremoto pasó a destruir la ciudad (Linayo, 2012).

Inmediatamente los intelectuales de la época comenzaron a dar causas a semejante tragedia; prueba de ello se muestra en unas cartas que François Marie Atouet (1694 - 1778) mejor conocido como Voltaire, enviaba a Jean-Jacques Rousseau (1712- 1778). En esa discusión epistolar Voltaire acusaba a la naturaleza de lo ocurrido y clamaba por la necesidad de fomentar capacidades humanas que permitieran de alguna manera controlar la ocurrencia de este tipo de anomalías del territorio (Linayo, 2012), a lo que Rousseau contestó:

*La naturaleza no construyó allí veinte mil casas de seis a*

*siete pisos, y si los habitantes de esa gran ciudad hubieran estado más uniformemente distribuidos y más livianamente acomodado, el daño habría sido mucho menos y, a lo mejor, hasta insignificante. J.J. Rousseau, agosto 1756. (en Linayo, 2012:47)*

Esta afirmación fue el principio de un enfoque que argumenta que las secuelas ocurridas durante un desastre son esencialmente resultado de las fallas en nuestra manera de incorporarnos al entorno que nos rodea (Linayo, 2012).

### 1.3.2 ¿QUÉ ES EL DESASTRE SOCIAL?

Algunas definiciones de “desastre” son las siguientes:

“Manifestación de las condiciones de vulnerabilidad de sectores de la sociedad, producto del proceso social que las ha ido conformando” (Calderón, 1998).

“...los desastres no son únicamente dependientes de lo raro (evento extraordinario/fenómeno natural) o de la escala de los procesos geofísicos, sino también interviene el orden social establecido, las relaciones cotidianas, los valores de la sociedad y las instituciones por ellas creadas” (Calderón, 1998).

“el desastre es resultado de la actividad humana, no de fuerzas naturales” (Quarantelli, 1995).

Los desastres “son simplemente el colapso de la protección cultural, así es que ellos son hechos principalmente por el hombre” (Dombrowsky, 1995).

Un desastre “es un resultado social, producto de la consecuencia de un riesgo socioestructural” (Pelanda, 1981).

De acuerdo con las definiciones anteriores, es correcto asegurar que los desastres no son naturales, muy lejos de ser naturales, son los constantes resultados de las decisiones humanas.

Los desastres son procesos que se van construyendo o suprimiendo dependiendo de las capacidades de prevención, mitigación, gestión e integridad de las sociedades. Pueden ocurrir uno o varios fenómenos naturales en un espacio-tiempo determinado pero mientras no exista una población que lo cohabite no ocurrirá jamás un desastre. Por otra parte, puede existir un fenómeno o varios en un espacio-tiempo específicos y con una población coexistente a éste, pero con la suficiente capacidad para resistir dicho fenómeno natural y tampoco habrá desastre alguno. Por lo tanto, y aunque parezca reiterativo el título de esta sección (¿qué es el desastre social?), se hace con el fin de resaltar que los desastres solo existen en sociedad.

### 1.3.3 ¿CÓMO RECONOCER UN DESASTRE?

Parte de la literatura existente argumenta que los desastres son cuantitativa y cualitativamente diferentes de los accidentes y crisis cotidianas o rutinarias (Quarantelli, 1988).

Según Quarantelli (1998) para reconocer el desastre de la “emergencia” es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Un desastre genera un “asalto en masa” del área impactada. Esto es, que existe una gran cantidad de personas, comunicaciones, bienes, grupos de respuesta, etc. que acuden al lugar del desastre para auxiliar.
- b) Cuando ocurre un desastre todos los grupos y personas pierden algo de su independencia y libertad de acción normal. En un escenario de desastre, cualquier persona o grupo del área impactada se vuelve más directamente dependiente de y responsable con los demás. Esto también incluye la dependencia económica e incluso política del estado o nación.
- c) Nuevas normas sociales emergen al considerar qué es aceptable y qué no lo es al calor de la crisis. Por ejemplo, está permitido destruir propiedad para salvar vidas en los esfuerzos de búsqueda y rescate.

- d) La necesidad de movilizar rápidamente los recursos para propósitos comunitarios hace difusa la línea o frontera que normalmente separa el sector público del privado.

#### 1.4 ESCENARIOS DE RIESGO COMO VATICINIO DE UN DESASTRE

El riesgo, representa para algunos autores un potencial destructivo que se cierne sobre la sociedad amenazando con materializarse en desastres de distintas magnitudes, poniendo en peligro la vida y la propia estabilidad y desarrollo de la sociedad. Forma parte de un proceso o continuo en el que intervienen lo social y lo natural, y donde ambos se combinan y ejercen su poder nocivo sobre sí mismos (Mansilla, 2000).

Para el sociólogo francés Peretti-Watel (2001) conocer la etimología del término riesgo permite rastrear su historia:

Riesgo del italiano *risco* que deriva del latín *rescum*, palabra que refiere a los peligrosos obstáculos que amenazaban a los navegantes italianos en el siglo XVI. Otro posible origen etimológico es romano: *rixicare*, que evoca al peligro; esto no significa que riesgo sea sinónimo de peligro. Sin embargo, el riesgo y el peligro son conceptos que están asociados, viéndolo de otra forma, el riesgo es la materialización del peligro (Peretti-Watel, 2001).

Una vez conocida la amenaza o peligro **A<sub>i</sub>**, entendida como la probabilidad de que se presente un evento en un lugar determinado con una intensidad mayor o igual a **i** durante un período de exposición **t**, y conocida la vulnerabilidad **V<sub>e</sub>**, entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto **e** a ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con una intensidad **i**. El riesgo **R<sub>ie</sub>** puede entenderse como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento **e**, como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o igual a **i** (Cardona, 1991):

$$R_{ie} = t (A_i, V_e) \quad (1.1)$$

Es decir, “la probabilidad de exceder consecuencias sociales y económicas durante un período de tiempo  $t$  dado” (Cardona, 1991).

En síntesis y de manera más sencilla:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} \quad (1.2)$$

El riesgo se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos (ecuaciones 1.1 y 1.2). Por lo tanto, el riesgo será del mismo carácter de la amenaza referida como geológica, hidrológica o antropogénica (Cardona, 1993).

Para evaluar el riesgo deben seguirse tres pasos: la evaluación de la amenaza o peligro; el análisis de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo (Cardona, 1993).

Al igual que la amenaza, el riesgo también se puede plasmar en mapas. Los mapas de riesgo representan un “escenario”, o sea la distribución espacial de los efectos potenciales que puede causar un evento de una intensidad definida sobre un área geográfica, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el medio expuesto (Cardona, 1991).

La importancia de estos escenarios radica en la planificación que con base en ellos se pueda realizar, ya sea para organizar el territorio y evitar viviendas en lugares clasificados como de “alto riesgo”, o bien para mitigar la amenaza creando planes de contingencia en caso de emergencia. Es importante recalcar que los planes de contingencia deben realizarse en colaboración con la población misma a través de representantes o líderes de la comunidad (Cardona, 1991).





## CAPÍTULO 2

# CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE INUNDACIÓN DEL VALLE DE JOVEL

«Como seres débiles, intentamos medir la naturaleza con nuestra propia talla; cada uno de sus fenómenos se resume para nosotros en un pequeño número de impresiones que hemos sentido [...]

[...]¿Qué son, pues, esas pequeñas oscilaciones periódicas, esas crecidas y descensos de nivel comparados con los cambios que se han realizado durante el curso de los siglos? En un intervalo de miles de siglos los mayores ríos pueden convertirse en arroyuelos y éstos en ríos caudalosos; las corrientes crecen y disminuyen, aumentan y se secan, oscilan incesantemente con los continentes y los climas.»

Elíseo Reclús, *El Arroyo*

## CAPÍTULO 2

### CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE INUNDACIÓN DEL VALLE DE JOVEL

Para la realización del modelo de inundación se utilizó la “Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas” del CENAPRED (Salas, 2011). La razón de utilizar esta metodología es porque está diseñada para la elaboración de los atlas estatales de riesgo. En un principio se consideró para localidades que no contaran con los suficientes recursos para realizar un estudio de tal magnitud. Sin embargo, al desarrollar algunos casos de estudio, se evidenció la necesidad de contar con una metodología basada en un modelo unidimensional que funcione adecuadamente en cuencas menores a 200 km<sup>2</sup>.

La metodología del CENAPRED (Salas, 2011; de aquí en adelante mencionado como *S11*) para elaborar los mapas de peligro por inundación considera que deben cumplirse con una serie de requerimientos de programas de cómputo e insumos informáticos:

- ArcGIS 8.0 ó mayor
- Spatial Analyst 8.0 ó mayor
- Hydrology Modelling (Extensión)
- Xtools Pro for *ArcGIS* 2.2.0 ó mayor
- Modelos Digitales del Terreno (MDT)
- Hec- GeoRAS 4.1 ó mayor (Extensión)
- Hec-RAS 3.1.3 ó mayor<sup>6</sup>

A continuación se detallan las tres principales etapas que deben realizarse con el objetivo de elaborar los mapas de peligro por inundación en los que se muestren zonas de inundación asociadas con diferentes periodos de retorno. Es importante aclarar que a estas etapas se le agregaron o eliminaron pasos debido a las dificultades que se fueron

---

<sup>6</sup> HEC-GeoRAS y HEC-RAS son software diseñados por el US Army Corps of Engineers y se encuentra de manera gratuita en Internet ([www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil)).

encontrando en el proceso de la elaboración del modelo de inundación en el presente trabajo.

## 2.1 TRATAMIENTO DEL MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (MDE)

Se refiere a la adecuación de los datos para obtener la red de drenaje a partir de la cual se realizan las simulaciones del fenómeno (S11).

### 2.1.1 OBTENCIÓN DEL MDE

Los Modelos Digitales de Elevación (MDE) que cubrían la subcuenca de Chamula se obtuvieron del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) del INEGI. Los MDE se encuentran a una escala de 1:50 000 y la resolución espacial del pixel es de 30 metros (S11). En este caso, los MDE que se utilizaron se presentan en la Fig. 2.1.

E15D51	E15D52
E15D61	E15D62

**Figura 2.1** Índice de MDE 1:50 000 para la construcción del modelo de inundación (antares.inegi.org.mx).<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Disponibles en formato libre en la página web del INEGI (Mexico Mde on antares.inegi.org.mx). Los modelos más comunes son los correspondientes al Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) cuyo cubrimiento correspondiente puede ser desde 20" hasta 2°, con una resolución de 30m por pixel.

### 2.1.2 UNIÓN DE DATOS

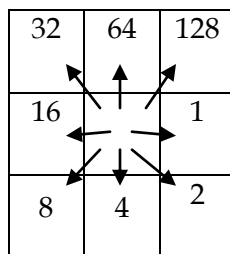
Cuando se tiene el caso en que el área de estudio requiere de más de dos MDE, es necesario unir las partes que conforman el área total, ya que si no se hace esto, en los análisis hidrológicos se trabajará sólo con el MDE activo, por lo que la red de drenaje y las subcuencas de aportación pueden ser incorrectas (S11).

### 2.1.3 RECORTE DE LA CUENCA

Es claro que la subcuenca Chamula no abarca las cuatro cartas 1:50 000 correspondientes a los MDE en su totalidad, por lo que es necesario hacer un recorte únicamente de la subcuenca Chamula.

### 2.1.4 DIRECCIÓN DE FLUJO<sup>8</sup>

Se toman como datos de entrada un MDE y los datos de salida se presentan en un archivo *raster* con la dirección del flujo de cada celda. Existen ocho posibles direcciones en cualquier celda relacionadas con las ocho celdas adyacentes en las cuales el escurrimiento puede viajar (S11) (Fig. 2.2).



**Figura 2.2** El terreno es representado por celdas de un MDE cuya extensión depende de la precisión que se maneje. El continuo de Elevaciones Mexicano del INEGI, presenta celdas de un arcosegundo de lado (aproximadamente 30 m). El valor de cada celda representa la elevación promedio de ella (S11).

<sup>8</sup> El paso de "Identificación de depresiones" fue eliminado ya que la metodología del CENAPRED (S11) solo *recomienda* llevarlo a cabo si la zona de estudio es plana. Debido a que la subcuenca Chamula se encuentra entre montañas y a más de 2000 m.s.n.m no fue necesario realizar este paso.

Cuando la dirección del máximo descenso es encontrada, la salida de la celda es codificada con el valor que representa esa dirección (Fig. 2.3) (S11).

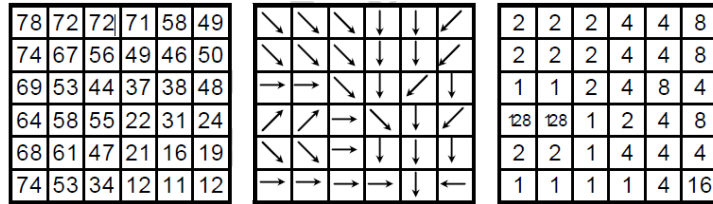
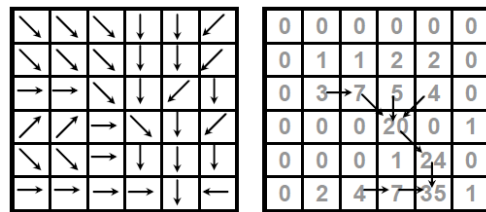


Figura 2.3 Interpretación de la dirección de flujo (S11).

### 2.1.5 ACUMULACIÓN DEL FLUJO

En este paso se calculó el flujo total acumulado de las celdas que confluyen hacia cada una de las celdas ubicadas aguas abajo (Fig. 2.4). A cada celda se le aplica un peso unitario; el valor de cada celda en el raster será el número de celdas que fluyen hacia ella (S11).



Dirección del flujo    Acumulación del flujo

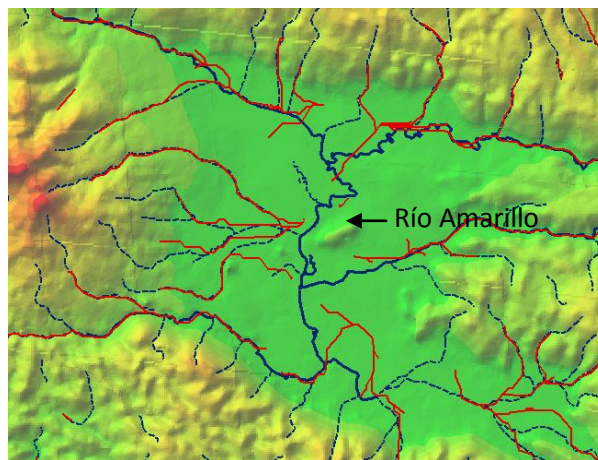
Figura 2.4 Interpretación de la acumulación de flujo. El flujo se acumulará en las celdas con mayor valor (S11).

Las celdas con grandes acumulaciones de flujo son áreas de concentración y pueden ser usadas para identificar corrientes y cursos de agua, mientras que las celdas con una acumulación de flujo cero son elevaciones topográficas locales y pueden ser usadas para identificar el parteaguas (S11).

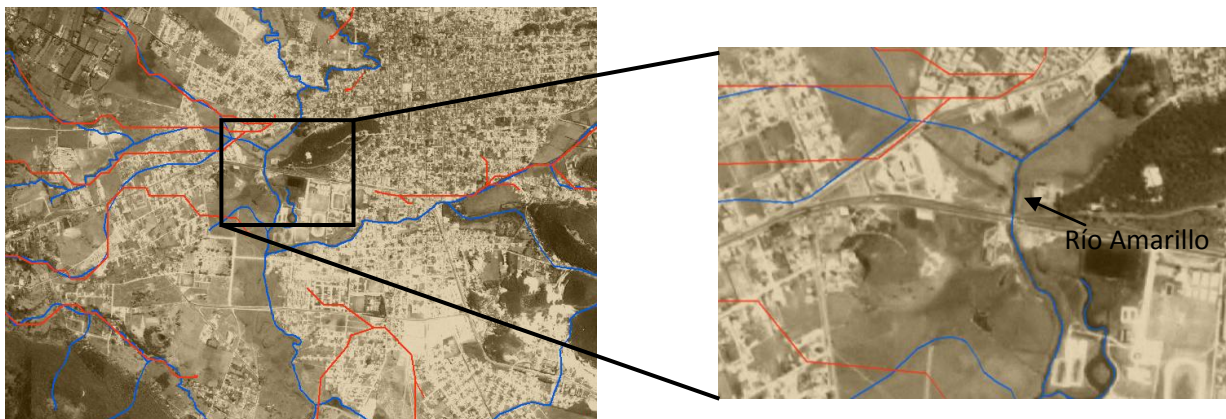
### 2.1.6 RED DE DRENAJE

Se obtiene con base en un umbral predefinido que le indica al programa cuántas celdas son necesarias acumular para aceptar que se forme una corriente. Si ese número se iguala o rebasa, el conjunto de celdas en cuestión se toma como una corriente, en caso contrario, no se determina nada y se continúa con la búsqueda (S11).

Al seguir los pasos de la metodología y al calcular la red de drenaje los resultados obtenidos por el Modelo Digital de Elevación no coincidieron con la red de drenaje *real*<sup>9</sup> del valle de Jovel (Fig. 2.5 y 2.6).



**Figura 2.5** En azul la red de drenaje real obtenida del SIATL, y en rojo la red de drenaje obtenida del procesamiento del MDE.



**Figura 2.6** Ortofoto del Valle del Jovel (antares.inegi.org.mx).

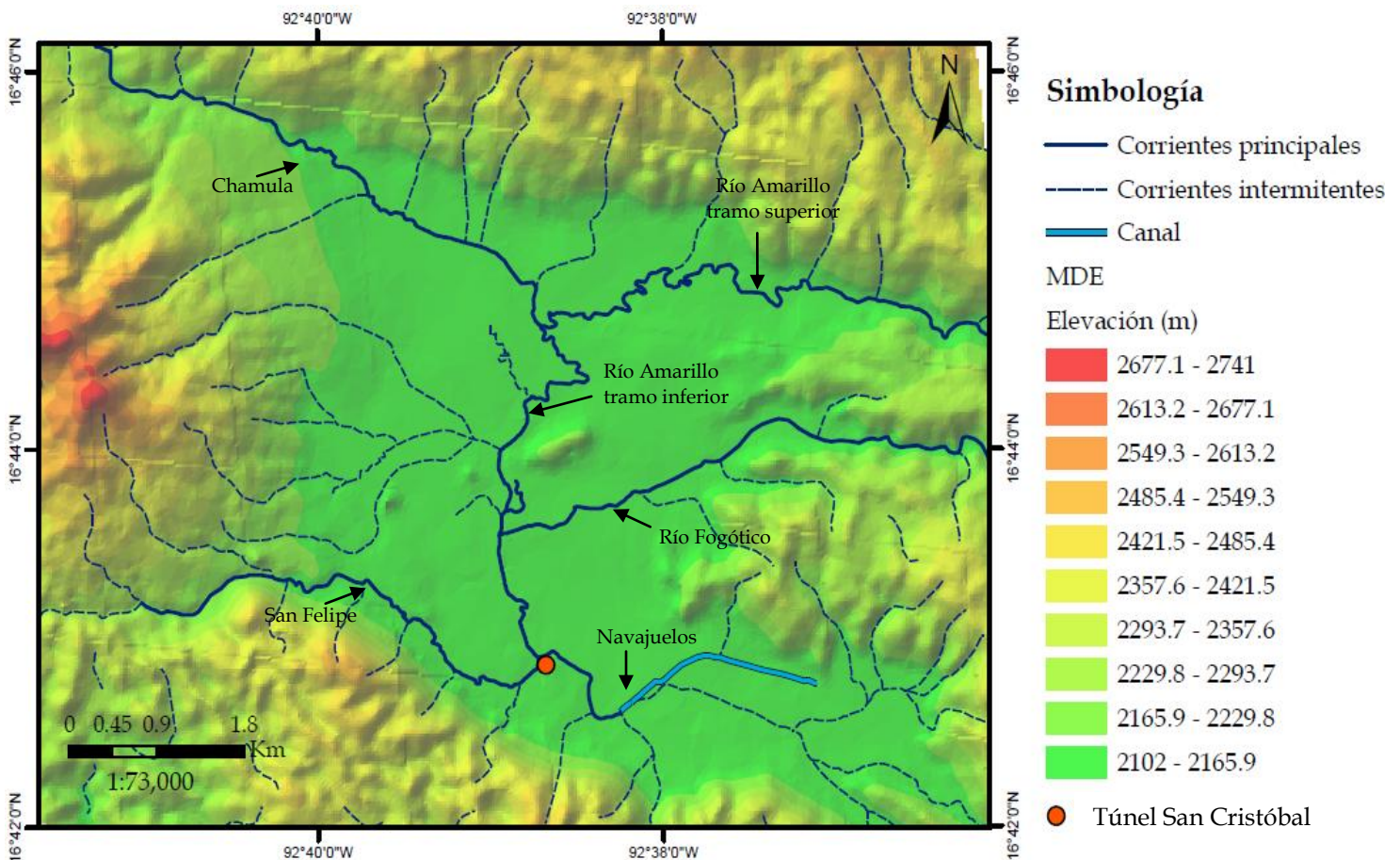
<sup>9</sup> La red de drenaje *real* se obtuvo del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL, Versión: 2.1) con el fin de verificar que la red de drenaje obtenida del MDE era correcta.



En la Fig. 2.6 se observa el desfase de las redes de drenaje (en azul la real y en rojo la obtenida en el MDE). Por otra parte, tampoco aparece el río Amarillo en la red de drenaje del MDE.

Las razones de que el resultado obtenido de la Red de Drenaje del MDE sea incorrecto puede atribuirse a la calidad de la resolución espacial<sup>10</sup> *per se*, o bien, debido a que la subcuenca de Chamula es endorreica y la metodología funciona mejor con cuencas exorreicas.

Tomando en cuenta los resultados anteriores, se decidió aplicar la metodología del CENAPRED pero teniendo como base la red de drenaje del SIATL y no la obtenida del MDE (MAPA 2.1).



**MAPA 2.1** Localización de los ríos principales del Valle del Jovel. Todos los ríos atraviesan parte de la ciudad de SCLC aunque el tramo inferior del Río Amarillo la atraviesa completamente

<sup>10</sup> Se intentó hacer la red de drenaje también con Modelos Digitales de Elevación LIDAR (con resolución espacial de 15 metros por píxel) pero no existen MDE LIDAR en la zona de San Cristóbal de las Casas.



## 2.2 OBTENCIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO

Para estimar los caudales de diseño en cualquier cuenca, se requiere una de las siguientes opciones de información (S11):

- Mapas de isoyetas, elaborados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM y el CENAPRED
- Curvas  $hp - d - Tr$
- Curvas  $i - d - Tr$
- Estudio hidrológico de la zona

En el presente estudio se utilizaron mapas de isoyetas. Las otras tres opciones son el resultado de estudios hidrológicos particulares realizado en la zona de interés.

### 2.2.1 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Se obtiene con la fórmula de Kirpich 1 (S11):

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (2.1)$$

O bien, Kirpich 2 (Ibáñez, 2006):

$$t_c = 0.02 L^{0.77} S^{-0.385} \quad (2.2)$$

donde:

$t_c$  : tiempo de concentración (minutos)

$L$  : longitud del cauce principal (m)

$S$  : pendiente del cauce principal (m/m = distancia vertical/distancia horizontal)

En el *ANEXO 2.1* se presentan los cálculos del tiempo de concentración para los ríos Chamula, Amarillo, Fogótico, San Felipe y Navajuelos.

#### *OBSERVACIONES CON RESPECTO AL PERIODO DE RETORNO*

Si bien la mayoría de la literatura recomienda que se establezcan escenarios de predicción y de riesgo en relación con la máxima precipitación a través de periodos de retorno<sup>11</sup> de 20, 50, 100, 500 y 1000 años, estos escenarios finalmente tienen que ser renovados cada vez que ocurre un evento que supera la probabilidad establecida,<sup>12</sup> ya que finalmente es eso, una probabilidad. De acuerdo con lo anterior en este trabajo se estudia el periodo de retorno de 20 años ( $T_r = 20$  años), ya que se considera que este periodo es suficiente para determinar las zonas de inundación más frecuentes y de esta manera delimitar espacialmente el peligro de manera más aproximada a lo real.

Otra razón por la cual se decidió modelar la inundación para un periodo de retorno de 20 años se debe a que, al ser la realización de escenarios de riesgo el eje principal de la presente investigación, no sólo son necesarios mapas de peligro, sino también mapas de vulnerabilidad con el propósito de atender el “proceso de gestación del desastre” (Zeballos Moreno, 1996).

De acuerdo a lo anterior, la Ley General de Protección Civil, Capítulo III, Artículo 19-XXII, establece que los Atlas de Riesgo ya sean a nivel nacional, estatal o municipal deberán mantenerse actualizados de manera permanente; por lo que los mapas de riesgos elaborados solo serán funcionales durante un cierto tiempo y al momento de ser actualizados se tienen que volver a realizar los estudios pertinentes. La razón de ser actualizados permanentemente se debe a la dinámica de la vulnerabilidad, que en realidad es mucho más cambiante que el peligro en sí.

---

<sup>11</sup> El periodo de retorno se define como el número de años promedio que transcurre para que un evento sea igualado o excedido (Linsley et al., 1977)

<sup>12</sup> “...uno de los problemas que se presentan con este tipo de funciones es el hecho de que a medida que van teniendo más datos va cambiando la función ajustada, lo que lleva, por tanto, a cambiar el Período de Retorno atribuido a un suceso” (Olcina Cantos, 2008).

Por lo tanto los mapas de peligro de la presente investigación representan un “modelo” de las zonas que tienen probabilidad de inundarse durante un determinado periodo de utilidad.

### 2.2.2 PRECIPITACIÓN E INTENSIDAD

Para obtener este valor, es necesario contar con cualquiera de las cuatro opciones enlistadas anteriormente. En el presente trabajo se utilizaron los mapas de precipitación del CENAPRED (Eslava, 2006), mapas asociados a distintos periodos de retorno con distintas duraciones.

Estos mapas fueron elaborados para duraciones de 1 y 24 h. Sin embargo, el tiempo de concentración generalmente resulta diferente a cualquiera de esas dos duraciones, por lo que la necesidad de interpolar los valores de precipitación obtenidos de los mapas es frecuente. Para ello, se siguieron los pasos descritos en Eslava (2006):

- a) Localizar en cada mapa el sitio de interés (localidad o salida de la cuenca)
- b) Obtener de cada mapa, el valor de la precipitación asociada con un determinado periodo de retorno
- c) Llenar las dos primeras columnas de la Tabla 2.1
- d) Para el periodo de retorno aplicar la siguiente ecuación:

$$hp_{tc} = \frac{hp_{24} - hp_1}{3.1781} (\ln(t_c)) + hp_1 \quad (2.3)$$

donde:

**$hp_{tc}$**  : valor de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio (mm).

**$hp_{24}$**  : valor de la precipitación para una duración de 24 horas (mm) y un determinado periodo de retorno.

**$hp_1$**  : valor de la precipitación con una duración de 1 hora (mm) y un determinado periodo de retorno.

**$t_c$**  : tiempo de concentración de la cuenca en estudio (hr)

**$\ln$**  : logaritmo natural

- e) El resultado obtenido cada vez que se aplica la ec. 2.3, corresponde a la precipitación para un periodo de retorno y una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, y se anota en la columna  $d = t_c$  de la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1** Extrapolación de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración.

Tr* (años)	Precipitación		
	$H_{p_1}$ d = 1 h	$H_{p_{24}}$ d = 24 h	$h_{p_{t_c}}$ d = $t_c$
20			

\*  $Tr$  = Periodo de retorno (años)

$h_{p_1}$  = valor de la precipitación con una duración de 1 hora y un determinado periodo de retorno (mm).

$h_{p_{24}}$  = valor de la precipitación para una duración de 24 horas y un determinado periodo de retorno (mm).

$h_{p_{t_c}}$  = valor de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio (mm).

$t_c$  = tiempo de concentración de la cuenca en estudio (hr)

- f) Finalmente, la intensidad (ec. 2.4) es igual a la cantidad de agua que se precipita por unidad de tiempo, por lo que ésta se obtiene dividiendo la lámina de precipitación ( $h_{p_{t_c}}$ ) entre una duración determinada ( $d = t_c$ ), que para fines de diseño es igual al tiempo de concentración (S11).

$$i = \frac{h_{p_{t_c}}}{d} \quad (2.4)$$

En el ANEXO 2.2 se presentan los cálculos de precipitación e intensidad para los ríos Chamula, Amarillo, Fogótico, San Felipe y Navajuelos.

### 2.2.3 GASTOS O CAUDALES

Para obtener el gasto de diseño existen varios métodos, sin embargo, considerando el tamaño de la cuenca con la que se trabajará, se utilizó la fórmula racional (S11).

La fórmula racional es una de las más antiguas y probablemente una de las más utilizadas actualmente. Este método considera que el gasto máximo se alcanza cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración:

$$Q_p = 0.278 C i A$$

donde:

$Q_p$ = Gasto ( $m^3/s$ )

$C$ = Coeficiente de escurrimiento. Representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa. Varía entre 0 y 1.<sup>13</sup>

$i$ = intensidad de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca ( $mm/h$ )

$A$ = área de la cuenca ( $km^2$ )

En el ANEXO 2.3 se presentan los cálculos para gastos y caudales de los ríos Chamula, Amarillo, Fogótico, San Felipe y Navajuelos.

### 2.2.4 HIDROGRAMAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Después de estimar el gasto máximo para diferentes periodos de retorno, es necesario definir la forma del hidrograma de escurrimiento directo, para ello existen diferentes modelos que pueden ser usados (S11):

- Hidrograma unitario adimensional

---

<sup>13</sup> Siendo los valores más cercanos al 1 aquellos que representan un mayor escurrimiento y por lo tanto baja filtración del agua en el suelo, por ejemplo un área asfaltada tiene un coeficiente de escurrimiento de 0.95. Contrario a esto, una pradera con suelo arenoso tiene un coeficiente de escurrimiento de 0.10 (Aparicio, 2001).

- Hidrograma unitario geomorfológico
- Hidrograma unitario triangular
- Método de Chow

En el presente trabajo se utilizó la metodología del Hidrograma Unitario Adimensional (HUA). Las características del HUA se obtienen a partir de las siguientes expresiones (Aparicio, 2001):

*Tiempo de retraso ( $t_r$ )*

$$t_r = 0.6t_c \quad t_c = \text{tiempo de concentración} \quad (2.6)$$

*Tiempo de pico ( $t_p$ )<sup>14</sup>*

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r \quad d_e = \text{coeficiente de escurrimiento igual a 0.70} \quad (2.7)$$

*Tiempo de base ( $t_b$ )*

$$t_b = 2.6t_p \quad (2.8)$$

*Gasto de pico ( $g_p$ )*

$$g_p = \frac{0.208A_c}{t_p} \quad A_c = \text{área de la cuenca (173.65 km}^2\text{)} \quad (2.9)$$

El hidrograma que debe transitarse a través del río se define multiplicando los valores obtenidos con las ecuaciones 2.7 y 2.9 por cada una de las coordenadas de la Tabla 2.2 (S11):

---

<sup>14</sup> De acuerdo con los valores para el coeficiente de escurrimiento (Aparicio, 2001). El " $d_e$ " es ilustrativo, ya que hay varios tipos de coeficientes de escurrimiento en SCLC.

**Tabla 2.2** Coordenadas de Hidrograma Unitario Adimensional HUA.

$t/t_p$	$t/t_p$
0.000	0.000
0.100	0.010
0.200	0.075
0.300	0.160
0.400	0.280
0.500	0.430
0.600	0.600
0.700	0.770
0.750	0.830
0.800	0.890
0.900	0.970
1.000	1.000
1.100	0.980
1.200	0.920
1.250	0.880
1.300	0.840
1.400	0.750
1.500	0.660
1.600	0.560
1.750	0.450
1.800	0.420
2.000	0.320
2.200	0.240
2.250	0.220
2.400	0.180
2.500	0.150
2.600	0.130
2.750	0.105
2.800	0.098
3.000	0.075
3.250	0.053
3.500	0.036
3.750	0.026
4.000	0.018
4.250	0.012
4.500	0.009
4.750	0.006
5.000	0.004

En el ANEXO 2.4 se presentan los cálculos para la elaboración del HUA de los ríos Chamula, Amarillo, Fogótico, San Felipe y Navajuelos.

## 2.3 GENERACIÓN DE MAPAS DE PELIGRO

Para conocer los cambios que ocurren sobre una corriente o una planicie de inundación (profundidad del agua, velocidad de corriente, zona inundada, etc.) durante el paso de una crecida, se debe determinar el tránsito de la avenida (S11).

### 2.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE INUNDACIÓN

Para simular una inundación existen diferentes modelos que son producto de las hipótesis simplificadoras aceptadas para resolver las ecuaciones que definen el comportamiento del fenómeno. De acuerdo con lo anterior, se cuenta con modelos hidráulicos y modelos hidrológicos, siendo los primeros los que mejores resultados obtienen. Más aún, dentro de los hidráulicos se tienen modelos que analizan el comportamiento de flujo en una, dos y tres dimensiones. La precisión de estos modelos mejora en función de las dimensiones usadas para su análisis; sin embargo, también los requerimientos de información son mayores (S11).

