



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

**IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS POR INUNDACIÓN EN
TLAPA, GUERRERO.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN GEOGRAFÍA
(ORIENTACIÓN EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL)
“MANEJO INTEGRADO DEL PAISAJE”

PRESENTA:

CARLOS ARMANDO PACHECO CONTRERAS

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN C. LUIS MIGUEL MORALES MANILLA

SINODALES:

DR. VÍCTOR MANUEL HERNÁNDEZ MADRIGAL

DR. MANUEL MENDOZA CANTÚ

M. EN C. JOSÉ ANTONIO NAVARRETE PACHECO

DR. JOSÉ ANTONIO VIEYRA MEDRANO

MORELIA, MICHOACÁN 2009

CIGA
CENTRO DE INVESTIGACIONES
EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL



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.

“Las inundaciones son actos de Dios, pero las pérdidas por las inundaciones son en gran parte actos del hombre.”

Gilbert White (1945)†



Foto panorámica de la ciudad de Tlapa, febrero 2008.

DEDICATORIA

A mis amados Paty y Nazul
que con su amor, apoyo y fuerza
fue posible la culminación de
este trabajo.

A mis padres Armando y Rosalina
que con su apoyo incondicional
me han ayudado siempre.

A mis abuelitas María y Guadalupe
que desde donde están me cuidan
y protegen.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por permitirme estudiar esta Maestría y becarme. Al Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) por brindarme las facilidades en el estudio del Manejo Integrado del Paisaje.

Al proyecto “SDC-52 20 06” de l Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) por financiar y apoyar esta tesis.

A los habitantes de Tlapa que abrieron sus puertas para que yo pudiera hacer mi tesis y que espero algún día poder contribuir para que ellos vivan mejor. De igual forma a las autoridades de Tlapa y del Gobierno del estado de Guerrero, principalmente al Arq. Alejandro Catalán Navarro, a la LSCI. Violeta Montes y a Abdali Aguirre Montiel Rendón por la información proporcionada.

Mi más profundo agradecimiento a mi director de tesis M. en C. Luis Miguel Morales Manilla por creer en mí y apoyarme en todo momento. Un gran agradecimiento a mis sinodales Dr. Víctor Manuel Hernández Madrigal, Dr. Manuel Mendoza Cantú, Mtro. José Antonio Navarrete Pacheco y Dr. José Antonio Vieyra Medrano, quienes revisaron esta tesis, y que gracias a sus comentarios y recomendaciones mejoraron este trabajo.

A la M en C. Alejandra Larrazábal de la Vía por su amistad y apoyo durante mi estancia en el CIGA.

Quiero expresar mi gratitud al Dr. Jean Mas Francois Causse quien confió en mí desde el principio de esta etapa de mi vida.

Quiero agradecer especialmente a la Dra. Patricia Balvanera Levy por abrirme las puertas a su laboratorio, gracias por esta gran oportunidad. De igual forma agradezco al M. en C. Eligio García Serrano y al Dr. Carlos Gómez Galindo por su confianza y apoyo.

A todos mis maestros de la maestría “Manejo Integrado del Paisaje” y a la administración del CIGA.

A mi gran amigo Juan Pulido y a su hermosa familia por su amistad incondicional y su apoyo durante mi estancia en esta gran ciudad de Morelia “Los voy a extrañar”.

Deseo dar un gran agradecimiento a Fabiana Castellarini por su sincera amistad y ayuda en todo momento.

A todos las amistades que hice dentro y fuera del posgrado; Daniel, Rodolfo, José Luis Nubia, Sonia, Alejandra, Mathews, Mena, Michelle, Urani, Sandra y a muchos más.

A mis padres Armando Pacheco y Rosalina Contreras por darme la vida y poyarme en todo momento, por su cariño. A mis hermanos Berenice y Humberto.

A la familia Del Castillo Batista y en especial a mi suegrita Lidia Batista quienes me han ayudado en las buenas y en las malas, mí muy especial cariño y respeto hacia ustedes.

A Paty y Nazul, mí maravillosa familia que me tiene mucha paciencia y que ha soportado los momentos más difíciles. “Gracias amor por ser como eres y gracias mi hijo hermoso por aguantarme y dejarte querer a mi manera”.

Mil gracias a todos....

RESUMEN

El presente estudio se enfocó en la ciudad de Tlapa, Guerrero. Esta ciudad se ha convertido en un centro comercial y religioso a nivel regional (La Montaña), ya que ofrece algunas oportunidades económicas y servicios (educación y salud) a los pobladores que difícilmente se ofrecen en otras partes de la región, por lo que muchos de los habitantes de las comunidades indígenas cercanas han inmigrado a estas tierras. Sin embargo, la ciudad ha crecido desorganizadamente, y muchos de los lugares donde recién han urbanizado son zonas que están expuestas a diversos peligros. Tlapa, y en particular las colonias cercanas al cauce del río Jale, son afectadas cada año por avenidas de agua provenientes de la parte alta de la cuenca, provocando inundaciones súbitas. Dichas inundaciones se presentan en la temporada de lluvias, principalmente cuando existen fenómenos meteorológicos causantes de precipitaciones extremas en la parte alta de la cuenca que alimenta al río Jale.

Para determinar el nivel de riesgo se utilizó una nueva metodología integral basada en relaciones espaciales SAVE por sus siglas en inglés (*Spatial Analysis of the Vulnerability Environment*). SAVE contempla tres componentes esenciales al estudiar la vulnerabilidad: exposición al peligro de los elementos o eventos vulnerables; la sensibilidad de los elementos vulnerables frente al peligro; y la resiliencia, o capacidad de adaptación y respuesta frente al peligro. Ya que se necesita del conocimiento del peligro para poder determinar los niveles de vulnerabilidad, esta aproximación a al estudio del riesgo contempla intrínsecamente el estudio del peligro o peligros existentes. Para conocer el contexto y la percepción de los actores implicados sobre el riesgo se aplicaron encuestas y se realizaron entrevistas. También se realizó un análisis complementario para conocer las características espaciales y temporales de la cobertura de la cuenca que alimenta al río Jale.

Los principales resultados muestran que el 11% de la superficie total de Tlapa se encuentra en una zona con un grado de peligro de inundación, se estima que dentro de esta zona habitan un total de 8,519 personas, si endo. Los niveles más altos de vulnerabilidad por exposición al peligro se encontraron en las colonias de El Renacimiento, Cuba, Centro, Chaltitlán y El Peligro. Los niveles más altos de vulnerabilidad por sensibilidad se encontraron en las colonias de Chaltitlán, Lázaro Cárdenas, Vicente Guerrero y El Dorado. Las zonas con una mayor resiliencia se sitúan

en las colonias de El Renacimiento y Centro. Los niveles de riesgo más altos se encontraron en las colonias de Caltitlán, El Peligro, Centro y Renacimiento.

El uso del modelo SAVE como metodología para el estudio del peligro, vulnerabilidad y consecuentemente el riesgo permitió definir espacialmente las áreas y manzanas con niveles más altos de peligro, vulnerabilidad, y riesgo de la población a inundaciones, el análisis de los resultados y las entrevistas permitieron interpretar mejor estos fenómenos. El análisis complementario demostró que la cuenca del río Jale ha sufrido un severo deterioro de su cobertura vegetal lo que se ve reflejado en capacidad de infiltración de la precipitación y por consecuencia en el incremento en el escurrimiento.

El presente estudio formó parte de un proyecto más grande financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) que tuvo como objetivo principal la identificación de áreas de riesgo ambiental en tres eco-regiones prioritarias: Los Tuxtlas en Veracruz, La Chinantla, en Oaxaca, y La Montaña en Guerrero (clave del proyecto: SDC-52 2006).

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN.....	6
INDICE GENERAL.....	8
INDICE DE FIGURAS	10
INDICE DE TABLAS	12
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 INUNDACIONES.....	13
1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS INUNDACIONES	14
1.1.2 COBERTURA DEL SUELO E INUNDACIONES.....	17
1.2 MARCO TEÓRICO.....	18
1.2.1 RIESGO	18
1.2.2 PELIGRO	19
1.2.3 VULNERABILIDAD.....	19
1.3 OBJETIVOS.....	20
2. ÁREA DE ESTUDIO.....	21
2.1 TLAPA	21
2.1.1 Demografía y sociedad	22
2.1.2 Problemática urbana.....	23
2.1.3 Antecedentes de inundaciones en Tlapa.....	23
2.2 CUENCA DEL RÍO JALE.....	24
3. METODOLOGÍA	28
3.1 TRABAJO DE CAMPO.....	28
3.2 MATERIALES	29
3.3 ENCUESTAS	29
3.4 ANALISIS COMPLEMENTARIO.....	30
3.4.1 Análisis de cambio de uso de suelo y vegetación.....	32
3.4.2 Implicaciones del cambio de uso de suelo en las inundaciones.....	33
3.5 MÉTODO PARA EVALUACIÓN DEL RIESGO	34
3.5.1 Identificación de los niveles de peligro	35
3.5.2 Evaluación de la vulnerabilidad.....	38
4. RESULTADOS.....	44
4.1 CONTEXTO Y PERCEPCIÓN DEL RIESGO.....	44
4.1.1 Encuestas	44
4.1.2 Resumen de las entrevistas.....	51

4.2 ANÁLISIS COMPLEMENTARIO.....	55
4.2.1 Implicaciones del cambio de uso de suelo en las inundaciones.....	58
4.3 ZONIFICACIÓN DEL PELIGRO	61
4.3.1 Peligro de inundación en el abanico aluvial.....	61
4.3.2 Peligro de inundación en la planicie fluvial	62
4.3.3 Mapa de Peligro de inundación.....	64
4.4 NIVELES DE VULNERABILIDAD	67
4.4.1 Vulnerabilidad por Exposición de la Población	67
4.4.2 Vulnerabilidad por Sensibilidad de la población.....	69
4.4.3 Vulnerabilidad por Resiliencia de la población.....	72
4.5 IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO	76
5. DISCUSIÓN.....	79
6. CONCLUSIONES	84
7. RECOMENDACIONES	85
8. BIBLIOGRAFÍA.....	87
9. ANEXOS.....	94

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número de desastres naturales reportados para el periodo 1900–2008 (EM-DAT 2009).	14
Figura 2. Hidrografía de la ciudad de Tlapa.....	22
Figura 3. Gráfico de precipitación anual 1982–2003 en la parte media de la cuenca del río Jale (IMTA, 2006).	25
Figura 4. Gráfico de precipitación diaria 1982-1992 en la parte media de la cuenca del río Jale (IMTA, 2006).	25
Figura 5. Gráfico de precipitación diaria 1993-2003 en la parte media de la cuenca del río Jale (IMTA, 2006).	25
Figura 6. Ubicación de la ciudad de Tlapa y de la cuenca del río Jale.....	26
Figura 7. Elevación (izquierda) e hidrografía (derecha) de la cuenca del río Jale.....	26
Figura 8. Recorridos en la cuenca del río Jale	28
Figura 9. Uso de Suelo y Vegetación de la cuenca del río Jale para los años 2000 (izquierda) y 2005 (derecha). Claves: A-URB= Área urbana, AGRI= Agricultura, PAST= Pastizal inducido, BTC= Bosque tropical caducifolio, BTC-VS= Bosque tropical caducifolio con vegetación secundaria, BQ-VS= Bosque de encino con vegetación secundaria, BPQ-VS, Bosque de pino-encino con vegetación secundaria, SIN-V= Sin vegetación aparente.....	31
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso usado para obtener el nivel de riesgo	43
Figura 11. Grafico de proporción de tipo de inmueble.....	44
Figura 12. Número de plantas o pisos de los inmuebles registrados en las encuestas.	45
Figura 13. Gráfico de porcentaje de inmuebles registrados en las encuestas y altura de la entrada del inmueble.	45
Figura 14. Gráfico de edad de los inmuebles encuestados.	46
Figura 15. Gráfico de años de vivir en el inmueble	46
Figura 16. Gráfico de eventos de inundación según encuestados.....	47
Figura 17. Grafico de altura de agua en inmuebles inundados.....	48
Figura 18. Procesos de cambio de uso de suelo en la cuenca del río Jale.....	58
Figura 19. Mapa de dinámica del escurrimiento en base a el número de curva durante el periodo 2000-2005.	60
Figura 20. Distancia al cauce del río Jale normalizada sobre la red de calles.	61
Figura 21. Nivel de peligro en el abanico aluvial.	62
Figura 22. Acercamiento para mostrar los resultados.	63
Figura 23. Peligro por inundación en la planicie fluvial.....	63

Figura 24. Mapa de peligro de inundación por el río Jale en la ciudad de Tlapa.....	66
Figura 25. Mapa de Vulnerabilidad por Exposición de la población.....	68
Figura 26. Indicador Demográfico (izquierda) y Mapa de Indicador Económico (derecha)	69
Figura 27. Mapa de Vulnerabilidad por Sensibilidad de la población.....	71
Figura 28. Indicador Económico (izquierda) e Indicador Demográfico (derecha) de resiliencia.....	72
Figura 29. Indicador Social de resiliencia.....	73
Figura 30. Mapa de Vulnerabilidad por la Resiliencia de la población.	75
Figura 31. Mapa de riesgo de la población a las inundaciones.....	78
Figura 32. Escuela primaria Galileo (derecha) y Jardín de niños Josefina Castañeda (izquierda)..	80
Figura 33. Casa a la orilla del Jale en la colonia Caltitlán afectada por el azolve del río Jale, vista desde exterior (izquierda) y vista desde el interior (derecha) (2008).	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la cuenca del río Jale (elaboración propia).....	27
Tabla 2. Números de curva para la condición de humedad normal (adaptación de la USDA-SCS. 1985).....	33
Tabla 3. Número de curva asignado a cada tipo de uso de suelo y vegetación.....	34
Tabla 4. Bienes vulnerables.	48
Tabla 5. Porcentaje de la inversión que perderían hipotéticamente.....	49
Tabla 6. Tiempo de recuperación después de una inundación.....	49
Tabla 7. Superficies de cambio en hectáreas y porcentaje de cambio respecto al área de la cobertura para el 2000.....	56
Tabla 8. Tasa de cambio en el periodo 2000-2005.	57
Tabla 9. Cambio en el porcentaje de escurrimiento al modificar la cobertura	59

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se enfoca en el estudio de los riesgos por inundación en la ciudad de Tlapa, Guerrero. Tlapa se ha convertido en un centro comercial y religioso a nivel regional (región de La Montaña), ya que ofrece algunas oportunidades económicas y servicios (educación y salud) a los pobladores que difícilmente se ofrecen en otras partes de la región, por lo que muchos de los habitantes de las comunidades indígenas cercanas han inmigrado a estas tierras. Sin embargo, la ciudad ha crecido desorganizadamente, y muchos de los lugares donde recién han urbanizado son zonas que están expuestas a diversos peligros (Hasler, 1977; Obregón, 2006).

Tlapa y en particular las colonias adyacentes al cauce del río Jale, son afectadas cada año por avenidas de agua provenientes de la parte alta de la cuenca, provocando inundaciones súbitas (Vivar-Nava, 2008). Dichas inundaciones se presentan en la temporada de lluvias, principalmente cuando existen fenómenos causantes de lluvias extremas como los huracanes y tormentas tropicales (Ayuntamiento de Tlapa, 2007).

Por otro lado, la cuenca del río Jale presenta un fuerte deterioro en su cobertura vegetal (García-Leyva, 2006). La ganadería y agricultura principalmente han invadido los lomeríos y partes altas de la cuenca (Obregón, 2006), dando pie a que el agua precipitada baje violentamente, trayendo consigo basura y gran cantidad de sedimentos (Vivar-Nava, 2008).

1.1 INUNDACIONES

El agua es uno de los recursos naturales más preciados en el planeta, debido a los diversos beneficios y servicios sociales, económicos y ambientales que provee (Salas y Jiménez, 2004; CONABIO, 2006). Sin embargo, el agua puede tener un efecto contrario cuando un exceso o falta de ésta se mezcla con otros componentes dando lugar a desastres naturales como las inundaciones y las sequías.

El agua que proviene de la precipitación atmosférica es llevada al océano por medio de flujos superficiales y subterráneos, y almacenada permanente o temporalmente en

acuíferos, lagos o lagunas (Maderey, 2005). La cantidad de agua captada y la rapidez con que es desalojada depende de factores como la topografía, la vegetación, el tipo de suelo y subsuelo (Hewlett, 1969).

De todos los desastres naturales, las inundaciones son las más destructivas en términos de magnitud e impacto a los humanos (Hausmann y Perils, 1998; Proverbs y Soetanto, 2004; Schanze, 2006). Durante los últimos 30 años el número de desastres naturales ha aumentado considerablemente a nivel mundial, siendo las inundaciones las de mayor incremento (Figura 1), éstas han afectado a cerca de 2 mil millones de personas y se estima que han causado daños económicos por más de 400 mil millones de dólares (EM-DAT, 2009). Sin embargo, recientemente se ha reconocido que las inundaciones son de importancia ecológica para los ecosistemas, ya que son parte de la dinámica natural y muchas especies dependen de ellas (Poff, 2002).