Los programas empleados en esta parte de la metodología han sido seleccionados debido a su facilidad de uso y, aunque es software libre, cuenta con un adecuado soporte técnico. El modelo hidráulico propuesto para ser usado es HEC-RAS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE, 2002):

- 1) Es un modelo ampliamente reconocido y por ende está validado.
- 2) Es público, lo que significa que no tiene ningún costo.
- 3) Aunque es un modelo unidimensional, en la mayoría de los casos esta hipótesis no tiene mayores repercusiones. Sin embargo, habrá algunos casos en los que sea necesario emplear algún modelo bidimensional (S11).

Los principales requerimientos para la aplicación de la metodología son:

- ArcGIS ó mayor
- HEC-RAS 3.1.3 ó mayor
- Spatial Analyst 8.0 ó mayor
- Hydrology Modelling (extensión)



- HEC-GeoRAS 4.1 ó mayor (extensión)
- Modelos Digitales del Terreno (MDT)

En la Fig. 2.8 se detalla la aplicación de la herramienta HEC-GeoRAS.

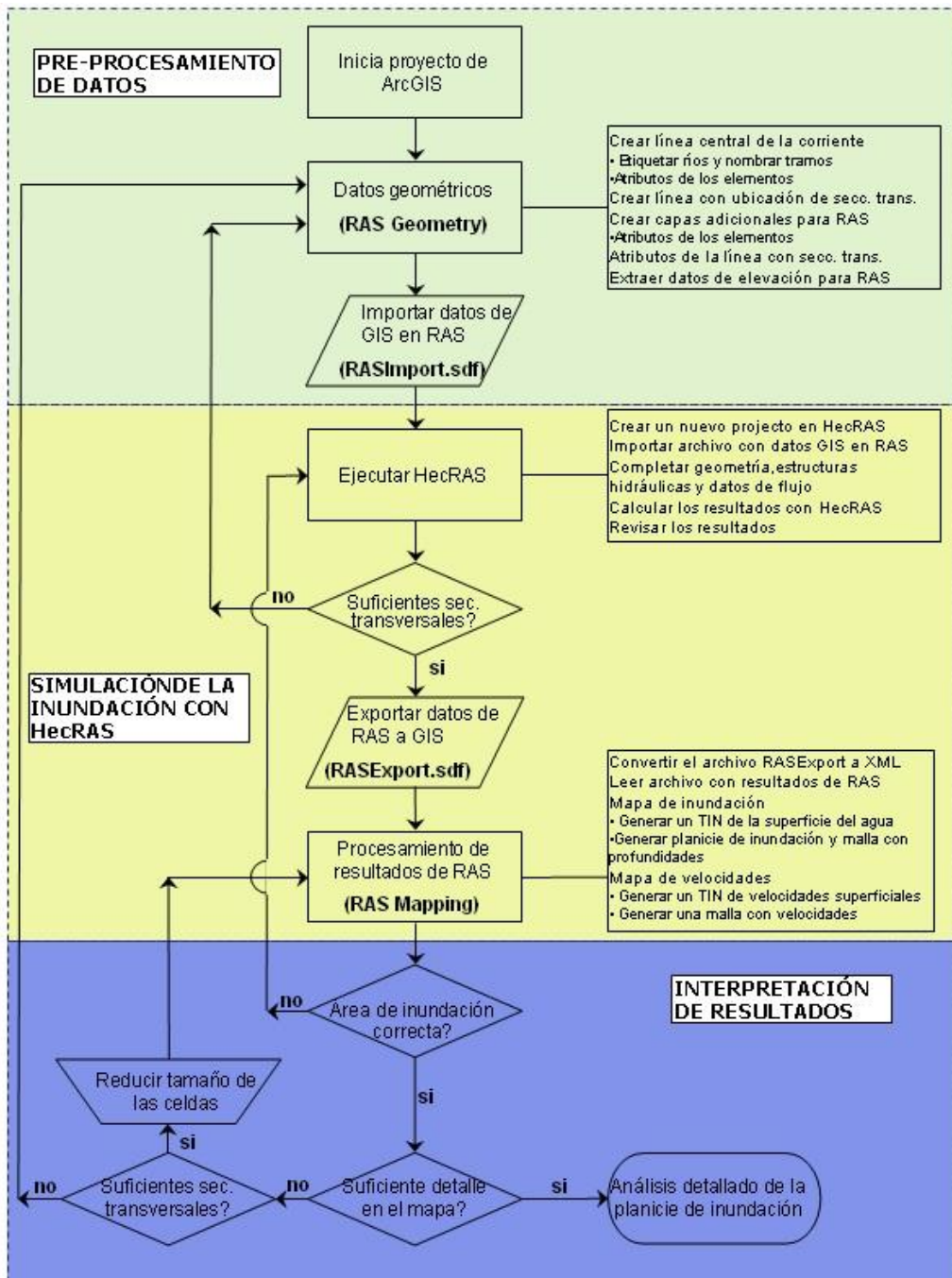


Figura 2.8 Diagrama de flujo del proceso para usar HEC-GeoRAS (USACE, 2005).

Para la aplicación del modelo unidimensional de inundación, en este estudio se siguieron los pasos de “Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas” del CENAPRED (S11) así como el Manual de Usuario de HEC-GeoRAS (USACE, 2011) y el Manual de Usuario de HEC-RAS (USACE, 2010).

### 2.3.2 PREPARACIÓN DE ARCHIVOS EN ARCGIS (PRE-PROCESO)

En esta primera parte del manejo de datos, se construyen las capas de la geometría del cauce en ArcGIS. Posteriormente, esta información se utiliza en HEC-RAS para el cálculo del gasto y la formación del polígono de inundación.

El pre-proceso consiste en la construcción de los Bancos (Banks), las Líneas de Trayectoria de Flujo (Flowpaths) y las Secciones Transversales (XS Cut Lines) a partir del Canal Principal (Stream Centerline) que en este caso sería el Río Amarillo (Fig. 2.9).

- *Bancos (Banks)*

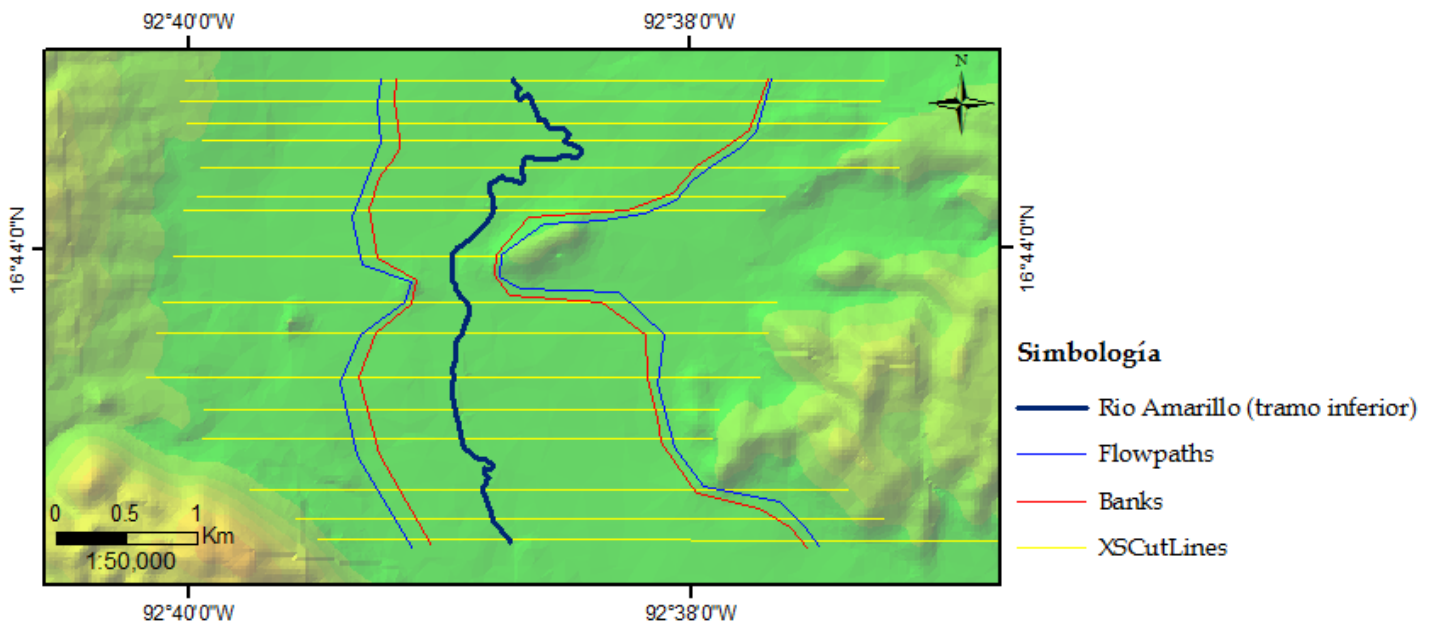
Las Líneas de Banco se utilizan para distinguir el canal principal (Río Amarillo) de las áreas inundables o zonas de desbordamiento. La información relativa a lugares bancarios se utiliza para asignar propiedades diferentes en las secciones transversales. Por ejemplo, en relación con el canal principal, a las áreas bancarias se les asignan los valores más altos de  $n$  de Manning para dar cuenta de más rugosidad causada por la vegetación. Las Líneas de Banco deben ser trazadas por ambos lados del canal principal (Merwade, 2012).

- *Líneas de Trayectoria de Flujo (Flowpaths)*

En realidad son tres tipos de líneas: las del desbordamiento del centro, y las de los desbordamientos de izquierda y derecha (left/right overbank). Las líneas de trayectoria de flujo se utilizan para determinar las longitudes de alcance corriente abajo entre secciones transversales del canal principal y las áreas bancarias (Merwade, 2012).

- *Secciones transversales (XS Cut Lines)*

Las secciones transversales son el elemento principal de HEC-RAS. Se utilizan para extraer los datos de elevación con el fin de crear un perfil del terreno en el canal de flujo. La intersección de las secciones transversales con otras capas RAS, tales como las líneas de trayectoria de flujo y las líneas de banco, sirven para diferenciar a estas líneas de la zona de inundación, conocer la longitud que alcanzan aguas abajo (distancia entre las secciones transversales) y asignar el Mannings  $n$ . Por lo tanto, la creación de un número adecuado de secciones transversales para producir una buena representación de la planicie y la llanura de inundación es importante (Merwade, 2012).



**Figura 2.9** Preprocesamiento. Geometría del Río Amarillo (tramo inferior) utilizando la extensión de HEC-GeoRAS en ArcGIS 9.3.

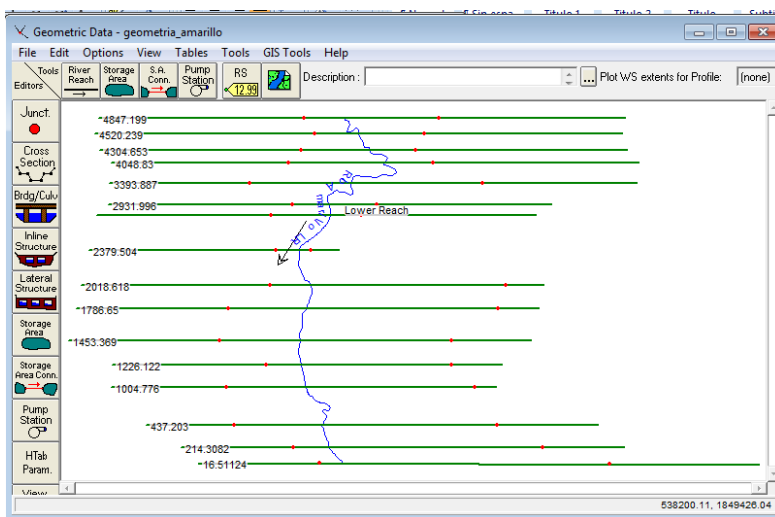
### 2.3.3 CREACIÓN DEL PROYECTO EN HEC-RAS (PROCESO)

La simulación del paso de las avenidas a lo largo del río, también conocido como tránsito de avenidas, y la exportación de los resultados hacia *ArcGIS*, se lleva a cabo en cinco etapas:

## I. Importación de los datos geométricos en HEC-RAS

En esta etapa se lee el archivo que contiene la información geométrica del proyecto que se generó en *ArcGIS*.

Se crea un proyecto nuevo en *HEC-RAS*, en el que se indican las unidades métricas con las que se trabajará (*S11*). Posteriormente, se delimitan los tramos de la cuenca con los que se va a trabajar (Fig 2.10). En el presente trabajo se modelaron individualmente los principales ríos del Valle de Jovel (Chamula, Amarillo, Fogótico, San Felipe y Navajuelos).



**Figura 2.10** Geometría del cauce visualizada en el programa HEC-RAS. El Río Amarillo está representado por la línea azul; las líneas verdes representan las secciones transversales *XSCutLines*, y los puntos rojos indican los límites de las líneas de bancos *Banks* (ver Fig. 2.9).

## II. Completado de la información geométrica

Para realizar la simulación de inundación HEC-RAS requiere de cierta información mínima como lo es el *manning* (*S11*).

El *manning* se edita de acuerdo con las líneas de Trayectoria de Flujo *Flowpaths* (Fig. 2.9). En la Fig. 2.11, la columna con encabezado **n#1** representa la línea de la izquierda,

n#2 la línea central, y n#3 la línea de la derecha (USACE, 2010). El *manning* determina qué cantidad de la precipitación se puede filtrar dependiendo del tipo de suelo, de la vegetación y de la forma del cauce principalmente (Chow, 1994). El Río Amarillo tramo inferior al atravesar la ciudad está rodeado por asfalto y la vegetación es poca o nula por lo que los valores de *manning* que se asignaron fueron bajos (0.013) y medios (0.035). Entre más alto sea el *manning*, mayor es la filtración del agua en el suelo.<sup>15</sup>

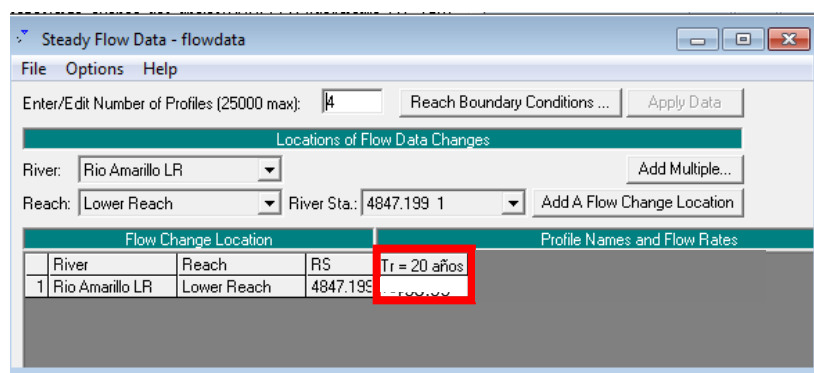
River	Reach	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1 Rio Amarillo LI	Lower Reach	4847.199 1	n	0.013	0.03	0.013
2 Rio Amarillo LI	Lower Reach	4520.239 2	n	0.013	0.03	0.013
3 Rio Amarillo LI	Lower Reach	4304.653 3	n	0.013	0.03	0.013
4 Rio Amarillo LI	Lower Reach	4048.83 4	n	0.013	0.03	0.013
5 Rio Amarillo LI	Lower Reach	3393.887 5	n	0.013	0.03	0.013
6 Rio Amarillo LI	Lower Reach	2931.996 6	n	0.013	0.03	0.013
7 Rio Amarillo LI	Lower Reach	2829.36 12	n	0.013	0.03	0.013
8 Rio Amarillo LI	Lower Reach	2379.504 7	n	0.013	0.03	0.013
9 Rio Amarillo LI	Lower Reach	2018.618 8	n	0.035	0.03	0.013
10 Rio Amarillo LI	Lower Reach	1786.65 9	n	0.035	0.03	0.013
11 Rio Amarillo LI	Lower Reach	1453.369 10	n	0.035	0.03	0.013
12 Rio Amarillo LI	Lower Reach	1226.122 11	n	0.035	0.03	0.013
13 Rio Amarillo LI	Lower Reach	1004.776 13	n	0.035	0.03	0.013
14 Rio Amarillo LI	Lower Reach	437.203 14	n	0.035	0.03	0.013
15 Rio Amarillo LI	Lower Reach	214.3082 15	n	0.035	0.03	0.013
16 Rio Amarillo LI	Lower Reach	16.51124 16	n	0.035	0.03	0.013

Figura 2.11 Selección y definición del *Manning* para el río Amarillo tramo inferior en HEC-RAS.

<sup>15</sup> El Coeficiente de Esguerrimiento es parecido al Manning aunque menos complejo. El Coeficiente de Esguerrimiento contempla el tipo de suelo y la cantidad de precipitación; sus valores van del 0 al 1, siendo los valores más cercanos al 1 aquellos que representan un mayor esguerrimiento y por lo tanto baja filtración del agua en el suelo (Aparicio, 2001). Los principales factores del Manning son tipo de suelo, vegetación, forma del canal, velocidad, entre otros. Sus valores más comunes van del 0.010 al 0.100, los valores más pequeños representan una menor resistencia de las paredes y el fondo del canal al flujo del fluido, lo que es lo mismo, mayor esguerrimiento (Chow, 1994).

### III. Información de los caudales que serán simulados

Previamente se realizaron los cálculos de los gastos asociados con diferentes periodos de retorno (inciso 2.2.3 *Gastos o Caudales y ANEXO 2.3*). La información de los caudales para la simulación se dará como un gasto constante<sup>16</sup> (*Steady Flow Data*) debido a que las condiciones de velocidad de escurrimiento en cualquier punto no cambian con el tiempo, o bien, las variaciones en ellas son tan pequeñas con respecto a los valores medios que no afectan a la simulación (Fig. 2.12).

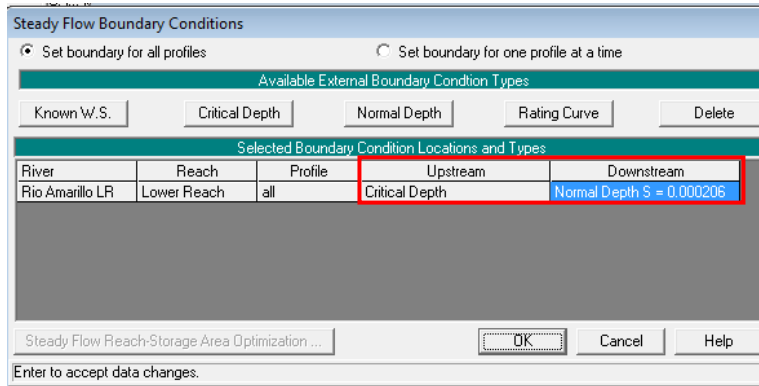


**Figura 2.12** Ventana principal para introducir la información de los gastos por cada periodo de retorno. En este caso únicamente se consideró el período de retorno (Tr) de 20 años (*Steady Flow Data*, HEC-RAS).

### IV. Condiciones de fronteras en el río o tramo que será simulado

Deben establecerse en los extremos de la red de drenaje. Para el Río Amarillo se estableció en Upstream (extremo superior), el tipo de frontera *Critical Depth* porque es una combinación entre diferentes tirantes y cuenta con número preestablecido igual a “1” (USACE, 2010). Debido a que no se realizaron estudios directos para conocer los tipos de tirantes en la zona de estudio, esta frontera fue la más aceptable; en *Downstream* (extremo inferior) la frontera asignada fue *Normal Depth* ya que el flujo es uniforme y sólo depende de la pendiente del cauce, dato con el que sí se contaba (Fig. 2.13).

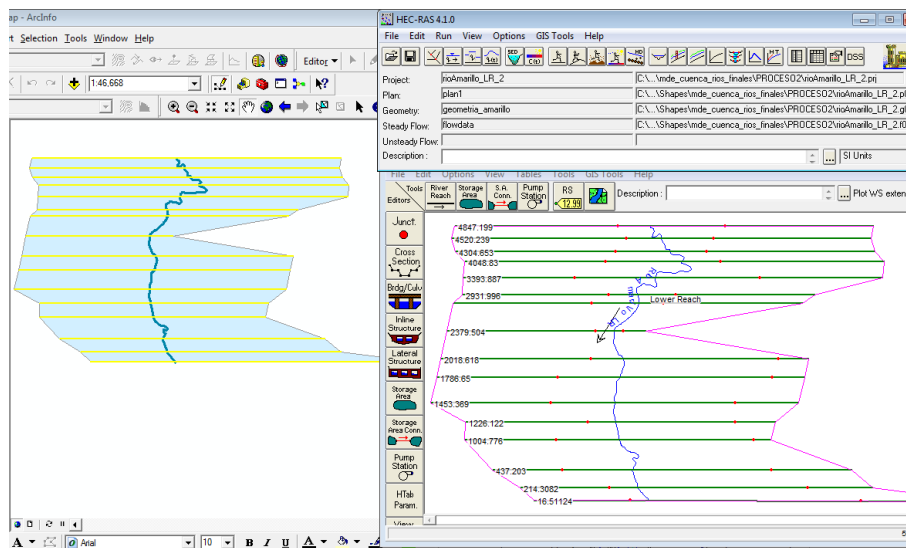
<sup>16</sup> Definición de “flujo constante” (García Cuartas, 2006)



**Figura 2.13** Condiciones de frontera para el Río Amarillo tramo inferior (*Steady Flow Boundary Conditions*, HEC-RAS).

## V. Ejecución del programa e interpretación de resultados

Una vez ingresados todos los datos necesarios se ejecuta el programa con la opción de Flujo Permanente, por ser la única opción cuyas condiciones de velocidad de escurrimiento en cualquier punto que no cambian con el tiempo. Los polígonos de inundación serán el resultado del proceso en HEC-RAS (Fig. 2.14).



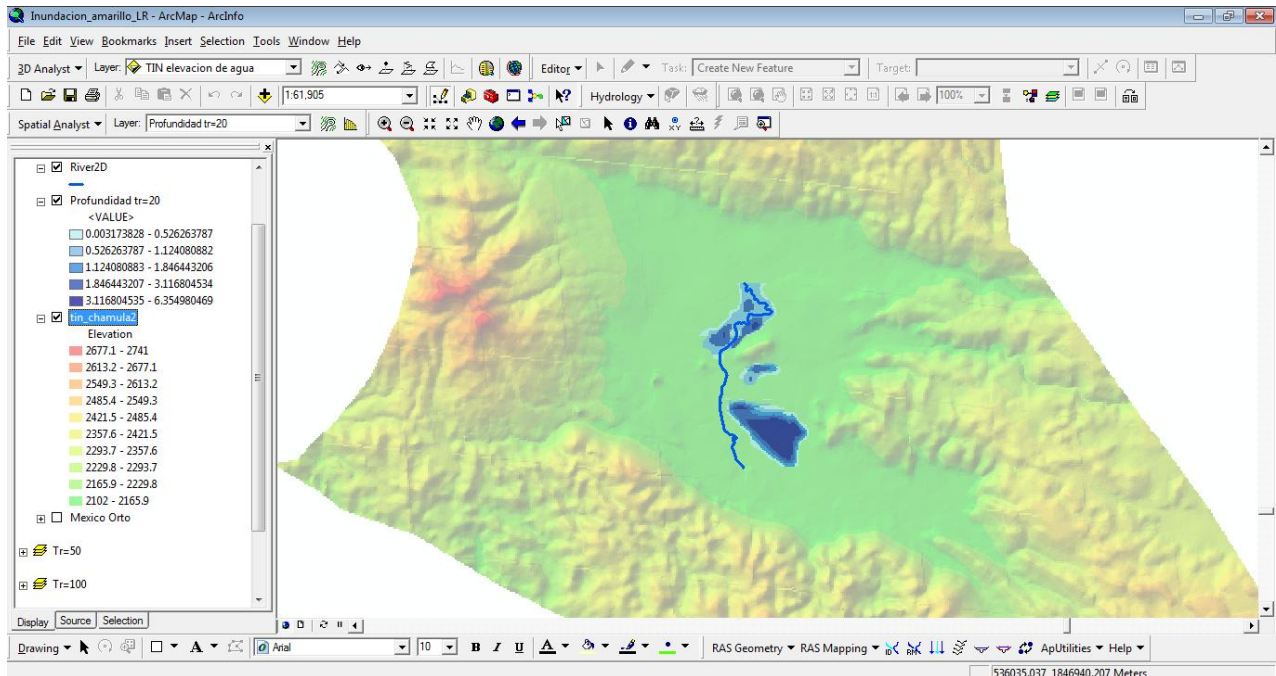
**Figura 2.14** Resultado gráfico de la simulación del Río Amarillo tramo inferior (*Plot GIS Reach Profile Bounds*, HEC-RAS).



Posteriormente los datos son exportados a ArcGIS para ser procesados e interpretados a través de la extensión HEC-GeoRAS.

### 2.3.4 MAPAS DE INUNDACIÓN (POS-PROCESO)

La simulación de la inundación en ArcGIS consiste en decodificar la información de los polígonos resultantes de HECRAS y convertirlos en capas con diferente tipo de información (área y profundidad de la inundación).



**Figura 2. 15** Planicie de inundación del Rio Amarillo tramo inferior utilizando la herramienta de RAS Mapping de HEC-GeoRAS en ARCGIS.

En esta última parte de la metodología se debe evaluar si la escala del mapa es la adecuada, si las secciones transversales fueron las suficientes para una correcta generación de polígonos de inundación y si se puede realizar un análisis de planicie de inundación con el suficiente detalle. De no ser así, se deberá repetir el procedimiento corrigiendo los errores detectados.



**NOTAS:**

- Siguiendo este procedimiento se realizaron los modelos de inundación de los ríos principales (Amarillo tramo superior, Chamula, Fogótico, San Felipe y Navajuelos).
- Tanto el Río Amarillo (tramo inferior) como el Río Navajuelos han sido modificados por el hombre. En el caso del Río Navajuelos, más de la mitad de su curso se encuentra encañado; y el Río Amarillo termina su recorrido en el túnel de San Cristóbal, originalmente no tenía salida ya que la cuenca era endorreica (Fig. 2.7). El Río Navajuelos se modeló con su curso original debido a que el curso por donde anteriormente pasaba sigue siendo una zona baja por lo que en época de lluvias el agua se concentra aquí y las inundaciones siguen ocurriendo. Por su parte, el Río Amarillo fue modelado hasta donde actualmente se encuentra el túnel San Cristóbal localizado a las afueras de la ciudad.

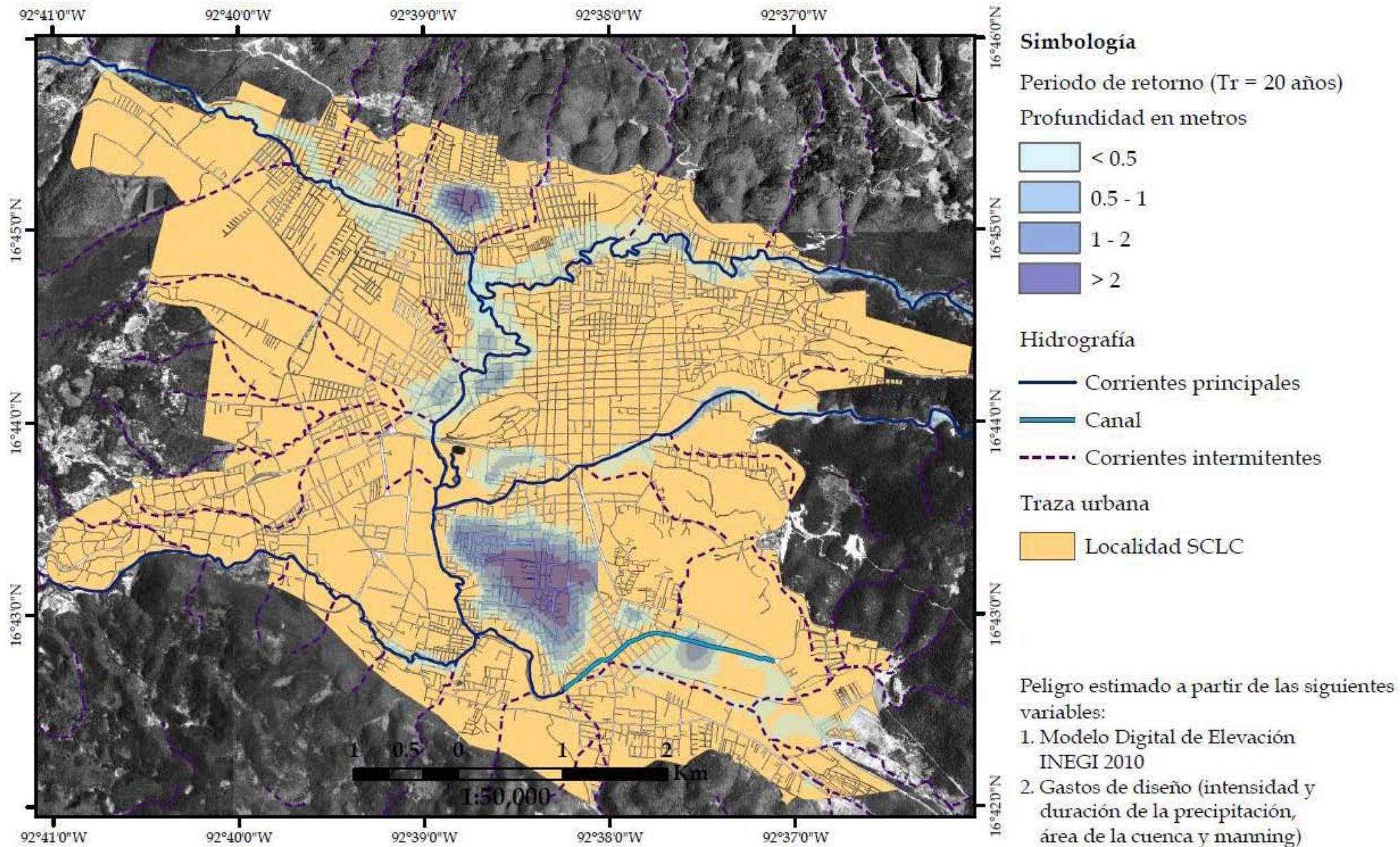
**2.4 DESCRIPCIÓN DEL PELIGRO POR INUNDACIONES EN SCLC**

Los resultados que arrojó la modelación de los principales ríos que comprende la localidad de SCLC (Río Amarillo Tramo Superior e Inferior, Chamula, Fogótico, San Felipe y Navajuelos) pueden apreciarse en el MAPA 2.1 “Modelo de inundación del Valle de Jovel”.

Se tiene que existen cuatro niveles de profundidad a los que el agua acumulada podría alcanzar para un periodo de retorno de 20 años: 1) Menor a 0.5 metros; 2) de 0.5 a 1 m; 3) de 1 a 2 m; y 4) mayor a 2 m. Es lógico pensar que a mayor nivel de profundidad mayor es el peligro, por otra parte, una inundación de 25 cm de altura es suficiente para modificar por completo la vida cotidiana de sus habitantes y sufrir pérdidas económicas por daños a sus pertenencias. Por lo tanto cualquiera que sea el nivel de inundación es importante que se tome en cuenta para la toma de decisiones, la planeación y la prevención.

# Modelo de Inundación del Valle de Jovel

## Cabecera Municipal de San Cristóbal de las Casas, Chiapas



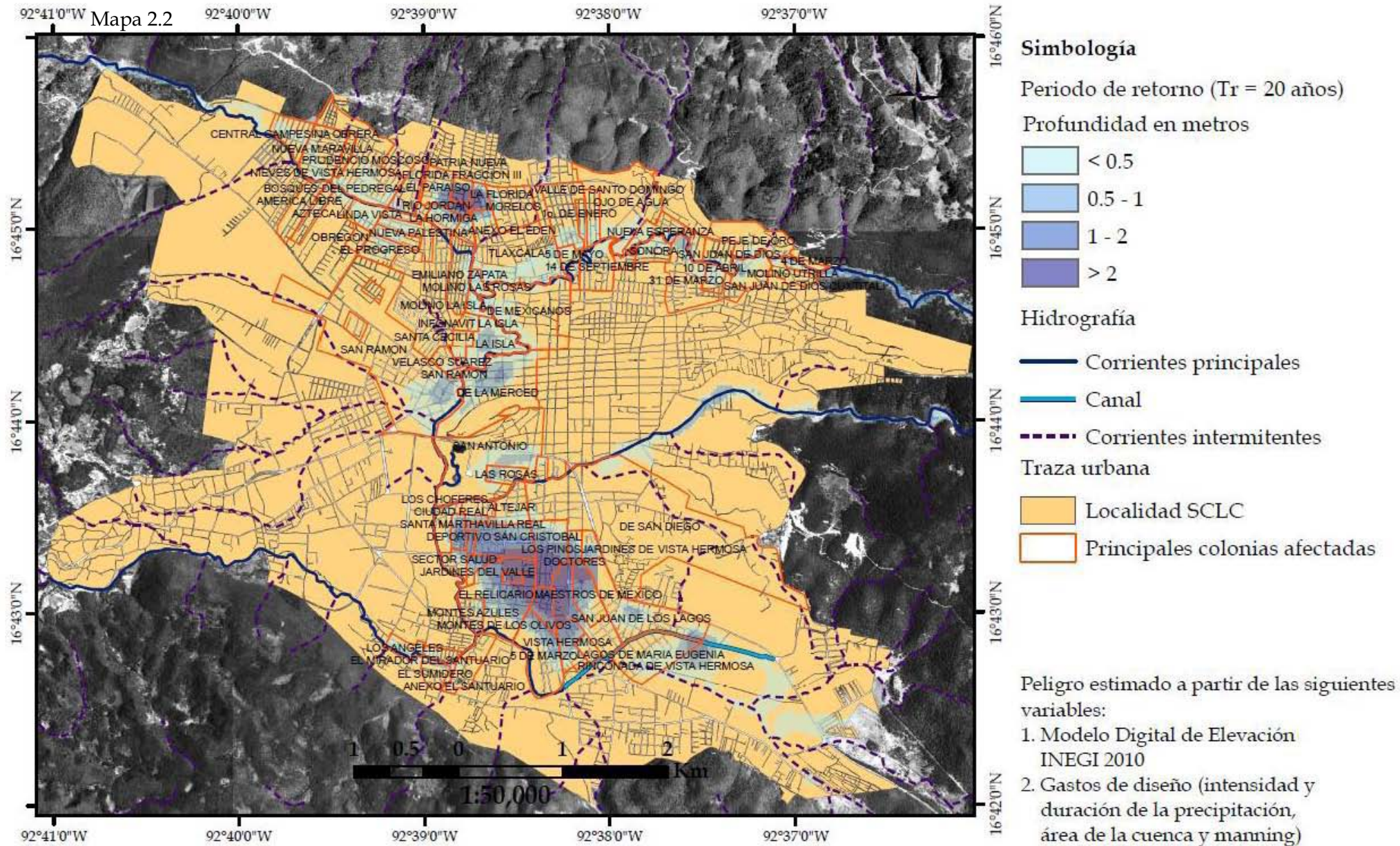
Elaborado por: Emelyn Cortés G.

Sistema Geográfico de Coordenadas: WGS\_1984  
 Datum: D\_WGS\_1984  
 Proyección: UTM Zona: 15



# Modelo de Inundación del Valle de Jovel

## Principales Colonias afectadas en SCLC, Chiapas



Elaborado por: Emelyn Cortés G.

Sistema Geográfico de Coordenadas: UTM\_ZS\_1984  
 Datum: D\_WGS\_1984  
 Proyección: UTM Zona: 15

Las principales colonias afectadas (MAPA 2.2), son: Nueva Maravilla, Prudencio Moscoso, Linda Vista, Bosques del Pedregal, Nueva Palestina, El Progreso, El Paraíso, La Hormiga, Morelos, Río Jordán, 4 de Marzo, Peje de Oro, 10 de Abril, San Juan de Dios, Santo Domingo, 14 de Septiembre, Barrio de Tlaxcala, Emiliano Zapata, Molino las Rosas, La Isla, Barrio Mexicanos, Infonavit La Isla, San Ramón, La Merced, San Antonio, Las Rosas, Los Choferes, Santa Martha, Jardines del Valle, Doctores, Maestros de México, El Relicario, Montes Azules, Montes de los Olivos, Vista Hermosa, Los Ángeles, Del Santuario, San Juan de los Lagos y Lagos de María Eugenia.

Haciendo una comparación con el trabajo de Montoya *et al.* (2008) resulta que la mayoría de las colonias reportadas como afectadas por estos autores, coinciden con las colonias aquí identificadas con mayor exposición a inundaciones.

Existen colonias que en ocasiones llegan a inundarse, como la Del Valle o La Raza y no aparecen en el modelo de inundación de la presente investigación. Las razones de esto corresponden a las limitaciones en la metodología, y al mismo tiempo, en la falta de información local disponible.

Desventajas metodológicas:

1. La falta de resolución del Modelo Digital de Elevación -30 metros por pixel y 1 metro de altura- tanto horizontal como vertical.
2. El modelo de inundación se realizó únicamente con los principales ríos del Valle de Jovel, por lo que no se tomaron en cuenta los datos que pudieron resultar de haberse modelado todos los ríos, incluyendo los temporales.

Finalmente, se tiene que son más las ventajas de la metodología, debido a que el resultado final del modelo de inundación del Valle de Jovel es muy aproximado a la realidad como se pudo corroborar en campo. La información que se requirió para su elaboración se puede obtener fácil y gratuitamente del INEGI, sin tener que invertir en imágenes satelitales u ortofotos costosas. Por otro lado, la escala a la que se trabajó es adecuada no sólo para los fines de esta investigación, sino también para la elaboración de mapas de peligro de cualquier localidad del país.



## CAPÍTULO 3

# DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA EN SCLC

«Ayer me porté mal en el cosmos.  
Viví todo el día sin preguntar por nada,  
Sin sorprenderme de nada.

Realicé acciones cotidianas,  
Como si fuera lo único que tenía que hacer.

Aspirar, espirar, un paso tras otro, obligaciones,  
Pero sin pensamientos que fueran más allá  
De salir de casa y volver a casa.

El mundo podría ser tenido por un mundo loco  
Y yo lo tuve para mi propio y trivial uso.

Ningún cómo, ningún porqué,  
O de dónde ha salido éste,  
O para qué quiere tantos impacientes detalles.  
Fui como un clavo superficialmente clavado a la pared, ¡oh!  
Aquí una comparación que no se me ha ocurrido.

Uno tras otro se fueron sucediendo cambios  
Incluso en el limitado campo de un abrir y cerrar de ojos.  
En la mesa más joven, con una mano un día más joven  
Había pan de ayer cortado de forma distinta.

Las nubes como nunca y la lluvia como nunca,  
Porque era con otras gotas que llovía.

La tierra giraba sobre su eje  
Pero en un espacio abandonado para siempre

Duró sus buenas 24 horas  
1440 minutos de ocasiones.  
86.400 segundos que mirar.

El cósmico Savoir –Vivre  
Aunque calla sobre nuestro asunto  
Exige, sin embargo, algo de nosotros:  
Una cierta atención, un par de frases de Pascal  
Y una sorprendente participación en este juego de reglas  
desconocidas.»

FALTA DE ATENCIÓN  
Wisława Szymborska  
Libro -Dos puntos-  
Ediciones Igitur, 2007

## CAPÍTULO 3

### DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA EN SCLC

Para determinar la vulnerabilidad socioeconómica de SCLC ante el peligro por inundación, se utilizó la metodología desarrollada por el Departamento del Medio Ambiente y Recursos Naturales de Carolina del Norte: “**Community Vulnerability Assessment Tool (CVAT)**” (Novelo y Suárez, 2010).

Esta metodología se desarrolló como una herramienta para identificar y ubicar espacialmente zonas con una mayor probabilidad de ser afectadas por algún tipo de fenómeno natural, socio-natural o antropogénico y su repercusión en las poblaciones vulnerables. Esto se realiza mediante un análisis compuesto de los peligros a la que se encuentra expuesta y vulnerabilidades de la población de estudio.

Los pasos para determinar la vulnerabilidad con la Metodología de la CVAT son los siguientes:

1. **Identificación del peligro.** El propósito es identificar los peligros existentes en la zona de estudio, y priorizarlos.
2. **Análisis del peligro.** Se identifican dentro del territorio de la comunidad, las áreas potencialmente expuestas a diferentes peligros. Elaboración de mapas de peligro considerando los periodos de retorno más cercanos (E.g. 5, 10 y 20 años).
3. **Categorización de las diferentes instalaciones críticas.** Categorizar las instalaciones como refugios, escuelas, hospitales, bomberos, rescate, policía, etc. Identificar las localizaciones de las instalaciones que coincidan con las zonas de mayor riesgo.
4. **Análisis social.** Ubicación de las áreas con mayor concentración de viviendas, zonas de menor ingreso, alfabetización, hacinamiento, minorías étnicas, población mayor a 65 años, población infantil, población que cuenta con vehículo, etc. Posteriormente, identificar los barrios o colonias que se encuentren localizadas en las zonas de mayor riesgo.



5. **Análisis económico.** Definir las áreas geográficas de los principales centros de actividad económica (E.g.: agricultura, minería, manufactura, construcción, transporte, servicios, aseguradoras, bancos, bienes raíces). Posteriormente identificar los mayores sectores de la economía que podrían ser impactados por un evento de origen natural extremo. Realizar un inventario de las estructuras que se encuentren localizadas en zonas donde el peligro es alto. De igual forma se puede hacer un inventario con el número de empleados de los negocios clave y las principales industrias.
6. **Análisis ambiental.** El propósito de este análisis es identificar los lugares con potencial de impactos ambientales secundarios por peligros naturales y focalizar lugares vulnerables para desarrollar acciones de mitigación (E.g.: materiales peligrosos, sitios de emisiones tóxicas, conductos de gas, puertos, lugares de descargas). Los impactos secundarios ocurren cuando un evento natural peligroso genera nuevos peligros como emisiones tóxicas o derrames peligrosos.
7. **Análisis de oportunidades de mitigación.** Finalmente, identificar los lugares subdesarrollados (tipo de uso de suelo y cambios de uso de suelo) y su intersección con las áreas de alto riesgo. Esta información proveería una visión en conjunto de las posibilidades de desarrollo futuro en los lugares de alto riesgo. Con esta información se pueden desarrollar estrategias de mitigación que específicamente enfoquen nuevo desarrollo. Evaluar los sistemas de alerta temprana, aseguradoras, así como, la participación ciudadana en cuanto a educación y divulgación de actividades que podrían ser dirigidas como estrategias de mitigación.

En la presente investigación, los dos primeros pasos de la metodología antes descrita se llevaron a cabo en los Capítulos 1 y 2, respectivamente. El paso 3 se realizó conforme a los datos del sitio web del INEGI (2013) "*Productos y servicios, Cartografía urbana geoestadística*", los cuales se representan en mapas para determinar dentro de nuestra zona de estudio las instalaciones que se encuentran en zonas de alto riesgo. El paso 4 se desarrollará ampliamente en el presente capítulo; y finalmente el paso 7 se desarrollará en el Capítulo 4°.



*NOTA:* La metodología CVAT de la NOAA, contempla de manera global todos los peligros que pueden afectar a una comunidad. En la presente investigación se analiza únicamente el peligro por inundación, por ser el fenómeno de origen natural que más afecta a la localidad de SCLC.

### 3.1 ANÁLISIS SOCIAL

Para caracterizar la vulnerabilidad socioeconómica frente a inundaciones, se identificaron y analizaron una serie de indicadores cuantitativos que consideran aspectos socio-demográficos vinculados directamente a ésta. El posterior agrupamiento de estos indicadores en un índice permitió establecer ponderaciones para conocer qué indicadores pueden ser más importantes y por qué. La base de datos de esta información se obtuvo del Censo de Población y Vivienda 2010 a nivel manzana del INEGI.

El producto de la investigación es expresado en formato SIG con el propósito de establecer relaciones entre distintos elementos y visualizarlos en el territorio de manera espacial ya sea en forma individual o combinada. Un ejemplo de tales combinaciones es determinar la relación entre el grado de satisfacción de necesidades básicas de la población y las áreas potencialmente inundables (Natenzon *et al.*, 2000).

El SIG tiene la ventaja de permitir la actualización constante de la base de datos georeferenciado a medida que se genera información. De esta manera, pueden incorporarse nuevos elementos territoriales (por ejemplo, localización de bienes afectables, infraestructura, etc.) o referidos a información cuantitativa relevante para el diagnóstico de la vulnerabilidad (Natenzon *et al.*, 2000).

3.1.1 SELECCIÓN DE INDICADORES

Se seleccionaron indicadores que se refieren a aspectos socioeconómicos que son relevantes previos a una situación catastrófica y que se asocian a la capacidad de respuesta y recuperación de los distintos sectores involucrados (Natenzon *et al.*, 2000). Esta selección se basó en la información estadística del Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI a nivel manzana urbana.

Este proceso de selección fue guiado por un trabajo de investigación conceptual de algunos índices de vulnerabilidad social que existen en México como el Grado de Vulnerabilidad Social del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (García Arróliga *et al.*, 2006), el Índice de Vulnerabilidad Social del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), y el Índice de Vulnerabilidad Socio-demográfica del Consejo Nacional de Población (CONAPO) que permitieron definir algunos aspectos temáticos o dimensiones de la vulnerabilidad y realizar una clasificación a partir de una amplia variedad de indicadores (Tabla 3.1).

**Tabla 3.1** Indicadores para medir la Vulnerabilidad Socioeconómica de SCLC, Chiapas.

Categoría	No.	Indicador	Justificación
POBLACIONAL	1	Población de cero a 14 años	La edad de una persona es un factor importante para determinar su vulnerabilidad. Aunque los rangos que se consideraron (de 0 a 14, de 15 a 64, y mayores a 64 años) son muy amplios, dan una idea de la vulnerabilidad que se podría tener en los diferentes sectores de la población ante una inundación debido a su edad. Por ejemplo, un niño de 10 años difícilmente reaccionaría acertadamente ante una situación de inundación si se encontrara solo, más aún si nunca ha vivido situación semejante; el niño depende de sus padres, por lo que las decisiones que tomen éstos repercutirán en el menor. Por el contrario, una persona de 35 años es más independiente por lo tanto toma sus propias decisiones, y probablemente ya haya vivido alguna inundación, o al menos ha escuchado que hacer en caso de una inundación.
	2	Población de 15 a 64 años	
	3	Población de 65 años y más	
	4	Población de 5 años y mayor que habla alguna lengua indígena	La mayoría de los estados en donde se encuentran poblaciones indígenas, presentan una estructura de oportunidades muy precaria, lo cual se refleja en

		condiciones de vulnerabilidad de esta población (García Arróliga <i>et al.</i> , 2006).	
	5	Población con limitación en la actividad motriz	Las personas que tiene dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana, difícilmente pueden actuar ante un peligro, por lo que otras personas se tienen que hacer cargo de estas y de ellas mismas, esto aumenta la situación de riesgo para ambas.
	6	Población nacida en otra entidad	Cuando las personas conocen un lugar en el que han vivido toda su vida, de igual manera, es probable que conozca los peligros a los que esta susceptible su comunidad y tiene una idea de cómo actuar ante un evento inesperado. Por otra parte, las formas de reaccionar de una persona que no conoce la dinámica de su entorno, pueden aumentar su vulnerabilidad ante una situación peligrosa.
EDUCACIÓN	7	Población de 15 años y más analfabeta	Además de las limitaciones directas que implica la carencia de habilidades para leer y escribir, es un indicador que muestra el retraso en el desarrollo educativo de la población, y refleja la desigualdad en el sistema educativo en particular y del sistema económico en general. La falta de educación es considerada como uno de los factores claves con respecto a la vulnerabilidad (García Arróliga <i>et al.</i> , 2006).
	8	Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	El indicador muestra al número de la población que no recibe educación básica, la cual es fundamental para continuar con capacitación posterior que proporcione las herramientas para acceder al mercado laboral (García Arróliga <i>et al.</i> , 2006).
	9	Grado promedio de escolaridad	Relación que representa la división de la población de 15 a 130 años entre el monto de grados escolares aprobados. Refleja el nivel educativo de la población con respecto a 16 o más grados de educación escolar cursados, lo que se traduce en la capacidad de una persona para reaccionar, organizarse, enfrentar y superar una inundación.
CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS	10	Población desocupada	Población de 12 a 130 años que no tiene trabajo durante la semana de referencia. Este indicador se refiere directamente a la situación de desempleo que influye sobre la capacidad de consumo de la población así como en la capacidad de generar los recursos que posibiliten la adquisición de bienes satisfactorios (García Arróliga <i>et al.</i> , 2006).
	11	Razón de dependencia	Relación que representa la suma de la población dependiente (personas de 12 años o menos, pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tienen alguna limitación física o mental permanente, y por lo tanto que no trabajan) respecto a la población económicamente activa (PEA; IMTA, 2010).

			Mientras las cifras de este indicador sean desproporcionadas un mayor número de personas se verán en desventaja frente a una inundación ya que su capacidad de respuesta y prevención será limitada, y dependerá de la PEA.
SALUD	12	Población sin derechohabiencia a servicios de salud	Este indicador muestra la población no derechohabiente a servicios de salud y en consecuencia es la que en menor medida acude a las instituciones de salud. Esta situación incide directamente en la vulnerabilidad de la población (García Arróliga <i>et al.</i> , 2006) debido a que las personas tienen que invertir en su salud, situación que se ve postergada si la persona apenas alcanza a cubrir sus necesidades básicas de alimentación.
VIVIENDA	13	Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	La vivienda es el principal elemento de conformación del espacio social, ya que es el lugar en donde se desarrolla la mayor parte de la vida. La accesibilidad y las características de la vivienda determinan en gran medida la calidad de vida de la población. Los daños a la vivienda resultan ser, en algunos casos, uno de los principales parámetros para medir la intensidad de los desastres. Cuando el estado de una vivienda es precario, el número y los factores de riesgo resultan elevados para la población (García Arróliga <i>et al.</i> , 2006).  La vulnerabilidad de una vivienda, en una de sus tantas facetas, se reflejará tanto en los materiales de construcción, como en los servicios básicos con los que cuenta o de los que carece (García Arróliga <i>et al.</i> , 2006). En este trabajo se consideraron cuatro indicadores que permitirán establecer el grado de vulnerabilidad de la población con respecto a la calidad de su vivienda (Indicador No. 13, 14 15 y 16).  Resultado de dividir el número de personas que residen en viviendas particulares habitadas entre el número total de esas viviendas. Este indicador refleja parte de las necesidades insatisfechas de la población en materia habitacional. El hacinamiento implica una alta vulnerabilidad para las personas que habitan una vivienda.
	14	Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	
	15	Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica	
	16	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	
	17	Habitantes por Vivienda	

Estos 17 indicadores divididos en 5 ejes temáticos: población, educación, características económicas, salud y vivienda, influyen directamente sobre las condiciones básicas de bienestar y desarrollo de los individuos, y de la sociedad en general (García Arróliga *et al.*, 2006).

A cada indicador se le asignó una ponderación cuya sumatoria de pesos es igual a 1 (Tabla 3.2). Esta ponderación se llevó a cabo debido a que los indicadores tienen diferente importancia unos con respecto de otros en relación a la vulnerabilidad de una población, por ejemplo, en el caso de los indicadores de mayor peso: *Población con limitación en la actividad motriz*, *Población sin derechohabencia a servicios de salud* y *Población de 65 años y mayor*, representan los sectores más vulnerables de la sociedad tomando ó no en cuenta el peligro por una inundación. Las personas con algún tipo de discapacidad son mayormente susceptibles ante cualquier situación de la vida diaria, incluso algunas dependen completamente de otras para realizar cualquier actividad cotidiana, más aún si se presenta una situación recurrente, como lo es una inundación (peso = 0.090). La población que no cuenta con un servicio de salud gratuito se debe principalmente a que no tiene un trabajo formal, ni un ingreso seguro; tiene que invertir en su salud, lo cual se ve rezagado si los ingresos familiares difícilmente alcanzan a cubrir necesidades alimentarias básicas. Por otra parte, la salubridad debería ser una garantía básica para cualquier persona es por esto que se considera que debe tener un peso alto (peso = 0.080). En el caso de la población de la tercera edad, se le da tal peso (0.075) porque en algunos casos, dependen de otras personas, tienen dificultades motrices o bien viven solos y esto hace más difícil que pueda actuar rápidamente ante una inundación.

Para el caso de los indicadores del tema de *Vivienda* a casi todos se les asignó un peso de 0.070 a excepción de *Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica* con valor de 0.060. Estos valores de ponderación se deben a que los indicadores describen los servicios mínimos que una vivienda debe tener en una localidad urbana. Si la vivienda no cuenta con estos servicios es porque existen altos niveles de marginación, las viviendas son precarias y por lo tanto ya sea ante una inundación o ante cualquier tipo de evento natural por mínimo que sea, incluso el paso del tiempo, estas viviendas y la personas que la habitan serán vulnerables, ya que el problema radica en las condiciones de vida.

De esta misma forma se les asignó peso a los otros indicadores que describen características generales de la población, previas a situaciones de inundación, siempre tomando en cuenta la importancia de vulnerabilidad de uno con respecto a otro (Tabla 3.2).

**Tabla 3.2** Ponderación de los indicadores para determinar la vulnerabilidad socioeconómica de SCLC.

<b>Indicador en orden de importancia</b>	<b>Peso</b>
Población de 15 a 64 años	0.020
Población nacida en otra entidad	0.030
Población desocupada	0.035
Razón de dependencia	0.040
Población de cero a 14 años	0.045
Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena	0.050
Grado promedio de escolaridad	0.060
Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica	0.060
Población de 15 años y más analfabeta	0.065
Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	0.070
Habitantes por Vivienda	0.070
Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	0.070
Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	0.070
Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	0.070
Población de 65 años y mayor	0.075
Población sin derechohabiencia a servicios de salud	0.080
Población con limitación en la actividad	0.090
<b>Total</b>	<b>1.000</b>

### 3.2 CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICES PARA OBTENER LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA (IVSe)

Una vez determinados los indicadores, se obtienen los cálculos necesarios para su procesamiento, la suma de estos da como resultado el Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica (IVSe). En la Figura 3.1 se describe la base de datos con los indicadores que fueron seleccionados del Censo de INEGI 2010. Una vez conformada la base de datos con los 17 indicadores, se prosiguió de la siguiente forma:

**Paso 1.** Multiplicar los indicadores por su ponderación correspondiente para cada manzana.

E.g. Para el caso de la manzana No. 1:

- Se tiene que POB0\_14 tiene valor de **9**, lo que indica que en la manzana No.1 hay un total de 9 personas con edad entre los 0 y 14 años;
  - La ponderación que se le dio a POB0\_14 es de **0.045**.
    - Por lo tanto se multiplica  $9 * 0.045 = 0.405$ .
  
- El siguiente indicador es POB15\_64 con valor de **22**, lo que indica que en la manzana No.1 hay un total de 22 personas con edad entre los 15 y los 64 años.
  - La ponderación que se le dio a POB15\_64 es igual a 0.020
    - Por lo tanto se multiplica  $22 * 0.020 = 0.44$

**Figura 3.1** Esquema de la Base de Datos obtenida del INEGI (Incluye los 17 indicadores seleccionados del Censo de INEGI 2010).

BASE DE DATOS A NIVEL MANZANA DE SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS																		
#	CVEGEO MANZANA	POB0_14	POB15_64	POB65_MAS	P5_HLI	PCON_LIM	PNACOE	P6A14_NOA	P15YM_AN	GRAPROES	PDESOCUP	RAZ_DEPEN	PSINDER	PROM_OCUP	VPH_PISOTI	VPH_S_ELEC	VPH_AGUAFV	VPH_NODREN
1	0707800010058001	9	22	9	11	*	0	0	*	11.32	0	0.65	19	3.3	0	0	0	0
2	0707800010058002	4	15	7	3	*	6	0	0	13	*	0.69	9	2.89	0	0	0	0

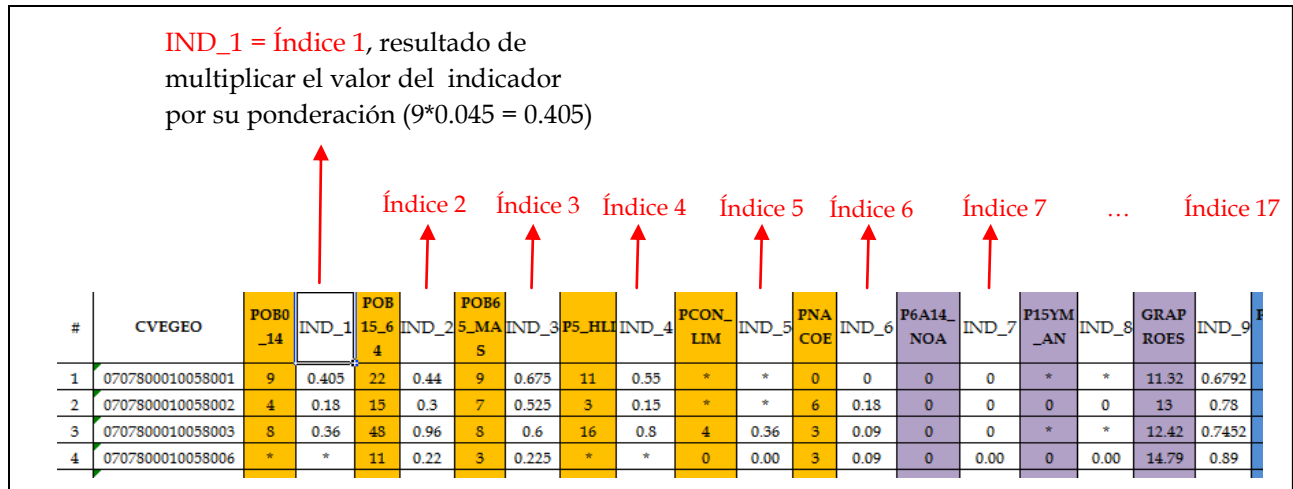
  

<p>Clave que identifica a cada manzana</p> <p>Número de manzana</p>	<p><b>Indicadores</b></p> <table border="0"> <tr> <th>Clave INEGI</th> <th>Descripción</th> </tr> <tr> <td>POB0_14</td> <td>Población de cero a 14 años</td> </tr> <tr> <td>POB15_64</td> <td>Población de 15 a 64 años</td> </tr> <tr> <td>POB65_MAS</td> <td>Población de 65 años y más</td> </tr> <tr> <td>P5_HLI</td> <td>Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena</td> </tr> <tr> <td>PCON_LIM</td> <td>Población con limitación en la actividad</td> </tr> <tr> <td>PNACOE</td> <td>Población nacida en otra entidad</td> </tr> <tr> <td>P6A14_NOA</td> <td>Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela</td> </tr> <tr> <td>P15YM_AN</td> <td>Población de 15 años y más analfabeta</td> </tr> <tr> <td>GRAPROES</td> <td>Grado promedio de escolaridad</td> </tr> <tr> <td>PDESOCUP</td> <td>Población desocupada</td> </tr> <tr> <td>RAZ_DEPEN</td> <td>Razón de dependencia</td> </tr> <tr> <td>PSINDER</td> <td>Población sin derechohabiencia a servicios de salud</td> </tr> <tr> <td>PROM_OCUP</td> <td>Habitantes por Vivienda</td> </tr> <tr> <td>VPH_PISOTI</td> <td>Viviendas particulares habitadas con piso de tierra</td> </tr> <tr> <td>VPH_S_ELEC</td> <td>Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica</td> </tr> <tr> <td>VPH_AGUAFV</td> <td>Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda</td> </tr> <tr> <td>VPH_NODREN</td> <td>Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje</td> </tr> </table>	Clave INEGI	Descripción	POB0_14	Población de cero a 14 años	POB15_64	Población de 15 a 64 años	POB65_MAS	Población de 65 años y más	P5_HLI	Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena	PCON_LIM	Población con limitación en la actividad	PNACOE	Población nacida en otra entidad	P6A14_NOA	Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	P15YM_AN	Población de 15 años y más analfabeta	GRAPROES	Grado promedio de escolaridad	PDESOCUP	Población desocupada	RAZ_DEPEN	Razón de dependencia	PSINDER	Población sin derechohabiencia a servicios de salud	PROM_OCUP	Habitantes por Vivienda	VPH_PISOTI	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	VPH_S_ELEC	Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica	VPH_AGUAFV	Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	VPH_NODREN	Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje
Clave INEGI	Descripción																																				
POB0_14	Población de cero a 14 años																																				
POB15_64	Población de 15 a 64 años																																				
POB65_MAS	Población de 65 años y más																																				
P5_HLI	Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena																																				
PCON_LIM	Población con limitación en la actividad																																				
PNACOE	Población nacida en otra entidad																																				
P6A14_NOA	Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela																																				
P15YM_AN	Población de 15 años y más analfabeta																																				
GRAPROES	Grado promedio de escolaridad																																				
PDESOCUP	Población desocupada																																				
RAZ_DEPEN	Razón de dependencia																																				
PSINDER	Población sin derechohabiencia a servicios de salud																																				
PROM_OCUP	Habitantes por Vivienda																																				
VPH_PISOTI	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra																																				
VPH_S_ELEC	Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica																																				
VPH_AGUAFV	Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda																																				
VPH_NODREN	Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje																																				

Se hace lo mismo con los demás indicadores. Es decir, multiplicar por la ponderación correspondiente el valor de cada indicador. La base de datos correspondiente a los cálculos se muestra en el esquema de la Figura 3.2.

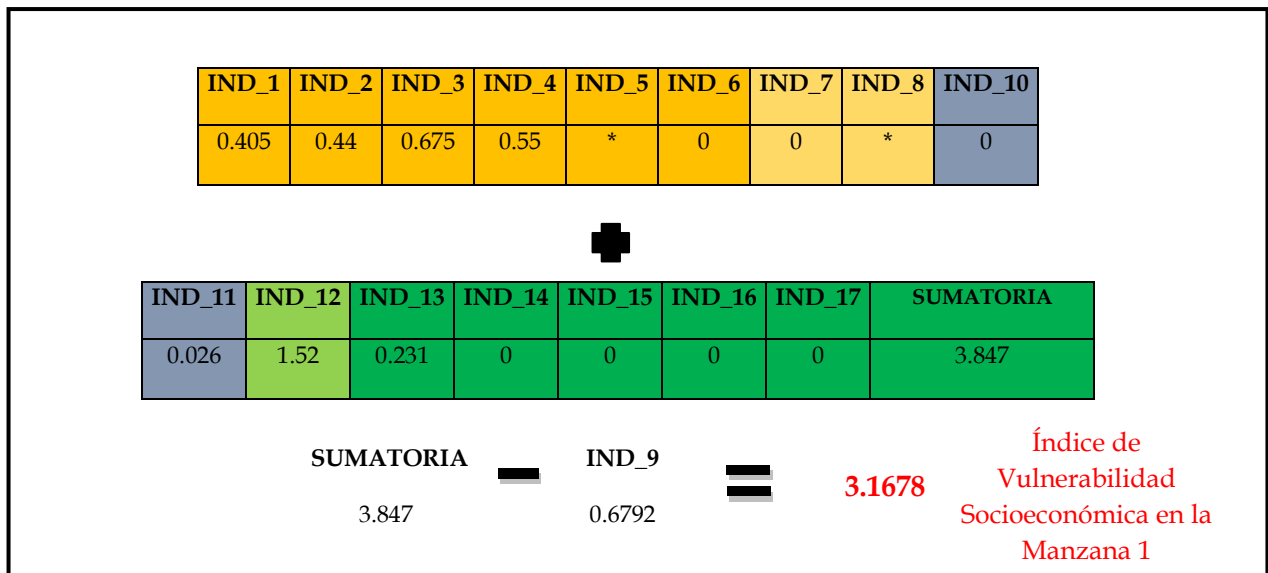


Figura 3.2 Esquema de la base de datos correspondiente a los cálculos realizados en el Paso 1.



**Paso 2.** Se suman todos los índices, **excepto** el IND\_9. Posterior a esta sumatoria se **resta** el IND\_9. La razón de restar el IND\_9 en lugar de sumarlo a los otros índices es porque el IND\_9 es el *Grado promedio de escolaridad* y los valores de este indicador representan los grados escolares obtenidos por la población de cada manzana. Entre mayor sea el valor de este indicador (más grados escolares aprobados), menor será la vulnerabilidad debido a que la población está mejor preparada.

Figura 3.3 Operaciones para obtener el Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica IVSe.



La base de datos completa se muestra en el ANEXO 3.1 y en el ANEXO 3.2 se describen los cálculos de los indicadores para las 2017 manzanas restantes.

La mayoría de los valores de los indicadores representan el número de personas que viven a nivel manzana. Por ejemplo en el caso del indicador *Población de 0 a 14 años* la manzana con mayor número de personas en este rango de edad tiene 493, y la manzana con menor número de personas tiene 0 (ANEXO 3.1).

Para los indicadores de *Viviendas que no disponen de drenaje*, *Viviendas que no disponen de luz eléctrica*, *Viviendas que no disponen de agua entubada* y *Viviendas con piso de tierra* sus valores son el total de viviendas que presentan tales características a nivel manzana (ANEXO 3.1). En los casos de *Grado promedio de escolaridad*, *Razón de dependencia* y *Habitantes por Vivienda* son índices promedio que también se obtuvieron a nivel manzana (ANEXO 3.1).

Es importante mencionar que la base de datos proporcionada por el INEGI abarcan el total de manzanas de la localidad de SCLC. Sin embargo, no contiene el total de información por indicador, ya que con base al principio de confidencialidad que marca la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (LSNIEG) se aplican los siguientes criterios:

- A nivel municipio, localidad y AGEB, cualquier indicador con menos de tres unidades aparece con asterisco a excepción de las variables de población total (POPTOT), total de viviendas (VIVTOT) y total de viviendas habitadas (TVIVHAB).
- A nivel manzana también aplica el criterio anterior; adicionalmente, para aquellas de una o dos viviendas habitadas sólo se presenta información en las variables de población total (POBTOT) y total de viviendas (VIVTOT). En los demás indicadores aparecen asteriscos (Censo de Población y Vivienda 2010, Principales resultados por AGEB y manzana urbana).

El área de estudio tiene un total de 2018 manzanas, de las cuales 138 se encuentran identificadas con un asterisco y 130 manzanas no tienen población permanente (debido a que son humedales, parques, iglesias, escuelas, mercados, centros/plazas comerciales, panteones, hospitales, etc.). Esto deja un total de **1750** manzanas con datos disponibles para este estudio.