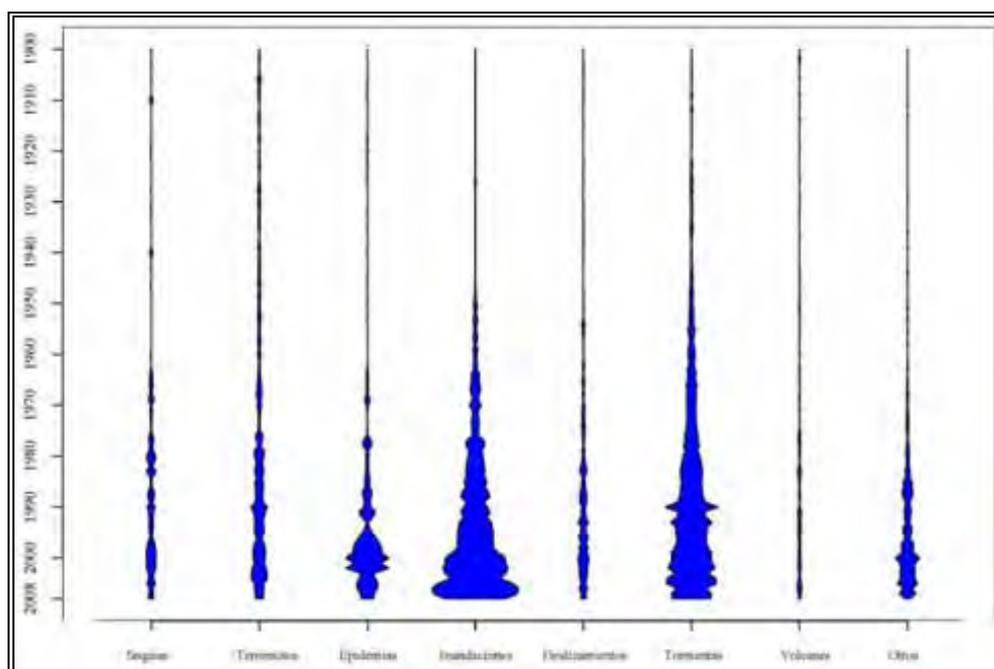


Figura 1. Número de desastres naturales reportados para el periodo 1900 – 2008 (EM-DAT 2009).

1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS INUNDACIONES

Se considera una inundación al flujo o el cubrimiento temporal de la superficie terrestre por agua que se encuentra fuera de los límites normales de confinamiento (ARC, 2007). Las inundaciones generalmente son consecuencia directa de fenómenos

hidrometeorológicos, por el exceso de agua (precipitación) concentrada en escurrimientos superficiales o por acumulación en terrenos planos, ocasionada por falta o insuficiencia de drenaje, aunque en muchas ocasiones son inducidas por acción del hombre (SEGOB, 1991; Salas y Jiménez, 2004).

La magnitud de una inundación depende de la intensidad (cantidad de lluvia en un tiempo determinado) de la precipitación, de su distribución en el espacio y la duración de la misma (Salas y Jiménez, 2004). También, influye el tamaño de la cuenca hidrológica, así como las características de su drenaje, topografía, edafología y cobertura del suelo (Hewlett, 1969, SEGOB, 1991).

Las inundaciones pueden clasificarse por su origen en: inundaciones pluviales, inundaciones fluviales, inundaciones costeras y las inundaciones causadas por fallas en la infraestructura hidráulica (Salas y Jiménez, 2004).

Inundaciones pluviales

Son consecuencia de la precipitación, éstas se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua precipitada excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días. Su principal característica es que el agua solo proviene de la precipitación local (no se contempla el agua que proviene de la parte alta de la cuenca).

Inundaciones fluviales

Se producen cuando el agua que se desborda de los ríos, queda sobre la superficie del terreno aledaño al cauce. Se diferencia de las pluviales en que en estas se toman en cuenta tanto las precipitaciones locales como las ocurridas en algún otro lugar de la cuenca río arriba.

Inundaciones costeras

Se generan cuando el nivel del mar sobrepasa su nivel medio por un incremento de la marea, lo que ocasiona que el agua penetre tierra adentro, llegando a cubrir grandes extensiones de terreno. La marea puede ser generada por los vientos de huracanes o ciclones. También, un oleaje anormal en el océano puede estar causado por factores como tsunamis (terremotos).

Inundaciones por falla en infraestructuras hidráulicas

Estas son menos frecuentes y más graves que los demás tipos de inundaciones. Cuando la capacidad de la infraestructura hidráulica es insuficiente, y más aun, cuando estas son diseñadas para proteger a la población. La inundación y los daños provocados por la falla de dicha estructura será mucho mayor que si no existiera la misma (e.g. falla en los diques de un lago, canal o presa). Esto puede deberse a un mal diseño de la infraestructura, falta de estudios previos de las características hidrológicas ó un mal mantenimiento u operación.

Las inundaciones también se pueden clasificar por el tiempo en que el agua es desalojada por la cuenca, a lo que se le llama Respuesta de la Cuenca. La respuesta hidrológica de una cuenca depende de diversos factores físicos y biológicos. Estos factores van a incidir en la velocidad con que el agua baja, provocando inundaciones lentas y rápidas. Las inundaciones lentas provocan en su mayoría, daños materiales y pueden durar de horas a días. Al contrario las inundaciones rápidas o súbitas tienen una duración muy corta (desde minutos hasta un par de horas) y causan principalmente pérdida de vidas humanas (Salas y Jiménez, 2004).

Inundaciones lentas

Cuando una precipitación logra saturar el terreno de agua (el suelo no puede seguir absorbiendo agua) por su duración, más que por su intensidad, el volumen de agua restante escurre por la red de drenaje de la cuenca, incrementando su caudal gradualmente. Este tipo de inundaciones se presentan en cuencas donde la pendiente de los cauces es pequeña y su topografía no es muy pronunciada. Este tipo de inundaciones también se dan cuando la cobertura del terreno ayuda a la infiltración y retención del agua ocasionando que el agua descienda más lentamente. Las inundaciones lentas pueden pronosticarse cuando se identifica la presencia de sistemas meteorológicos que pueden generar una precipitación importante. Sin embargo, la falta de instrumentos meteorológicos que muestren la información en tiempo real, no permite anticipar dichos eventos (Salas y Jiménez, 2004).

Inundaciones súbitas

Este tipo de inundaciones son el resultado de eventos de precipitación repentinos e intensos que ocurren en áreas muy localizadas dentro de la cuenca, lo que ocasiona que se formen grandes y violentas corrientes de agua en poco tiempo, logrando causar importantes daños a su paso. A estas corrientes también se les conoce como avenidas súbitas. Este tipo de inundaciones son difíciles de predecir, ya que los

eventos que las originan son cortos e intensos (Salas y Jiménez, 2004). Muchas de estas inundaciones ocurren cerca de arroyos pequeños, estos eventos pueden tomar a la gente desprevenida, ya que repentinamente puede aparecer una avenida sin señales de precipitación en la zona habitada, y a que la precipitación pudo haber ocurrido a kilómetros de distancia, o en lo alto de la cuenca (NOAA y NWS, 2002).

1.1.2 COBERTURA DEL SUELO E INUNDACIONES

La influencia de la cobertura del suelo en las inundaciones ha sido ampliamente estudiada (e.g. Schmittner y Giresse, 1996; Pérez y Ortiz, 2002; Brath *et al.* 2003; Camorani *et al.* 2005; Rugai, 2008). Al cambiar la cobertura natural de suelo ocurre una alteración en el balance hídrico de las cuencas (Mendoza *et al.* 2002), lo que puede ocasionar el aumento del peligro de inundación (Poff, 2002) por la concentración de escurrimientos (Pérez y Ortiz, 2002). El incremento de los escurrimientos se debe principalmente a la falta de infiltración del agua que se precipita y ésta puede variar en cada tipo de cobertura (Hewlett, 1969).

En las coberturas naturales el sistema de raíces de los árboles y plantas ayudan a crear espacios de aire en el suelo (zona de aeración) ayudando significativamente a la infiltración (Rey *et al.* 2004). Por lo contrario, en las coberturas antrópicas como las urbanas, se estima que el escurrimiento puede incrementarse hasta 6 veces más respecto a una cobertura natural por la falta de infiltración (ACR, 2007). En los terrenos con pastos, cultivos o compactados (principalmente por el ganado) se presentan problemas de infiltración ya que esta se presenta de manera lenta, ocasionando un mayor escurrimiento (Hewlett, 1969; Rugai, 2008).

Por otro lado, gran parte del daño causado por las inundaciones, sobre todo las de tipo súbito es por los sedimentos que acarrean (Masters, 2009), estos sedimentos son producto de la erosión de los suelos en las laderas de la cuenca y en los cauces de los ríos (Rey *et al.* 2004).

La vegetación natural protege a los suelos de los factores que ocasionan la erosión, pudiendo funcionar como un regulador de la misma. Las raíces de los árboles y arbustos sujetan el suelo de las laderas, ayudando a mantenerlo en su lugar durante la precipitación (Morgan, 1995). También, las hojas y la materia orgánica interceptan las

gotas de lluvia reduciendo la energía con la que estas caen al suelo, incrementando la infiltración del agua y ocasionando una importante disminución de la cantidad del flujo, concentración y producción de escurrimiento, disminuyendo la actividad erosiva (Rey *et al.* 2004). Sin embargo, al presentarse algún disturbio por la agricultura, el pastoreo o repetidos incendios, deforestación o construcción de caminos, la infiltración será, deteriorada y el escurrimiento aumentado, lo que a su vez aumenta la erosión (Hewlett 1969; Schiettecatte *et al.* 2008).

1.2 MARCO TEÓRICO

Existen diferentes enfoques para estudiar el riesgo. Sin embargo, en este caso se abordó el riesgo a partir de una base geográfica, atendiendo a sus dos componentes principales, el peligro y la vulnerabilidad, implicados en el estudio de la interacción entre el medio ambiente y la sociedad (Morales, 2007c).

1.2.1 RIESGO

Actualmente el término riesgo tiene una gama de significados y múltiples dimensiones relacionado principalmente con aspectos de seguridad, economía, ambiente y sociedad (Samuels y Gouldby, 2009). Sin embargo, la mayoría de las definiciones coinciden en que el riesgo es el producto del peligro y la vulnerabilidad de los elementos (e.g. Kumpulainen, 2006). Algunas definiciones del concepto son:

El riesgo es una combinación de los factores que determinan el potencial para que la gente sea expuesta a los tipos particulares de peligro, dependiendo fundamentalmente de como los sistemas sociales y la fuerza de sus relaciones como sociedad impactan en los diferentes grupos (e.g. clase, género, etnicidad, etc.) entendiendo esto último como el nivel de vulnerabilidad (Wisner *et al.* 2003)

El riesgo es la probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad (UN/ISDR 2004).

1.2.2 PELIGRO

Algunos autores definen un peligro como la amenaza latente asociada con la probabilidad de la ocurrencia de un fenómeno físico, natural, socio-natural o de origen puramente antrópico que se espera tenga efectos adversos en las personas, producción, infraestructura, bienes, servicios y su entorno (ICSU, 2009).

Otra definición plantea al peligro como el potencial de un fenómeno natural o de origen antrópico para causar daño (Morales, 2007c). Este puede ser un acontecimiento generado de la interacción entre la sociedad y los sistemas naturales (e.g. terremotos, tsunamis, inundaciones) o entre la sociedad y la tecnología (e.g. accidentes químicos o nucleares), o dentro de la sociedad en sí misma (e.g. guerras, conflictos étnicos y civiles) (NRC, 2007).

1.2.3 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es definida como la posibilidad o probabilidad de que el sistema sociedad-naturaleza, o cualquiera de sus componentes, sufra daño derivado de la exposición al peligro, de la sensibilidad de los componentes del sistema frente a la ocurrencia del peligro, y de la capacidad del sistema o sus componentes para recobrase o adaptarse después de que han ocurrido los efectos del peligro (Morales, 2007c). La vulnerabilidad se aprecia buscando el mejor conocimiento del sistema, reconociendo la importancia de las interacciones entre los humanos y la naturaleza, poniendo énfasis en cubrir las necesidades de la sociedad mientras se sostienen los sistemas vitales, y requiriendo de un diálogo renovado entre la ciencia y los tomadores de decisiones (Turner *et al.* 2003).

El avance en este campo ha sido importante en los últimos años, motivado sobre todo por la necesidad urgente de entender las condiciones bajo las que se genera y evoluciona una situación de vulnerabilidad frente a la ocurrencia de fenómenos peligrosos (Morales, 2007c). En este sentido, la recién llamada Ciencia Sustentable se ha enfocado en ampliar el marco conceptual analítico de las amenazas-peligrosas para fortalecer el estudio de la vulnerabilidad (Kates *et al.* 2001), a través del análisis de los componentes de exposición, sensibilidad y resiliencia (Turner *et al.* 2003) y como estos afectan a los sujetos de

vulnerabilidad, lámense población, infraestructura, actividades económicas o recursos naturales (Morales, 2007a).

1.3 OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es el de identificar los riesgos de la población por inundación en la ciudad de Tlapa, Guerrero.

Para alcanzar el objetivo principal se plantearon los siguientes objetivos particulares:

- 1- Identificar el peligro de inundación causado por río Jale en la ciudad de Tlapa
- 2- Determinar los factores que ocasionan los patrones del peligro de inundación por río Jale en la ciudad de Tlapa
- 3- Evaluar la vulnerabilidad de la población ante el peligro de inundación causado por el río Jale en la ciudad de Tlapa.
- 4- Determinar el nivel de riesgo de inundación por el río Jale en la ciudad de Tlapa.

2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1 TLAPA

La ciudad de Tlapa es la cabecera del municipio de Tlapa de Comonfort, Guerrero. Se localiza a 176 km al este de Chilpancingo sobre la carretera federal no.93 (Figura 6). Fisiográficamente se ubica en la sub-provincia de la cordillera costera del sur, en la parte baja de la Sierra Madre del Sur (1,100 msnm), entre las coordenadas 17° 33' y 98° 35' lat/long (Domínguez y Ramírez, 2005).

La ciudad de Tlapa está edificada sobre un abanico aluvial activo formado por los depósitos del río Jale (también llamado Xale) (Morales *et al.* 2007), este mismo río divide a la ciudad en dos partes ya que la cruza por el centro de la ciudad de sur a norte desembocando en el río Tlapaneco el cual es su límite Norte (Figura 2). Las tierras de Tlapa aportan una agricultura de subsistencia (autoconsumo) con tecnología tradicional y baja productividad, siendo esta la principal actividad económica (Obregón, 2006). Otras actividades como ganadería extensiva, el tejido de la palma y la producción de cerámica complementan sus ingresos (Obregón, 2006).

Tlapa se encuentra segmentada en las siguientes 23 colonias: Aviación, Benito Juárez, Caltitlán, Centro, Cuba, Emiliano Zapata, Jardín de niños, Lázaro Cárdenas, Loma bonita, El Peligro. Pirámides de Contlalco, Santa Anita, San Antonio, San Diego, San Francisco, San Nicolás, El Tepeyac, Vicente Guerrero, El Dorado, Las Palmas, Renacimiento, San Miguel, Progreso, San Marcos, que son controladas por representantes (delegados) del H. Ayuntamiento, ellos tienen la capacidad de gestoría ante las autoridades del municipio (Vivar-Nava, 2008).

El equipamiento urbano de la ciudad en materia de salud y seguridad se compone básicamente de un Hospital de IMSS, un centro de salud, una clínica del ISSSTE, un Hospital de la Madre y el Niño, y una clínica de la Cruz Roja. La ciudad de Tlapa cuenta con una oficina de Protección Civil, sin embargo, no cuenta con infraestructura ni recursos económicos siendo apoyada únicamente por la policía local. Cabe mencionar que actualmente no tiene director a cargo (Abdalí Aguirre Montiel com. pers.).