La falta de información de las manzanas que presentan asteriscos repercute en la aproximación de su vulnerabilidad, ya que no se puede medir de ninguna forma. No existe algún indicador que señale si las pocas viviendas de estas manzanas, son asentamientos irregulares, cuáles son las condiciones de sus viviendas, o bien, por otra parte, si las casas son tan grandes que abarcan casi toda la manzana y es por eso que solo hay dos o menos casas por manzana, etc. Como se mencionó anteriormente, las manzanas que presentan asterisco solo cuentan con el número de personas y la cantidad de viviendas que contiene la manzana, debido a que esta información es estéril para obtener la vulnerabilidad socioeconómica, se decidió no considerarlas en este trabajo y su representación geográfica aparecen como manzanas en blanco en los mapas espaciales de distribución de la vulnerabilidad. Desafortunadamente esta carencia de información solo afecta a las manzanas en cuestión y afortunadamente representa menos del 7% del total de manzanas y no repercute en el análisis del resto de las manzanas.

En cuanto a las manzanas sin población permanente, no se cuenta con ningún tipo de información, ya que son plazas públicas, parques, iglesias, zonas comerciales (mercados de insumos, de artesanías, etc.), corredores de servicios varios (bancos, restaurantes, bares, cafeterías, tiendas de ropa, entre otros), zonas escolares o humedales. Este tipo de manzanas, no afectan en realidad al objetivo de este estudio, debido a que no hay necesidad de medir la vulnerabilidad socioeconómica de una plaza pública, aunque, esto no significa que no sean vulnerables. Su vulnerabilidad podría ser económica en el caso de las zonas comerciales o de servicios; vulnerabilidad ambiental en el caso de los humedales; vulnerabilidad estructural para las zonas escolares, iglesias, etc. En la presente investigación no cobra importancia la falta de información de las manzanas sin población permanente.

### 3.3 REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA

Se elaboraron 19 mapas en total, 17 mapas con base en el índice de cada uno de los indicadores, y dos con el IVSe, que está formado por la suma de los 17 indicadores socioeconómicos (Tabla 3.1).

El valor más alto obtenido del IVSe fue de 124.8828 y el más bajo -0.5584. (ANEXO 3.2). Los rangos para elaborar los mapa se obtuvieron a partir de una clasificación automática utilizando el software ArcGIS 9.3 llamada “Natural Breaks (Jenks)” (ArcGIS Resources, 2012). Esta clasificación se basa en el algoritmo de cortes naturales de Jenks. El método se utiliza para generar intervalos (rangos) dentro de series numéricas. La aplicación típica es generar automáticamente rangos de valores en las leyendas de los mapas. Se basa en la naturaleza de los datos y los agrupa atendiendo a los saltos inherentes a estos por lo que identifica los puntos donde se maximiza esa diferencia y los aplica como límites de cada clase o intervalo. Este método calcula las diferencias de valores entre los individuos estadísticos ordenados de forma creciente. Luego establece un límite para separar los grupos donde las diferencias de valores son altas (CEPAL, 2012).

El algoritmo de Jenks procede comparando iterativamente las sumas de las diferencias al cuadrado entre valores observados dentro de cada clase y las medias de las clases. La mejor clasificación se obtiene cuando se encuentran aquellos umbrales que minimizan la suma intraclase de diferencias al cuadrado (Jenks, 1967).

La ecuación 3.1 describe el procedimiento que realiza ArcGIS 9.3 en el uso de algoritmo de Jenks, también denominado el *Goodness of Variance Fit* (GVF):

$$GVF = \frac{(Sdam - SDCM)}{Sdam} \quad (3.1)$$

Dónde:

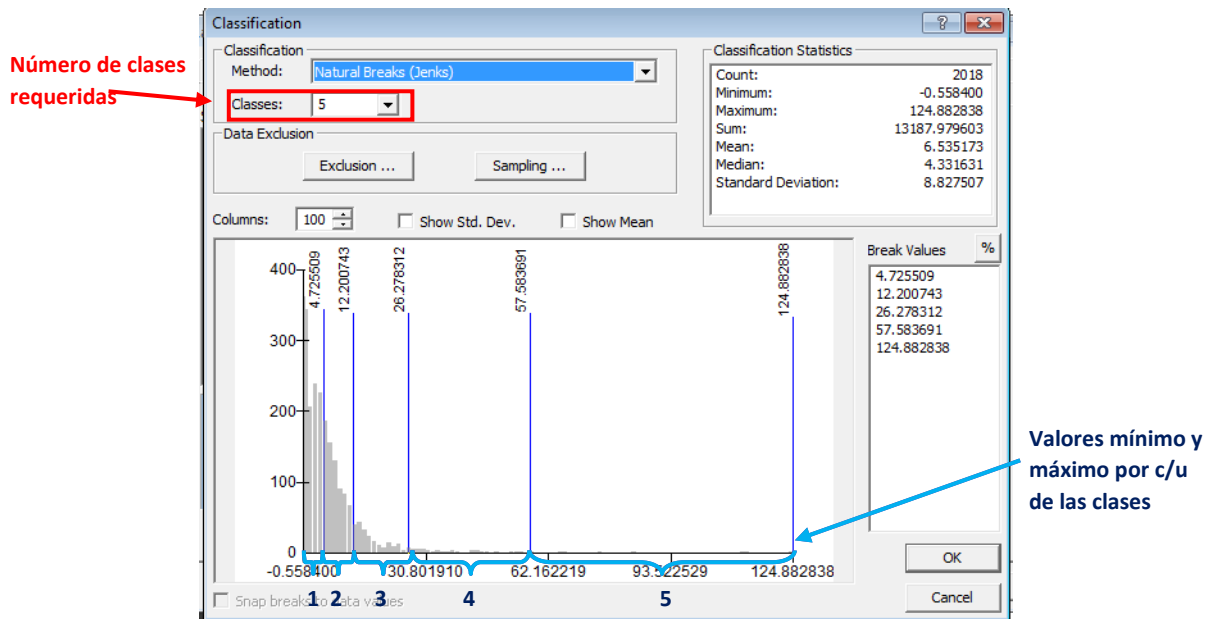
*Sdam* = Desviación cuadrada del promedio del conjunto de datos (o Varianza del conjunto de datos)

*SDCM* = Desviación cuadrada del promedio de las clases (o Varianza de las clases)

Entonces se tiene que el método GVF funciona tomando la diferencia entre las desviaciones al cuadrado respecto a la media del conjunto de datos ( $S_{dam}$ ), y las desviaciones al cuadrado respecto a la media de las clases ( $S_{DCM}$ ), y dividiendo entre  $S_{dam}$  (Lewis, 2010).

En Sistemas de Información Geográfica, el algoritmo u *optimización* de Jenks es un método de clasificación que calcula las agrupaciones de valores de datos en base a la distribución de los datos. La *optimización* de Jenks reduce la varianza dentro de los grupos y maximiza la varianza entre ellos. El uso del algoritmo se describe de la siguiente manera (Wiki Gis, 2011):

- **Paso 1:** El usuario selecciona los datos que desea clasificar ( $x$ ), posteriormente se especifica el número de clases requeridas ( $k$ ) (Fig. 3.4).
- **Paso 2:** Un conjunto de valores aleatorios o uniformes son generados en el rango  $[\min \{x\}, \max \{x\}]$ . Estos se utilizan como límites de las clases iniciales (Fig. 3.4).
- **Paso 3:** Los valores medios de cada clase inicial se calculan así como la suma de las varianzas. La suma total de las Varianzas se registra.
- **Paso 4:** Los valores individuales de cada clase se asignan a las clases adyacentes mediante el ajuste de los límites de clase para comprobar que la suma total de las Varianzas se pueda reducir. Este proceso iterativo termina cuando la varianza dentro de clase es tan pequeña y a su vez tan grande entre estas mismas clases como sea posible. Mientras que la optimización real no esté segura, todo el proceso se puede repetir opcionalmente a partir del Paso 1 o 2.



**Figura 3.4** Clasificación Natural Breaks (Jenks) en ArcGIS 9.3. Esta clasificación pertenece al mapa basado en el IVSe (MAPA 3.1 y 3.2).

El histograma de la Figura 3.4 facilita la visualización de la frecuencia y distribución del conjunto de datos, así como el rango de valores de la variable representada.

Para el caso de la Figura 3.4, o bien, del mapa basado en el IVSe se obtuvieron cinco clases como muestra la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4** Clasificación de la Vulnerabilidad Socioeconómica con el método “Natural Breaks (Jenks)”

Clases	Rangos
1	-0.55 – 4.72
2	4.73 – 12.20
3	12.21 – 26.27
4	26.28 – 57.58
5	57.59 – 124.88

La razón de que fueran cinco clases se debe a lograr una clara visualización de la vulnerabilidad socioeconómica de SCLC. Se realizaron varias pruebas en cuanto al número ideal de rangos en los que se dividiría en IVSe, y aunque existen mapas que muestran la vulnerabilidad en tres niveles, los más comunes y que mejor se aprecian son los mapas que tiene cinco niveles (CENAPRED, IMTA, etc.), siendo esta última opción la que mejor muestra la distribución a nivel manzana de la vulnerabilidad socioeconómica.

La gradación que se utilizó para representar la vulnerabilidad socioeconómica va de un amarillo claro a un anaranjado intenso. Los tonos claros significan una baja intensidad de la vulnerabilidad, por el contrario, el aumento de tono, indica -precaución- una alta vulnerabilidad (Tabla 3.5).

**Tabla 3.5** Coropleta de la Vulnerabilidad Socioeconómica de SCLC.

Clases	Rangos	Vulnerabilidad Socioeconómica
1	-0.55 - 4.72	Muy Baja
2	4.73 - 12.20	Baja
3	12.21 - 26.27	Media
4	26.28 - 57.58	Alta
5	57.59 - 124.88	Muy Alta

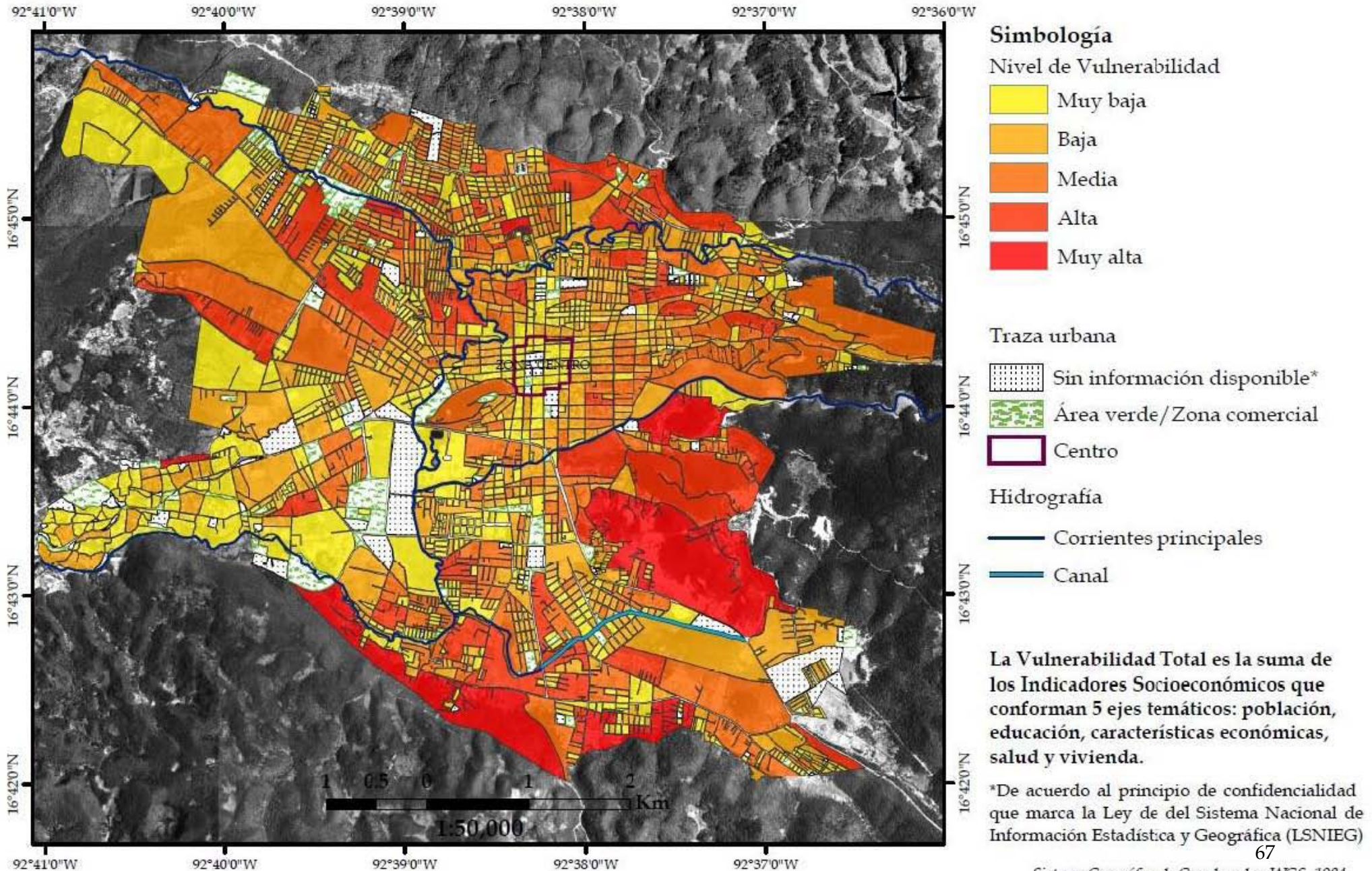
### 3.4 INTERPRETACIÓN DEL MAPA DE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA DE SCLC

Como se puede observar en el MAPA 3.1 “Vulnerabilidad Socioeconómica” de SCLC, las zonas más vulnerables son las periferias, en específico la zona sur y oriente de la ciudad. Por el contrario, las zonas que rodean el Centro de SCLC son las que presentan menor vulnerabilidad.



# Vulnerabilidad Socioeconómica

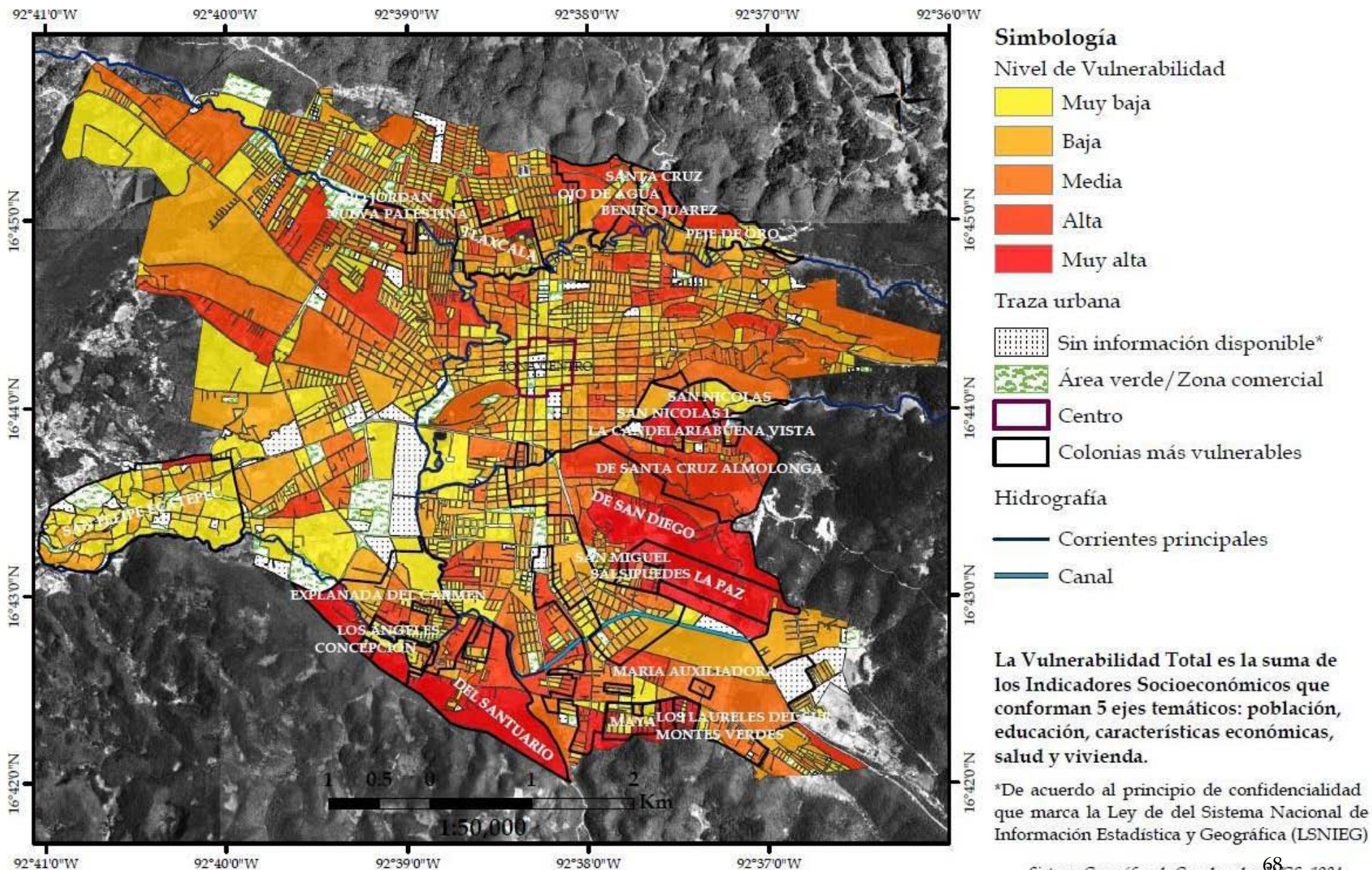
## Cabecera Municipal de San Cristóbal de las Casas, Chiapas





# Vulnerabilidad Socioeconómica

## Principales Colonias afectadas de San Cristóbal de las Casas, Chiapas



Elaborado por: Emelyn Cortés G.

Sistema Geográfico de Coordenadas: WGS\_1984  
 Datum: D\_WGS\_1984  
 Proyección: UTM Zona: 15

De acuerdo con el MAPA 3.2, las colonias con mayor vulnerabilidad socioeconómica son Río Jordán, Nueva Palestina, Tlaxcala, Santa Cruz, Ojo de Agua, Benito Juárez, Peje de Oro, San Felipe Ecatepec, San Nicolás, La Candelaria, Buena Vista, Santa Cruz Almolonga, San Diego, San Miguel, Sal Si Puedes, La Paz, Explanada del Carmen, Los Ángeles, Concepción, Del Santuario, María Auxiliadora, Los Laureles del Sur, Maya y Montes Verdes.

Como ya se mencionó con anterioridad, la Vulnerabilidad Socioeconómica se obtuvo a partir de 17 indicadores, los cuales son importantes analizar independientemente y en conjunto para determinar las causas de la Vulnerabilidad Socioeconómica de SCLC.

En el ANEXO 3.3 se muestra un conjunto de mapas con cada uno de los indicadores: Población de 0 a 14 años, Población de 15 a 64 años, Población de 65 años y mayor, Población de 5 años y mayor que habla alguna lengua indígena, Población con limitación en la actividad, Población nacida en otra entidad, Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela, Población de 15 años y mayor que es analfabeta, Grado promedio de escolaridad, Población desocupada, Razón de dependencia, Población sin derechohabiencia a servicios de salud, Habitantes por Vivienda, Viviendas particulares habitadas con piso de tierra, Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica, Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda y Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje.

Los mapas del ANEXO 3.3 representan de manera general lo que Calderón (2001) denomina “vulnerabilidades construidas socialmente” (pobreza, educación, servicios básicos, trabajo y gestión ambiental). Ciertamente, para entender la construcción de la vulnerabilidad y los procesos de desastre en las áreas urbanas se debe comprender los procesos de creación del espacio particular para la urbanización (Calderón, 2001).

Se señaló anteriormente que las zonas periféricas son las más vulnerables, esto se debe al crecimiento que ha tenido SCLC en las últimas décadas generado por la migración de las poblaciones rurales aledañas en busca de trabajo y mejores condiciones de vida. Lo que da como resultado asentamientos irregulares y sobrepoblación de ciertas áreas (mapa 6 del ANEXO 3.3):

*“...Lo que no se distingue en las economías capitalistas, la demanda de servicios aumenta en función de la renta y no en correspondencia con la población. Esto significa que si una familia migrante al área urbana no tiene acceso a los recursos económicos vía el empleo o cualquier fuente de ingreso, no detenta oportunidad alguna de demandar vivienda y, o recibe hospitalidad de algún miembro de la familia –que frecuentemente ha sido la forma de solución, a partir de anteriores migrantes familiares-, o se convierte en carga para la asistencia social” (Calderón, 2001: 92).*

Si bien estos asentamientos irregulares se llevan a cabo en zonas periféricas de la ciudad, también se realizan en lugares no aptos para la vivienda como son los humedales, pero, ¿cómo no invadir y asentarse en lotes de 10 x 20 m que valen 200 pesos, con pagos quincenales de 20 pesos y que posteriormente el notario público terminara regularizando?<sup>17</sup> El problema no radica en regularizar o no terrenos invadidos, si no en la necesidad que tiene la gente de tener su propia casa, y de personas que se aprovechan de estas necesidades vendiendo terrenos ilegalmente. Por otra parte, estas viviendas que terminan regularizándose no cuentan con los servicios básicos de agua, electricidad y drenaje. Se puede observar en los mapas 14, 15, 16 y 17 del ANEXO 3.3 que existen manzanas con alta y muy alta vulnerabilidad que coinciden en los cuatro mapas, esto indica que hay viviendas –en una localidad categorizada como urbana- que aún cuenta con piso de tierra, no tiene electricidad, agua potable y tampoco drenaje.

También se tiene que las zonas con mayor número de personas indígenas (mapa 4 del ANEXO 3.3) justamente se ubican en las áreas periféricas de SCLC, zonas que, como se mencionó anteriormente, se encuentran pauperizadas.

En cuanto a la cantidad de población (mapas 1, 2 y 3 del ANEXO 3.3) se concluye que la carga demográfica no precisamente implica una alta o baja vulnerabilidad, sino más bien su correcta distribución espacial, el acceso a la distribución del ingreso y a la participación en el consumo de los bienes y servicios que produce. Como se conoce, en la

---

<sup>17</sup> Información obtenida de la entrevista realizada al Cmte. Víctor Amezcua Vázquez subdirector de Protección Civil en SCLC y el Ing. Jorge \_ el 31 de octubre de 2013.



mayoría de la población, no sólo en SCLC en particular, sino en México y en Latinoamérica en general, las ciudades (conformadas en su mayoría desde la colonización y en años posteriores) no contaron con una planeación urbana a largo plazo por una parte, y por otra, existe la imposibilidad de que la sociedad se integre a la actividad económica del país, dicha imposibilidad se perpetúa debido al sistema económico capitalista. En este sentido Calderón afirma que:

*“El foco entonces no se encuentra en el crecimiento de la población y su supuesta demanda de servicios urbanos, sino en que no existen mecanismos debido a su falta de flexibilidad en el mercado mismo que equilibren la oferta y la demanda en el crecimiento, este sí de forma explosiva del ingreso urbano. La salida desde este punto de vista se observa imposible para el sistema capitalista; toda vez que no estaría en la población sino en una buena planeación a largo plazo o en frenar la expansión de la economía urbana” (Calderón, 2001: 93).*

La población con discapacidad tampoco debería ser vulnerable en una sociedad igualitaria, con oportunidades e infraestructura necesaria y sobre todo funcional para las personas con cualquier tipo de discapacidad. El mapa 5 del ANEXO 3.3 señala otras zonas de alta vulnerabilidad que no coinciden con las manzanas muy vulnerables que se repiten en la mayoría de los mapas (manzanas pauperizadas). Sin embargo, la vulnerabilidad de la población con discapacidad no depende del todo de su capacidad adquisitiva, sino, como se mencionó, de la infraestructura adecuada para ellos. De igual manera, y como extra, deberían de existir programas preventivos enfocados a la ayuda de personas o familias que tengan integrantes con alguna discapacidad en caso de una inundación o de cualquier otro peligro de origen natural.

Se tiene que gran parte de la población distribuida en toda la localidad de SCLC no cuenta con servicios de derechohabencia (mapa 12 del ANEXO 3.3), lo cual es alarmante ya que esto indica que la mayoría de las personas no cuentan con un empleo formal del cual pueda obtener los servicios de salud; aunque la mayoría de la población está empleada

(mapas 10 y 11 del ANEXO 3.3) tiene que invertir en su salud, situación que se ve rezagada si existen otras prioridades como la alimentación y no se cuenta con más de un salario mínimo. También es importante recalcar que las condiciones básicas de salud y nutrición de la gente se relacionan con su capacidad para sobrevivir a trastornos de su sistema de subsistencia (Calderón, 2011), como lo vendría siendo superar una inundación.

De igual forma, Calderón (2011) comenta lo siguiente acerca de la falta de empleos formales y la vulnerabilidad social:

*“El estado tendría que tomar las riendas para orientar al capital hacia los lugares con fuerza de trabajo disponible; pero desde que el Estado se quitó la responsabilidad de mediación en la economía dejándosela a las llamadas fuerzas del mercado, la movilidad para la población en edad de trabajar se ha dificultado y las disparidades espaciales de intervención del capital se ha incrementado” (Calderón, 2001:93)*

Finalmente la educación, uno de los indicadores más importantes, se encuentra, en términos generales, en un nivel vulnerabilidad bajo y medio en SCLC, ya que la mayoría de las manzanas del mapa 7 (del ANEXO 3.3) que representa la asistencia escolar de niños de 6 a 14 años indican baja vulnerabilidad. Sin embargo, las manzanas ubicadas en la zona periférica del sur y del oriente, pertenecientes a las colonias de San Diego, La Paz, Santa Cruz Almolonga, San Nicolás (zona oriente) y, principalmente, las colonias de Explanada del Carmen, Los Ángeles, Concepción y Santuario (zona sur) continúan representando una alta vulnerabilidad (esta alta vulnerabilidad también coincide con los mapas 1 - 4, 6, 10 - 17 del ANEXO 3.3) lo que indica que hay niños en esta zona que no asisten a la escuela. Una razón de esta situación podría deberse a que en lugar de ir a la escuela algunos niños de estas colonias se dedican a trabajar ya que, comparando con el mapa 11 “Razón de dependencia” (del ANEXO 3.3), se tiene que las manzanas de estas colonias periféricas están en un nivel medio, lo que indica que existe una igualdad entre las personas económicamente activas y las personas desocupadas (niños menores de 12 años, estudiantes, amas de casa, etc.); contrario a la situación de las manzanas de la zona centro

en donde la razón de dependencia es alto, lo que indica que en esta zona hay un mayor número de habitantes que dependen económicamente de un menor número de personas.

Por último, es importante recalcar que la naturaleza misma de la vulnerabilidad se genera a partir de procesos económicos, políticos y demográficos, que se evidencian a partir de la falta de planeación territorial y ésta se ve reflejada en los asentamientos ilegales, invasiones a predios no aptos para la vivienda y la falta de infraestructura y servicios. Para el caso de SCLC, las inundaciones o cualquier otro fenómeno natural intensifican esta vulnerabilidad y dificultan la capacidad de respuesta de los diferentes grupos poblacionales.



# CAPÍTULO 4

## ESCENARIO DE RIESGO POR INUNDACIÓN PARA SCLC

« [...] Hasta el día de hoy, 18 de enero de 1994, sólo hemos tenido conocimiento de la formalización del "perdón" que ofrece el gobierno federal a nuestras fuerzas. ¿De qué tenemos que pedir perdón? ¿De qué nos van a perdonar? ¿De no morimos de hambre? ¿De no callamos en nuestra miseria? ¿De no haber aceptado humildemente la gigantesca carga histórica de desprecio y abandono? ¿De habernos levantado en armas cuando encontramos todos los otros caminos cerrados? ¿De no habernos atendido al Código Penal de Chiapas, el más absurdo y represivo del que se tenga memoria? ¿De haber demostrado al resto del país y al mundo entero que la dignidad humana vive aún y está en sus habitantes más empobrecidos? [...]

[...] ¿Quién tiene que pedir perdón y quién puede otorgarlo? ¿Los que, durante años y años, se sentaron ante una mesa llena y se saciaron mientras con nosotros se sentaba la muerte, tan cotidiana, tan nuestra que acabamos por dejar de tenerle miedo? [...]

[...] ¿Los que nos llenaron las bolsas y el alma de declaraciones y promesas? ¿Los muertos, nuestros muertos, tan mortalmente muertos de muerte "natural", es decir, de sarampión, tosferina, dengue, cólera, tifoidea, mononucleosis, tétanos, pulmonía, paludismo y otras lindezas gastrointestinales y pulmonares? [...]

[...] ¿Los que nos negaron el derecho y don de nuestras gentes de gobernar y gobernarnos? ¿Los que negaron el respeto a nuestra costumbre, a nuestro color, a nuestra lengua? ¿Los que nos tratan como extranjeros en nuestra propia tierra y nos piden papeles y obediencia a una ley cuya existencia y justeza ignoramos? ¿Los que nos torturaron, apresaron, asesinaron y desaparecieron por el grave "delito" de querer un pedazo de tierra, no un pedazo grande, no un pedazo chico, sólo un pedazo al que se le pudiera sacar algo para completar el estómago? [...]

¿Quién tiene que pedir perdón y quién puede otorgarlo?

Bueno, es todo por ahora.

Salud y un abrazo, y con este frío ambas cosas se agradecen (creo), aunque vengan de un "profesional de la violencia.»

**Subcomandante Insurgente Marcos**

*Fragmentos del comunicado emitido el 18 de enero de 1994 en respuesta de la amnistía general otorgada por el Gobierno del Presidente Carlos Salinas de Gortari.*



## CAPÍTULO 4

### ESCENARIO DE RIESGO POR INUNDACIÓN PARA SCLC

Retomando el concepto de Cardona (1993): “El riesgo se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos”, lo que también puede representarse como:  $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$ . Se construyó un Escenario de Riesgo para SCLC basado en el modelo de inundación resultado del Capítulo 2, y tomando en cuenta la vulnerabilidad socioeconómica obtenida en el Capítulo 3. Del mismo modo, y de acuerdo a la metodología desarrollada por el Departamento del Medio Ambiente y Recursos Naturales de Carolina del Norte: “**Community Vulnerability Assessment Tool (CVAT)**” (Novelo y Suárez, 2010), se determinó la vulnerabilidad de las instalaciones críticas, principalmente escuelas y hospitales.

#### 4.1 OBTENCIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO POR INUNDACIÓN DE SCLC

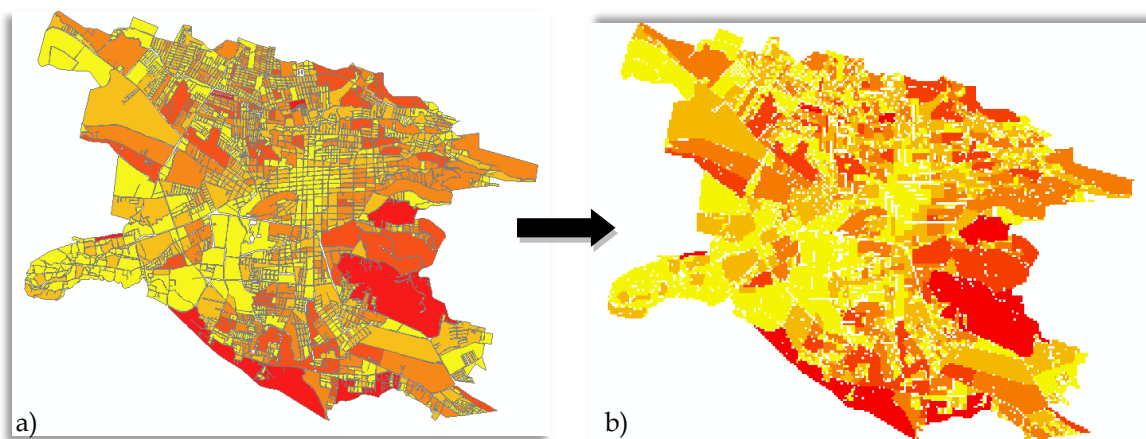
El escenario de riesgo se realizó a partir de la rasterización de la capa -vectorial<sup>18</sup>- de “Vulnerabilidad Socioeconómica” en combinación con el modelo raster<sup>19</sup> de inundación de SCLC (previamente elaborado en el Cap. 2) utilizando el programa ArcGIS 9.3.

---

<sup>18</sup> El modelo **vectorial** modela el espacio geográfico mediante una serie de primitivas geométricas que contiene los elementos más destacados de dicho espacio. Estas primitivas son: puntos, líneas y polígonos (Olaya, 2011).

<sup>19</sup> En un modelo **raster** la zona de estudio se divide de forma sistemática en una serie de unidades mínimas (denominadas *celdas*), cada una de estas contiene información que la describe. Esta información tiene un valor único, y al mismo tiempo, se relaciona con los valores de sus celdas vecinas). Esta forma de almacenar información facilita la aplicación de cálculos (Olaya, 2011).