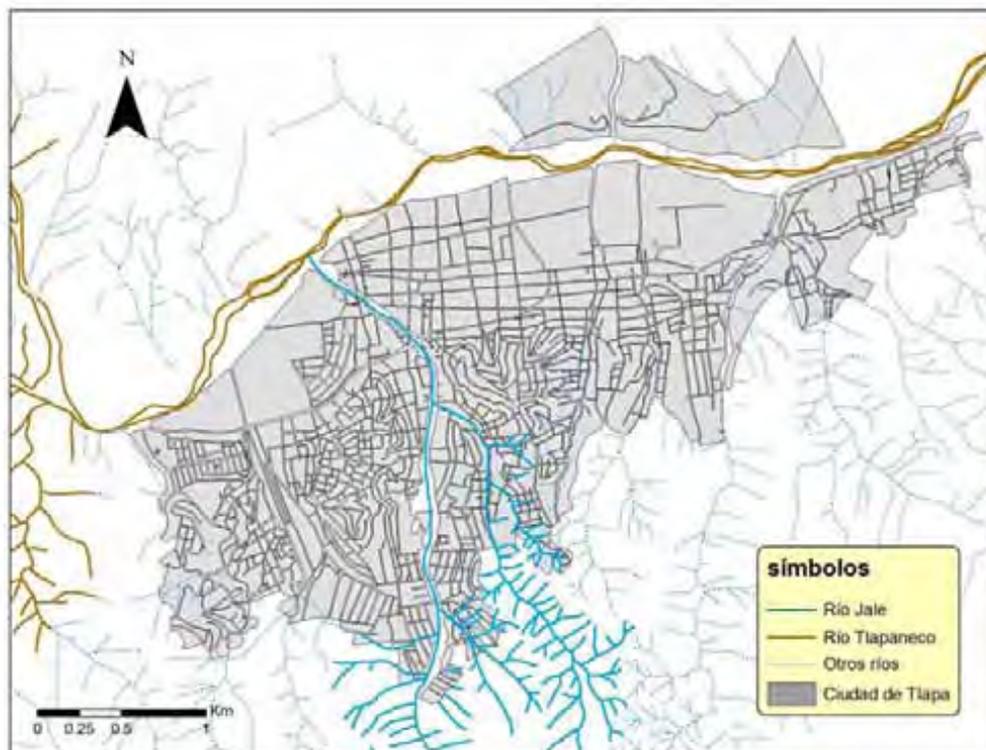


Figura 2. Hidrografía de la ciudad de Tlapa

2.1.1 Demografía y sociedad

La mancha urbana de Tlapa tiene una extensión cercana a los 10km². En la cual habitan un total de 37,975 personas, de las cuales el 53% son mujeres y el 47% restante son hombres (INEGI, 2006).

Tlapa es considerada el corazón de la región de La Montaña, desde tiempos prehispánicos ha sido un importante centro religioso y comercial. Actualmente es una ciudad mestiza donde se concentra el comercio y la actividad política, constituyendo la base económica y social de los pueblos indígenas de la región de La Montaña (Barrera 2006; García, 2006). Tlapa sufre una fuerte inmigración de personas principalmente indígenas (tlapanecos, mexicas, nahuas y mixtecos) provenientes de las comunidades aledañas que con el afán de encontrar mejores oportunidades, además de servicios como salud y educación para sus hijos (Hasler, 1977; Obregón, 2006).

2.1.2 Problemática urbana

Los acelerados cambios socio-culturales en los últimos 30 años han generado diversos problemas sociales, políticos y ambientales en la ciudad de Tlapa (Obregón, 2006). La migración del campo a la ciudad, la inequidad y los problemas económicos se integraron en una ciudad con problemas de estructura urbana debido principalmente a que no hubo un plan regulador de asentamientos humanos que verificara la organización y crecimiento (Dompablo *et al.* 2001), estos problemas son agravados por la corrupción que se refleja en la venta ilegal de tierras en zonas federales (cauce del río Jale) y zonas de alto riesgo (Rodríguez, 2009).

Actualmente la ciudad presenta diversos problemas relacionados tanto con el crecimiento urbano como con el manejo de sus recursos naturales, ejemplo de esto es la falta de agua por el desecamiento de pozos (González, 2009b), los desgajamientos y la inestabilidad de las laderas (Domínguez y Ramírez, 2005) y las inundaciones constantes (Vivar-Nava, 2008). También tienen serios problemas de contaminación por los desperdicios de la ciudad, ya que no tienen un plan estratégico para el manejo de la basura, por lo que la depositan en los ríos Jale y Tlapaneno provocando problemas en la salud en los habitantes (González, 2008a) (ver fotografías A, B, C, en el Anexo 1).

2.1.3 Antecedentes de inundaciones en Tlapa

El problema de las inundaciones en Tlapa se localiza principalmente a los márgenes del río El Jale, sobre todo en temporada de lluvias (Ruiz *et al.* 1999; Notimex / La Jornada, 2007; Vivar-Nava, 2008; Rodríguez, 2009).

El exdirector de Protección Civil de Tlapa Abdali Aguirre Montiel menciona que este problema se ha ido agravando en los últimos años. Por otro lado la información encontrada en los medios de comunicación menciona cuatro eventos importantes en los últimos 10 años:

El 26 de julio de 1999 se reporta una persona ahogada en el río Jale a causa de las fuertes lluvias (Ruiz *et al.* 1999).

El 26 de julio de 2005 se reportan daños en al menos ocho colonias por las lluvias, incluyendo la zona del río Jale (Rodríguez, 2005).

El 4 de julio de 2007 se reportó que el río Jale provocó daños en las viviendas aledañas al cauce de al menos tres colonias (Renacimiento, Cuba y Lázaro Cárdenas), además del arrastre de 4 vehículos (un carro, dos camionetas y un camión tractor cargo de tabiques) que se encontraban estacionados en el río Jale. El ejército aplicó el plan DN-III, no se reportaron pérdidas humanas (Belmonte, 2007a,b). Otra versión de los hechos menciona que la inundación del 4 de julio del 2007 dejó un fallecido, 20 viviendas destruidas y 300 familias evacuadas. (Notimex / La Jornada, 2007). Una última versión señala la muerte de una persona que fue arrastrada desde Xalpatláhuac, otra desaparecida y una más con lesiones graves (González, 2007) (ver fotografías D, E, F, en el Anexo 1).

El 3 de Julio de 2008 se reporta la evacuación de 10 familias en tres colonias de Tlapa (Lázaro Cárdenas, el barrio de Cuba y El Renacimiento.), aparte de 5 automóviles arrastrados por la corriente del río Jale (González, 2008b) (ver fotografías H, I, en el Anexo 1).

2.2 CUENCA DEL RÍO JALE

La cuenca de río Jale se encuentra ubicada entre los municipios de Tlapa de Comonfort y Xalpatláhuac (Figura 3) y tiene un área total de 34.4 km². La cuenca presenta un gradiente altitudinal que va desde los 1,047 m hasta los 1,860 msnm (Figura 7). El clima presente en la cuenca varía del subhúmedo al semicálido y cálido con una precipitación media anual que oscila entre los 800 a 1,000 mm (INFDM, 2005) (para más información sobre la cuenca ver Tabla 1).

Existe una estación meteorológica de la CNA en Xalpatláhuac, ésta se encuentra en la parte media de la cuenca a 1600 msnm. Según los datos registrados durante más de 20 años por la estación la precipitación media de 1244mm, siendo 1992 el año con una mayor precipitación con 2832 mm de precipitación (IMTA, 2006). Según la temporalidad de las precipitaciones los meses donde de la lluvia es más frecuente es de mayo a octubre (IMTA, 2006). Estos datos demuestran que existe un incremento en las precipitaciones anuales y diarias lo que puede influir significativamente en el aumento del peligro de inundación (Figuras 3, 4 y 5).

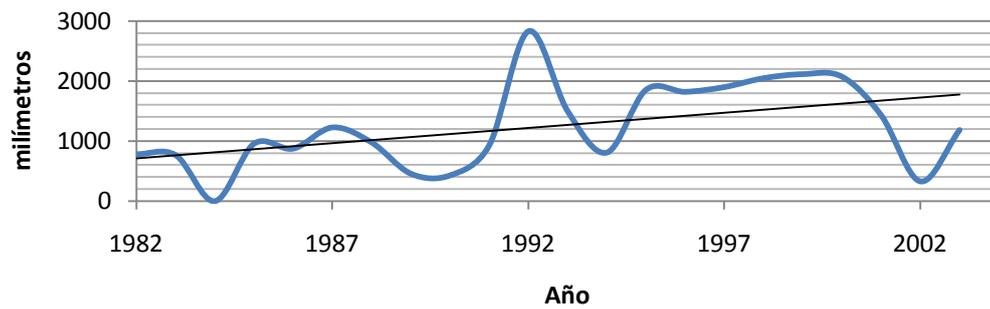


Figura 3. Gráfico de precipitación anual 1982–2003 en la parte media de la cuenca del río Jale (IMTA, 2006).

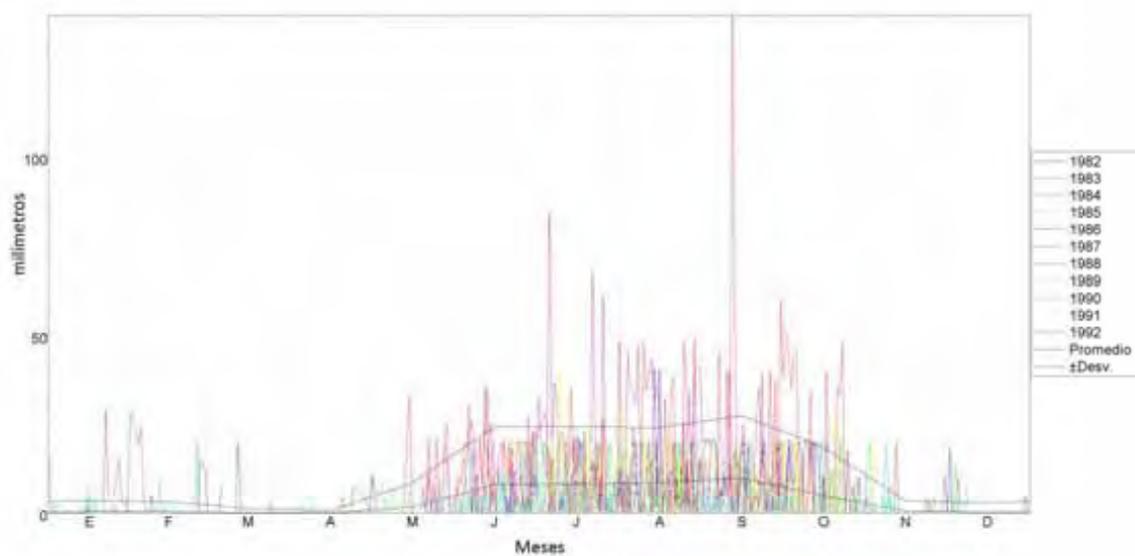


Figura 4. Gráfico de precipitación de aria 1982 -1992 en la parte media de la cuenca del río Jale (IMTA, 2006).

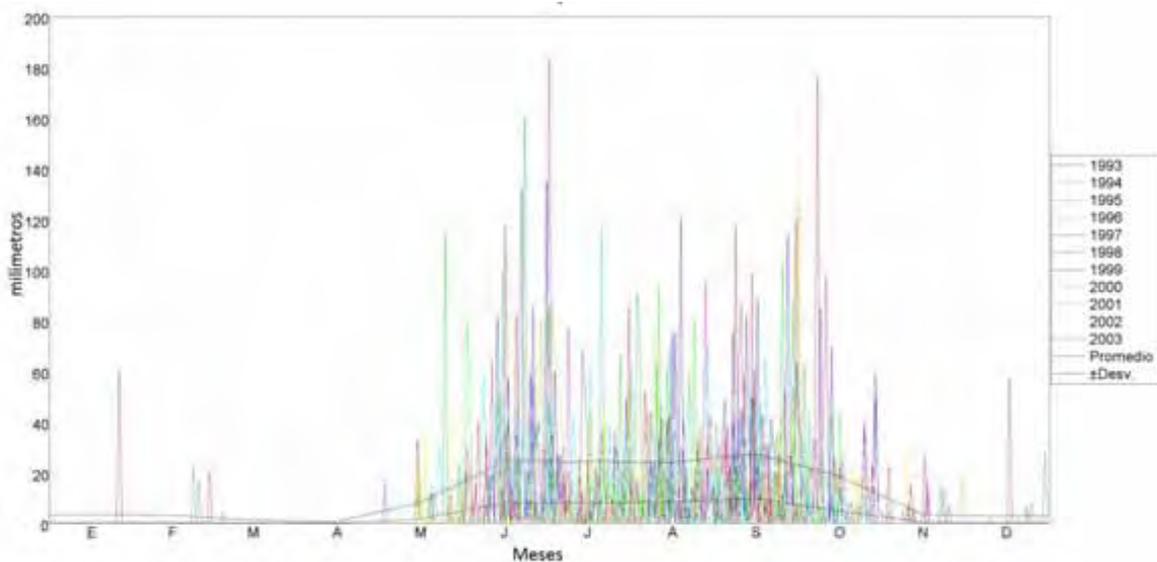


Figura 5. Gráfico de precipitación de aria 1993 -2003 en la parte media de la cuenca del río Jale (IMTA, 2006).



Figura 6. Ubicación de la ciudad de Tlapa y de la cuenca del río Jale.

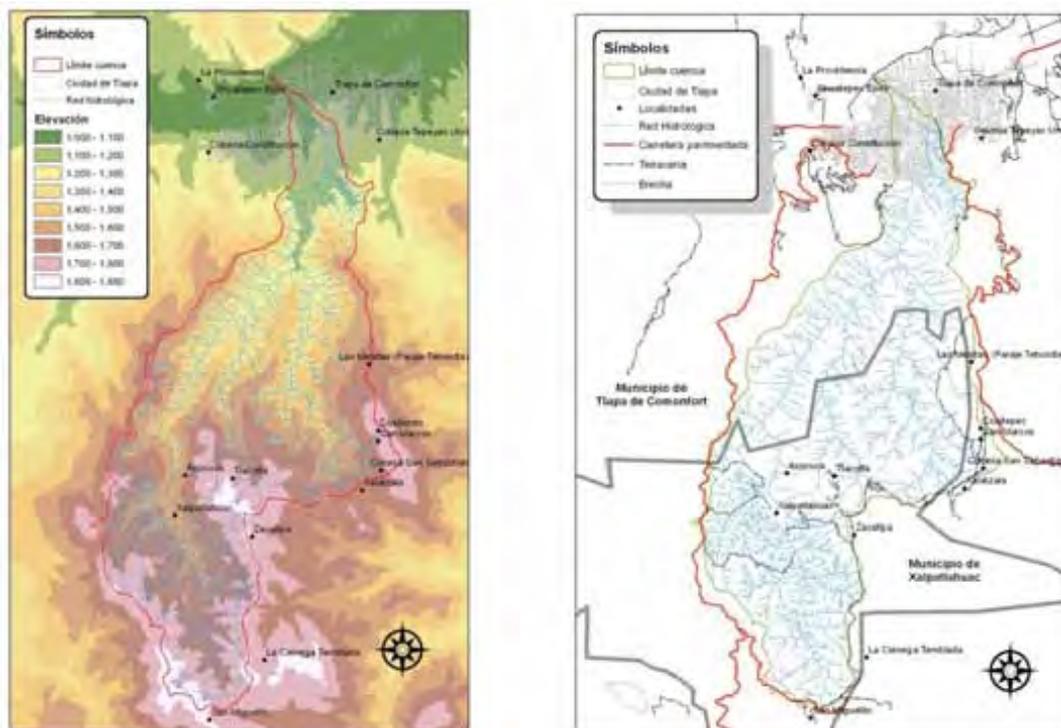


Figura 7. Elevación (izquierda) e hidrografía (derecha) de la cuenca del río Jale.

Tabla 1. Características de la cuenca del río Jale (elaboración propia)

Características	Valor
Pendiente media	20 grados
Longitud	12.3 km
Forma	Alargada
Relieve	813 m
Temperatura media	22 grados C.
Orden (Strahler)	Cuatro
Drenaje	Dendrítico
Densidad de drenaje	7.5 km/km ²

Los principales tipos de vegetación presentes en la cuenca del río Jale son: selva baja caducifolia, selva baja caducifolia con vegetación secundaria, pastizales inducidos, bosque de pino-encino con vegetación secundaria, bosque de encino con vegetación secundaria. Sin embargo, coberturas del suelo como áreas urbanas, zonas agrícolas y pastizales cubren el 50% de la superficie de la cuenca (MIE, 2006).

3. METODOLOGÍA

3.1 TRABAJO DE CAMPO

Se realizó una estancia de 10 días en la ciudad de Tlapa en febrero de 2008, para tomar datos, aplicar encuestas y entrevistas a Protección Civil del municipio y a informantes clave. También, se realizaron recorridos de reconocimiento y verificación de la cobertura del suelo en la cuenca del río Jale (Figura 6).



Figura 8. Recorridos en la cuenca del río Jale

3.2 MATERIALES

El departamento de catastro del Gobierno del Estado de Guerrero proporcionó la siguiente información en formato digital:

- Curvas de nivel escala 1:1,000 con cotas cada metro para el área urbana de Tlapa.
- Curvas de nivel escala 1:10,000 con cotas cada 10 m para el área de la cuenca del río Jale.
- Planimetría del área urbana de Tlapa a escala 1:1,000.
- Planimetría tipo catastral (predios) a escala 1:1,000 para el área urbana de Tlapa.
- Hidrología escala 1:10,000 para la cuenca del río Jale y área urbana de Tlapa.
- Acceso al servidor web del SIT-G del cual se consultaron ortofotos a color escala 1:1,000 (resolución a 20 cm) que se obtuvieron en el 2007.

El PNUD (Programa de Naciones Unidas Para el Desarrollo) proporcionó la siguiente información en formato digital:

- Mapa de Uso de Suelo y Vegetación del área de estudio para los años 2000 y 2005 escala 1:50,000.