**Figura 4.1** Rasterización de la capa “Vulnerabilidad Socioeconómica” de SCLC. a) Vectorial;  
b) Raster

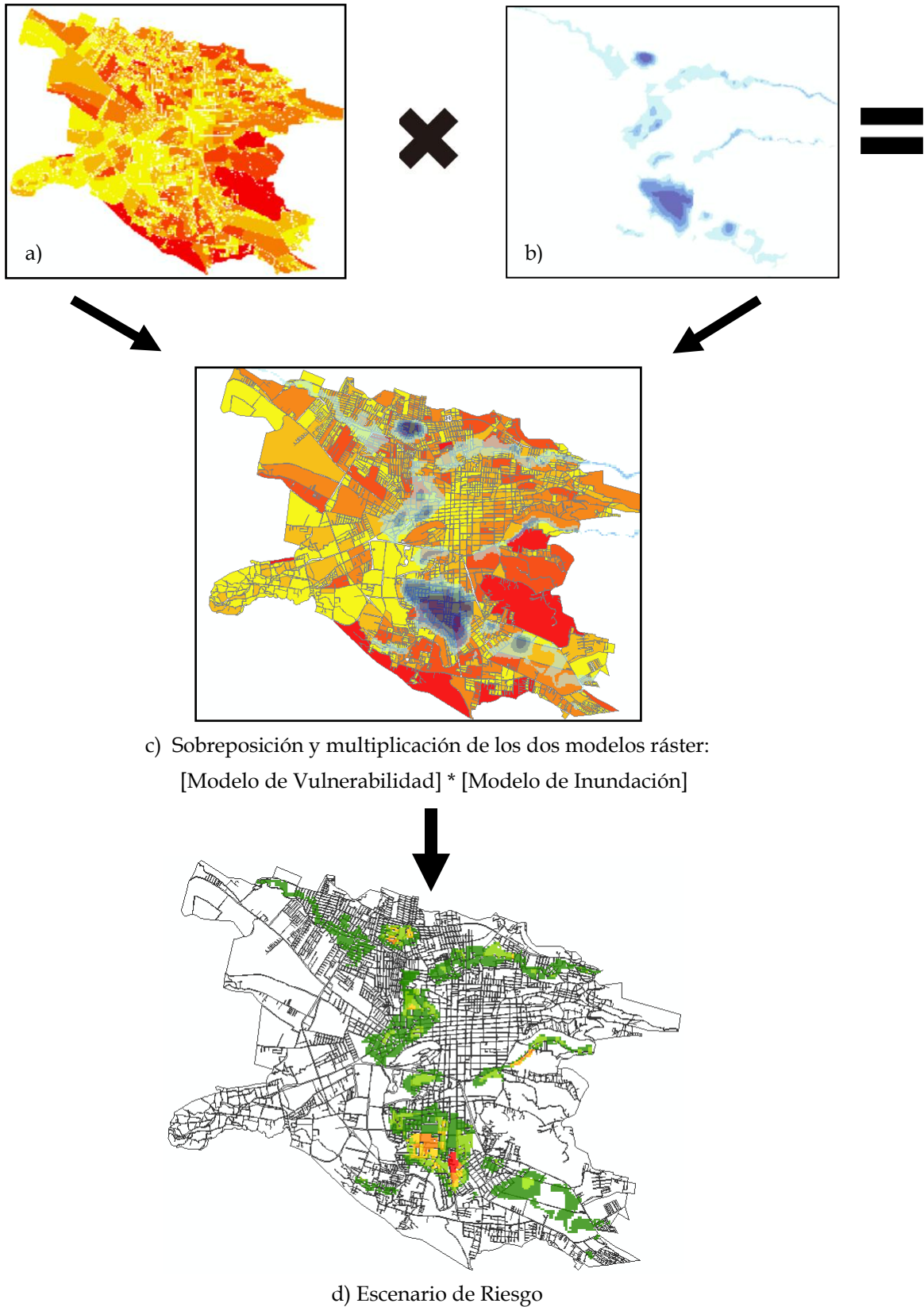


La rasterización consiste en convertir una capa o modelo vectorial en un conjunto de píxeles, esto con el fin de analizar con mayor detalle alguna variable, o de realizar cálculos estadísticos y desarrollar algoritmos. En este caso, se llevó a cabo la rasterización para realizar los cálculos estadísticos con dos modelos raster: la vulnerabilidad socioeconómica y el peligro por inundación.

La variable que se seleccionó para convertir esos valores en píxeles fue la de “Vulnerabilidad Total”, que es el agregado de todos los índices de vulnerabilidad socioeconómica (población menor a 14 años, población de 15 a 64 años, población mayor a 64 años, población indígena, población con alguna discapacidad, etc.).

Posterior a la rasterización, se realizó una multiplicación de los dos modelos raster, con la herramienta *Spatial Analyst* → *Raster Calculator* de ArcGIS 9.3 y el resultado se presenta en la Fig. 4.2.






**Figura 4.2** Cálculo del escenario de riesgo a partir de 2 modelos ráster: a) vulnerabilidad; b) inundación.



El escenario de Riesgo resultado de la modelación de la inundación con un periodo de retorno de 20 años y la vulnerabilidad socioeconómica obtenida con los indicadores del INEGI (2010), puede observarse en el MAPA 4.1. Los intervalos que se utilizaron para categorizar el Riesgo se obtuvieron a partir del método de Natural Breaks de Jenks<sup>20</sup> del programa ArcGIS 9.3.

La simbología utilizada para los mapas de riesgo, asemeja los de un semáforo. Esta simbología es utilizada por varias instituciones, incluyendo CENAPRED y Protección Civil. El “semáforo de riesgos” pretende indicar una mayor precaución y atención al color rojo, anaranjado y amarillo; los colores verdes indican que existe un riesgo, pero que éste es menor.

**Tabla 4.1** Simbología de los niveles de riesgo con sus respectivos intervalos.

Intervalo	Simbología
-0.6885 - 17.5846	Muy bajo 
17.5847 - 54.1311	Bajo 
54.1312 - 111.5613	Medio 
111.5614 - 209.4537	Alto 
209.4537 - 332.1454	Muy alto 

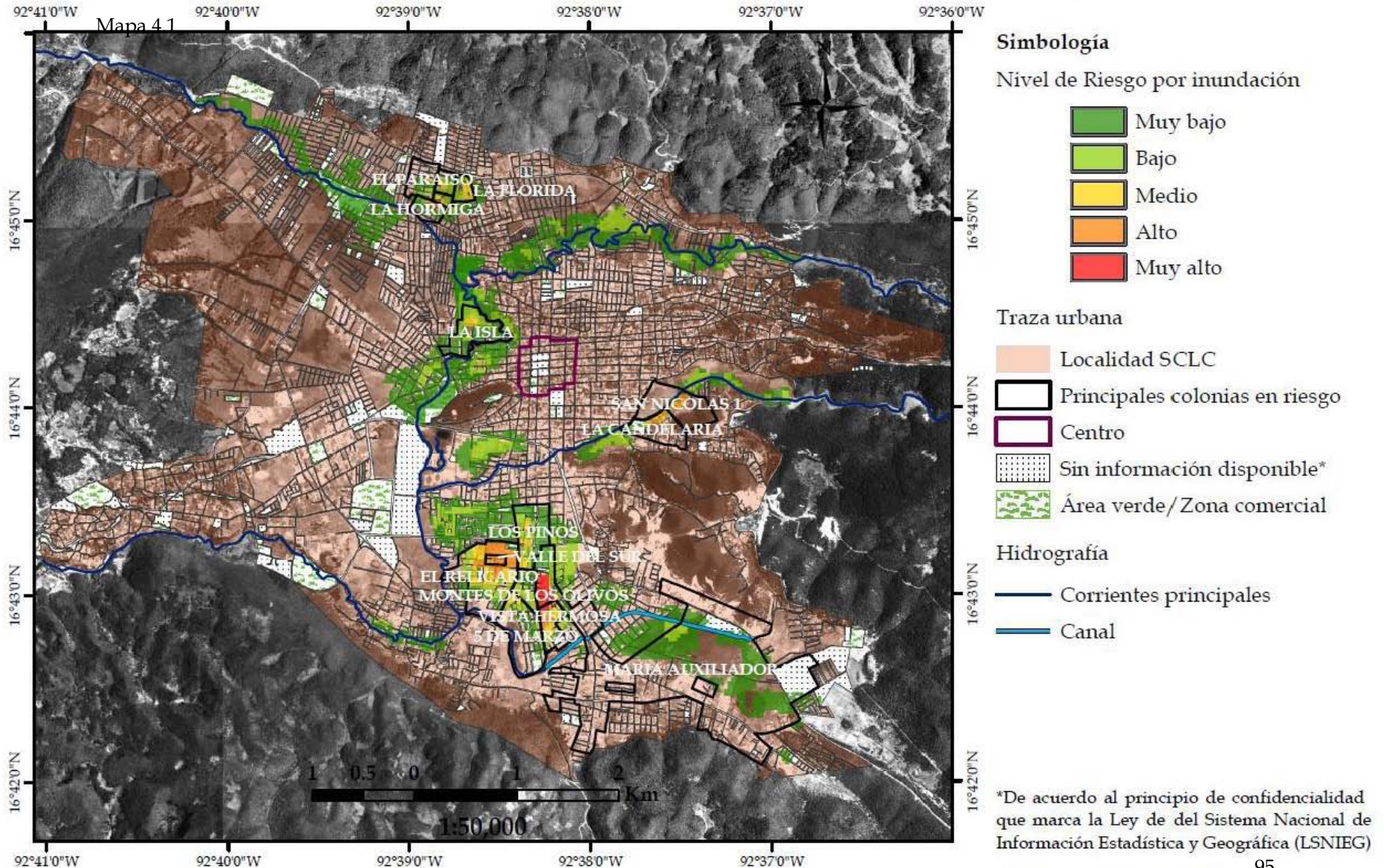
El MAPA 4.2 muestra la sobreposición de la inundación y la vulnerabilidad, el MAPA 4.3 expone cuales son las instalaciones sobre el escenario de Riesgo por inundación de SCLC, y finalmente en el ANEXO 4.1 se exponen algunas fotografías georeferenciadas de distintos puntos de la ciudad tomados durante el trabajo de campo, dichos puntos se consideraron importantes para complementar la visualización del escenario de riesgo.

<sup>20</sup> Para mayores detalles de este método ver Capítulo 3.



# Escenario de Riesgo por Inundación

## Cabecera Municipal de San Cristóbal de las Casas, Chiapas

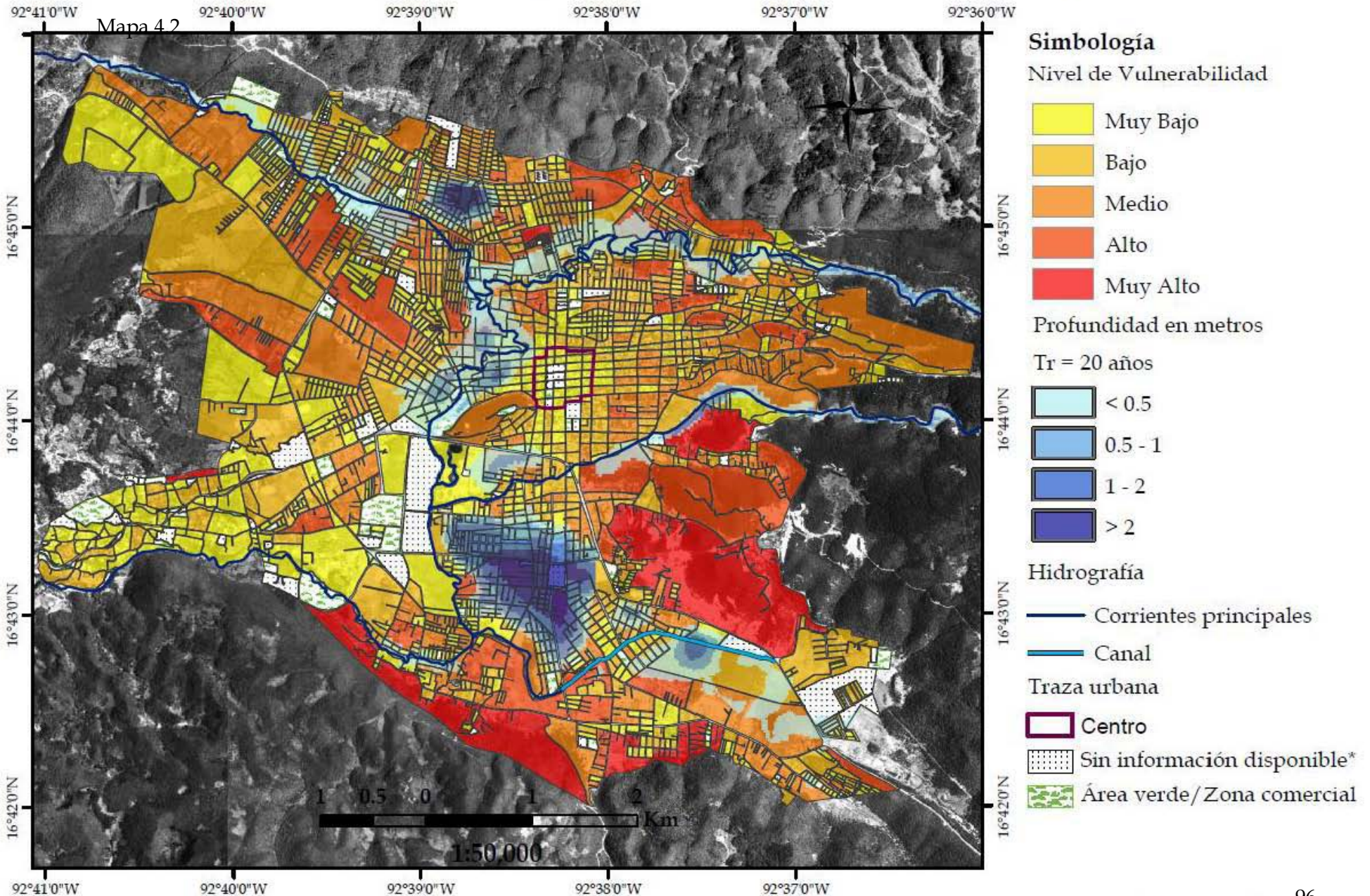


\*De acuerdo al principio de confidencialidad que marca la Ley de del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (LSNIEG)



# Vulnerabilidad Socioeconómica y Peligro por inundación

## Cabecera Municipal de San Cristóbal de las Casas, Chiapas

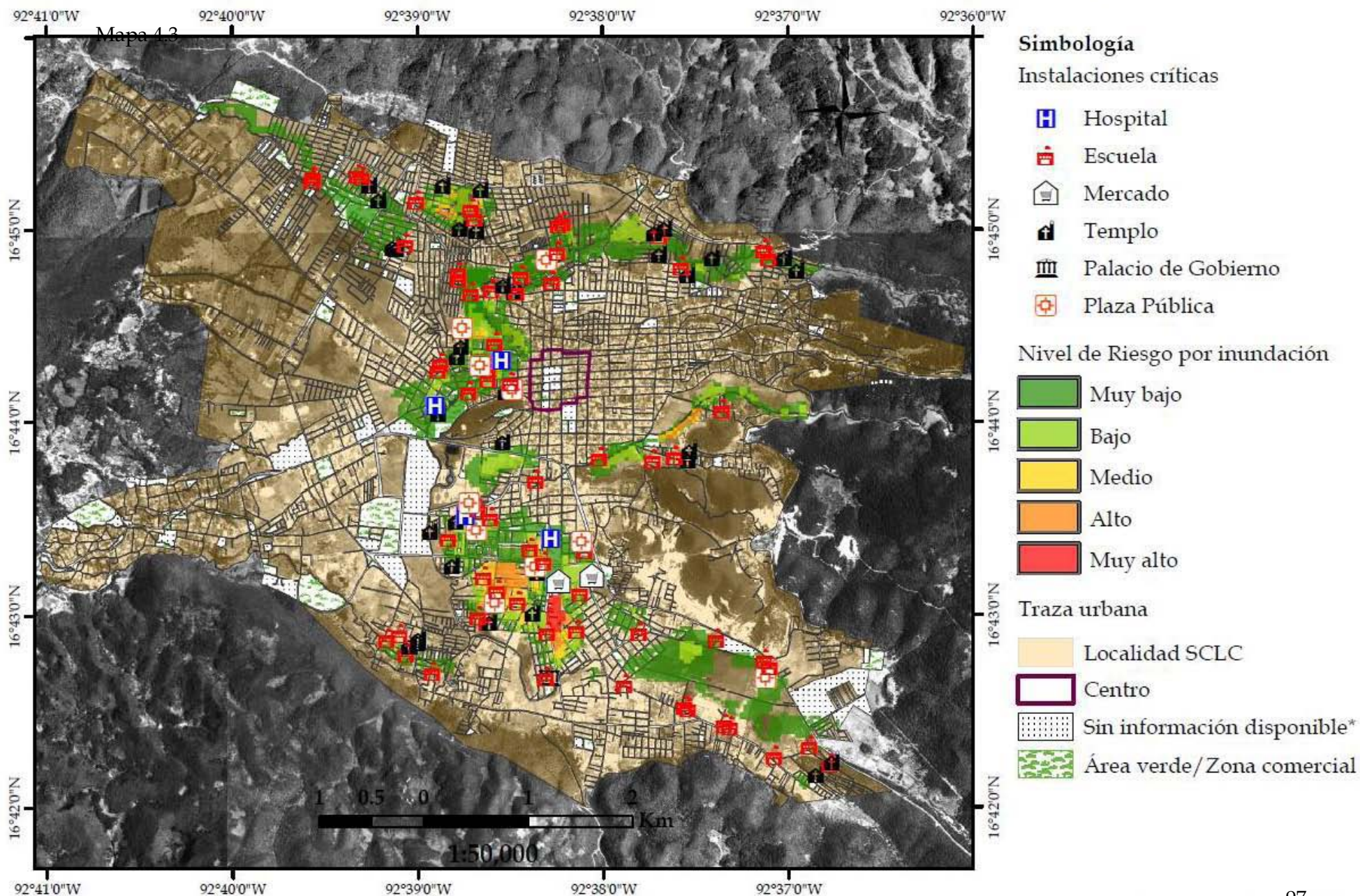


Elaborado por: Emelyn Cortés G.



# Escenario de Riesgo por Inundación

## Instalaciones críticas en San Cristóbal de las Casas, Chiapas



Elaborado por: Emelyn Cortés G.

Sistema Geográfico de Coordenadas: WGS\_1984  
Datum: D\_WGS\_1984  
Proyección: UTM Zona: 15

## 4.2 ANÁLISIS DEL ESCENARIO DE RIESGO POR INUNDACIÓN DE SCLC

El análisis de un escenario riesgo es un proceso de establecer la dimensión de las pérdidas debido a algún peligro –en este caso una inundación-, en un espacio y tiempo determinados. Éste escenario servirá como oráculo de lo que podría pasar en caso de una inundación con una intensidad definida para un tiempo de recurrencia,  $T_r$ , de 20 años en SCLC, y lo más importante, las condiciones socioeconómicas en las que vive la población que se verá afectada por la inundación.

El riesgo es presentado en el MAPA 4.1 “Escenario de riesgo por inundación en SCLC”. Este escenario es el resultado final de la presente investigación que consiste en un modelo de inundación para un periodo de retorno de 20 años. Se delimitan las distintas áreas con diferentes tirantes o niveles de profundidad que el agua podría alcanzar en caso de una inundación. De igual forma, se incluye los diferentes niveles de Vulnerabilidad Socioeconómica, esto es, las condiciones en las que vive la localidad de SCLC hoy en día.

### 4.2.1 ANÁLISIS DE LOS MAPAS 4.1 Y 4.2

La diferencia entre el MAPA 4.1 y el MAPA 4.2 radica en que el primero es la medición del riesgo como tal, la multiplicación del peligro por la vulnerabilidad socioeconómica. Por lo tanto, el riesgo se representa únicamente en las zonas coincidentes con las áreas que se inundan frecuentemente, empero, éste riesgo no será igual al nivel del peligro, ya que los niveles de vulnerabilidad son el factor determinante para que un espacio sea riesgoso o no lo sea. El MAPA 4.2 es un complemento, la base con la que se hizo el MAPA 4.1, la sobreposición del modelo de inundación y el modelo de vulnerabilidad socioeconómica de SCLC, pero no indica el nivel de riesgo.

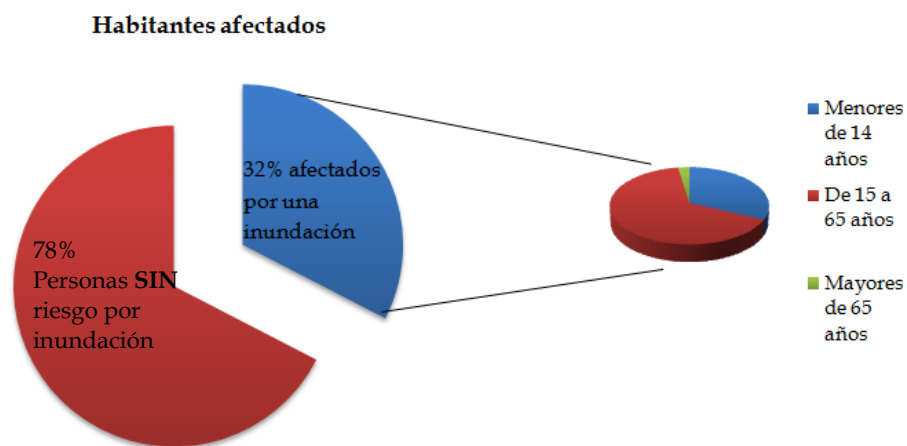


De lo anterior se deduce que dependiendo de la profundidad alcanzada por el agua en una inundación con periodo de retorno igual a 20 años y el nivel de vulnerabilidad socioeconómica que presente la manzana, será el nivel de riesgo obtenido.<sup>21</sup>

Se tienen 591 manzanas que presentan algún nivel de riesgo, de las cuales 54 no tiene población permanente ya que son plazas, escuelas, mercados, locales comerciales o de servicios, zonas verdes como humedales, o bien, tiene menos de dos casas y por lo tanto el INEGI no las cuenta debido a Ley de confidencialidad.<sup>22</sup> Por lo tanto se tiene un total de **537 manzanas** con algún nivel de riesgo.

El total aproximado de población afectada en la localidad de SCLC por una inundación con un periodo de retorno de 20 años es igual a **51, 473 personas afectadas**; o sea, el **32%** del número actual de habitantes de la localidad de SCLC serían afectados con una inundación de esta magnitud y estarían en algún nivel de riesgo (Gráfica 4.1).

**Gráfica 4.1** Porcentaje de habitantes con algún nivel de riesgo por inundación.



De este 32% se desglosan los siguientes datos:

<sup>21</sup> Las manzanas que no coincidieron con el modelo de inundación, aunque tengan una alta vulnerabilidad, no representan ningún tipo de riesgo ante inundaciones.

<sup>22</sup> Para conocer más acerca de la Ley de Confidencialidad del INEGI ver Capítulo 3, sección 3.2.

Tabla 4.2 Porcentaje de afectados por grupos de edades

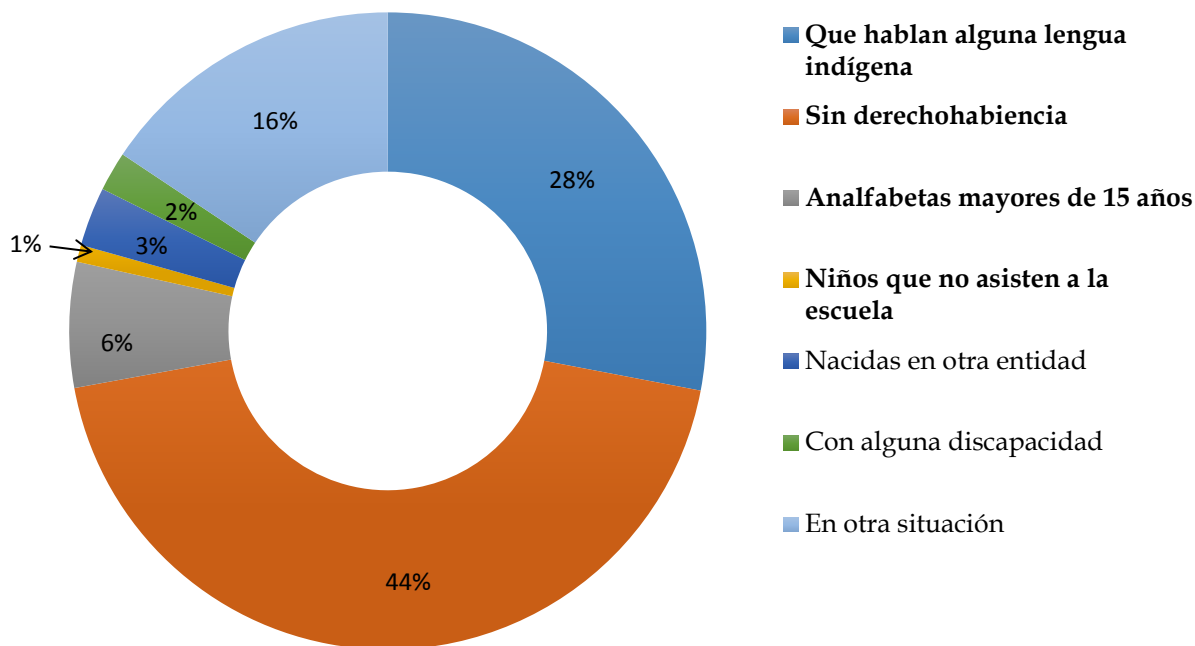
Habitantes	Porcentaje de afectados
Menores de 14 años	31.9%
De 15 a 65 años	65.6%
Mayores de 65 años	2.5%
Total	100%

En la Tabla 4.2 se demuestra que el mayor porcentaje de afectados son las personas de 14 a 65 años -65.6%-, siguiendo los niños con un 31.9% de afectados, y finalmente, el 2.5% restante corresponde a los adultos mayores de 65 años.

Estas cifras indican que existe un mayor número de personas de 14 a 65 años que se encuentran en riesgo pero que al mismo tiempo podrían ser capaces de enfrentar una situación de desastre como lo sería una inundación y hacerse cargo de los niños y adultos mayores.

Del total de personas que se encuentran en algún nivel de riesgo se desglosa que el **28%** son personas que hablan alguna lengua indígena (Gráfica 4.2). Según Fábregas Puig (2013), los indígenas de Chiapas son el sector más atrasado que vive en condiciones más difíciles, mientras el desarrollo económico y social de la zona, la educación y la presencia de los pueblos indígenas en la política estatal y nacional, siga siendo tarea pendiente (Chouza P., *El País*, 2013) los indígenas seguirán siendo las personas que se encuentren en mayor situación de riesgo. La razón de su riesgo va más allá de la mala situación geográfica de sus viviendas o sus condiciones de vida, sino en que no forman parte de un proyecto político y económico, y esto mantiene y reproduce las condiciones de pobreza y marginación que se ven materializadas en el riesgo.

**Gráfica 4.2** Situación de las personas en riesgo por inundación

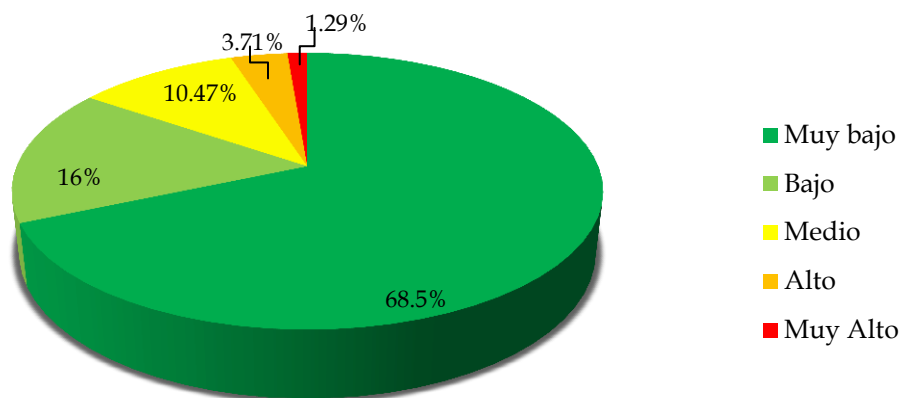


De igual forma se puede apreciar en la Gráfica 4.2, que el 44% del total de afectados no cuenta servicios de salud gratuitos. Estos servicios, de acuerdo con Blaikie *et al* (1996), son importantes para su “resiliencia” toda vez que las poblaciones crónicamente desnutridas y enfermas sucumben más pronto -ante una situación de riesgo por inundación- que aquellas que han sido bien nutridas y están saludables.

Por otra parte se denota la importancia de la educación ante cualquier de situación de riesgo. El porcentaje (6%) de personas mayores a 15 años que son analfabetas es alarmante a pesar de que parezca un bajo porcentaje; lo mismo ocurre con el porcentaje de niños que no asisten a la escuela (1%). La educación es primordial para la reducción del riesgo, incluyendo el conocimiento de los fenómenos naturales extremos que pueden convertirse en peligro, cómo se debe actuar, qué es y cómo puede incrementarse la vulnerabilidad social, económica, política, etc., todas estas cuestiones deberían formar parte de la enseñanza básica de toda la sociedad mexicana.

En cuanto al porcentaje de personas que se ubican en un determinado nivel de riesgo se tiene lo siguiente:

**Gráfica 4.3** Porcentaje de personas en un determinado nivel de Riesgo.



Tanto del MAPA 4.1 como de la Gráfica 4.3 se observa que la mayor parte de las manzanas en riesgo tienen un nivel “Muy bajo” y “Bajo”, lo que indica que, las zonas de inundación (Tr = 20 años) tiene un nivel de profundidad menor a 50 cm representando un grado de vulnerabilidad de bajo, muy bajo o medio.

Los niveles de riesgo “Medio”, “Alto” y “Muy alto”, representan zonas inundables con una profundidad mayor a los 50 cm o 1 m o áreas con un grado de vulnerabilidad alto o muy alto. En el MAPA 4.1 se han marcado las Colonias que se encuentran en dichos niveles de riesgo, éstas son: El Paraíso, La Florida, La Hormiga, La Isla, San Nicolás, La Candelaria, Los Pinos, Valle del Sur, El Relicario, Montes de los Olivos, Vista Hermosa, 5 de Marzo y María Auxiliadora. Solo existen tres colonias que coinciden con las Colonias más vulnerables del MAPA 3.2 de Vulnerabilidad Socioeconómica: San Nicolás, La Candelaria y María Auxiliadora.

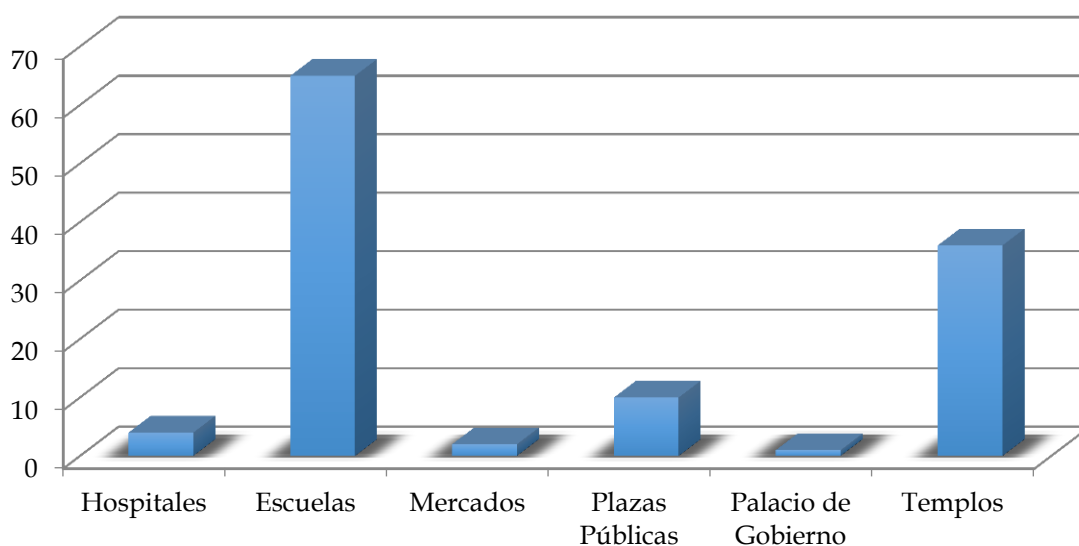
#### 4.2.2 ANÁLISIS DEL MAPA 4.3

El MAPA 4.3 señala la localización geográfica de las principales instalaciones que se encuentran en situación de riesgo por inundaciones. Varias de estas instalaciones,

principalmente escuelas, se encuentran localizadas en las Colonias La Isla y María Auxiliadora que han sido categorizadas como de “Alto o Muy alto” riesgo.

En la Gráfica 4.4 se tienen las principales instalaciones críticas, de las cuales destaca el gran número de escuelas que se encuentran en riesgo. En Junio de 2011, debido a las fuertes lluvias, 12 escuelas (preprimarias, primarias y secundarias), fueron gravemente afectadas debido a las inundaciones en las colonias Peje de Oro, Molino de los Arcos, la Isla y Maestros de México (Gómez, IFI-UNESCO, 2011).<sup>23</sup>

**Gráfica 4.4** Principales instalaciones críticas afectadas por inundaciones



La falta de planeación no sólo ha llevado a un mal uso del suelo así como asentamientos irregulares en zonas de peligro, que en combinación con la falta de poder adquisitivo resultan también zonas de alto riesgo. Instalaciones tan importantes como las escuelas (Fig. 4.3) y los hospitales (Fig. 4.4) en primer lugar, y los mercados, plazas públicas y templos en segundo lugar se vean afectadas año tras años debido a que se ubican en zonas que concurrentemente resultan inundadas.

<sup>23</sup> Ver colonias en MAPA 2.2 del Capítulo 2.