Se adquirió en el INEGI información cartográfica en formato digital:

- Resultados parciales del segundo conteo de población y vivienda (ITER) 2005 a nivel manzana para la ciudad de Tlapa y planimetría vectorial.
- Cartas topográficas y datos vectoriales escala 1:50,000 claves E14d22 y E14d32.
- Ortofotos escala 1:20,000 claves E14d22d, E14d22d, E14d32a y E14d32b.

Así mismo, se utilizó el programa Google Earth para obtener una imagen de satélite de alta resolución del 2006 (1m de resolución) para la ciudad de Tlapa y cuenca del río Jale.

3.3 ENCUESTAS

Se aplicó una encuesta por inmueble (ver anexo 2) a las personas que viven en la periferia del cauce principal del río Jale. El método de muestreo fue aleatorio a lo largo del cauce, pero restringido hasta donde la gente contestaba que no había sufrido

problemas de inundación para optimizar el tiempo en campo. Esto determinó que el número de encuestas levantadas fuera de 150.

La encuesta tuvo diferentes finalidades. La primera fue obtener datos de las inundaciones pasadas como lo es la altura de la lámina de agua, la fecha de los eventos y la distribución espacial de las inundaciones. La segunda finalidad fue conocer las características de los inmuebles visitados como el tipo de inmueble, el material de construcción, la altura de la entrada y los niveles (plantas) que tiene, así como de los procesos de urbanización por la edad de los inmuebles. La tercera fue recabar información de las características socioeconómicas de habitantes de los inmuebles, como su medio de transporte, bienes materiales, y capital de los negocios. La cuarta fue adquirir información para conocer la resiliencia o capacidad de recuperación que pudieran tener las personas después de una inundación. La última y más importante fue conocer su percepción de las inundaciones, de las causas, y del papel de la administración del municipio. Todo esto se empleó para definir un perfil de la población en las zonas de peligro.

3.4 ANALISIS COMPLEMENTARIO

La información encontrada en la bibliografía indica que la región de la montaña ha sufrido importantes cambios en su cobertura vegetal (MIE, 2005) (ver anexo 3) y que al mismo tiempo se han incrementado los reportes de afectaciones por inundaciones en Tlapa (ver apartado 2.1.3), por lo que se llegó a la conclusión de que era necesario analizar el cambio de uso de suelo a detalle en el área de la cuenca del río Jale, ya que algunos tipos de cobertura del suelo pueden incrementar el escurrimiento del agua, lo que a su vez agudiza el peligro de inundación (ver apartado 1.1.2).

El PNUD y la CONANP han realizado diversos estudios en la zona a nivel regional (región de La Montaña) con el objetivo de mejorar tanto las condiciones de vida de los habitantes como para conservar los recursos naturales, principalmente a través del proyecto MIE (Manejo Integrado de Ecosistemas) con sede en la ciudad de Tlapa (COLPOS, 2008). Uno de esos estudios es la actualización del mapa de uso del suelo y vegetación (USV) en base a imágenes de satélite, el cual cuenta con información

actualizada de USV para los años 2000 y 2005 para la región de La Montaña. A continuación se describe brevemente el proceso de elaboración de las mismas:

Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 2000 (USV 2000)

Este mapa fue generado inicialmente mediante la clasificación supervisada de una imagen de satélite Landsat TME, obteniendo como producto una capa de USV escala 1:100,000. Posteriormente se actualizó y se afinó la escala a 1:50,000 por medio de una interpretación visual tomando como base la capa de USV para el año 2005 (ver apartado Uso de Suelo y Vegetación 2005), según la FAO (FAO, 1996) este método reduce el error asociado a los cambios estimados por falsas interpretaciones e inconsistencias espaciales, haciendo que las matrices de cambio no presenten cambios imposibles. El producto final fue un archivo en formato *vector* SHP (shape file) (Ignacio Paniagua Ruiz com. pers.). De esta capa solo se extrajo la información correspondiente a la cuenca del río Jale.

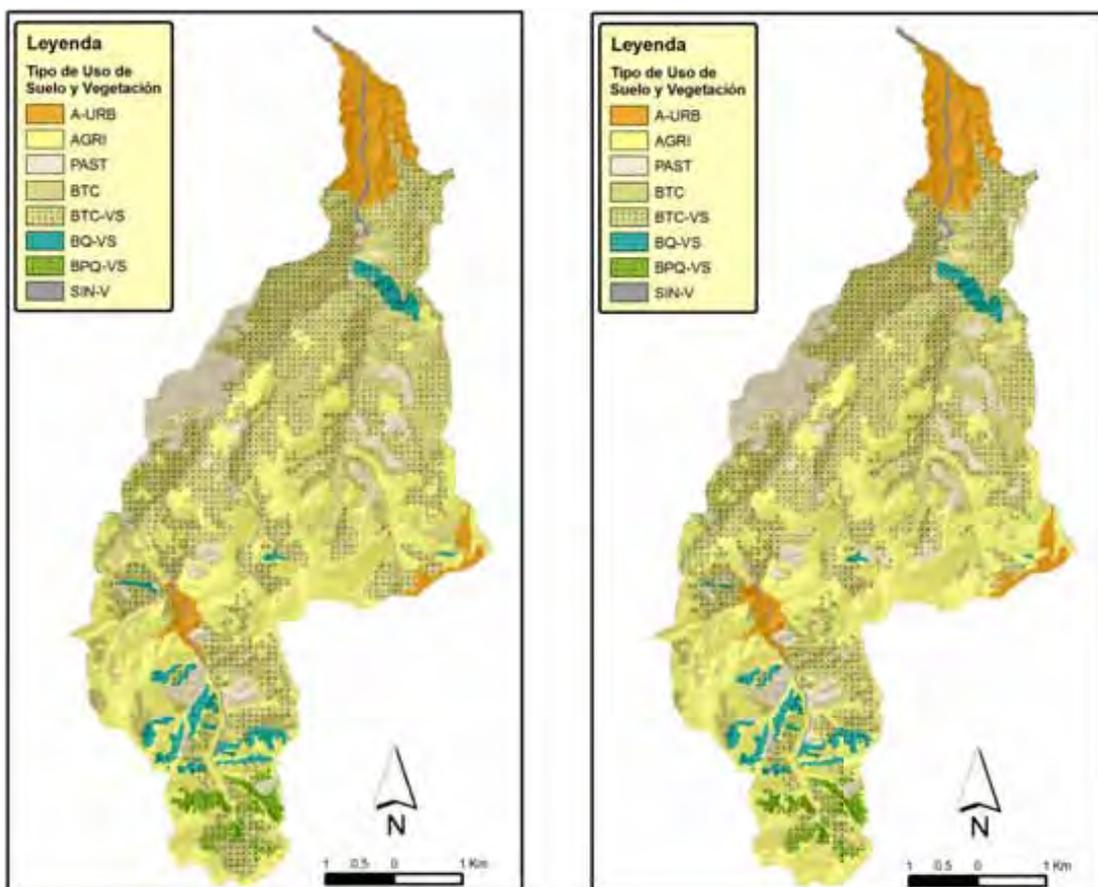


Figura 9. Uso de Suelo y Vegetación de la cuenca del río Jale para los años 2000 (izquierda) y 2005 (derecha). Claves: A -URB= Área urbana, A GRI= Agricultura, PAST= Pastizal inducido, BTC= Bosque tropical caducifolio, BTC-VS= Bosque tropical caducifolio con vegetación secundaria, BQ-VS= Bosque

de encino con vegetación secundaria, BPQ-VS, Bosque de pino-encino con vegetación secundaria, SIN-V= Sin vegetación aparente.

Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 2005 (USV 2005)

Este mapa fue generado mediante una interpretación visual de imágenes Spot 5 del año 2005 con ayuda del índice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) y de una clasificación supervisada, el producto final fue un archivo en formato *vector SHP* (shape file) (MIE, 2006). De esta capa solo se extrajo la información correspondiente a la cuenca del río Jale.

3.4.1 Análisis de cambio de uso de suelo y vegetación

Para generar el mapa y tasa de cambio se cruzaron las capas USV 2000 y USV 2005 en el paquete Arcgis®9x, se obtuvo como resultado los polígonos en donde las coberturas cambiaron entre las dos fechas al igual que polígonos de las zonas en donde no hubo ninguna modificación. Se verificaron los polígonos para evitar la representación de cambios imposibles (e.g. área urbana transformada a forestal). Una vez verificados los errores, se obtuvieron las áreas de los polígonos.

Con las cifras de áreas totales de USV y las áreas de cambio, se generó una matriz de cambio y se calculó la tasa de transformación de acuerdo a la ecuación utilizada por la FAO (1996):

$$\delta_n = \left(S_2/S_1 \right)^{1/n} - 1$$

Donde:

δ = Tasa de cambio

S1 = Superficie de tipo de cobertura x, al inicio del período

S2 = Superficie de tipo de cobertura x, al final del período

n = Número de años entre las dos fechas

Para transformar a porcentaje solo hay que multiplicar el resultado por 100.

3.4.2 Implicaciones del cambio de uso de suelo en las inundaciones

Para determinar los efectos del cambio de uso de suelo en la hidrología de la cuenca y específicamente en el escurrimiento e infiltración de la precipitación se adaptó el método de Número de curva (NC) desarrollado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de los Estados Unidos de América (USDA-SCS, 1985) el cual asigna un valor de número de curva a cada cobertura en función a la relación empírica entre el tipo de suelo, el uso de suelo, la condición hidrológica de los suelos y la condición antecedente de humedad, por medio del uso de tablas de referencia (ver Tabla 2). El resultado final se puede interpretar como el porcentaje de escurrimiento de precipitación en cada cobertura.

Dado que no existe información edafológica a escala detallada o semi detallada para el área de estudio se optó por utilizar la carta edafológica escala 1:250,000 del INEGI, la cual indica que el tipo de suelo predominante en la cuenca del Jale es el Regosol éutrico de textura media (INEGI 1982) por lo que se le asignó el grupo hidrológico "B" ya que éste tipo de suelos son poco desarrollados, pero pueden ser profundos, con material grueso en todo o la mayor parte del perfil. En este caso la textura fue media. (Juan Pulido S. com. pers.).

La condición hidrológica se determinó con base a lo observado en el trabajo de campo y la condición antecedente de humedad se tomó como normal.

Tabla 2. Números de curva para la condición de humedad normal (adaptación de la USDA-SCS. 1985)

Descripción del uso de la tierra	Detalles de la descripción	Tratamiento o uso	Condición hidrológica	Grupo hidrológico de suelo			
				A	B	C	D
Tierra cultivada	baldío	filas rectas		77	86	91	94
	general	sin tratamientos de conservación		72	81	88	91
	cultivos en filas	filas rectas	pobre	72	81	88	91
			bueno	67	78	85	89
		en contorno	pobre	70	79	84	88
			bueno	65	75	82	86
		en contorno y terraza	pobre	66	74	80	82
			bueno	62	71	78	81
general	con tratamientos de conservación		62	71	78	81	
Pastizales o campo de animales			pobre	68	79	86	89
			aceptable	49	69	79	84
			bueno	39	61	74	80
Bosques		troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	pobre	45	66	77	83
			aceptable	36	60	73	79

			bueno	25	55	70	77
Calles y carreteras		pavimentados con cunetas y alcantarillados		95	95	95	95
		superficie dura		74	84	90	92
		grava		76	85	89	91
		tierra		72	82	87	89
Áreas abiertas		césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	bueno (cubierto de pasto 75%+)	39	61	74	80
			aceptable (cubierto de pasto 50% -75%)	49	69	79	84

Tabla 3. Número de curva asignado a cada tipo de uso de suelo y vegetación

Uso de Suelo y Vegetación	Numero de curva
Área urbana	95
Agricultura	81
Pastizales	79
Bosque tropical caducifolio	55
Bosque tropical caducifolio y vegetación secundaria	66
Bosque de Encino y vegetación secundaria	60
Bosque de Encino Pino y vegetación secundaria	60
Sin vegetación aparente	90

Para obtener el mapa final se generó para cada fecha (2000 y 2005) un mapa con los valores de NC y se cruzaron entre sí, Como resultado se obtuvo un mapa con los valores de incremento o disminución en las zonas donde hubo algún cambio en la cobertura dentro de la cuenca.

3.5 MÉTODO PARA EVALUACIÓN DEL RIESGO

La evaluación del riesgo se abordó desde un enfoque teórico que considera al riesgo como producto de la interacción entre las condiciones de peligro y las condiciones de vulnerabilidad, siendo esta última el eje principal de aproximación dentro del contexto de los peligros por inundación. Por lo que la vulnerabilidad se evaluó siguiendo el modelo conceptual propuesto por Turner *et al.* (2003), el cual considera que la evaluación de la vulnerabilidad debe contemplar la exposición al peligro de los elementos vulnerables; la sensibilidad de los elementos vulnerables frente al peligro; y la resiliencia, o capacidad de adaptación y respuesta frente al peligro, de los elementos vulnerables.

Para obtener metodológicamente la evaluación de la vulnerabilidad se empleó un nuevo modelo integral, denominado SAVE (*Spatial Analysis of the Vulnerability Environment*) por sus siglas en inglés (Morales, 2007a). Este modelo toma en cuenta de manera central la evaluación de los tres componentes (exposición, sensibilidad y resiliencia) de la vulnerabilidad propuestos por Turner *et al.* (2003), en relación con los peligros existentes, dando como resultado final la evaluación del riesgo (Morales 2007c).

El estudio de los componentes de la vulnerabilidad y del peligro se aborda enfocándose en los patrones espaciales y temporales que estos producen, para lo cual se requiere del análisis de las relaciones espaciales entre los sujetos vulnerables que en este caso es la población y el peligro de inundación. Las relaciones espaciales son conceptos usados en muchas disciplinas científicas para especificar las interacciones espaciales entre objetos o entidades en el espacio (Morales, 2007c). Según la teoría TSEI (*The Theory of Space-Event Interaction*) (Morales, 2007b) las relaciones espaciales a estudiar en toda investigación que incluya la interacción sociedad-ambiente son de nueve tipos: proximidad, orientación, exposición, adyacencia, inclusión, coincidencia, conectividad, agregación y asociación.

En este estudio solo se tomó como sujetos vulnerables a la población y no se contemplaron otros como: infraestructura, actividades económicas y recursos naturales, por no contar con la información suficiente.

3.5.1 Identificación de los niveles de peligro

Para determinar los niveles de peligro de manera específica se determinó la distribución en espacio de los eventos peligrosos a través del modelado de las inundaciones por medio de los Sistemas de Información Geográfica, particularmente con el uso de los paquetes Arcgis®9x y Arcview®3x (ESRI).

El proceso se inició usando la capa de curvas de nivel escala 1:1,000 para construir un Modelo Digital de Elevación (MDE), que a su vez se utilizó para elaborar un Modelo Sombreado (MS), éste último permite una mejor visualización de las características del terreno, facilitando el análisis geomorfológico del mismo. Gracias a estas capas se determinó que existen dos tipos de inundación súbita ocasionadas por el río Jale, dado que el comportamiento hidrológico en ellas es muy diferente. El primer tipo de peligro de

inundación se denominó como Inundación en el Abanico Aluvial (PIAA), el cual abarca el abanico aluvial. El segundo se denominó como Inundación en la Planicie Fluvial (PIPF), la cual se localiza en el valle del cauce y abarca 2.2 km sobre el cauce principal del río Jale, a partir del límite Sur del abanico aluvial en dirección Norte-Sur.

Peligro de Inundación en el Abanico Aluvial (capa PIAA)

El primer paso fue definir el límite del área inundable, para este fin se optó por definir un polígono el cual estuvo dado por la digitalización de contorno de la geoforma abanico aluvial con ayuda del MDE y el MS. Esta decisión se tomó con base en la consideración de que las inundaciones súbitas en los abanicos aluviales son impredecibles y caóticas, ya que los flujos de agua y sedimentos pueden tomar cualquier dirección dentro de éste (FEMA, 2000).

El segundo paso fue de terminar el nivel de peligro dentro de los límites del área inundable. Para conseguir esto se realizaron los siguientes pasos.

Capa A1- Con base en la capa de manzanas se elaboró una capa de calles y avenidas en formato *raster*¹ con resolución espacial de un metro, a ésta se le agregó el área del cauce principal presente dentro del abanico aluvial. Los valores de esta capa obtuvieron un valor de pixel en función de la distancia en metros a partir del cauce principal del río Jale hacia los límites del abanico aluvial utilizando la función *Cost Distance*² (Arcgis®9x). Posteriormente se invirtieron los valores de los pixeles y se normalizaron³ en valores entre 0 y 1. Con esto se obtuvo el valor de peligro, siendo el valor 1 para los pixeles más cercanos al cauce principal (más peligro) y 0 para los más lejanos (menos peligro).

Capa PIAA- Usando la capa A1 se obtuvo el valor de peligro hacia el interior de las manzanas. Esto se realizó mediante la función *Euclidean Allocation* (Arcgis®9x) la cual le asigna un valor a cada pixel en base a la distancia Euclidiana⁴. A partir de los valores de peligro previamente asignados a las calles y avenidas en la capa A1. Con esto se obtuvo el valor de peligro con valores entre 0 y 1, siendo los pixeles con valor de 1 los más peligrosos y 0 los menos peligrosos.

Peligro de Inundación en la Planicie Fluvial (capa PIFA)

¹ Archivo digital compuesto de pixeles de un mismo tamaño dispuestos en filas y columnas.

² Calcula la distancia en función a las unidades (costo) a partir de un origen.

³ Todas las normalizaciones se hicieron dividiendo los resultados entre el valor más alto.

⁴ Es un índice cuantitativo que mide la separación existente entre dos unidades de observación según los valores que posean en un conjunto de variables.

El primer paso fue definir el área inundable, para lo cual se recurrió a dos fuentes de Información: una histórica resultado de las encuestas y entrevistas; y otra real, mediante la Información de mediciones en campo (señales de inundaciones pasadas), mediante esta información se determinó que la altura máxima promedio de la inundación es de 2 m sobre el cauce principal del río Jale. Posteriormente se modeló el polígono del área inundable en el paquete Arcview®3x mediante la extensión *Buffer by Elevation Change* (creada por Damon Holzer, Universidad de Texas), esta herramienta crea un buffer (ver glosario anexo) con una altura de lámina de agua de 2 metros a partir del cauce principal, obteniendo de esta manera el área inundable.

El segundo paso fue de terminar el nivel de peligro dentro de los límites del área inundable. Para esto se realizaron los siguientes pasos:

Capa B1- Se digitalizó el cauce principal del río Jale tomando en cuenta las barreras y muros que confinan y encauzan el flujo de agua, formando el polígono del cauce.

Capa B2- Se trazaron manualmente líneas perpendiculares al cauce del río Jale dentro de la capa B1 para representar el ancho artificial del cauce, con un espacio arbitrario entre ellas no mayor a 20 m y se les asignó el valor de su longitud en metros.

Capa B3- Se obtuvo una capa de puntos a partir de los centroides (ver glosario anexo) de las líneas de la capa B2. Posteriormente se les asignó a estos puntos los valores de la longitud de las líneas de la misma capa B2.

Capa PIFA- Se interpolaron los puntos de la capa B3 en base a la herramienta *Spline* con el método de *tension* (Arcgis®9x). Ésta herramienta estima los valores de distancia usando una función matemática que reduce al mínimo la curvatura de la superficie total, dando como resultado una superficie que pasa a través de los puntos muestreados. El método de tensión suaviza la rigidez de la superficie según el carácter del fenómeno modelado. Esto crea una superficie lisa con valores estrechamente ligados a los valores de la muestra (Reyes-Peralta, 2007). Se le indicó a la herramienta que solo tomara en cuenta el área inundable. Con esto se obtuvo una capa *raster* con un tamaño de pixel de un metro que representa el ancho del cauce. Posteriormente, se invirtieron los valores de los pixeles y se normalizaron con valores entre 0 y 1, siendo el valor de 1 para mayor nivel de peligro y 0 para el menor.

Integración del Peligro

Capa PI- Se unieron las capas PIAA y PIFA para formar la capa de Peligro (PI).

Peligro- Se clasificó la capa PI en tres clases de peligro (Muy Alto, Alto y Moderado) utilizando la función K-means⁵ (Drineas *et al.* 2004). De esta manera se obtuvo el nivel de Peligro de Inundación.

3.5.2 Evaluación de la vulnerabilidad

Como ya se mencionó anteriormente el modelo SAVE obtiene el nivel de vulnerabilidad con base en la cuantificación de los niveles de exposición, sensibilidad y resiliencia. Cabe mencionar que para obtener los indicadores se utilizó un método de ponderación en base a pesos (*weights*) los cuales se asignaron con ayuda del paquete ExpertChoice®^{8x}, el cual utiliza un enfoque multicriterio de toma de decisiones desarrollado por el Doctor Thomas Saaty de la Universidad de Pennsylvania. El paquete se basa en la teoría psicofísica AHP (*Analytic Hierarchy Process*) que puede combinar la percepción humana, el interés y la experiencia para priorizar opciones en situaciones complejas en un ambiente jerárquico (Saaty, 2008). Es importante resaltar que la información utilizada acerca de los sujetos de vulnerabilidad (población) fue obtenida de los resultados parciales del segundo conteo de población y vivienda (INEGI, 2006), y en algunos casos actualizada con la información del trabajo de campo y ajustada a la capa de manzanas que proporcionó el Departamento de Catastro del estado de Guerrero.

Para obtener cada uno de los componentes de la evaluación de la vulnerabilidad se realizaron los siguientes pasos y capas:

Vulnerabilidad por Exposición (VE)

Capa C1- Esta capa se construyó transformando la capa de manzanas (ver inciso 3.2) en un archivo formato *raster* con resolución de un metro. A cada pixel se le asignó el valor de 1.

Capa EXP- Se multiplicó la capa C1 por la capa PI (ver inciso 3.3.1) para así obtener los valores de peligro exclusivos de cada manzana.

⁵ Realiza un agrupamiento de los valores en base a las medias encontradas en el número de clases que se desee.

Mapa de Vulnerabilidad por Exposición VE- Para obtener este mapa se clasificó la capa EXP en tres clases (Moderado, Alto y Muy alto) por medio de la función *K-means* para así obtener el nivel de vulnerabilidad por exposición al peligro.

Vulnerabilidad por Sensibilidad (VS)

Para construir éste componente se precisó obtener dos tipos de indicadores a nivel de manzana: Indicador Económico de Sensibilidad (IES) e indicador Demográfico de Sensibilidad (IDS).

➤ Construcción del Indicador Económico (IES)

El indicador se basa en el supuesto de que:

A mayor proporción de viviendas con características que reflejan mayor capacidad económica, menor impacto de las inundaciones, y viceversa.

Éste indicador se construyó de acuerdo a los siguientes pasos y capas:

Capa Total VP- Se sumó el número de registros (viviendas en la manzana) para el total de las clases disponibles en la categoría Vivienda Particular (VP) que son; Casa Independiente (vp1), Departamento en Edificio (vp2), Vivienda o Cuarto en Vecindad (vp3), Local no Construido para Habitación (vp5), Vivienda o Cuarto en Azotea (vp4), Vivienda Móvil (vp6) y Refugio (vp7).

Capa VS1- Se sumó el número de registros para las clases vp1, vp5 y vp7 (casa independiente, local no construido para habitación y refugio). El resultado se dividió entre Total VP para obtener un valor de proporción llamado VS1. En este caso se asume que las personas que puedan costear este tipo de vivienda tienen un nivel económico mayor en comparación a las demás clases (vp2, vp3 y vp4).

Capa VS2- Se sumó el número de registros para las clases vp2, vp3 y vp4 (departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad, y vivienda o cuarto en azotea). El resultado se dividió entre Total VP para obtener un valor de proporción llamado VS2. En este caso se asume que las personas que habitan este tipo de vivienda tienen un nivel económico inferior a las personas que habitan en las clases vp1, vp2 y vp3.

Capa IES- Se multiplicó la capa VS1 por un factor de peso de 0.25, del mismo modo se multiplicó VS2 por un factor de peso de 0.75. Posteriormente se sumó VS1 y VS2, para obtener la capa IES. Esto quiere decir que las viviendas de las clases representadas en la capa VS1 presentan menor vulnerabilidad por sensibilidad que las de la capa VS2 ya que las personas que habitan en el grupo VS1 reflejan un nivel económico mayor por lo que son económicamente más sensibles los habitantes del grupo VS2 por tener un nivel económico inferior.

➤ **Construcción del Indicador Demográfico (IDS)**

Este indicador se construyó con base en los siguientes pasos y capas:

Capa TI- Se sumó el total de integrantes (personas) de las viviendas en la manzana (todas las clases).

Capa IN- Se sumó el total de niños (menores de 12 años) en las manzanas. Posteriormente se dividió el resultado entre el total de personas (TI) para obtener la proporción de niños en las manzanas.

Capa IA- Se sumó el total de personas de la tercera edad (mayores de 60 años) en las manzanas. Posteriormente se dividió el resultado entre el total de personas (TI) para obtener la proporción de personas de la tercera edad en las manzanas.

Capa IDS- Se multiplicó IN por un factor de peso de 0.5, del mismo modo se multiplicó IA por un factor de peso de 0.5. Estos pesos se dieron en base a que los dos grupos de edad son igualmente sensibles a los efectos de un evento peligroso de inundación. Posteriormente se sumó la proporción de niños (Capa IN) a la proporción de personas de la tercera edad (Capa IA).

Mapa de Vulnerabilidad por Sensibilidad VS- El mapa final se generó multiplicando la Capa IES por un factor de 0.320 y la Capa IDS multiplicada por un factor de 0.680. Se consideró que las características de la capa IDS (e.g. grupos de edad) son más importantes que las características de la capa IES (e.g. tipo de vivienda). Finalmente se sumaron los dos resultados y se clasificaron en 5 clases de nivel de sensibilidad (Muy bajo, Bajo, Moderado, Alto y Muy alto) con la función *K-means*.

Vulnerabilidad por Resiliencia (VR)

Para generar el mapa de resiliencia se precisó obtener tres tipos de indicadores: Indicador Económico (IER); indicador Demográfico (IDR); e Indicador Social (ISR). Todos los cálculos se realizaron a nivel de manzana, considerando que estos tres indicadores tienen un peso similar (0.333).

➤ Construcción del Indicador Económico (IER)

Éste indicador se construyó de acuerdo a los siguientes pasos:

Capa IER- Se multiplicó la capa VS1 (casa independiente, local no construido para habitación y refugio) por un factor de peso de 0.75, del mismo modo se multiplico la capa VS2 (departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad, y vivienda o cuarto en azotea) por un factor de peso de 0.25. Posteriormente se sumó VS1 y VS2, el resultado se multiplicó por un peso de 0.333. Esto significa que se considera que la población que habita en viviendas de las clases representadas en la capa VS1 tienen mayor capacidad económica y por ello se consideran cómo más resilientes.

➤ Construcción del Indicador Demográfico (IDR)

Éste indicador se construyó con base en los siguientes pasos:

Capa IDR- Se multiplicó la capa IN (proporción de niños) por un factor de peso de 0.833, del mismo modo se multiplicó la capa IA (proporción de personas mayores de edad) por un factor de peso de 0.167. Posteriormente se sumaron las capas IN e IA, el resultado se multiplicó por un peso de 0.333. Estos pesos indican que se considera que los niños tienen una mayor capacidad de recuperación que los adultos mayores

➤ Construcción del Indicador Social (ISR)

Capa NA- Se sumaron el total de integrantes que no tienen seguro médico en las manzanas, el resultado se dividió entre el total de personas. De esta manera se obtuvo la proporción de integrantes no asegurados.

Capa ISR- Se multiplicó la capa NA (proporción de no asegurados) por un factor de peso de 0.117. También se uso la capa VS1 (casa independiente, local no construido para habitación y refugio) la cual se multiplicó por un peso de 0.268 y la

capa VS2 (departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad, y vivienda o cuarto en azotea) la cual se multiplicó por un factor de 0.614. Para dotar de los pesos de los factores se infirió que las personas que viven en los inmuebles del grupo VS2 son más humildes por lo que en caso de una emergencia ellos ayudarán a los suyos y a las demás personas más rápido que los del grupo VS1. A a los no asegurados se les dio un peso aun inferior, por que se asume que el tener seguro o el no tenerlo no implica socialmente un aporte inmediato al aumento de resiliencia ya que como se mencionó anteriormente lo más importante es la ayuda que se presten entre los habitantes a la hora de una inundación. Finalmente se sumaron las tres capas (NA, VS1 y VS2) y el resultado se multiplicó por el peso de 0.333.

Mapa de Vulnerabilidad por Resiliencia VR- Para obtener el mapa final de Resiliencia se sumaron los indicadores IER, IDR e ISR. Posteriormente se invirtieron los valores ya que este mapa tiene un efecto inverso en la vulnerabilidad. Finalmente se clasificaron los valores en 5 clases de nivel de vulnerabilidad por resiliencia de la población (Muy Bajo, Bajo, Moderado, Alto, y Muy Alto) usando la función *K-means*.

Mapa de Riesgo

Pasos para la obtención del mapa de riesgo:

Capa SV- A la capa de Vulnerabilidad por Resiliencia (VR) se le sumaron los mapas de Vulnerabilidad por Exposición (VE) y Vulnerabilidad por Sensibilidad (VS), ya que los tres componentes están en un mismo nivel jerárquico.

Capa SV/3- Como los pesos de cada componente de vulnerabilidad son iguales, se dividió la capa SV entre 3 para integrar los valores de las tres capas sumadas. El resultado se normalizó con valores entre 0 y 1.

Mapa de Riesgo- Posteriormente se clasificaron los valores en 3 clases de nivel de riesgo (Moderado, Alto, y Muy Alto) dividiendo los valores equitativamente en 3 clases. De este modo se obtuvo el nivel de vulnerabilidad de la población.

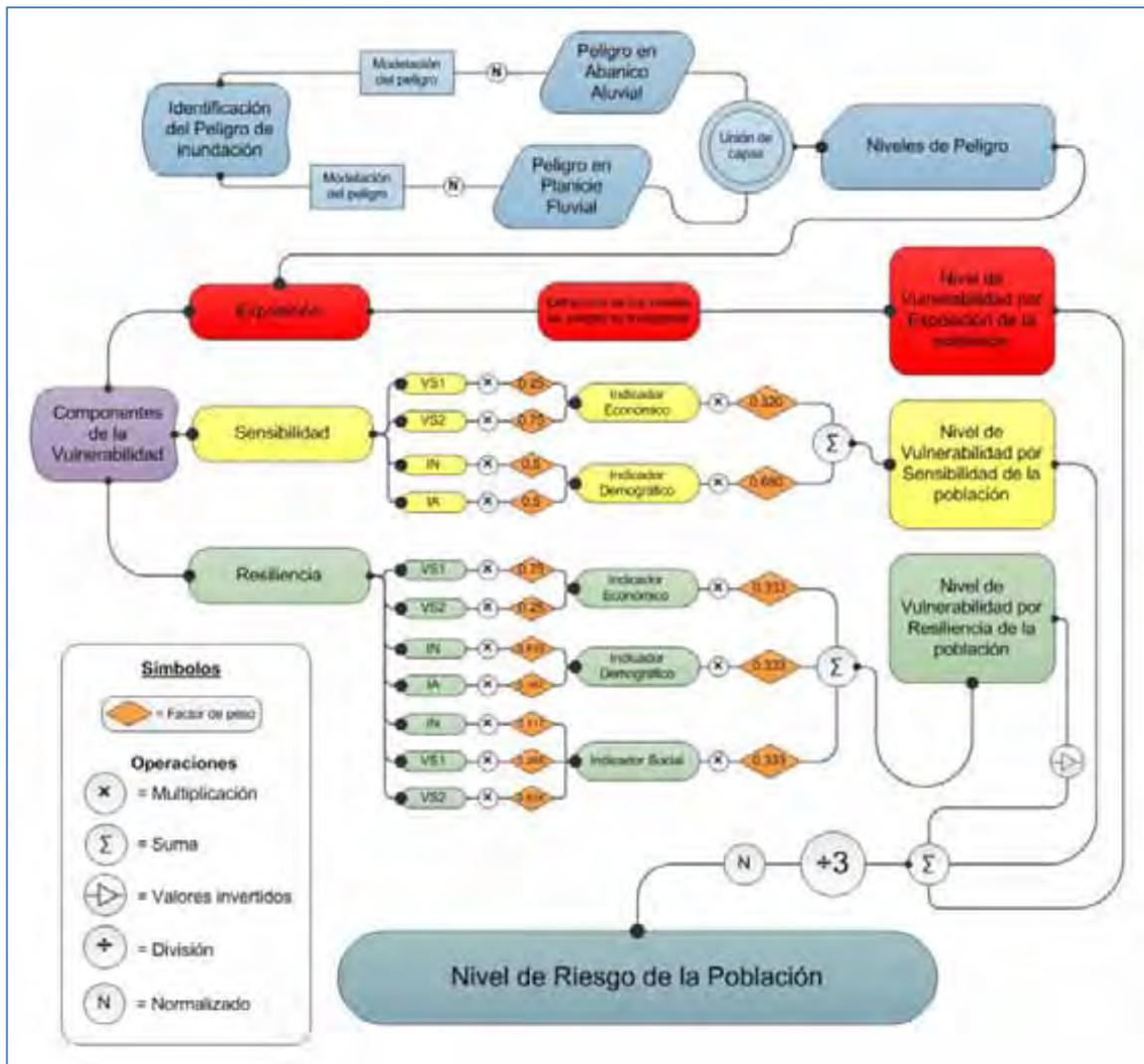


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso usado para obtener el nivel de riesgo

4. RESULTADOS

4.1 CONTEXTO Y PERCEPCIÓN DEL RIESGO

4.1.1 Encuestas

A continuación se detallan los resultados de las encuestas aplicadas durante el trabajo de campo en la ciudad de Tlapa. Esta información se presenta por temas y dan una perspectiva actualizada y más detallada de las características de los inmuebles y la población que están cercanos al cauce del río Jale. También, muestra la percepción los habitantes sobre las inundaciones y sobre las autoridades responsables de su seguridad. Es importante aclarar que solo se aplicó una encuesta por inmueble (150 encuestas).