**Figura 4.3** Jardín de Niños Rosario Castellanos, Col. Tlaxcala. Fotografía tomada de la Página Web de *Iniciativa Internacional sobre Inundaciones- IFI* de la UNESCO del 3 de junio de 2011.

Esto acarrea otros problemas como la pérdida de clases, el daño a aparatos electrónicos como computadoras, afectaciones a los materiales con los que está construida la escuela, lo que da como resultado la reducción de la calidad educativa, de por sí ya soslayada.



**Figura 4.4** Clínica de la Mujer, SCLC. Fotografía tomada de la Página Web *Enfoque San Cristóbal*, del 6 de agosto de 2010.

En agosto de 2010, se perdieron millones de pesos en equipo técnico e infraestructura de la Clínica de la Mujer debido a las inundaciones de ese año (Fig. 4.4). Dichas pérdidas ahora han sido cubiertas comprando nuevamente el equipo técnico. Sin embargo, hubo un tiempo que la Clínica quedo inutilizable debido a la falta de equipo. Con el dinero que se gastó en resanar los daños, se hubieran podido pagar una evaluación

de riesgos para que el gran error de construir hospitales en estas zonas no se volviera a cometer, desafortunadamente es cuestión de tiempo para que una inundación como la de 2010 vuelva a ocurrir.

Por último, en el *ANEXO 4.1* es un esquema de fotografías georeferenciadas que se tomaron durante el trabajo de campo en SCLC de lugares que se encuentran bajo algún nivel de riesgo. Estas fotografías fueron tomadas por la autora de este trabajo durante un trabajo de campo realizado del 31 de octubre al 3 de noviembre de 2013. A continuación se describirán las más significativas por secciones:

La fotografía 1 a la 10 abarcan toda la zona norte de SCLC, si se comparan los MAPAS 3.2 y 4.1 se puede observar que forman parte de las zonas identificadas con mayor vulnerabilidad y de igual manera, son zonas inundables. En algunas de estas fotografías se puede ver que hay casas muy pauperizadas, varias con muros de madera o adobe y con techos de lámina. Peor aún, en las fotografías 6 y 8 se observan casas a un costado del lecho de los ríos; por otra parte, existen calles aún sin pavimentar, en algunas se hacen pequeños encharcamientos aunque el día que se tomó la fotografía no haya llovido.

De la fotografía 11 a la 20.1, sección que consideré con menor riesgo. No existen casas con techos de lámina, y éstas no se encuentran ubicadas a los costados del río. En las fotografías 13 y 13.1, se ven los ríos, un área verde, y a continuación las casas. Asimismo, en las fotografías 17 y 17.1, y de la 18 a la 20.1 se encuentra el río (Amarillo) y uno de los humedales más grandes que aún quedan en la zona.

Las fotografías 21 a la 27 abarcan lo que es el río Fogótico, y de acuerdo con el MAPA 4.1 se tienen dos colonias con riesgo “medio”, que obviamente coinciden con el MAPA 3.2 debido a que las colonias San Nicolás y La Candelaria se encuentran con un nivel de vulnerabilidad “muy alto”. Nuevamente, la fotografía 26 y 27.1 muestran casas a los costados de los ríos. En las fotografías 21 y 21.1, se observa la unión del Río Fogótico con el Amarillo, y justo el puente que une a las colonias que se encuentran al oriente del Río Amarillo, está roto (Fotografía 21). El hecho de que el puente estuviera roto no permitía el paso de los vehículos a las colonias Santa Martha y Ciudad Real, ésta última colonia se inunda con bastante regularidad (Fotografía 22 y 22.1).

De la fotografía 28 a la 34, resulta ser la zona de mayor riesgo en SCLC, ya que abarca las colonias María Auxiliadora y 5 de Marzo (fotografías 31 a la 34.1), que coincide con la distribución espacial del riesgo presentado en el MAPA 2.2 y 3.2, por lo que es una zona muy inundable y con muy alta vulnerabilidad. Las fotografías 28, 32, 33, 34 y 34.1 se puede ver que no tienen calles pavimentadas y algunas casas están bardeadas con desechos de madera y otras con techos de lámina. En esta zona no se encuentra ningún río, pero resulta ser una de las zonas más bajas de SCLC, por lo que se presentan muchos depósitos aluviales en épocas de lluvias.

Por último, las fotografía 35 a la 41.1 comprenden el canal del Río Navajuelos, y según el MAPA 4.1 tienen un riesgo “Bajo”, aunque también podemos observar calles sin pavimentar, casas pegadas a humedales o al canal como en las fotos 37.3, 39, 39.1. En las fotografías 41 y 41.1 se observan algunas casas de madera que se encuentran dentro de un área de humedales, muy cercanas al parque ecológico “Parque los Humedales” (fotografía 40).

Las fotografías 42 y 42.1, se encuentra en una zona de riesgo “bajo”, sobre el río San Felipe. Por ser una zona periférica, solo la avenida principal que se observa en la fotografía 42 está pavimentada, el resto de las calles perpendiculares están sin pavimentar.



### 4.3 PROTECCIÓN CIVIL Y EL RIESGO EN SCLC

En esta última parte del Capítulo 4, se retoman los datos proporcionados por Protección Civil de SCLC, principalmente a partir de la plática con el Cmte. Víctor Amezcua Vázquez,<sup>24</sup> Subdirector de Protección Civil. Para contextualizar algunos datos que se verán a continuación, es importante mencionar que la charla tuvo lugar el día 31 de octubre de 2013 en las instalaciones de Protección Civil de SCLC, ubicada en el parque ecológico “Los Humedales”.

Rescatando lo más importantes de la entrevista y de la manera más fidedignamente posible, se llegaron a los siguientes puntos en palabras del Cmte. Víctor Amezcua:

- “ A partir de 1970 se construye el túnel de avenamiento localizado en la zona sur poniente de SCLC, el cual ha ayudado al desfogue de una gran cantidad de agua (de no haberse construido este túnel, las inundaciones serían mucho más recurrentes y con profundidades mayores al metro, ya que SCLC se asienta en una microcuenca endorreica.)
- ❖ Actualmente se tienen tres canales como el Chamula y el Navajuelos, que han sido insuficientes a la carga pluvial. En 2010 con el huracán Matthew, llovieron 1400 mm, dichos canales no tuvieron la capacidad hidráulica para soportar tal carga pluvial.
- ❖ Existieron humedales que fueron invadidos y fraccionados y posteriormente regularizados como Lagos de María Eugenia, Ojo de Agua, Maestros de México, entre otras 38 colonias que se establecieron de la misma forma. El Director de Protección Civil del Edo. de Chiapas, el Lic. Luis Manuel García Moreno se ha relacionado con los Notarios Públicos, con el fin de que no tan fácilmente se les dé escrituras a personas que se hayan establecido en estas zonas. De esta manera, se hacen concientiza a los Notarios Públicos de que si regularizan un terreno en una zona de humedales y ocurre algún problema (inundación), ellos serán coparticipes de este problema. Esta misma situación también sucede con los terrenos que se han destinado para escuelas.

---

<sup>24</sup> El Cmte. Víctor Amezcua es Subdirector de Protección Civil de la Región los Altos Tsotsil Tseltal, cuyas oficinas se ubican en el parque ecológico “Los Humedales” en SCLC.

- ❖ Al igual que el punto anterior, otro hecho que es parte de la solución a la disminución del riesgo por inundación, según el Cmte. Víctor Amezcua, es la intensificación de la capacitación de los Comités Comunitarios de Protección Civil (3200 en todo el Estado)<sup>25</sup>. Se les proporciona un radio, y ellos reciben una señal en el momento en que sucede algún evento como una lluvia muy fuerte, a su vez, ellos, tienen unas bocinas en la parte de arriba de su casa con las que dan alertamiento a toda la comunidad en las diferentes lenguas (tseltal, tsotsil, maya, tojolabal y xhol). En la compra de radios, el Estado de Chiapas invirtió 14 millones de pesos, un radio para la cabecera municipal y otro para una comunidad; de esta forma se pueden realizar acciones para disminuir el daño de las inundaciones, alertando que se avecinan lluvias muy fuertes. En caso de sismos no es funcional.



**Figura 4.5** Comité Comunitario de Protección Civil del Municipio Santiago el Pinar.

Fotografía proporcionada por Ing. Jorge Espinoza M.

- ❖ De las 250 colonias y barrios de SCLC, se han instalado 114 radios a través de los cuales se transmiten los avisos (emitidos por Protección Civil), para que ellos estén informados. Las personas encargadas de los radios, son capacitadas continuamente y se les asigna una lona de Protección Civil con el propósito de ser identificadas (Fig. 4.6).

---

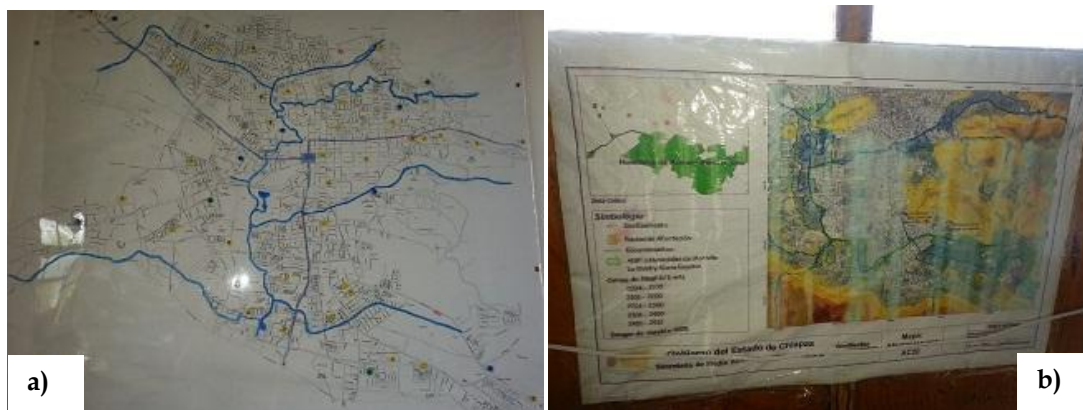
<sup>25</sup> Medida que se ha dado en todo el Estado de Chiapas.



**Figura 4.6** Lona del Comité Comunitario de Protección Civil. Proporcionado por el Ing. Jorge Espinoza M.

- ❖ Se capacita al encargado del Comité Comunitario para ser Evaluadores de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN); se trata de que ellos puedan darse cuenta de los riesgos a los que están expuestos e implementar acciones que les permita disminuir su vulnerabilidad. Ellos mismos, por necesidad o por ignorancia, se asientan al margen de un río y van generando sus propios riesgos.
- ❖ El fin de la capacitación es para que la sociedad identifique sus riesgos, al hacer esto, se disminuye la vulnerabilidad. En esto se ha estado trabajando, se está tratando de que Protección Civil cada día sea más preventiva que reactiva.
- ❖ Esta ideología de cambiar de la respuesta a la prevención, se viene dando a partir de que el Lic. Luis Manuel García Moreno es Director de Protección Civil del Estado de Chiapas. Se está trabajando porque sea una cultura de la prevención, se trabaja intensamente en todos los niveles de educación para que los niños –que son más receptivos- puedan tener esa cultura de la prevención y del conocimiento del riesgo. Se respetan usos y costumbres, la equidad de género.
- ❖ El Plan DNIII-E, ha estado siempre presente en la Región de los Altos, aunque no se presente un desastre sino una emergencia. Protección Civil siempre ha estado vinculada con la Marina y con el Ejército, se trata de trabajar a la par con las diferentes instancias para poder hacer un mejor trabajo.

- ❖ En el caso de las inundaciones, se tienen identificadas las colonias que están en riesgo, que son históricamente vulnerables a encharcamientos e inundaciones (Fig. 4.7) y en cada una de estas comunidades se tiene un radio y un comité de Protección Civil, y en caso de que ocurra una emergencia, se activa el radio, se nos informa y se tiene establecidos 5 refugios temporales en toda la ciudad. Si la emergencia es en la zona sur, se pueda activar el de la zona norte y viceversa. El albergue principal tiene una capacidad para 1000 personas.



**Figura 4.7** a) Mapa de los principales ríos y canales de SCLC. b) Mapa de las principales afectaciones por encharcamientos en SCLC; el peligro está representado por la degradación del color café hasta el amarillo, un menor peligro está representado por el amarillo.

- ❖ Gracias al mecanismo de alerta temprana PROCEDA (Procedimiento Estatal de Alerta por Lluvias), la difusión de la información se hace en las diferentes lenguas (tseltal, tsotsil, maya, tojolabal y xhol) a través de 13 estaciones de radio, y un canal de televisión que se encargan de dar promoción y difusión a las emisiones de Protección Civil. e.g.: El 13 de septiembre (2013), Protección Civil activa todo el sistema de alertas a nivel municipal y de todas sus comunidades; todo el sistema estaba activado, preparado y sesionando de manera permanente por si la emergencia cambiaba de color.
- ❖ Se han realizado varios simulacros, tanto por sismos como por inundaciones. Se realizó un simulacro por inundaciones a escala real en la colonia Del Valle con la participación del Ejército y de las demás instancias correspondientes. Se

identificó el peligro de desbordamiento del Arroyo que atraviesa esta colonia, y se utilizaron las rutas evitando las principales afectaciones.

- ❖ Protección Civil ha incidido mucho en integrar a la gente, en capacitarla, conformar su comités, esto cada día ha dado mejores resultados, la gente se vuelve más consiente para que active su plan de emergencia, su plan de protección civil familiar, empresarial, institucional, etc.
- ❖ (En otros aspectos) Se tienen establecidos varios sitios que pudieran funcionar como helipuertos, un stock establecido con alimentos, cobijas, medicinas, productos higiénicos y demás insumos necesarios en caso de alguna emergencia. Se cuenta con 15 centros regionales de Protección Civil con un centro de acopio estratégico en cada uno de los centros regionales. También cuentan con un parque vehicular, una ambulancia nivel 3, una pipa con capacidad de 10 mil litros, una camioneta 4x4, una unidad de ataque rápido, lanchas, radios y equipamiento personal. Realmente ha habido un cambio con el Lic. Luis Manuel García Moreno.
- ❖ La unidad de Protección Civil de SCLC cuenta con una reserva de 20 mil litros de agua, 5 mil colchonetas, 5 mil cobertores, 5 mil láminas, productos higiénicos; si la emergencia se presenta en algún municipio vecino, vienen con su tráiler y se llevan las cosas. Cuenta con 3 personas como encargadas de la oficina, y en todo el municipio hay 30 elementos capacitados en caso de emergencias.
- ❖ También se cuenta con un Sistema de Información Geográfica para analizar y procesar información cartográfica con el fin de ubicar puntos críticos en la localidad el cual se encuentra representado en el Atlas de Riesgos de SCLC, el cual es cotejado por el Ing. Jorge Espinoza M. Este año (2013) SEDESOL destinó recursos para la actualización del Atlas.
- ❖ En cuanto a la Vulnerabilidad Social, Protección Civil en Chiapas, no sólo se encarga de los fenómenos naturales, sino también de los antropogénicos, y estamos conscientes de que éstos puede generar algún otro riesgo. Como lo que está sucediendo ahorita, checando en la caseta de cuota qué estaba pasando con los maestros, se monitorea para que las cosas no se salgan de control. ”

Tomando en cuenta los puntos anteriores, se puede concluir con que algunos de los parámetros, medidas y significados de los que hace uso Protección Civil en SCLC son la antítesis de la presente investigación.

Hacer coparticipes a los Notarios Públicos del riesgo en el que se encuentren los habitantes de SCLC, cambiará poco o nada la situación de riesgo en la que se vive. La razón principal es porque el origen del riesgo no está en el hecho de escriturar o no un terreno, fuera de la corrupción que se puede llegar a dar (y que seguramente se da), el origen del riesgo comienza en el destierro, la falta de apoyos al campo y la forzosa necesidad de migrar; y termina por la búsqueda de una vivienda al menor precio y al mejor postor en la ciudad de SCLC.

Se consideran significativos los esfuerzos de intentar cambiar la ideología de la Respuesta a la Prevención, es verdad que una parte de disminuir tanto el peligro como el riesgo es estar conscientes de que se vive en tal situación. Algunos programas como la capacitación a los Comités Comunitarios y los cursos de verano para niños en donde se les enseñan a actuar ante una situación de peligro puede salvar sus vidas, más no así sus medios de subsistencia. Se sigue enfrentando al riesgo por el lado equivocado, una vez ya construido el riesgo, se pretende “prevenirlo”, y no se buscan las razones verdaderas que le han dado su origen.

En cuanto al Atlas de Riesgos elaborado con financiamiento de SEDESOL, cabe la enorme duda de que pueda servir para algún tomador de decisiones; empezando por el nombre que le dan al Atlas: *“Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico”*, o es peligro, o es vulnerabilidad, el “y/o” evoca a pensar que peligro y vulnerabilidad son sinónimos.

Otro gran defecto del Atlas es la escala de los mapas, demasiado pequeña para hacer cualquier tipo de análisis, e.g. 1: 500 000, lo que no permitiría un análisis de riesgos a nivel local, y en algunos casos, ni siquiera a nivel municipal.

La representación de la vulnerabilidad y el riesgo, la cual no saben si denominarla como vulnerabilidad o cómo *“Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante otros fenómenos (En caso de contar con esta información)”*, su análisis está basado en la comparación de datos a nivel

regional y municipal. Este último, toma en cuenta a la cantidad de población por localidad y la intensidad de algún peligro (no se sabe cómo se obtuvo dicha intensidad), su interpretación es la siguiente: “A mayor número de localidades en zonas de inundación mayor vulnerabilidad”, interpretación que es completamente falsa, puesto que la vulnerabilidad no se determina por la cantidad de habitantes en una localidad en peligro. Como se discutió anteriormente, la vulnerabilidad está determinada principalmente por las condiciones de vida de la sociedad, y esto implica, el ingreso económico, el nivel de educación, la calidad de servicios e infraestructura como la salud, el drenaje, alcantarillado, agua potable, etc. Por otro lado, el peligro debe caracterizarse considerando, la recurrencia, la magnitud y la extensión que éste presente.

La falta de consolidación de conceptos como riesgo, peligro y vulnerabilidad dejan una gran barrera al tratar de comprender lo que se intenta transmitir a los tomadores de decisiones. La falta de comprensión de alguno de estos tres conceptos genera un vuelco en cuanto al significado de los otros dos. Antes que cualquier acto de prevención, deben quedar claros estos conceptos entre técnicos, científicos, tanto de las ciencias sociales como de las exactas, y por supuesto para las autoridades de Protección Civil que son los que implementan los planes de acción para la prevención, mitigación y atención de los desastres.

Es importante y necesario el estudio de la Vulnerabilidad (socioeconómica), buscar los medios para disminuirla, empoderar a la sociedad a través de la educación y la concientización de que los eventos o fenómenos naturales no son peligrosos si se cuenta con los recursos sociales y económicos suficientes para sobrellevarlos, y eso se lograría únicamente a través de un cambio radical del sistema económico.

Pero antes que todo esto, es vital comprender la enorme diferencia entre vulnerabilidad social y los fenómenos antropogénicos.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Se menciona esto haciendo referencia al último párrafo de la página (105), ya que se le hace la pregunta al Cnte. Víctor Amezcua de si se han hecho estudios acerca de la vulnerabilidad social, y su respuesta es que “no sólo se manejan los fenómenos naturales sino también los antropogénicos...”, lo que se entiende por una grave confusión de términos por parte del Subdirector de Protección Civil de la Región Tsotsil Tseltal por una parte, y por otra, se evidencia que no se han hecho estudios de este tipo en SCLC.

# CONCLUSIONES

Cuando se inició esta investigación, se tenían incertidumbres con respecto a la comprensión de los tres conceptos pilares: peligro, vulnerabilidad y riesgo, que se hacía mayor conforme más se indagaba acerca de ellos; libros, revistas, conferencias, mesas de discusión, seminarios y pláticas cotidianas acrecentaron las dudas en un principio y fueron determinando una forma de pensar, aprender y comprender el proceso de gestación del riesgo de desastre.

Como se vio a lo largo del trabajo investigativo:

Un fenómeno natural únicamente tiene cabida desde la concepción y escala humana. Dicho fenómeno es uno de los millones de eventos que le ha sucedido a la Tierra desde su formación, una insignificancia para el Sistema Solar, y más aún para el Universo. Por lo tanto es una aberración considerar a un fenómeno natural como algo que nos amenace. Sin embargo, nuestra condición como seres humanos nos ha llevado a vivir en sociedad, hemos adoptado y reproducido formas de vivir extremadamente desiguales, que exponen a ciertos sectores de la misma sociedad de tal manera que cualquier evento natural, por mínimo que sea, parezca un peligro.

Esta exposición de ciertos sectores de la sociedad, relacionada con la localización de sus viviendas, sus ingresos económicos, y el acceso a servicios como salubridad y educación se conoce como vulnerabilidad.

En SCLC, el peligro por inundaciones, no es igual en toda la Ciudad, tanto el Centro, como la zona poniente y algunas colonias del oriente de la ciudad no se ven afectadas por las inundaciones. Por otra parte, un tercio de la población sufre inundaciones concurrentemente. De igual forma, existen 24 colonias que tienen manzanas con un nivel de vulnerabilidad alto y muy alto, de éstas, sólo una se encuentra en riesgo muy alto (María Auxiliadora).



En cuanto a las colonias que resultaron estar en un nivel moderado o bajo de vulnerabilidad, seis reflejaron estar en riesgo alto (Valle del Sur, El Relicario, Vista Hermosa, San Nicolás, La Candelaria y La Hormiga), y otras seis en riesgo medio (El Paraíso, La Isla, La Florida, Monte de los Olivos, 5 de Marzo y Los Pinos), lo que indica que aunque no tengan las peores condiciones de vida, su poder adquisitivo no les es suficiente para contrarrestar los daños causados por alguna inundación severa. Más del 60% de la población que se encuentra en peligro por inundación tiene un riesgo muy bajo, por lo que se concluye que el **riesgo** por inundación en SCLC, en promedio, es **bajo**.

Es evidente que la vulnerabilidad no disminuirá en SCLC, por el contrario, lo más seguro es que aumente, y aunque el riesgo por inundación sea en promedio bajo, no significa que no haya otros peligros en los que esta vulnerabilidad se evidencie. Por ejemplo, las zonas sur y norte de SCLC tienen un alto nivel de vulnerabilidad, ambas zonas forman parte de la periferia y la mayoría de la población indígena se asienta aquí (Mapa 4 del Anexo 3), al encontrarse sobre las laderas es improbable que se inunden, sin embargo el riesgo por deslizamiento de ladera en estas zonas es latente. Conocer estos y otros peligros que afecten a SCLC será parte de futuras investigaciones, así como la actualización del mapa de vulnerabilidad socioeconómica.

Otra de las principales aportaciones de este trabajo es el mapa de vulnerabilidad socioeconómica elaborado en esta investigación, ya que se puede combinar con cualquier mapa de peligros para la obtención de un riesgo específico al menos durante los próximos dos años (tiempo aproximado para que los datos del Censo de Población y Vivienda 2015 estén disponibles). Para dicha actualización se puede volver a utilizar la misma metodología desarrollada en la presente investigación por dos razones: la primera es porque los indicadores empleados son los más elementales para conocer la vulnerabilidad social y económica, y la segunda, porque se considera que abordar a la vulnerabilidad a nivel manzana es la escala más adecuada para el estudio del riesgo en una localidad.

Es importante resaltar que la evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica es un proceso complejo que no se limita a sólo analizar 17 indicadores tomados de un CENSO. Sin embargo, es un primer acercamiento para su investigación y análisis. El ejercicio de mapear la vulnerabilidad a nivel manzana a través de indicadores, podría implementarse

como un procedimiento estandar de gabinete previo a un trabajo de campo que permita un análisis más elaborado y con más variables socioeconómicas obtenidas mediante encuestas directamente a la población. No obstante, para esto se requiere tanto de recursos humanos y económicos, como de la participación de los mismos encuestados. Por otro lado, el primer ejercicio de gabinete aquí propuesto, permitirá identificar una distribución preliminar de la vulnerabilidad.

Es importante señalar que el aporte más significativo de esta investigación fué la combinación de diferentes metodologías para evaluar el riesgo. La metodología empleada por el CENAPRED para obtener el peligro por inundación, junto con la metodología de la NOAA para la evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica, que a su vez requirió el aporte de otras metodologías como la de Natenzon (2000), CENAPRED, IMTA y CONAPO para la determinación de indicadores; dieron como resultado el objetivo principal de esta investigación que fué: determinar el riesgo por inundación en SCLC. El uso de los SIGs durante toda la investigación, permitió que la metodología para la determinación del riesgo fuera un aporte original de este trabajo.

Para terminar quisiera compartir un párrafo de Daniel Rodríguez Velázquez que se considera adecuado para los fines y resultados de esta investigación:

*“Un problema de las percepciones sobre los desastres es la sujeción de éstos a la manipulación mediática e ideológica de los grupos en el poder, que buscan así remitir la causalidad de los desastres a la fenomenología de la implacable naturaleza y de los accidentes producidos por errores humanos. El estado actual de las políticas, leyes y programas de protección civil expresa las resistencias de la llamada clase política para reconstruir las instituciones y avanzar en una estrategia que vincule desarrollo, ordenamiento territorial, prevención y bienestar, con base en un proyecto nacional definido soberanamente.” (Rodríguez Velázquez, 2007)*



# FUENTES

- APARICIO, J. (2001). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México: Limusa y Grupo Noriega Editores.303pp.
- ARCGIS RESOURCES. (2012). *Clasificar campos numéricos para simbología graduada*. Consultado el 14 de octubre de 2013 en <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//00s50000001r000000>
- ARCHIVO HISTÓRICO DIOCESANO, San Cristóbal de Las Casas -AHD-SCLC- (1982), *Boletín 4*, Instituto de Asesoría Antropológica para la Región Maya, A.C. (INAREMAC), Editorial Tiempo, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.
- BARÓ SUÁREZ, J. E., CALDERÓN, G., DÍAZ-DELGADO, C., Y ESTELLER, M. V. (2005). *Calculo de daños económicos potenciales por inundación en zonas habitacionales: un estudio de caso en el curso alto del río Lerma, Estado de México*. *Quivera*, 7 (2), 76-96. Visitado el 6 de mayo de 2013, en <http://www.redalyc.org/pdf/401/40170203.pdf>.
- BARRENECHEA, J., GENTILE, E., GONZÁLEZ, S., Y NATENZON, C. (2000). *Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo*. Argentina: Universidad de Buenos Aires. 13 p.
- BENDER, S. (1993). *Preparación en Caso de Desastres y Desarrollo Sostenible*. *Desastres & Sociedad*, 1 (1), 98-102.
- BLAKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I., Y WISNER, B. (1996). *Vulnerabilidad: El entorno Social, Político y Económico de los Desastres*". Consultado el 6 de mayo de 2013, en [http://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/vesped-todo\\_sep-09-2002.pdf](http://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/vesped-todo_sep-09-2002.pdf)
- BREMER, M.H., Y LARA, C.A. (2001). *Proyecto de Atlas de Riesgo de Inundación de la Ciudad de Monterrey*. México: Re por te ITESM.
- CALDERÓN ARAGÓN, G. (1998). *Geografía de riesgos. Fundamentos económicos y sociales*. Tesis de doctorado en Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 468pp.

- CALDERÓN ARAGÓN, G. (2001). *Construcción y reconstrucción del desastre*. México: Plaza y Valdés. 502pp.
- CALDERÓN ARAGÓN, G. (2011). Lo ideológico de los términos en los desastres. *Revista Geográfica de América Central*, 2<sup>do</sup> Semestre.
- CARDONA, O. D. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. En MASKREY, A. (Comp.), *Los Desastres no son naturales* (pp. 45-47). Bogotá: La Red.
- CENAPRED. (2012). Consultado el 12 de Febrero de 2012 en <http://www.cenapred.unam.mx/es/PreguntasFrecuentes/faqpopo5.html#interno>
- CEPAL. (2012). Clasificación según los umbrales naturales (natural breaks o Jenks). Consultado el 2 de Octubre de 2013 en <http://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/guia-contenido-441-d1.php>
- CHOUZA, P. (2013, 22 Diciembre). La Revolución estéril, *El País* [en línea]. Consultado el 23 de diciembre de 2013 en [http://internacional.elpais.com/internacional/2013/12/22/actualidad/1387744564\\_627323.html](http://internacional.elpais.com/internacional/2013/12/22/actualidad/1387744564_627323.html)
- CHOW, V.T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Colombia: McGraw-Hill. 667pp.
- CONAGUA. (2012). *Atlas del Agua en México*. Consultado el 9 de febrero de 2013, en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-36-12.pdf>
- CUEVAS PORTILLA, J. (2007). *Crónica de un desastre anunciado*. Tesis de licenciatura en antropología social. México: Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- DE SMITH, M., LONGLEY, P., Y GOODCHILD, M. (2007). Univariate classification schemes. En *Geospatial Analysis – A Comprehensive Guide* (pp 99-102) (4ta ed.) [Versión electrónica en Google Book].
- EIRD/ONU. (2011). *Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres*. Ginebra: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. Consultado el 9 de mayo de 2013 en [http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/GAR-2011/SP\\_GAR2011\\_Report\\_Frontmatter.pdf](http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/GAR-2011/SP_GAR2011_Report_Frontmatter.pdf)
- ESLAVA MORALES, ET AL. (2006). *Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgo*. México: CENAPRED. 387pp.

- FÁBREGAS PUIG A. (2008). ¿Qué define el sur? ¿Qué es la frontera sur? En: *El Sur Desde El Sur. Memorias De Un Simposium*. Tabasco, México: Gobierno del Estado de Tabasco, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y Gobierno del Estado de Chiapas.
- GARCÍA ACOSTA, V. (2002). Una visita al pasado. Los huracanes en Yucatán. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*, 17, (223), 3-15.
- GARCÍA ARRÓLIGA, N., MARÍN, R., Y MÉNDEZ, K. (2006). Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. En *Serie Atlas Nacional de Riesgos: Vulnerabilidad Social* (pp. 75-130). México: CENAPRED. Consultado el 14 de octubre de 2013 en <http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/375/1/images/evfs.pdf>.
- GARCÍA CUARTAS, J., (2006). *Flujo Permanente Gradualmente Variado, Canales Prismáticos*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 217pp.
- GARCÍA G., A. (2005). La cuenca hidrológica de San Cristóbal de las Casas Chiapas: entre la gestión local y nacional. En VARGAS, S. (Ed.), *Problemas socio-ambientales y experiencias organizativas en las cuencas de México* (pp. 219-244). Jiutepec, Morelos, México: IRD-IMTA.
- GONZÁLES, M., Y BAIRES, S. (1996). De derrumbes e inundados. En LUNGO, M., Y BAIRES, S., (comp.), *De terremotos, derrumbes e inundados*. El salvador: La Red.
- HELBIG, CARLOS M.A. (1976). *Chiapas. Geografía de un estado mexicano*. México: Gobierno del Estado de Chiapas.
- HERNÁNDEZ, M., Y ROMERO, E. (COMP.). (2003). *Los desastres no son naturales*. San Salvador, El Salvador: Asociación Equipo Maíz. 80pp.
- IBÁÑEZ, S., MORENO, H. Y GISBERT, J. (2006). *Métodos para determinación del tiempo de concentración (tc) de una cuenca hidrográfica* [libro electrónico]. España: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Consultado el 28 de mayo de 2013 en <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10779/Tiempo%20de%20concentraci%C3%B3n.pdf>

- IMTA. (2010). *Atlas de Vulnerabilidad Hídrica en México ante el Cambio Climático*. Consultado el 9 de febrero de 2013, en [http://www.imta.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=647](http://www.imta.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=647)
- INEGI. (s.f.). *Información geográfica del SCLC*. Consultado el 9 de Febrero del 2013 en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/07/07078.pdf>
- INEGI. (s.f.). *SIATL: Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (Versión 2.1)*. Consultado el 10 de febrero de 2013 en [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/SIATL/index.html#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/index.html#)
- INEGI. (2013). *Productos y servicios, Cartografía urbana geoestadística*. Consultado el 14 de octubre de 2013 en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/urbana/localidadescarto.aspx>.
- JENKS, G. F. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography* 7, 186-190.
- LAVELL, A. (1996). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: Hacia la definición de una agenda de Investigación. En FERNÁNDEZ, M. A. (comp.), *Ciudades en Riesgo* (pp. 12-42). Lima, Perú: La Red. Consultado el 10 de Febrero del 2013 en [http://www.desenredando.org/public/libros/1996/cer/CER\\_todo\\_ene-7-2003.pdf](http://www.desenredando.org/public/libros/1996/cer/CER_todo_ene-7-2003.pdf).
- LEON, P. (1996). *Natural Disasters*. San Diego: San Diego State University. pp 293 - 320.
- LEWIS, D. (2010). *Jenks' Natural Breaks Algorithm in Python*. Consultado el 21 de noviembre de 2013 en <http://danieljlewis.org/2010/06/07/jenks-natural-breaks-algorithm-in-python/>
- LINAYO, A. (2012). Aproximaciones a la problemática de los desastres desde tres concepciones de la relación hombre-naturaleza. *Aquetipo*, (4), 39-48. Consultado el 8 de mayo de 2013, en <http://biblioteca.ucp.edu.co/OJS/index.php/arquetipo/article/view/1346/pdf>.
- MACÍAS MEDRANO, J. M. (1990). *Desastres y Protección Civil. Problemas sociales, políticos y organizacionales*. México: CIESAS. 102pp.
- MACÍAS MEDRANO, J. M. (1992). Significado de la vulnerabilidad social a los desastres. *Revista Mexicana de Sociología*, 54 (4), 3-10.