Sobre los inmuebles

Del total inmuebles encuestados el 77% fueron casas, el 17% fue casas que tenían algún tipo de negocio en el mismo inmueble y el 4% negocio netamente. Así mismo el 1% fueron escuelas y solo una casa hogar. (Figura 11). La mayoría de los negocios (58%) correspondieron a tiendas de abarrotes, seguido de autolavados (8%) y los demás correspondieron a un bar, una caseta telefónica, una cocina económica, una ferretería un herrero una panadería y una tienda de ropa (34%).

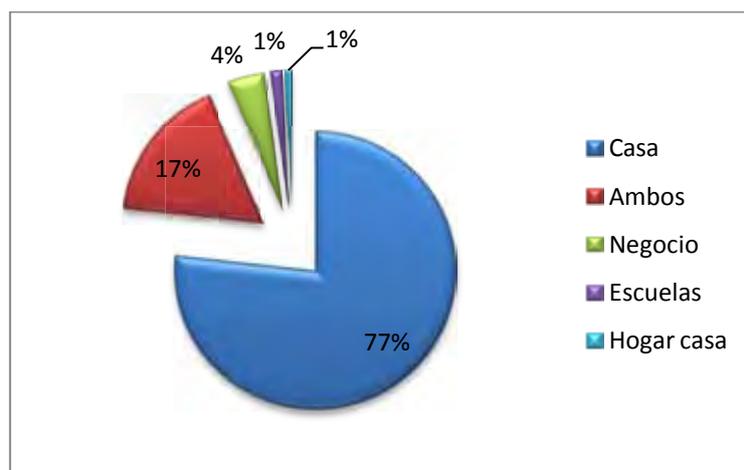


Figura 11. Gráfico de proporción de tipo de inmueble.

El material de construcción más común fue el ladrillo (construcción con bloque o ladrillo sin enjarre) (64%), seguido por el cemento (ladrillo con enjarre) (21%) y los menos utilizados fueron la madera (8%), el adobe (5%) y la lámina (3%).

Las casas de una sola planta fueron las más comunes (70%), continuando con las casas de dos plantas (28%) y por último las de 3 (1%) y 5 pisos (1%) (Figura 12).

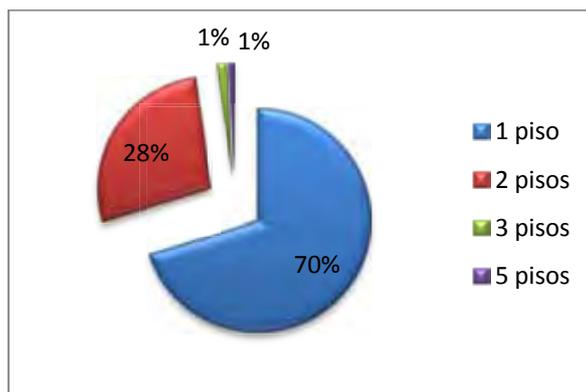


Figura 12. Número de plantas o pisos de los inmuebles registrados en las encuestas.

La altura de la entrada respecto al nivel de la calle es una variable muy importante, dado que ésta puede definir si el agua entra o no a un inmueble y dañar el contenido del mismo. La altura de las entradas varió entre los 0 cm a los 300 cm (3 m), siendo el rango de 16 a 30 cm la altura más común (32%), siguiéndole las de 0 a 15 cm (22%) Figura 13. En contraste, también se tomó el dato del nivel de piso principal dentro de la propiedad respecto al nivel del cauce principal del río Jale, sin embargo, el dato no fue muy preciso ya que no se contó con instrumentos adecuados para medir. Se encontró que algunas casas están hasta 200 cm abajo del nivel

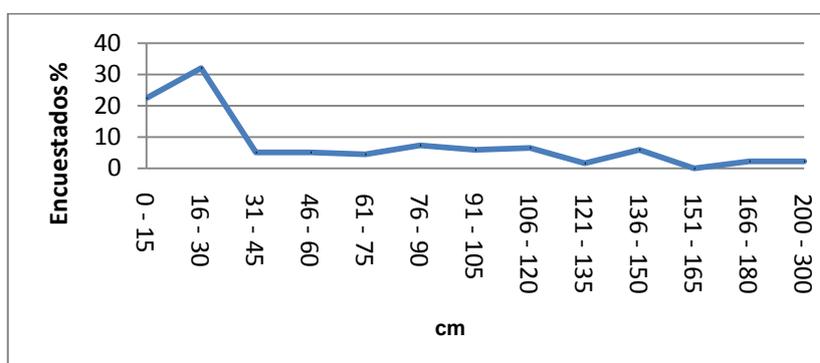


Figura 13. Gráfico de porcentaje de inmuebles registrados en las encuestas y altura de la entrada del inmueble.

La edad del inmueble es un dato que permite descubrir que tan recientes son las construcciones y de este modo ubicar los procesos de crecimiento urbano. Se encontraron inmuebles hasta con una edad de 100 años, siendo la edad de entre 0 a 5 años los más comunes (26%) (Figura 14). Cabe mencionar que durante la aplicación de las encuestas se encontraron 7 casas en construcción en los márgenes del cauce principal del río Jale.

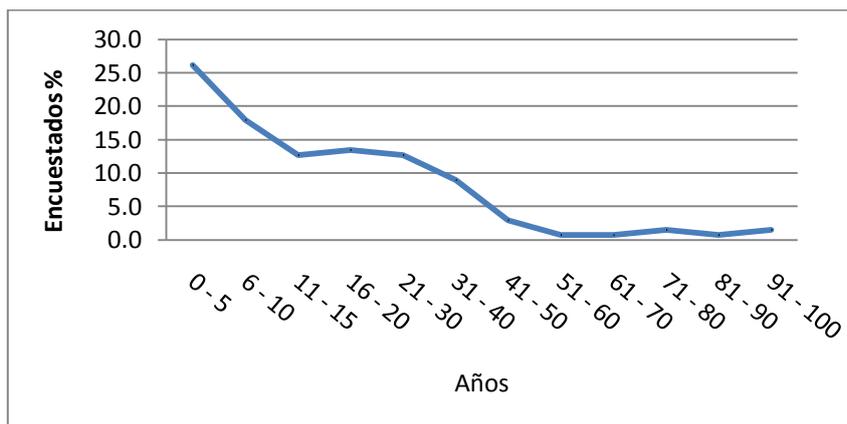


Figura 14. Gráfico de edad de los inmuebles encuestados.

Sobre los habitantes de los inmuebles

El tiempo que una persona o la familia tiene viviendo en el inmueble permite calificar la calidad de la información que proporciona ya que entre más años tenga instalada en el inmueble más experiencia y conocimiento tendrá sobre los eventos de inundación anteriores. En los inmuebles encuestados hubo gente que tiene desde 2 meses hasta 82 años viviendo ahí, aunque el periodo más común fue de 0 a 5 años (28%) siguiéndole de 6 a 10 años (20%) y de 11 a 15 años (13%) (Figura 15).



Figura 15. Gráfico de años de vivir en el inmueble

La edad de los habitantes es clave a la hora de estudiar la vulnerabilidad, ésta nos permite medir el grado de sensibilidad y resiliencia ante un evento peligroso. Los datos que arrojaron las encuestas indican que en los 150 inmuebles encuestados existen un total de 1,116 personas, de las cuales el 51% son niños, 40% adultos y 9% personas de la tercera edad.

Sobre historia de las inundaciones

Se le preguntó a los encuestados si alguna vez habían experimentado algún tipo de daño en los inmuebles a causa de la elevación del agua del río Jale. Esto, con el objetivo de conocer si el inmueble se encuentra en una zona de peligro de inundación. Un poco más de la mitad (56%) de las personas asegura haber sufrido algún tipo de daño durante un evento de inundación pasado, el restante (44%) respondió que no ha sufrido ningún daño. También, se les preguntó si recordaban la fecha (o fechas) de algún evento de inundación. Las fechas de dichos eventos varió desde el año 1957 hasta el 2007, siendo este último el más mencionado (62%), siguiéndole el 2005 (11%), 1982 (4%), 1989 (3%). El 100% de los informantes sostuvo que la temporada en que se presentan las inundaciones es la temporada de lluvias, y que ellos perciben que estos últimos años se inundan con más frecuencia sus barrios a comparación de años pasados (Figura 16).

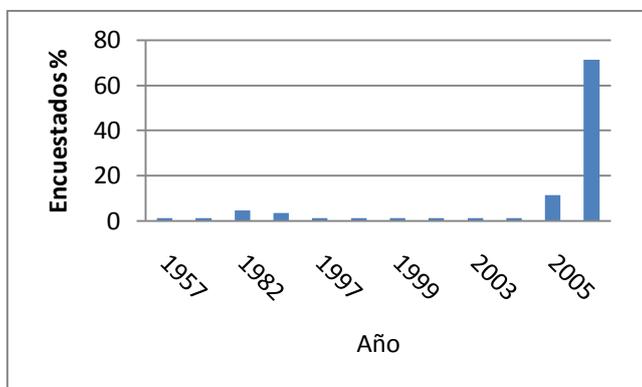


Figura 16. Gráfico de eventos de inundación según encuestados.

A las personas que contestaron que fueron afectadas alguna vez por la corriente del río Jale se les pidió que estimaran la altura del agua desde el nivel de la calle, y si era evidente alguna huella del agua que dejó la inundación también se tomó en cuenta. La altura máxima del nivel de agua fue de 210 cm y la mínima de 10 cm siendo 46cm la medida más mencionada (23%) (Figura 17). También, mencionaron que el agua que entra los inmuebles viene acompañada de lodo y en algunos casos piedras.

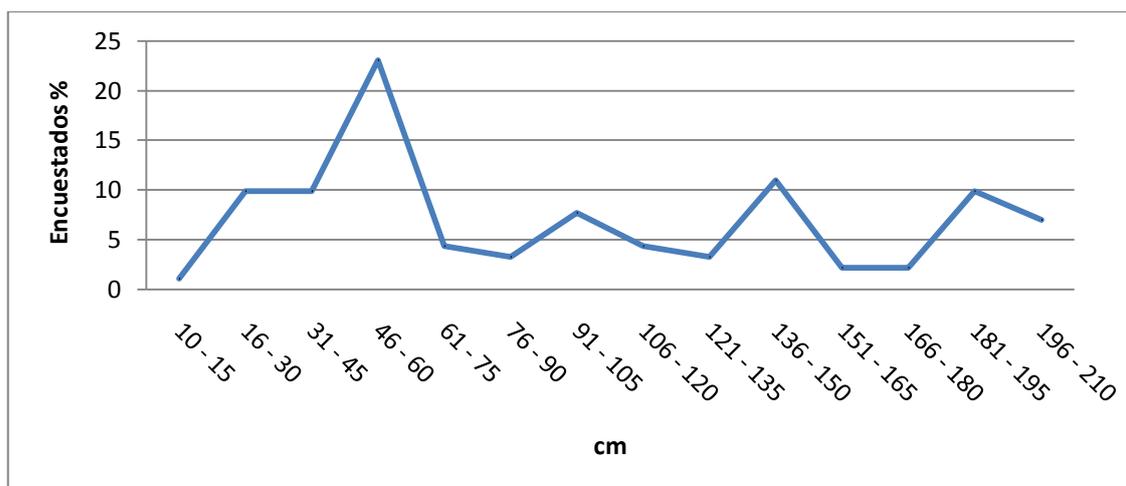


Figura 17. Grafico de altura de agua en inmuebles inundados.

Sobre los bienes vulnerables

El conocer la cantidad y valor estimado de los bienes que un inmueble puede contener nos permite inferir el nivel económico de sus habitantes y a su vez su resiliencia o capacidad de recuperarse ante un evento de inundación, al igual que ayuda en la estimación de la sensibilidad.

Para poder analizar la información se optó por reclasificar las respuestas de los encuestados en 8 categorías (ver Tabla 4). La mayoría de los inmuebles encuestados presenta un nivel bajo (31%) y Medio (28%).

Tabla 4. Bienes vulnerables.

Bienes	Situación económica	%
Nada (sin electrodomésticos)	Precariedad	2
Estéreo	Muy bajo	13
Estéreo , tv	Bajo	31
Estéreo, tv, refrigerador	Medio	28
Estéreo, tv, refrigerador, estufa	Medio alto	15
Estéreo tv, refrigerador, estufa, lavadora	Alto	7
Estéreo, tv, refrigerador, estufa, lavadora, computadora	Muy alto	3
Estéreo, tv, refrigerador, estufa, lavadora, computadora y otras cosas	Sin problemas económicos	1

A los informantes que se encontraban en los inmuebles catalogados como negocio o casa/negocio se les preguntó si hipotéticamente se les inundara su negocio que porcentaje de su inversión creen que perderían, esta información nos puede ayudar a inferir la vulnerabilidad de su negocio. La mayoría (38%) contestó que perderían el 100% de su inversión, siguiendo la respuesta de 50% de inversión (25%) (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de la inversión que perderían hipotéticamente.

porcentaje de la inversión perdida hipotéticamente	%
20	6
30	6
40	6
50	25
60	13
80	6
100	38

Sobre la resiliencia

Se les preguntó a los habitantes de los inmuebles el tiempo de recuperación después de un evento de inundación que de una u otra forma causó algún daño en el inmueble o en sus pertenencias. Este dato es importante para conocer la velocidad de recuperación ante un evento de inundación. El tiempo de recuperación varió desde unas horas hasta dos años. La repuesta más común fue 1 día (29%), en contraste 30 días fue la segunda respuesta más mencionada (25%) (Tabla 6).

Tabla 6. Tiempo de recuperación después de una inundación

Tiempo de recuperación	%
unas horas	2
1 día	29
2 días	15
3 días	8
7 días	2
8 días	2
15 días	4
30 días	25
2 meses	8
6 meses	4
2 años	2

También, se cuestionó sobre los bienes más difíciles de recuperar después de una inundación. La respuesta “Ropa” fue la más común con el 19%, siguiendo con “Todo” (17%), “nada” (15%), “muebles” (10%), dinero (8%) y refrigerador (8%). A los encuestados que no habían experimentado ningún daño en sus inmuebles a causa de un evento de inundación, se les preguntó si hipotéticamente sufrieran algún daño ¿Cuánto tiempo tardarían en recuperarse. La mayoría (44%) contestó que no sabe, siguiéndole con 30, 60, 90 y 365 días de tiempo de recuperación (11% cada uno).

Mitigación del riesgo

El recibir información oportuna antes, durante y después de un evento peligroso acerca de lo que ocurre, donde ocurre o lo que podría ocurrir es fundamental para poder prevenir pérdidas humanas o materiales. Se le preguntó a los encuestados si las autoridades del municipio o del estado les han informado acerca del peligro de inundación al que están expuestos. El 70% afirmó que no han sido informados y el 30% respondió que si han sido informado. Otra pregunta estuvo relacionada a si han recibido algún tipo de aviso horas o minutos antes de alguna inundación, siendo “si” la respuesta más común (57%), los demás (43%) contestaron que no han recibido ningún aviso.

Una manera de evaluar la mitigación de los efectos de un evento peligroso es midiendo la ayuda que puedan aportar las autoridades, dicha ayuda podría incrementar los niveles de resiliencia y acelerar la recuperación de las personas. Se le preguntó a los encuestados si habían recibido algún tipo de ayuda durante una inundación. El 95% contestó que no ha recibido ayuda durante una inundación, y el 5% que si ha sido ayudado. También se les preguntó si recibieron ayuda después de una inundación. Un 98% contestó que no ha recibido ayuda y un 2% que si ha recibido ayuda después de una inundación.

La manera y velocidad en que las personas responden a la hora de un evento peligroso puede significar la vida o la muerte, por lo que preguntamos a los habitantes de los inmuebles las decisiones que tomarían en caso de una inundación. La mayoría (76%) tomaría alguna acción para salvar sus vidas, y los restantes (24%) se quedarían a ver qué pasa. De los que contestaron que tomarían alguna acción, el 78% contestó “salir inmediatamente”, el 11% “correr”, el 6% “subir a un lugar alto”.

El construir estructuras como diques, bardas o cortinas de piedra pueden disminuir de cierta manera los daños de un evento peligroso, por lo que se les preguntó a los encuestados si conocían alguna medida o acción de parte del gobierno para prevenir

algún daño por las inundaciones. El 45% de los encuestados no está enterado, el 43% piensa que el gobierno no hace nada y un 13% piensa que el gobierno está tomando alguna medida.

También se les pregunto a los encuestados sobre las medidas que ellos mismos toman para prevenir que el agua los afecte. La mayoría (60%) toma alguna medida, y los restantes (40%) no lo toman precauciones. De los que contestaron que si toman alguna medida, el 28% contestó “poner una cortina”, el 15% “poner tierra y arena en la entrada”, el 11% “poner piedras”, el 8% “subir la entrada del inmueble”, en tres o más respuestas mencionaron “poner el inmueble en lo alto”, “pedir ayuda al gobierno”, “aumentar la altura de la cortina”, “poner piedras”.

4.1.2 Resumen de las entrevistas

Para mostrar un panorama general de la información obtenida de las entrevistas se eligió seleccionar las entrevistas que engloban la variedad de opiniones sobre percepción de los pobladores y la autoridad sobre las inundaciones por el río Jale y se hizo un resumen de ellas.

Una señora anónima de la colonia Santa Anita comenta que tiene un año viviendo sobre el cauce del río Jale y que le tocó que se llevara su casa de láminas en la temporada de lluvias del 2007, ella comenta que se mudó de Xalpatláhuac a Tlapa principalmente por querer una mejor educación para sus hijos, y el terreno donde viven fue una oportunidad que agarró ya que se lo dejaron a pagos, pero nunca le dijeron que el río pasaba por allí. También comenta que el terreno se lo vendieron en 80 mil pesos y que su esposo se fue a los Estados Unidos para conseguir el dinero. Sin embargo, no está segura de querer comprar ese terreno. Por otro lado comenta que ya le avisaron los del municipio que ese terreno no es habitable y que la van a multar si sigue allí. Ella comenta que cuando se llevo su casa el río los de protección civil le ofrecieron cobijas pero que nunca se las dieron. Ahora ella va esperar qué sucede en la próxima temporada de lluvias.

Una señora anónima que es originaria de La Montaña afectada por la crecida del río Jale en la colonia de El Progreso comenta que cuando se inundó su casa el agua llegó a un metro en el interior y que las piedras que arrastró rompieron la pared próxima al río Jale, también menciona que se le mojaron sus papeles personales además de dinero y ropa.

Comenta también que en diez años de vivir en esa casa fue la primera vez que le sucedió, asegurando que un muro de contención de reciente construcción es lo que hace que el agua se concentre en su casa, ella menciona que ese muro fue construido por un señor que le dicen "Taurino" y que además es la misma persona que está vendiendo los terrenos en la zona federal del río Jale. Por otra parte, la señora comenta que sí escucho el aviso de la policía y protección civil de que el Jale iba a bajar pero no se imaginó que llegaría tan fuerte, al grado de perderlo todo. La señora comenta que le va a pedir al señor que le vendió la casa de nombre Raimundo Torres Flores que le cambie de lugar para no seguir sufriendo a causa del río. Por último, comenta que el Señor Raimundo le compró los terrenos a una señora Matilde Aguirre.

Una pareja de apellido Gutiérrez-Cervantes de alrededor de unos 85 años originarios de la ciudad de Tlapa ubicados en la colonia Centro a un costado del Jale menciona que su casa fue construida en 1936 y que en aquel tiempo era de adobe pero que posteriormente la remodelaron con cemento. Ellos platican que en 1982 el río Jale reventó los muros que dan la cara al cauce del río Jale y que el agua paso por el medio de su casa llevándose todo a su paso logrando afectar también la casa de sus vecinos ocasionándoles muchos daños. Mencionan que el evento que causó la inundación fue una tromba y que por eso bajo la barranca (El Jale). Dicen que el presidente municipal en turno era Antelmo Ávila, y que aunque pidieron su apoyo éste no quiso ayudarlos por lo que se organizaron entre los vecinos para levantar los muros que ahora los protegen del río Jale y que posteriormente en el 2003 el presidente Rufino Vázquez construyó unos refuerzos en los muros. Menciona que cuando era presidente Lázaro Cárdenas (1935) mando 40 millones de pesos para poner gaviones en el cauce del río Jale y componerlo, pero que con el tiempo estos se fueron cubriendo por el azolve del río. Mencionan que en 1994 unos ingenieros fueron a hacer mediciones para acanalar y encauzar el río Jale. Menciona que las casas que están en el frente al otro lado del cauce en la colonia Caltitlán no existían, y que las zonas cercanas al río eran de playas. También, menciona que a través de los años el río se ha ido azolvando ya que antes quedaba en un nivel de elevación muy inferior y que ahora el río ha quedado muy arriba del nivel original. Ellos también mencionan que el río y los cerros estaban llenos de arboles y que conforme han pasado los años estos han ido desapareciendo poco a poco. Los señores resaltan que cada trienio la administración que está a cargo no sabe nada sobre los problemas del río Jale principalmente por que la mayoría de puestos incluyendo a los presidentes municipales los obtienen personas ajenas a Tlapa que vienen de fuera de la ciudad e

inclusive del municipio. Respecto a los indígenas mencionan que las personas de La Montaña se empezaron a mudar a Tlapa principalmente por los víveres pero se regresaban a sus tierras, y que últimamente se están quedando a residir permanentemente en Tlapa invadiendo el río Jale, pero con el consentimiento del gobierno ya que no hace nada por impedirlo y hasta a veces ellos mismos les venden los terrenos. También menciona que desde hace unos 25 a 30 años la ciudad ha ido mejorando a causa de que en La Montaña se empezó la producción de drogas y que Tlapa ha funcionado como centro de distribución, y que esto es bien sabido por todos incluyendo el gobierno, recalcan que en Tlapa no hay industrias ni empleos y que la gente aun así construye casas de concreto y que vive bien gracias a La Montaña. Respecto a la deforestación que sufren las zonas cercanas a Tlapa menciona que en 1943 un aserradero en Metlatónoc en más o menos 20 años acabo con todos los bosques.

Un comerciante anónimo menciona que tenía un puesto en el mercado sobre el río Jale y que fue reubicado en un nuevo mercado, además menciona que en la administración de Rufino Vázquez desalojaron el río Jale de Comerciantes, pero que en la nueva administración volvieron a permitir que se instalaran nuevamente sobre el río Jale.

Un señor originario de Tlapa menciona que el río Jale se encontraba rodeado de árboles llamados azuchiles y que poco a poco la gente los ha ido cortando. También, menciona que hay un aserradero en Metlatónoc que acabó con los arboles de la sierra y que aún siguen cortando los árboles de la región de La Montaña. Por otro lado menciona que las personas tiran basura y escombros al río Jale, lo que agrava los problemas cuando surge una inundación.

Una señora de 101 años de nombre Francisca Andrade Balbuena y su hija Ofelia hablaron sobre el río Jale en pasado en su barrio de El Peligro, ella menciona que hace unos 70 años las casas estaban muy lejos del cauce del río y que solo había unas cuantas de ellas, el río estaba abajo y lleno de azuchiles y se les llamaban azuchileras, siendo la gente la que se los fue acabando. También mencionan que el río siempre tenía agua transparente y que no hubo problemas con las inundaciones.

El exdirector de protección civil Abdali Aguirre que estaba a cargo en las fechas que se aplicaron las entrevistas (febrero 2009) comenta que cuando él tomó el cargo en junio de 2007 la dependencia de protección civil estaba muy descuidada y no dejaron información

sobre los eventos de inundación ni de ningún otro suceso, aparte de que no cuentan con infraestructura, así mismo, comenta que al tomar el cargo y en conjunto con la policía tomaron de inmediato diferentes medidas para alertar a la población sobre el peligro del río Jale y sobre todo cuando este parecía que iba a bajar violentamente. También protección civil del estado de Guerrero le informaba cuando las condiciones meteorológicas indicaban posibles lluvias en la zona. Otra medida que implementó fue la de hacer carteles impresos y *spots* para la radio para advertir a la gente. Menciona también que le avisaban de Xalpatláhuac cuando se veía que el río empezaba a tomar fuerza y rápidamente comenzaban a perifonear que se retiraran del Jale. Él menciona que el problema del río Jale sucede año con año y que la gente está acostumbrada en cierta medida, pero se confían demasiado y por esa razón suceden las catástrofes. Respecto al mercado que se pone en el Jale, menciona que protección civil ha recomendado al departamento de reglamentos y espectáculos que no den permisos para establecerse sobre el río Jale y menos en temporada de lluvias. Sin embargo, menciona que a la gente no le interesa y que no les importa perder su inversión y hasta la vida, pero cuando llegan las inundaciones, la gente se empieza a quejar de que no se les advirtió y que no reciben ayuda, por lo que le crean a protección civil una mala imagen. Respecto a las construcciones sobre el río Jale, menciona que la gente lo hace sin el permiso del municipio y que es muy difícil impedirlo, ya que las personas se organizan para que la ley no se cumpla y si alguien va a molestarlos toman represalias corriendo peligro la vida de los funcionarios, por lo que les da miedo meterse con ellos. Además comenta que protección civil no ha dado ningún permiso de construir, ya que el río Jale es una zona federal pero que ninguna institución federal está presente para impedir que invadan el río. También, menciona que ya solicitaron a la Comisión Nacional del Agua que de seguimiento al problema de los asentamientos ilícitos en el río pero hasta ese momento no habían tenido respuesta. Por otro lado, mencionaba que quería cambiar la cultura en la gente dando pláticas para concientizarla, sin embargo, éstas no asistían si no se les daba algo a cambio como despensas, y que además esto es parte de la idiosincrasia de la gente. Por último describe los sucesos de la inundación del 3 de julio del 2007 donde una persona de la comunidad de Xalpatláhuac perdió la vida. Eran las 6:40pm y le avisaron de Xalpatláhuac que iba a bajar el río Jale, ya que no cuenta protección civil con vehículo tuvo que pedir apoyo a los policías para avisar a las personas que el río Jale iba a bajar, sin embargo, éstas no hicieron caso, menciona que posteriormente, alrededor de las 7:30 se reunieron en el puente vehicular que está sobre el río Jale y desde allí se veía

que la gente solo se quedaba admirando el río Jale como si fuera un espectáculo sin tomar ninguna precaución, después del evento se acercaron a las casas para ayudar a la gente y evaluar los daños.

4.2 ANÁLISIS COMPLEMENTARIO

Las características generales del uso de suelo y vegetación actuales (2005) de la cuenca del río Jale son poco diversas. En términos de cobertura vegetal solo se reconocen bosques tropicales caducifolios, bosques de encino y bosques de pino-encino los cuales muestran un severo deterioro de su cobertura, ya que más del 50% de su área presenta un proceso de secundarización de la vegetación natural resultado de un mal manejo y sobre explotación de las coberturas.

Los resultados obtenidos de la comparación de uso de suelo y vegetación entre el año 2000 y el año 2005 (Tabla 7) muestran que el principal cambio se dio en el bosque tropical caducifolio primario el cual cambió a un estado secundario en 55.6 Ha (19%), y otras 16.2 Ha (5.8%) de esta cobertura se transformaron a uso agrícola. El bosque tropical caducifolio secundario cambió a uso agrícola en 73 Ha (5.2%), a pastizales 35 Ha (2.5%) y en área urbana 11 Ha (0.8%). El bosque de encino con vegetación secundaria tuvo un cambio hacia agricultura en 5.4 Ha (4.9%) y hacia pastizales en 1.6 Ha (1.5%). El bosque de pino-encino con vegetación secundaria tuvo una transformación hacia el bosque tropical caducifolio con vegetación secundaria en 3.4 Ha (5.1%) y 4.1 Ha (6.1%) hacia la agricultura.

Las coberturas antrópicas se mantuvieron sin transformaciones significativas, sin embargo, esto no significa que no hayan expandido su superficie. La cobertura agrícola tuvo un cambio en 16 ha (1.6%) que se transformaron a pastizales, otras 2.9 Ha (0.3%) se transformaron en áreas urbanas y 0.5 Ha cambiaron a bosque tropical caducifolio con vegetación secundaria lo que significa una recuperación de cobertura vegetal. Los pastizales tuvieron un cambio de 9.6 Ha (3.6%) a agricultura y 1.1 Ha (0.4%) en áreas urbanas. Por su parte, estas áreas se mantuvieron sin cambios.

Tabla 7. Superficies de cambio en hectáreas y porcentaje de cambio respecto al área de la cobertura para el 2000.

TIPO	Bosque Tropical Caducifolio	Bosque Tropical Caducifolio y VS	Bosque de Encino y VS	Bosque de Pino Encino y VS	Agricultura	Pastizales	Área Urbana	Sin Vegetación Aparente	Total 2000
Bosque Tropical Caducifolio	204 (73.5%)	55 (19.9%)			16 (5.8%)	1.8 (0.7%)			277
Bosque Tropical Caducifolio y VS		1,285 (91%)			73 (5.2%)	35 (1.5%)	11.6 (0.8%)		1,405
Bosque de Encino y VS		2.4 (2.2%)	100 (91.4%)		5.4 (4.9%)	1.6 (1.5%)			110
Bosque de Pino Encino y VS		3.4 (5.1%)		59 (88.7%)	4 (1.6%)				66
Agricultura		0.5 (0.05%)			1,035 (98%)	16.5 (1.6%)	2.9 (0.3%)		1,056
Pastizales					9.6 (3.6%)	256 (96%)	1.1 (0.4%)		267
Área Urbana							221 (100%)		221
Sin Vegetación Aparente								38 (100%)	38
Total 2005	204	1,347	104	59	1,144	312	237	38	3,442

La Tasa de Transformación (TT) observada (Tabla 6) refleja que la transformación negativa más significativa la presenta el bosque tropical caducifolio con una TT de -1.19% anual, seguida por el bosque de pino-encino con vegetación secundaria con una TT de -0.47% anual y el bosque de encino con vegetación secundaria con -0.35% de TT anual, finalmente el bosque tropical caducifolio con vegetación secundaria presentó una TT de -0.16%. Estos resultados se pueden interpretar en el sentido de que las áreas de la cuenca con vegetación están reduciendo sus fronteras y están siendo deterioradas sus condiciones bióticas y abióticas por lo que su capacidad de retención e infiltración de agua se está reduciendo.

Las coberturas antrópicas presentaron una TT positiva lo que significa que todas aumentaron su área en alguna medida. Las más significativas fueron los pastizales que tuvieron una TT de 0.62% anual, seguido de la agricultura que presentó 0.32% de TT anual, por último las áreas urbanas presentaron una TT de 0.27% anual.

Tabla 8. Tasa de cambio en el periodo 2000-2005.

Tipo de cobertura	Área 2000 (Ha)	% Superficie 2000	Área 2005 (Ha)	% Superficie 2005	Cambio (Ha)	Ha/Año	Tasa de Transformación cinco años (s2/s1)*-1	Tasa de Transformación anual	% de Tasa de Transformación anual
	S1		S2						
Bosque Tropical Caducifolio	277.39	8.06	204.00	5.93	-73.39	-14.68	-0.059611	-0.011922	-1.1922
Bosque Tropical Caducifolio y VS	1405.23	40.83	1347.37	39.15	-57.86	-11.57	-0.008374	-0.001675	-0.1675
Bosque de Encino y VS	110.26	3.20	100.76	2.93	-9.50	-1.90	-0.017863	-0.003573	-0.3573
Bosque de Pino Encino y VS	66.05	1.92	58.57	1.70	-7.48	-1.50	-0.023762	-0.004752	-0.4752
Agricultura	1055.73	30.67	1144.10	33.24	88.37	17.67	0.016207	0.003241	0.3241
Pastizales	267.43	7.77	311.73	9.06	44.29	8.86	0.031125	0.006225	0.6225
Area Urbana	221.46	6.43	237.02	6.89	15.56	3.11	0.013675	0.002735	0.2735
Sin vegetación	38.41	1.12	38.41	1.12	0.00	0.00	0.000000	0.000000	0.0000
TOTAL	3,441.97	100.00	3441.97	100.00					

Para representar espacialmente los resultados del análisis de cambio y uso de suelo se reclasificaron las clases de acuerdo a los procesos de: Permanencia de la cobertura (sin cambios en la superficie de las clases), Urbanización (conversión de cualquier clase a área urbana), Deforestación (transformación de una clase forestal a una antrópica), Degradación forestal (conversión de una clase forestal primaria en una secundaria) y Recuperación Forestal (conversión de una cobertura antrópica en una forestal) (Figura 25).

Como se puede observar en el mapa de procesos de cambio (Figura 18) los procesos de urbanización se dieron principalmente con el crecimiento de la ciudad de Tlapa, y en el aumento del área urbana de las localidades de Xalpatláhuac y Xalatzala. El proceso de deforestación se presentó principalmente en la parte alta de la cuenca, al sur de la localidad de San Miguelito y al noroeste de la localidad de Xalatzala. El proceso de degradación forestal se localizó en mayor proporción en la parte media y alta de la cuenca, en las cercanías de la localidad de Agua Chantla, y al norte de San Miguelito. El proceso denominado como de recuperación forestal se dio en un área muy pequeña (0.5 ha) al noroeste de la localidad de Xalpatláhuac.