- MANSILLA, E. (2000). *Riesgo y Ciudad* [libro electrónico]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, División de estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura. 181pp. Consultado el 6 de mayo de 2013, en <http://www.desenredando.org/public/libros/2000/ryc/RiesgoYCiudad-1.0.1.pdf>.
- MASKREY, A. (1993). Como entender los desastres naturales. En MASKREY, A. (comp.), *Los Desastres no son naturales* (pp. 1-7). Bogotá: La Red.
- MERWADE VENKATESH. (2012). *Tutorial on using HEC-GeoRAS with ArcGIS 10 and HEC-RAS Modeling*. E.U.A.: School of Civil Engineering, Purdue University. 34pp.
- MÉXICO. PROTECCIÓN CIVIL. (2012). *Ley General de Protección Civil*. Consultado el 31 de mayo de 2013 en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC.pdf>
- MÉXICO. SEDESOL. (2013). *Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de San Cristóbal de las Casas. Informe Final 2013*.
- MONTOYA, G., HERNÁNDEZ, J. (2008). Vulnerabilidad y riesgo por inundación en San Cristóbal de las Casas, Chiapas. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 23, (1), 83-122.
- NATENZON, C., BARRENECHEA, J., GENTILE, E., Y GONZALEZ, S. *Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco teórico social del riesgo*. Ponencia de la IVª Jornada de Sociología, Universidad de Buenos Aires. Argentina: Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y ambiente. Instituto de Geografía FFyL-UBA. Consultado el 14 de Octubre de 2013 en <http://bkp.pirna.com.ar/system/files/PON-Barrenechea-Gentile-Gonzalez-Natenzon-Una%20propuesta%20metodologica%20para%20el%20estudio%20de%20la%20vulnerabilidad.pdf>.
- NOVELO-CASANOVA, D.A. Y SUAREZ, G. (2010). Natural and man-made hazards in Cayman Islands. *Natural hazards*, 55 (2), 441-466. Visitada el 13 de noviembre 2013, en <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11069-010-9539-0>
- OLAYA, V. (2011). *Sistemas de Información Geográfica*. Consultado el 24 de diciembre de 2013 en [http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro\\_SIG](http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG).
- OLCINA CANTOS, J. (2013). *Prevención de riesgos: cambio climático, sequías e inundaciones* [libro electrónico]. España: Fundación Nueva Cultura del Agua, Universidad de



- Alicante. 240pp. Consultado el 29 de mayo de 2013 en <http://www.unizar.es/fnca/varios/panel/61.pdf>
- PERROW, C. (1984). *Normal Accidents. Living with High-Risk Technologies*. New York: Basic Books.
  - PERETTI-WATEL, P. (2001). *La société du Risque*. Francia: La Découverte.
  - PIZARRA TAPIA, R., ARAVENA GARRIDO, D. ET AL. (2007). *Curvas Intensidad Duración Frecuencia para la zona centro sur de Chile* [libro electrónico]. Chile: UNESCO, Programa Hidrológico Internacional. 126pp. Consultado el 29 de mayo de 2013 en [http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/libros/Curvas\\_Intensidad\\_Duracion\\_Frecuencia.pdf](http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/libros/Curvas_Intensidad_Duracion_Frecuencia.pdf)
  - QUARANTELLI, E.L. (1988). Disaster crisis management: A summary of research findings. *Journal of Management Studies*, (25), 373-385.
  - RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ, D. (2007). Desastres y estudios sociales y territoriales. *Ciudades*, 18 (74), 11-18.
  - ROJAS, J., ALBA, M. (2011). *Los humedales de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México*. México: PRONATURA SUR A.C.
  - SALAS SALINAS. (2011). *Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas* [libro electrónico]. México: CENAPRED, 70pp. Consultado el 5 de mayo de 2013 en [http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=53&limit=10&limitstart=0&order=name&dir=DESC&Itemid=215](http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=53&limit=10&limitstart=0&order=name&dir=DESC&Itemid=215)
  - SALAS SALINAS, JIMÉNEZ ESPINOZA. (2007). *Serie Fascículos: Inundaciones*. México: CENAPRED. 53pp.
  - SOARES, D., ROMERO, R., Y LÓPEZ, R. (2010). Índice de vulnerabilidad social. En MARTÍNEZ P. (Ed.), *Atlas de Vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático* (pp. 9-38). México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
  - US ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE). (2010). *HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual* [libro electrónico]. E.U.A.: Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center. 417pp. Visitado el 5 de junio de 2013, en [www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil)

- US ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE). (2011). *HEC-GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS, User's Manual* [libro electrónico]. E.U.A.: Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center. 204pp. Visitado el 5 de junio de 2013, en [www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil).
- VELASCO S. MANUEL (1973), *Inundaciones en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas*, p.19. s.f.
- WIKIGIS. (2011). *Jenks optimization*. Consultado el 10 de octubre del 2013 en [http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Jenks\\_optimization](http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Jenks_optimization)
- WILCHES- CHAUX, G. (1993). La vulnerabilidad global. En MASKREY, A. (comp.) *Los Desastres no son naturales* (pp. 11-44). Bogotá: La Red.
- ZEBADÚA, EMILIO (2010). *Chiapas, historia breve*. (pp. 31-45). México: Secretaría de Educación Pública, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica.
- ZEBALLOS MORENO, O. (1996). Ocupación de las laderas: incremento del riesgo por degradación ambiental urbana en Quito, Ecuador. En FERNÁNDEZ, M. A. (comp.), *Ciudades en Riesgo, degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres* (pp. 122-132). Quito, Ecuador: La Red. Consultado el 29 de mayo de 2013 en [http://www.desenredando.org/public/libros/1996/cer/CER\\_todo\\_ene-7-2003.pdf](http://www.desenredando.org/public/libros/1996/cer/CER_todo_ene-7-2003.pdf)
- ZÚÑIGA T., E. (2009). *Análisis de riesgo por inundaciones como consecuencia del desbordamiento del Río Yautepec, Morelos, México*. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.



# ANEXOS

## ANEXO 2.1 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

$$\text{Kirpich 2} \quad t_c = 0.02 L^{0.77} S^{-0.385}$$

donde:

$t_c$  tiempo de concentración (minutos)

$L$  longitud del cauce principal, (m)

$S$  pendiente del cauce principal,  
(m/m)

**Río Amarillo**

Tramo Superior	$Tc = 0.02 (8018.39^{0.77})(0.008106^{-0.385}) =$	129.50 minutos 2.15 horas
----------------	---	------------------------------

Tramo Inferior	$Tc = 0.02 (4852.28^{0.77})(0.000206^{-0.385}) =$	361.71 minutos 6.02 horas
----------------	---	------------------------------

Río Chamula	$Tc = 0.02 (6880.04^{0.77})(0.019041^{-0.385}) =$	82.85 minutos 1.38 horas
-------------	---	-----------------------------

Río Fogótico	$Tc = 0.02 (8641.21^{0.77})(0.015391^{-0.385}) =$	107.17 minutos 1.78 horas
--------------	---	------------------------------

San Felipe	$Tc = 0.02 (5016.92^{0.77})(0.01985^{-0.385}) =$	63.92 minutos 1.06 horas
------------	--	-----------------------------

Navajuelos	$Tc = 0.02 (4439.069^{0.77})(0.006082^{-0.385}) =$	91.74 minutos 1.52 hrs
------------	--	---------------------------

## ANEXO 2.2 PRECIPITACIÓN E INTENSIDAD

$$hp_{tc} = \frac{hp_{24} - hp_1}{3.1781} (\ln(t_c)) + hp_1$$

$hp_{tc}$  = valor de la precipitación para una duración igual al tiempo de la concentración de la cuenca en estudio, mm

**Río Amarillo**

## Tramo Superior

Tr (años)	Precipitación		
	$Hp_1$ d = 1 h	$Hp_{24}$ d = 24 h	$hp_{tc}$ d = tc
20	170	51	<b>157.55mm</b>

$$hp_{tc} = \frac{51-170}{3.1781} (\ln 2.15) + 170 = 157.55 \text{ mm}$$

## Tramo Inferior

Tr (años)	Precipitación		
	$Hp_1$ d = 1 h	$Hp_{24}$ d = 24 h	$hp_{tc}$ d = tc
20	170	51	<b>140.80mm</b>

$$hp_{tc} = \frac{51-170}{3.1781} (\ln 6.02) + 170 = 140.8 \text{ mm}$$

**Río Chamula**

Tr (años)	Precipitación		
	$Hp_1$ d = 1 h	$Hp_{24}$ d = 24 h	$hp_{tc}$ d = tc
20	170	51	<b>164.76mm</b>

$$hp_{tc} = \frac{51-170}{3.1781} (\ln 1.38) + 170 = 164.76 \text{ mm}$$

**Río Fogótico**

Tr (años)	Precipitación		
	$Hp_1$ d = 1 h	$Hp_{24}$ d = 24 h	$hp_{tc}$ d = tc
20	170	51	<b>160.62mm</b>

$$hp_{tc} = \frac{51-170}{3.1781} (\ln 1.78) + 170 = 160.62 \text{ mm}$$

**San Felipe**

Tr (años)	Precipitación		
	$Hp_1$ d = 1 h	$Hp_{24}$ d = 24 h	$hp_{tc}$ d = tc
20	170	51	<b>169.05mm</b>

$$hp_{tc} = \frac{51-170}{3.1781} (\ln 1.06) + 170 = 169.05 \text{ mm}$$

## Navajuelos

Tr (años)	Precipitación		
	$H_{p1}$ d = 1 h	$H_{p24}$ d = 24 h	$h_{p_{tc}}$ d = tc
20	170	51	163.19mm

$$h_{p_{tc}} = \frac{51-170}{3.1781} (\text{Ln } 1.52)^+ 170 = 163.19 \text{ mm}$$

$$i = \frac{h_{p_{tc}}}{d}$$

$i$  = intensidad es la cantidad de agua que precipita por unidad de tiempo, mm/h

Suponiendo una duración de 24 horas

## Río Amarillo

Tramo Superior

$$i = \frac{157.55}{24} = 6.5 \text{ mm/h}$$

Tramo Inferior

$$i = \frac{140.8}{24} = 5.8 \text{ mm/h}$$

## Río Chamula

$$i = \frac{164.76}{24} = 6.8 \text{ mm/h}$$

## Río Fogótico

$$i = \frac{160.62}{24} = 6.6 \text{ mm/h}$$

**San Felipe**

$$i = \frac{169.05}{24} = 7.04 \text{ mm/h}$$

**Navajuelos**

$$i = \frac{163.19}{24} = 6.79 \text{ mm/h}$$



## ANEXO 2.3 GASTOS O CAUDALES

$$Q_p = 0.278 C i A$$

$$Q_p = \text{gasto m}^3/\text{s}$$

$C$  = calles asfaltadas con un coeficiente de escurrimiento igual a 0.70

$i$  = Ver anexo 2.2

$A$  = 173.65 km<sup>2</sup>

**Río Amarillo**

Tramo Superior

$$Q_p = 0.278 (0.7) (6.5) (173.65) = 219.64 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tramo Inferior

$$Q_p = 0.278 (0.7) (5.8) (173.65) = 195.99 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Río Chamula**

$$Q_p = 0.278 (0.7) (6.8) (173.65) = 229.78 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Río Fogótico**

$$Q_p = 0.278 (0.7) (6.6) (173.65) = 223.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

**San Felipe**

$$Q_p = 0.278 (0.7) (7.04) (173.65) = 237.89 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Navajuelos**

$$Q_p = 0.278 (0.7) (6.79) (173.65) = 229.44 \text{ m}^3/\text{s}$$

## ANEXO 2.4 HIDROGRAMAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

	Río Amarillo		Río Chamula	Río Fogótico	San Felipe	Navajuelos	unidades
	Tramo Superior	Tramo Inferior					
Tiempo de retraso $t_r = 0.6t_c$	1.29	3.6	0.8	1.06	0.6	0.9	horas
Tiempo pico $t_p = \frac{d_e}{2} + t_r$	1.43	1.44	0.89	1.18	0.67	1.25	horas
Tiempo de base $t_b = 2.6t_p$	3.71	3.74	2.31	3.06	1.74	3.25	días
Gasto de Pico $q_p = \frac{0.208A_c}{t_p}$	25.25	25.08	40.58	30.61	45.68	28.89	m <sup>3</sup> /seg/mm

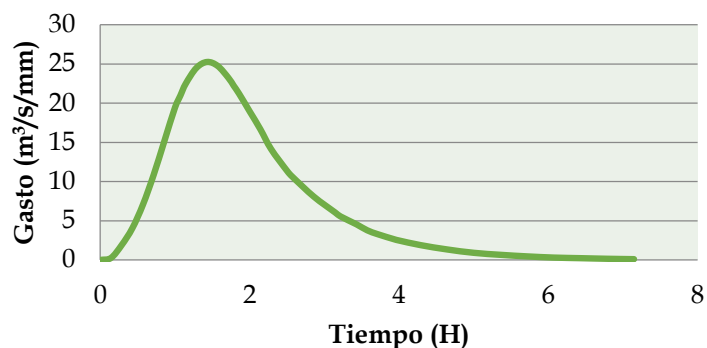
## Río Amarillo Tramo Superior

Tiempo de pico  $t_p = 1.43$ Gasto de pico  $q_p = 25.25$ 

Coordenadas		Hidrograma	
t/t <sub>p</sub>	q/q <sub>p</sub>	t/t <sub>p</sub>	q/q <sub>p</sub>
0.000	0.000	0	0
0.100	0.010	0.143	0.2525
0.200	0.075	0.286	1.89375
0.300	0.160	0.429	4.04
0.400	0.280	0.572	7.07
0.500	0.430	0.715	10.8575
0.600	0.600	0.858	15.15
0.700	0.770	1.001	19.4425
0.750	0.830	1.0725	20.9575
0.800	0.890	1.144	22.4725
0.900	0.970	1.287	24.4925
1.000	1.000	1.43	25.25
1.100	0.980	1.573	24.745
1.200	0.920	1.716	23.23
1.250	0.880	1.7875	22.22
1.300	0.840	1.859	21.21
1.400	0.750	2.002	18.9375

1.500	0.660	2.145	16.665
1.600	0.560	2.288	14.14
1.750	0.450	2.5025	11.3625
1.800	0.420	2.574	10.605
2.000	0.320	2.86	8.08
2.200	0.240	3.146	6.06
2.250	0.220	3.2175	5.555
2.400	0.180	3.432	4.545
2.500	0.150	3.575	3.7875
2.600	0.130	3.718	3.2825
2.750	0.105	3.9325	2.65125
2.800	0.098	4.004	2.4745
3.000	0.075	4.29	1.89375
3.250	0.053	4.6475	1.33825
3.500	0.036	5.005	0.909
3.750	0.026	5.3625	0.6565
4.000	0.018	5.72	0.4545
4.250	0.012	6.0775	0.303
4.500	0.009	6.435	0.22725
4.750	0.006	6.7925	0.1515
5.000	0.004	7.15	0.101

## HUA-Rio Amarillo (tramo superior)



### Rio Amarillo Tramo Inferior

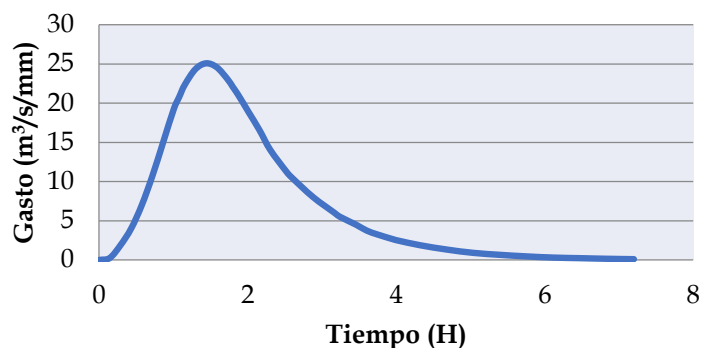
Coordenadas		Hidrograma	
t/t <sub>p</sub>	q/q <sub>p</sub>	t/t <sub>p</sub>	q/q <sub>p</sub>
0.000	0.000	0	0
0.100	0.010	0.144	0.2508
0.200	0.075	0.288	1.881
0.300	0.160	0.432	4.0128
0.400	0.280	0.576	7.0224
0.500	0.430	0.72	10.7844
0.600	0.600	0.864	15.048
0.700	0.770	1.008	19.3116
0.750	0.830	1.08	20.8164
0.800	0.890	1.152	22.3212
0.900	0.970	1.296	24.3276
1.000	1.000	1.44	25.08
1.100	0.980	1.584	24.5784
1.200	0.920	1.728	23.0736
1.250	0.880	1.8	22.0704
1.300	0.840	1.872	21.0672
1.400	0.750	2.016	18.81
1.500	0.660	2.16	16.5528
1.600	0.560	2.304	14.0448

Tiempo de pico  $t_p = 0.89$

Gasto de pico  $q_p = 40.58$

1.750	0.450	2.52	11.286
1.800	0.420	2.592	10.5336
2.000	0.320	2.88	8.0256
2.200	0.240	3.168	6.0192
2.250	0.220	3.24	5.5176
2.400	0.180	3.456	4.5144
2.500	0.150	3.6	3.762
2.600	0.130	3.744	3.2604
2.750	0.105	3.96	2.6334
2.800	0.098	4.032	2.45784
3.000	0.075	4.32	1.881
3.250	0.053	4.68	1.32924
3.500	0.036	5.04	0.90288
3.750	0.026	5.4	0.65208
4.000	0.018	5.76	0.45144
4.250	0.012	6.12	0.30096
4.500	0.009	6.48	0.22572
4.750	0.006	6.84	0.15048
5.000	0.004	7.2	0.10032

## HUA-Rio Amarillo (tramo inferior)



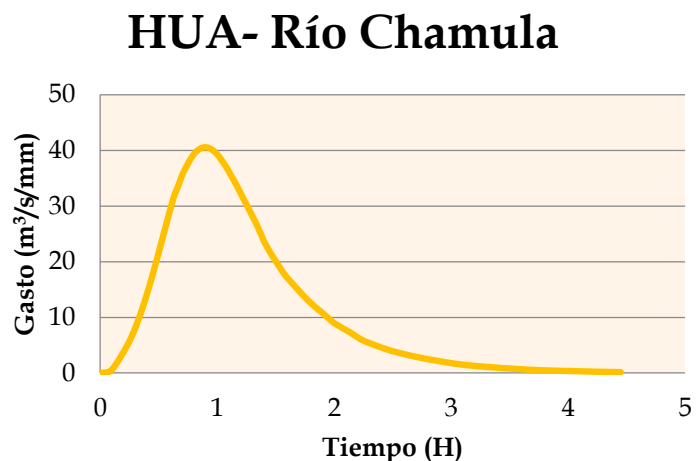
### Rio Chamula

Coordenadas		Hidrograma	
t/t <sub>p</sub>	q/q <sub>p</sub>	t/t <sub>p</sub>	q/q <sub>p</sub>
0.000	0.000	0	0
0.100	0.010	0.089	0.4058
0.200	0.075	0.178	3.0435
0.300	0.160	0.267	6.4928
0.400	0.280	0.356	11.3624
0.500	0.430	0.445	17.4494
0.600	0.600	0.534	24.348
0.700	0.770	0.623	31.2466
0.750	0.830	0.6675	33.6814
0.800	0.890	0.712	36.1162
0.900	0.970	0.801	39.3626
1.000	1.000	0.89	40.58
1.100	0.980	0.979	39.7684
1.200	0.920	1.068	37.3336
1.250	0.880	1.1125	35.7104
1.300	0.840	1.157	34.0872
1.400	0.750	1.246	30.435
1.500	0.660	1.335	26.7828
1.600	0.560	1.424	22.7248
1.750	0.450	1.5575	18.261
1.800	0.420	1.602	17.0436

Tiempo de pico  $t_p = 0.89$

Gasto de pico  $q_p = 40.58$

2.000	0.320	1.78	12.9856
2.200	0.240	1.958	9.7392
2.250	0.220	2.0025	8.9276
2.400	0.180	2.136	7.3044
2.500	0.150	2.225	6.087
2.600	0.130	2.314	5.2754
2.750	0.105	2.4475	4.2609
2.800	0.098	2.492	3.97684
3.000	0.075	2.67	3.0435
3.250	0.053	2.8925	2.15074
3.500	0.036	3.115	1.46088
3.750	0.026	3.3375	1.05508
4.000	0.018	3.56	0.73044
4.250	0.012	3.7825	0.48696
4.500	0.009	4.005	0.36522
4.750	0.006	4.2275	0.24348
5.000	0.004	4.45	0.16232



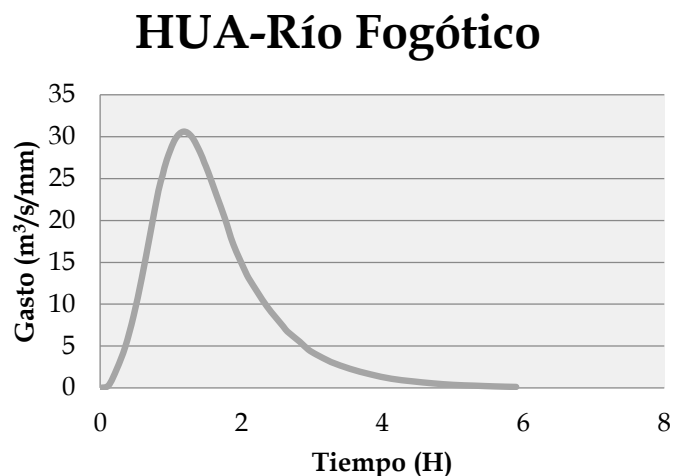
#### Río Fogótico

Coordenadas		Hidrograma	
$t/t_p$	$q/q_p$	$t/t_p$	$q/q_p$
0.000	0.000	0	0
0.100	0.010	0.118	0.3061
0.200	0.075	0.236	2.29575
0.300	0.160	0.354	4.8976
0.400	0.280	0.472	8.5708
0.500	0.430	0.59	13.1623
0.600	0.600	0.708	18.366
0.700	0.770	0.826	23.5697
0.750	0.830	0.885	25.4063
0.800	0.890	0.944	27.2429
0.900	0.970	1.062	29.6917
1.000	1.000	1.18	30.61
1.100	0.980	1.298	29.9978
1.200	0.920	1.416	28.1612
1.250	0.880	1.475	26.9368
1.300	0.840	1.534	25.7124
1.400	0.750	1.652	22.9575
1.500	0.660	1.77	20.2026
1.600	0.560	1.888	17.1416
1.750	0.450	2.065	13.7745
1.800	0.420	2.124	12.8562
2.000	0.320	2.36	9.7952
2.200	0.240	2.596	7.3464

Tiempo de pico  $t_p = 1.18$

Gasto de pico  $q_p = 30.61$

2.250	0.220	2.655	6.7342
2.400	0.180	2.832	5.5098
2.500	0.150	2.95	4.5915
2.600	0.130	3.068	3.9793
2.750	0.105	3.245	3.21405
2.800	0.098	3.304	2.99978
3.000	0.075	3.54	2.29575
3.250	0.053	3.835	1.62233
3.500	0.036	4.13	1.10196
3.750	0.026	4.425	0.79586
4.000	0.018	4.72	0.55098
4.250	0.012	5.015	0.36732
4.500	0.009	5.31	0.27549
4.750	0.006	5.605	0.18366
5.000	0.004	5.9	0.12244



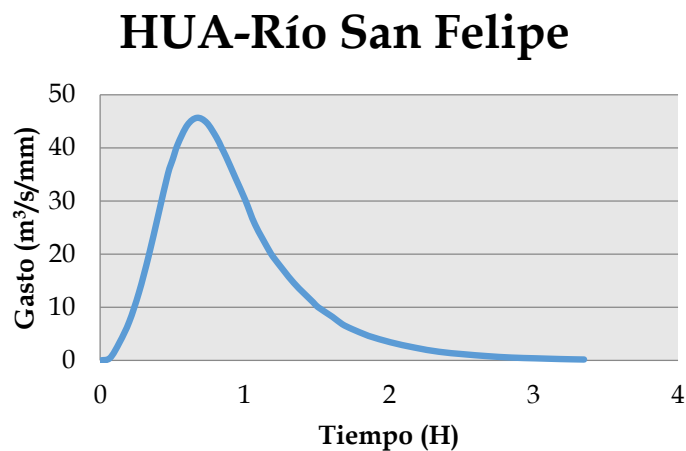
#### Río San Felipe

Coordenadas		Hidrograma	
t/t <sub>p</sub>	q/q <sub>p</sub>	t/t <sub>p</sub>	q/q <sub>p</sub>
0.000	0.000	0	0
0.100	0.010	0.067	0.4568
0.200	0.075	0.134	3.426
0.300	0.160	0.201	7.3088
0.400	0.280	0.268	12.7904
0.500	0.430	0.335	19.6424
0.600	0.600	0.402	27.408
0.700	0.770	0.469	35.1736
0.750	0.830	0.5025	37.9144
0.800	0.890	0.536	40.6552
0.900	0.970	0.603	44.3096
1.000	1.000	0.67	45.68
1.100	0.980	0.737	44.7664
1.200	0.920	0.804	42.0256
1.250	0.880	0.8375	40.1984
1.300	0.840	0.871	38.3712
1.400	0.750	0.938	34.26
1.500	0.660	1.005	30.1488
1.600	0.560	1.072	25.5808
1.750	0.450	1.1725	20.556
1.800	0.420	1.206	19.1856
2.000	0.320	1.34	14.6176
2.200	0.240	1.474	10.9632
2.250	0.220	1.5075	10.0496
2.400	0.180	1.608	8.2224

Tiempo de pico  $t_p = 0.67$

Gasto de pico  $q_p = 45.68$

2.500	0.150	1.675	6.852
2.600	0.130	1.742	5.9384
2.750	0.105	1.8425	4.7964
2.800	0.098	1.876	4.47664
3.000	0.075	2.01	3.426
3.250	0.053	2.1775	2.42104
3.500	0.036	2.345	1.64448
3.750	0.026	2.5125	1.18768
4.000	0.018	2.68	0.82224
4.250	0.012	2.8475	0.54816
4.500	0.009	3.015	0.41112
4.750	0.006	3.1825	0.27408
5.000	0.004	3.35	0.18272



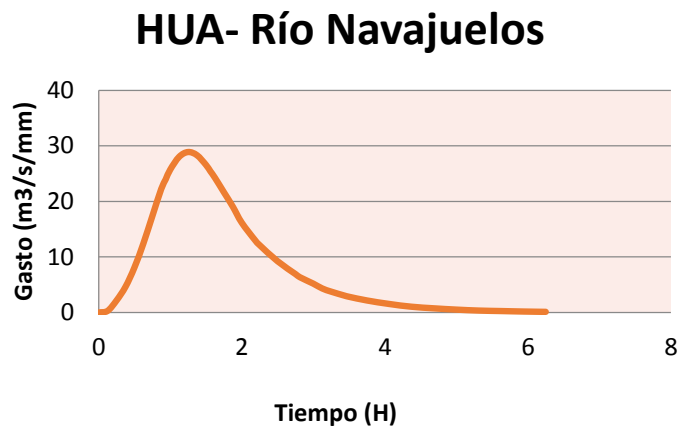
#### Río Navajuelos

Coordenadas		Hidrograma	
t/t <sub>p</sub>	q/q <sub>p</sub>	t/t <sub>p</sub>	q/q <sub>p</sub>
0.000	0.000	0	0
0.100	0.010	0.125	0.2889
0.200	0.075	0.25	2.16675
0.300	0.160	0.375	4.6224
0.400	0.280	0.5	8.0892
0.500	0.430	0.625	12.4227
0.600	0.600	0.75	17.334
0.700	0.770	0.875	22.2453
0.750	0.830	0.9375	23.9787
0.800	0.890	1	25.7121
0.900	0.970	1.125	28.0233
1.000	1.000	1.25	28.89
1.100	0.980	1.375	28.3122
1.200	0.920	1.5	26.5788
1.250	0.880	1.5625	25.4232
1.300	0.840	1.625	24.2676
1.400	0.750	1.75	21.6675
1.500	0.660	1.875	19.0674
1.600	0.560	2	16.1784
1.750	0.450	2.1875	13.0005
1.800	0.420	2.25	12.1338
2.000	0.320	2.5	9.2448
2.200	0.240	2.75	6.9336
2.250	0.220	2.8125	6.3558
2.400	0.180	3	5.2002

Tiempo de pico  $t_p = 1.25$

Gasto de pico  $q_p = 28.89$

2.500	0.150	3.125	4.3335
2.600	0.130	3.25	3.7557
2.750	0.105	3.4375	3.03345
2.800	0.098	3.5	2.83122
3.000	0.075	3.75	2.16675
3.250	0.053	4.0625	1.53117
3.500	0.036	4.375	1.04004
3.750	0.026	4.6875	0.75114
4.000	0.018	5	0.52002
4.250	0.012	5.3125	0.34668
4.500	0.009	5.625	0.26001
4.750	0.006	5.9375	0.17334
5.000	0.004	6.25	0.11556



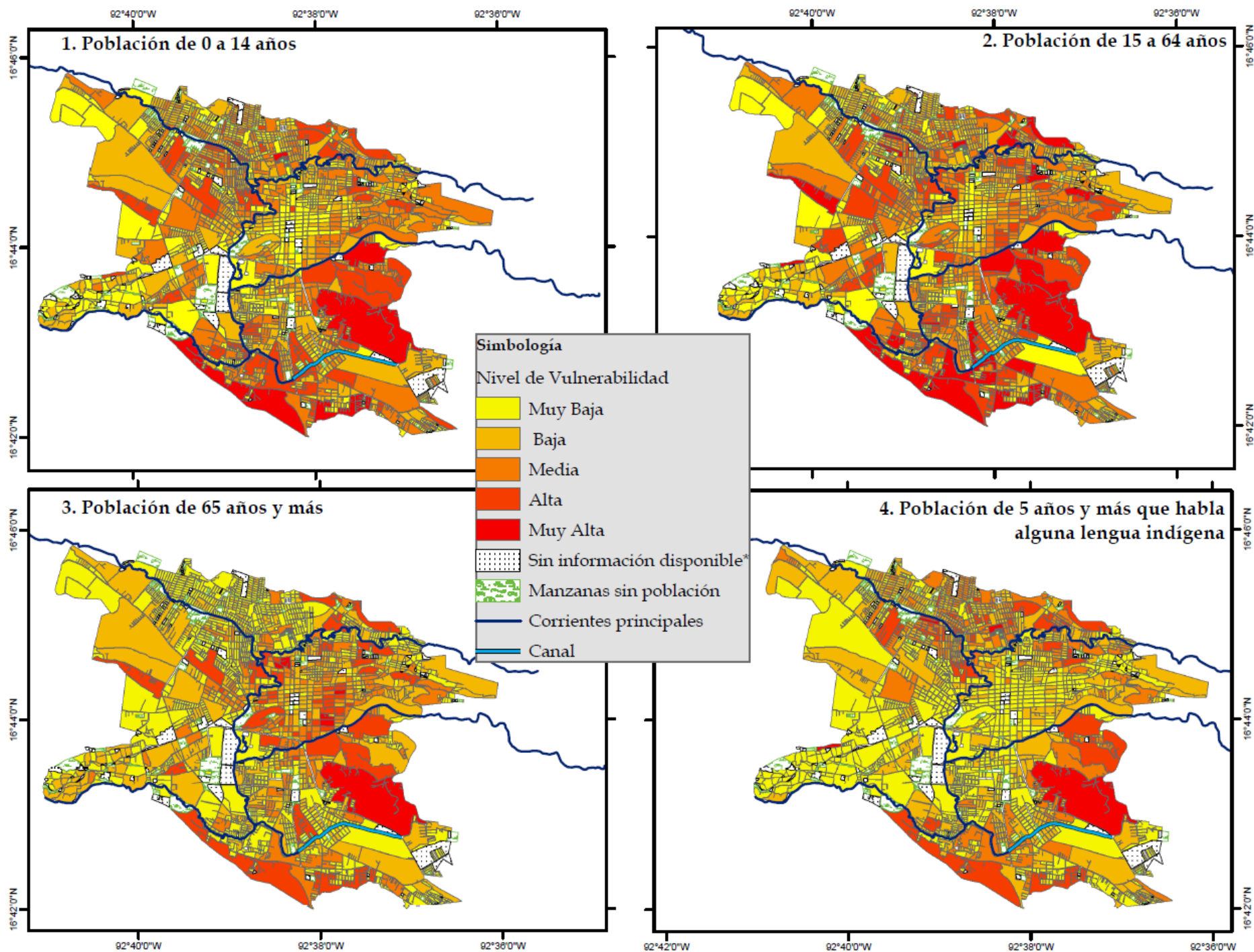


**BASES DE DATOS**

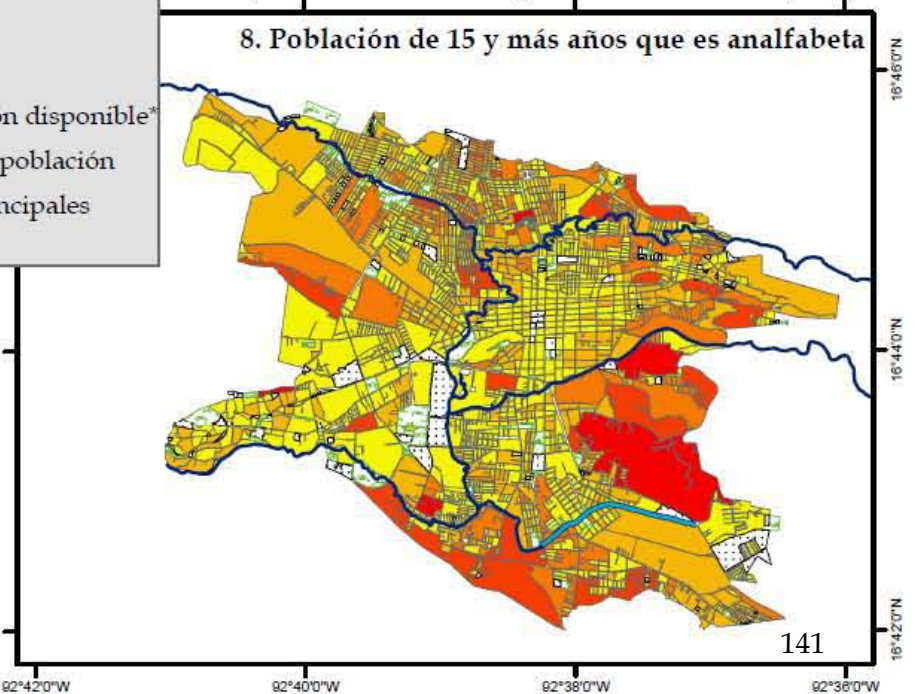
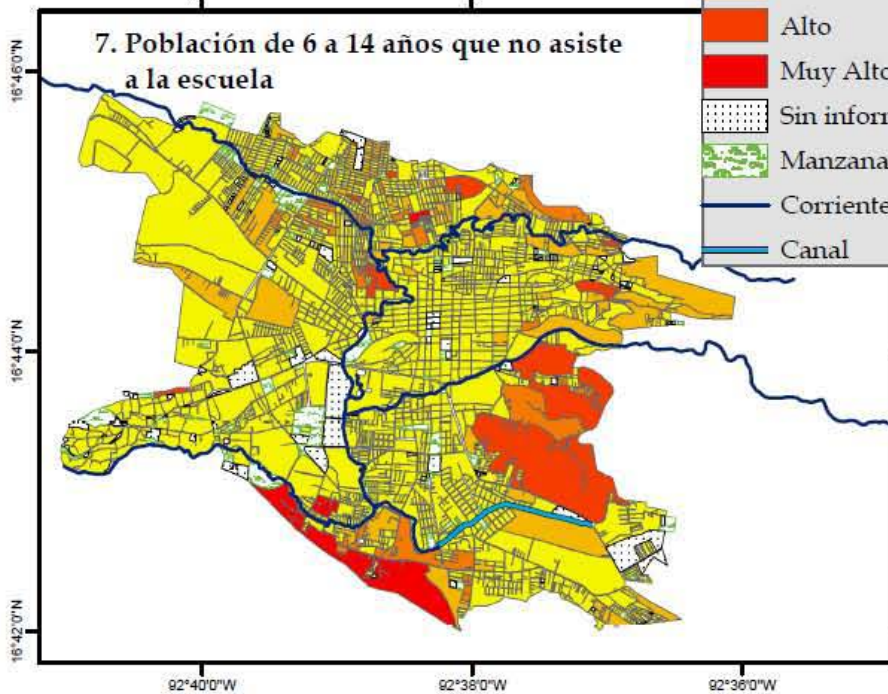
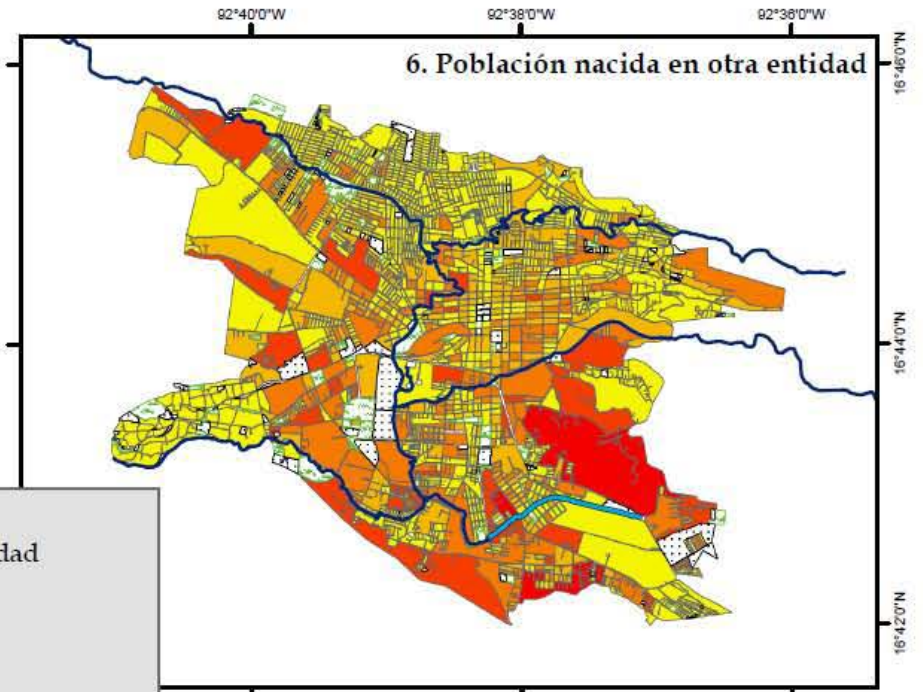
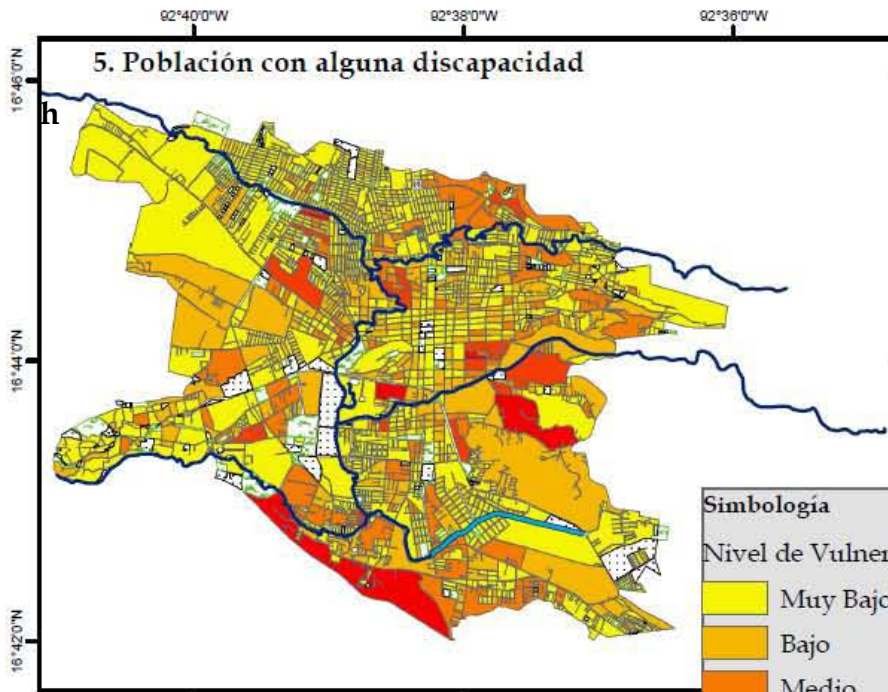
**ANEXO 3.1 INDICADORES SOCIOECONÓMICOS A NIVEL MANZANA DE SCLC.  
TOMADOS DEL CENSO 2010 DEL INEGI (SÓLO EN DISCO ANEXO)**

**ANEXO 3.2 ÍNDICE A NIVEL MANZANA DE VULNERABILIDAD  
SOCIOECONÓMICA (SÓLO EN DISCO ANEXO)**

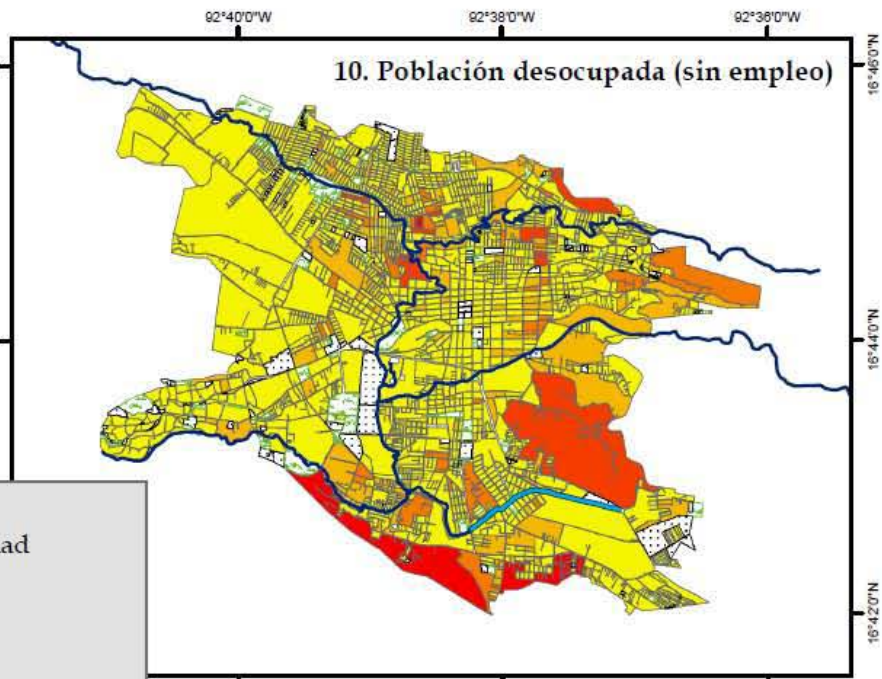
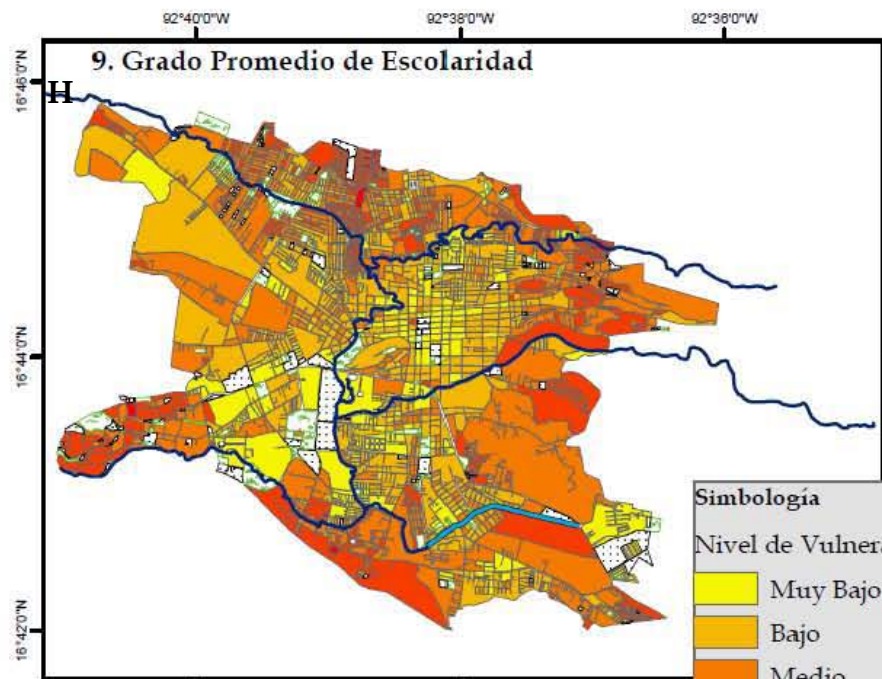
### ANEXO 3.3 MAPAS DE LOS INDICADORES QUE FORMAN LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA







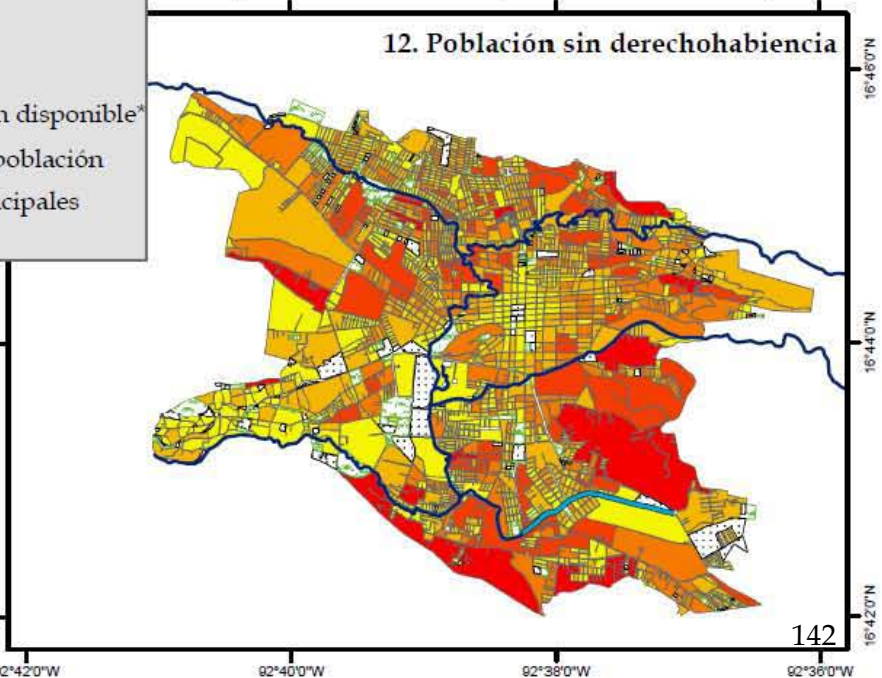
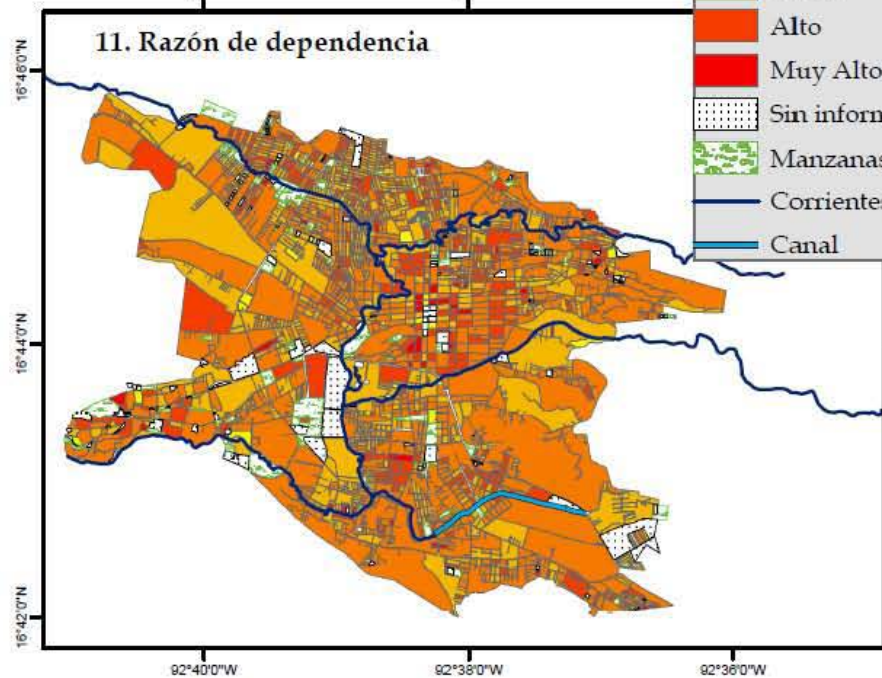




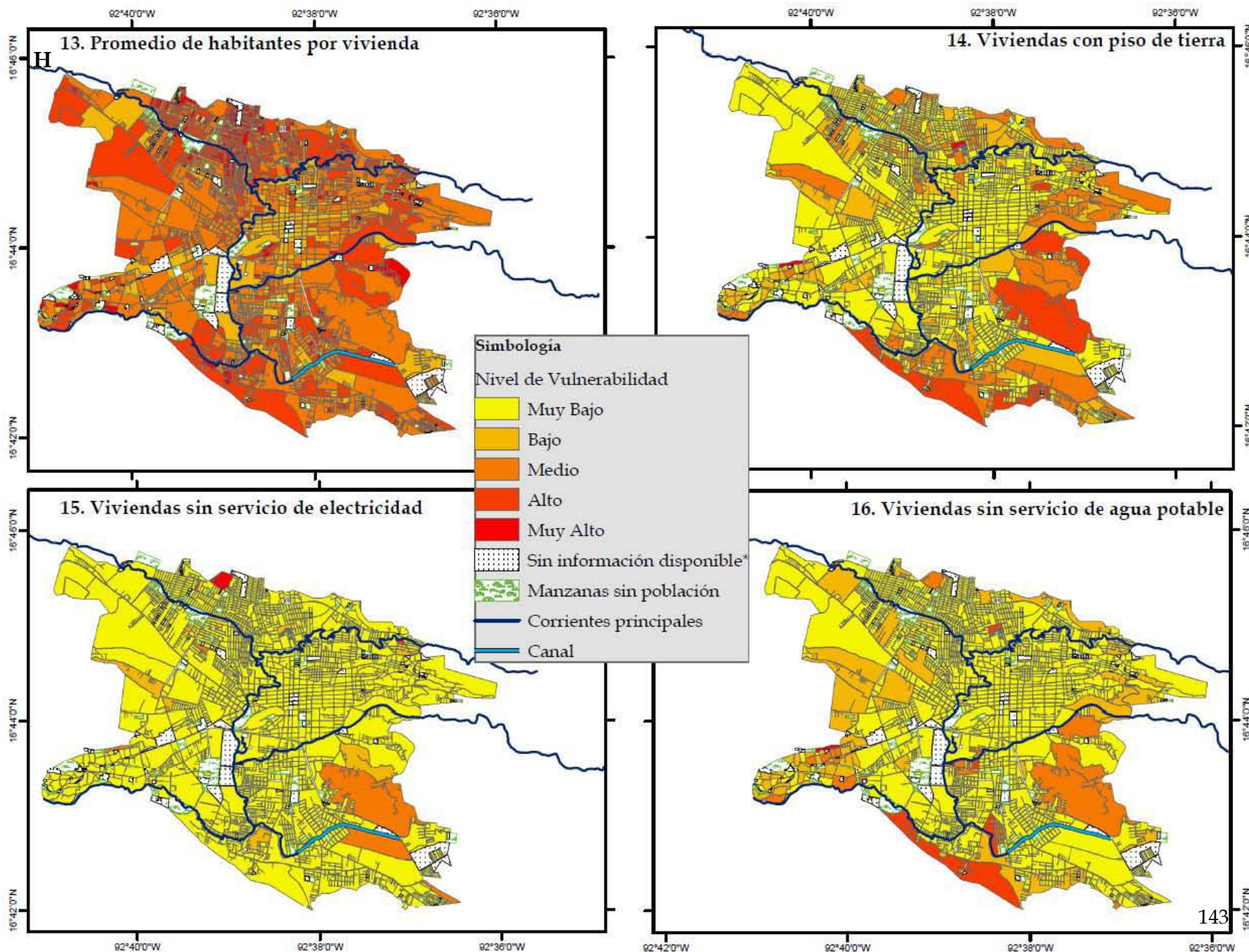
**Simbología**

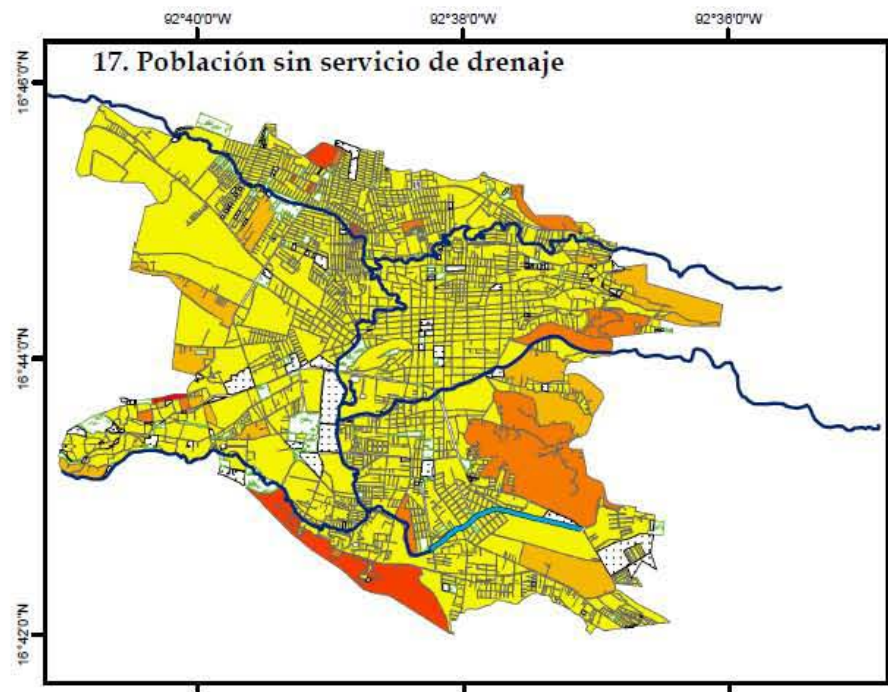
Nivel de Vulnerabilidad

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto
- Sin información disponible\*
- Manzanas sin población
- Corrientes principales
- Canal



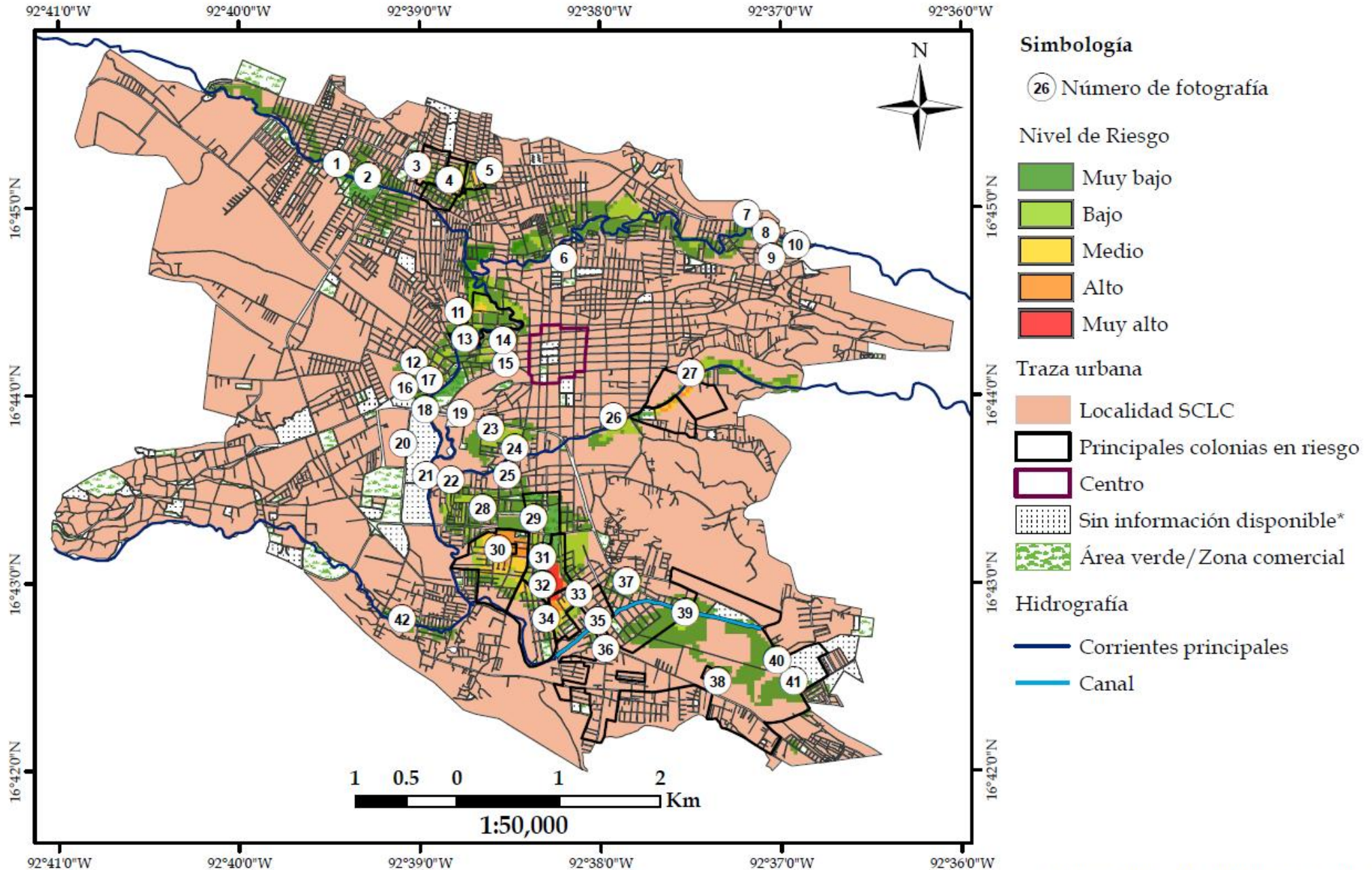








# ANEXO 4.1 ESQUEMA Y FOTOGRAFÍAS GEOREFERENCIADAS DE SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS



Elaborado por: Emelyn Cortés G.

Sistema Geográfico de Coordenadas: WGS\_1984  
 Datum: D\_WGS\_1984  
 Proyección: UTM Zona: 15



1. Calle Los Cronistas, Col. Prudencio Moscoso.



2. Calle Los Escritores, Col. Prudencio Moscoso.



3. Calle Aluminio casi esquina con Esmeralda, Col. El Paraíso.



4. Calle Aluminio casi esquina con Alfa, Col. Florida Fracción III.



4.1. Calle Aluminio casi esquina con área verde (humedales), Col. Florida Fracción III.



4.2. Calle Aluminio casi esquina con área verde (humedales), Col. Florida Fracción III.





5. Periférico Norte, Col. Morelos.



6. Salomón Gonzáles Blanco, Col. 5 de Mayo.



7. Periférico Norte, Col. Peje de Oro.  
Escuela Primaria Miguel Hidalgo.



8. Periférico Norte, Col. Peje de Oro. Río  
Amarillo Tramo Superior.



8.1. Periférico Norte, Col. Peje de Oro. Río  
Amarillo Tramo Superior.



9. Periférico Oriente Sur, Col. Molino  
Utrilla.



10. Periférico Oriente Sur, Col. 4 de Marzo.



11. Wenceslao Domínguez casi esquina con Dr. Manuel Velasco Suárez, Col. La Isla.



12. Calle Sonora, Col. San Ramón.



12.1. Calle Baja California casi esquina con Urbino Estrada, Col. San Ramón.



13. Calle 1ro de Marzo, Col. De la Merced.



13.1 Calle 1ro de Marzo, Col. De la Merced.





13.2 Calle 1ro de Marzo, Col. De la Merced.



13.3 Calle 1ro de Marzo, Col. De la Merced.



14. Calle 5 de febrero casi esquina con 12 de Octubre, Col. De la Merced.



14.1. Calle 5 de febrero casi esquina con 12 de Octubre, Col. De la Merced.



15. Calle 12 de Octubre casi esquina con Diego de Mazariegos, Col. De la Merced.



15.1. Calle Diego de Mazariegos, Col. De la Merced.



16. Diagonal Hnos. Paniagua, Col. San Ramón.



17. Diagonal Hnos. Paniagua, Col. San Ramón.



17.1. Diagonal Hnos. Paniagua, Col. San Ramón.



17.2. Diagonal Hnos. Paniagua, Col. San Ramón



18. Carretera San Cristóbal de las Casas-Comitán de Domínguez, Col. San Antonio.



19. Carretera San Cristóbal de las Casas-Comitán de Domínguez, Col. San Antonio. Laguna de Chapultepec.





20. Calle Del Cementerio, Col. De Fatima (Humedales).



20.1. Calle Del Cementerio, Col. De Fatima. (Humedales).



21. Calle José María Morelos, Col. Santa Martha.



21.1. Calle José María Morelos, Col. Santa Martha. Unión del Río Amarillo con el Río Fogótico.



22. Calle José María Morelos, Col. Ciudad Real.



22.1. Calle José María Morelos, Col. Ciudad Real.



23. Calle Central, Col. San Antonio.



24. Calle Ponciano Arriaga, Col. Las Rosas.



24.1 Calle Ponciano Arriaga casi esquina con Monterrey, Col. Las Rosas.



25. Calle Ponciano Arriaga casi esquina con Valentín Gómez Farías, Col. Altea.



26. Calle De la Almolonga, Col. Sta Lucía.

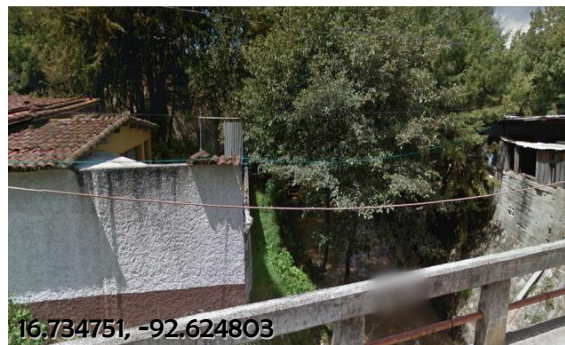


26.1. Calle De la Almolonga, Col. Sta Lucía.

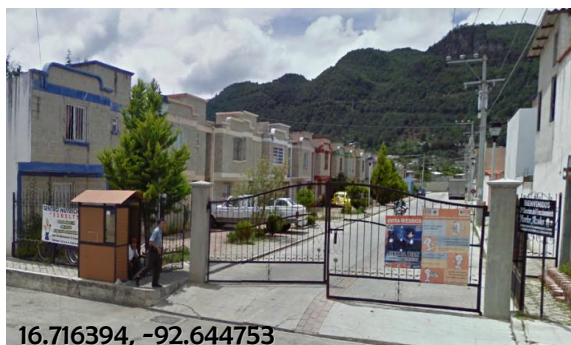




27. Calle San Nicolás, Col. San Nicolás.



27.1. Calle San Nicolás, Col. San Nicolás.



28. Calle Ciprés casi esquina con Eucalipto,  
Col. Deportivo San Cristóbal.



28.1. Calle Laguna de Chapultepec casi  
esquina con Eje Vial Uno, Col.  
Deportivo San Cristóbal.



29. Col. Los Pinos.

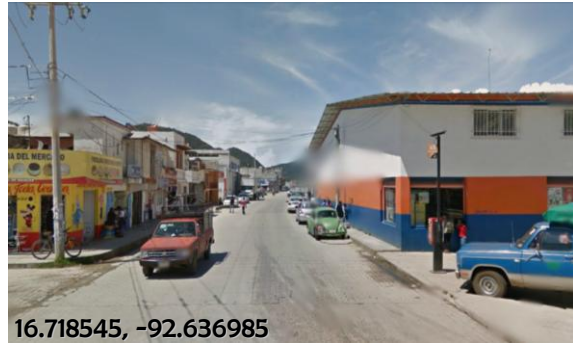


29.1. Col. Los Pinos.





16.719160, -92.643216  
30. Niño Atocha casi esquina con Lic. Gustavo Flores, Col. El Relicario.



16.718545, -92.636985  
31. Calle Guadalupano casi esquina con Insurgentes, Col. Montes de los Olivos.



16.719160, -92.643216  
32. Calle Eje Vial Dos casi esquina con Esmeralda, Col. Montes de los Olivos.



16.719160, -92.643216  
33. Col. Maestros de México.



16.719160, -92.643216  
34. Col. 5 de Marzo.



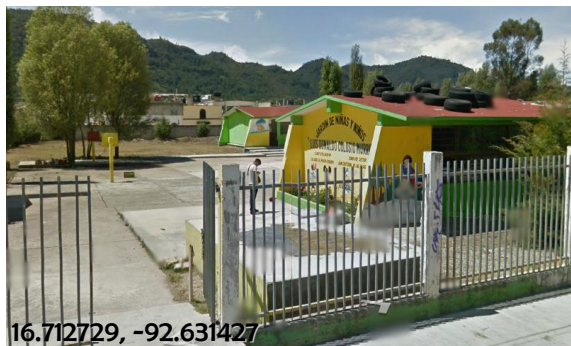
16.719160, -92.643216  
34.1. Col. 5 de Marzo.



35. Calle Lagos de María Eugenia, Col. María Auxiliadora.



36. Calle De la Juventud, Col. María Auxiliadora.



Col. Lagos María Eugenia. Jardín de Niños y Niñas "Luis Donaldo Colosio".



36.1. Col. San Juan de los Lagos.



37.2 Calle Aries esquina con Hércules, Col. San Juan de los Lagos.



37.3 Laguna de Patzcuaro, Col. San Juan de los Lagos.





38 Calle Del Bosque, Col. María Auxiliadora.



39 Calle Lira, Col. María Auxiliadora.



39.2 Calle Lira, Col. María Auxiliadora.



40 Carretera Comitán de Domínguez, Col. María Auxiliadora.



41 Carretera Comitán de Domínguez, Col. María Auxiliadora.



41.2 Carretera Comitán de Domínguez, Col. María Auxiliadora.



42 Periférico Poniente, Col. Los Ángeles.



42.2 Periférico Poniente, Col. Los Ángeles.