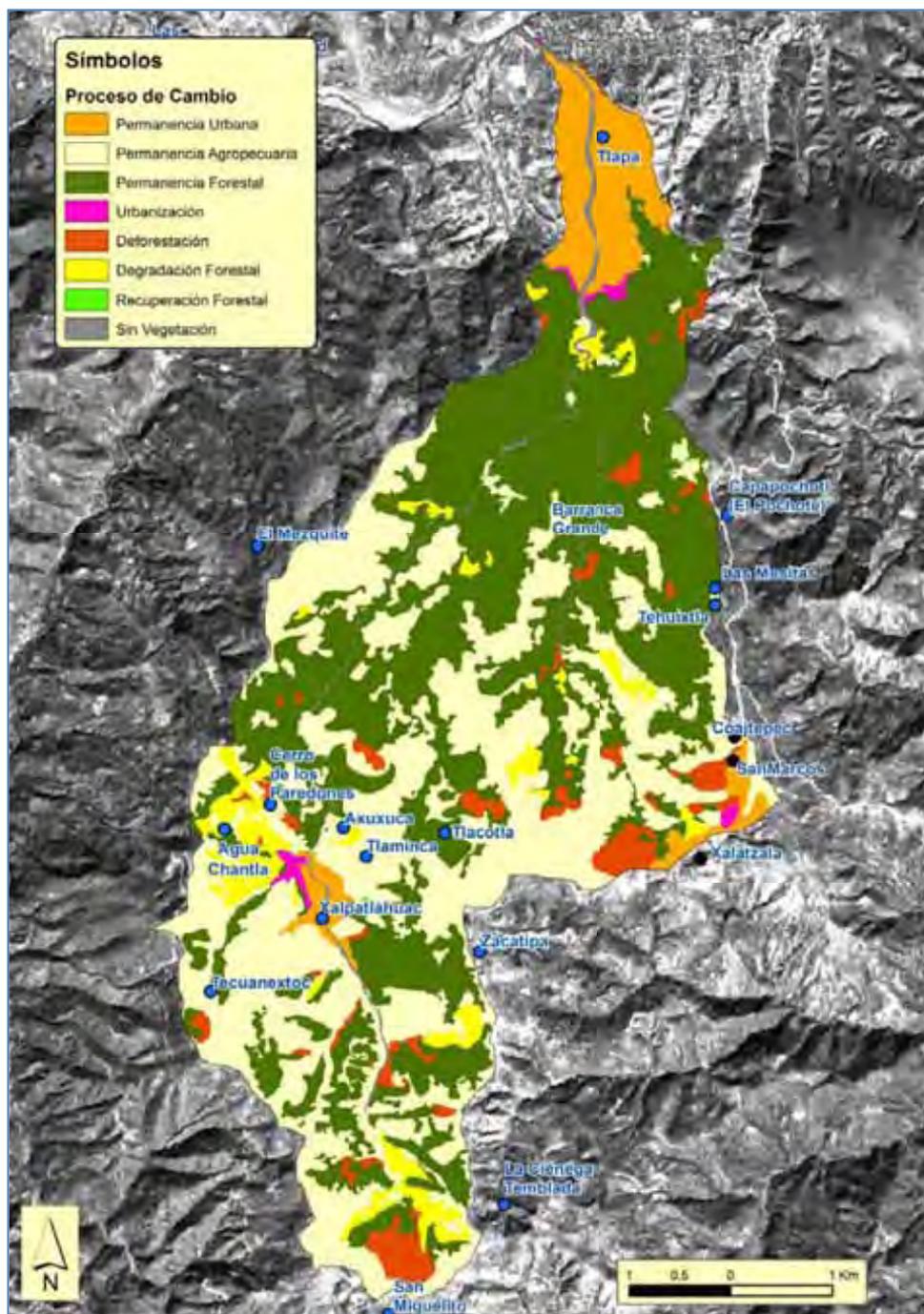


Figura 18. Procesos de cambio de uso de suelo en la cuenca del río Jale.

4.2.1 Implicaciones del cambio de uso de suelo en las inundaciones

Los resultados obtenidos al aplicar el método de Número de Curva (NC) al uso de suelo y vegetación para cada una de las fechas (2000 y 2005) y de el cruce de los mapas

resultantes mostró que los cambios en el uso de suelo y vegetación han modificado en cierta medida el comportamiento hidrológico del escurrimiento de la precipitación, llegando a incrementar hasta un 29% cuando el cambio de uso de suelo y vegetación se da de Bosque tropical caducifolio con vegetación secundaria (BTC-VS) a un uso Urbano lo que ayuda a que la lluvia escurra más rápido, el siguiente es el cambio de BTC a Agricultura con un 26% de incremento del escurrimiento, el cambio de BTC a Pastizales genera un 24% de incremento del escurrimiento (ver Tabla 9). Por el contrario, cuando una cobertura Agrícola pasa a ser un bosque (BTC-VS) se llega a recuperar un 15% de infiltración (Tabla 9) lo que ayuda a mitigar en cierta medida el peligro de inundación.

Tabla 9. Cambio en el porcentaje de escurrimiento al modificar la cobertura

Cambio de uso de suelo y vegetación	% de escurrimiento
Bosque tropical caducifolio a Bosque tropical caducifolio y VS	11
Bosque tropical caducifolio a Agricultura	26
Bosque tropical caducifolio a Pastizales	24
Bosque tropical caducifolio y VS a Agricultura	15
Bosque tropical caducifolio y VS a Pastizales	13
Bosque tropical caducifolio y VS a Área urbana	29
Agricultura a Bosque tropical caducifolio y VS	-15
Agricultura a Pastizales	-2
Agricultura a Área urbana	14
Pastizales a Agricultura	2
Pastizales a Área urbana	16
Bosque de Encino y VS a Bosque tropical caducifolio y VS	6
Bosque de Encino y VS a Agricultura	21
Bosque de Encino y VS a Pastizales	19
Bosque de Encino Pino y VS a Bosque tropical caducifolio y VS	6
Bosque de Encino Pino y VS a Agricultura	21

El promedio ponderado del escurrimiento con base a el NC para el año 2000 fue de un 72.5 %, y para el año 2005 fue de 73.4 %, lo que significa que en 5 años el escurrimiento en promedio a aumentado un 0.9 %. De continuar con esta tendencia para el 2050 el 81 % del agua que se precipita se escurriría llegando a causar muchos más problemas que los actuales

Los aumentos en el escurrimiento se registran de manera dispersa en gran parte de la cuenca (Figura 19) y cubren un 6.5% del total de la misma. Los cambios positivos en la infiltración solo se dieron en un 0.5% de la cuenca.

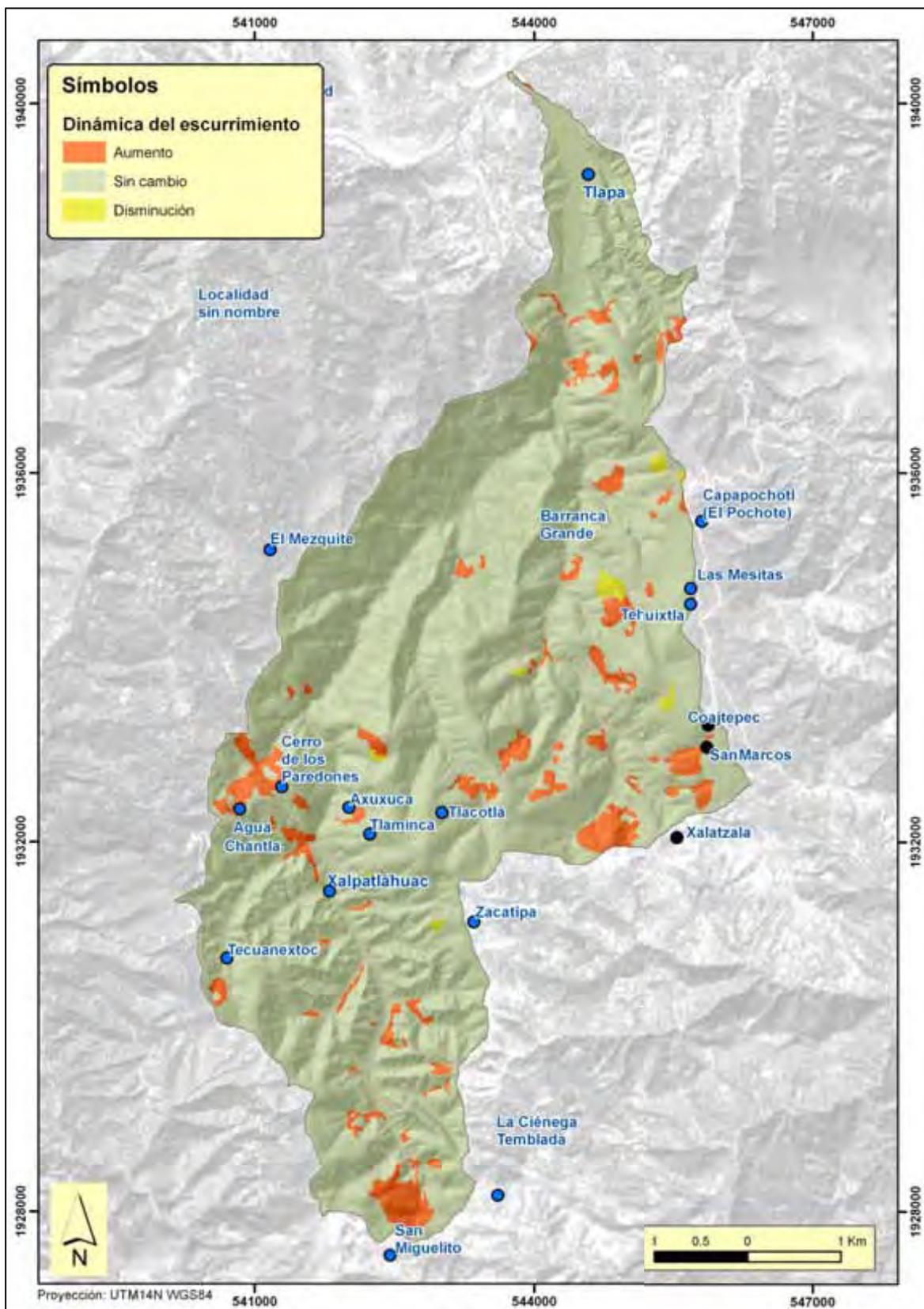


Figura 19. Mapa de di námica del escurrimiento en base a el número de curva durante el periodo 2000-2005.

4.3 ZONIFICACIÓN DEL PELIGRO

4.3.1 Peligro de inundación en el abanico aluvial

El área definida como abanico aluvial tiene una superficie aproximada de 51 ha. Los resultados obtenidos de la modelación del peligro en el abanico aluvial estuvieron dados por la cercanía al cauce principal (río Jale). Como se puede observar en la Figura 20 la red de calles canaliza el peligro de inundación sobre el abanico aluvial, ya que las calles funcionan como una red de drenaje superficial, por lo cual el agua puede tomar cualquiera de las calles como canales de escurrimiento. En este sentido, entre menor sea la distancia al cauce a través de la red de calles, mayor es el peligro, y al contrario conforme incrementa la distancia menor es el peligro.

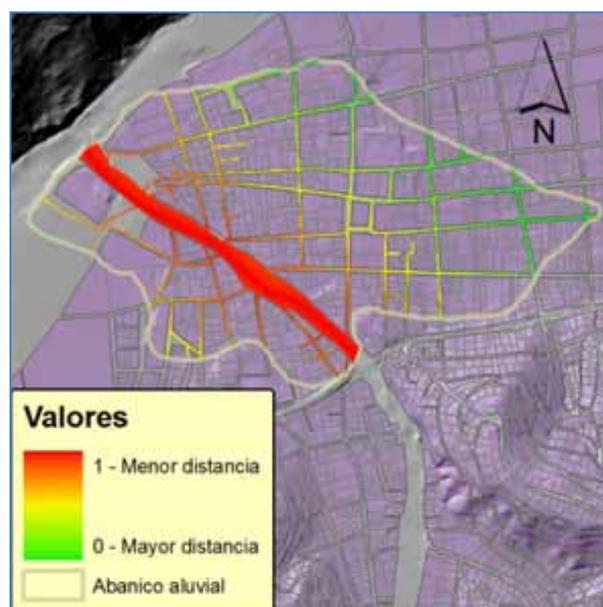


Figura 20. Distancia al cauce del río Jale normalizada sobre la red de calles.

Posteriormente se obtuvo el peligro al interior de las manzanas presentes en el abanico a través del cálculo de la distancia hacia el interior de las manzanas tomando en cuenta la red de calles ya con valor de peligro explicadas en el párrafo anterior y la posterior normalización de los resultados usando el valor máximo. Como se puede ver en la Figura 21, el nivel de peligro estuvo dado por la conexión de las manzanas con el río Jale a través de las calles. Al igual que pasa con las calles, al aumentar la distancia al cauce siguiendo la red de calles disminuye el peligro de inundación en las manzanas, por lo que

éstas, mientras más cercanas al cauce del río Jale estarán en una condición de mayor peligro.

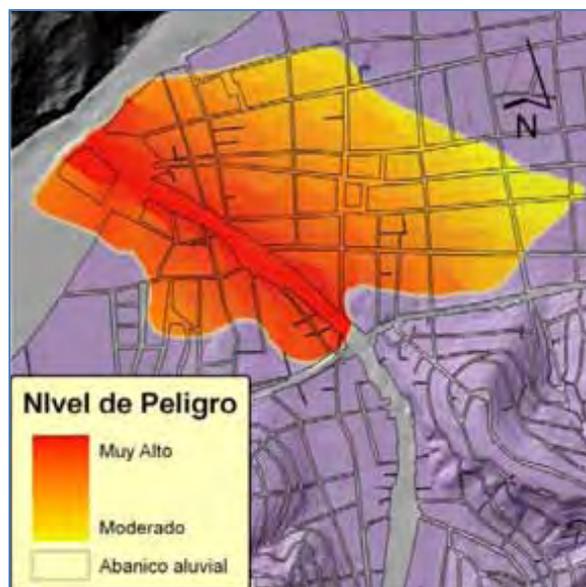


Figura 21. Nivel de peligro en el abanico aluvial.

4.3.2 Peligro de inundación en la planicie fluvial

El polígono de la planicie fluvial se delimitó con base en la información obtenida de las encuestas y el trabajo de campo, la cual presentó una superficie de 48 ha. Así mismo, el resultado de usar la medida del ancho del cauce principal del río Jale como potenciador del peligro dentro de la planicie fluvial, implica que al encauzar el río de manera artificial el nivel de peligro aumenta, ya que existe un efecto de cuello de botella, incrementado la altura, presión, y velocidad del agua (Morales *et al.* 2007).

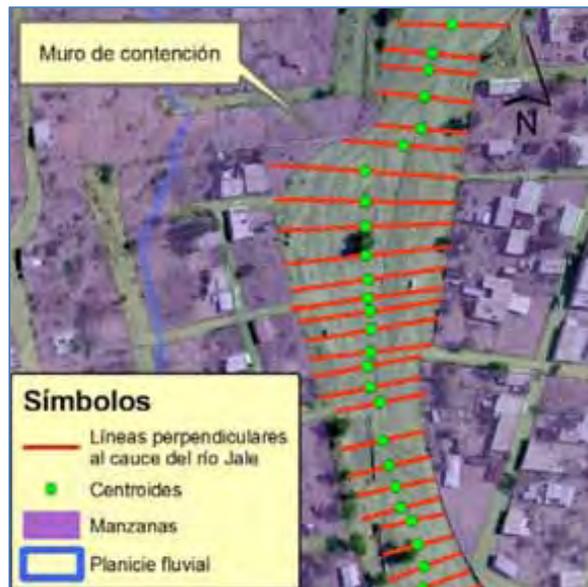


Figura 22. Acercamiento para mostrar los resultados.

Al entrar el río a la zona urbana de Tlapa su cauce tiene una anchura de 53 m, al ir adentrándose a la ciudad éste se ensancha llegando hasta los 150 m en algunas zonas y se angosta hasta 9 m en otras, lo que ocasiona que en las zonas anchas el río pierda velocidad y en partes donde se angosta se tenga mayor velocidad y presión, y eleve su volumen aumentando el peligro de inundación. Por otro lado, en las partes anchas el agua deposita sedimentos y piedras provocando daños a su paso en los inmuebles y muros (Figura 22 y 23).

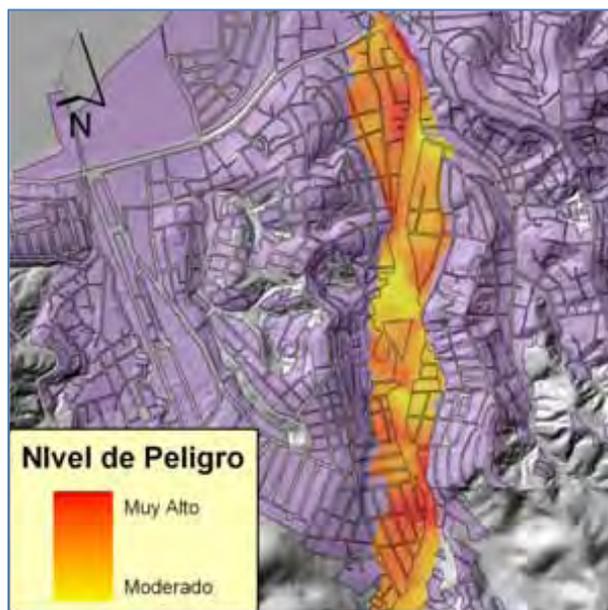


Figura 23. Peligro por inundación en la planicie fluvial.

4.3.3 Mapa de Peligro de inundación

La integración de los mapas de peligro de inundación del abanico aluvial y de la planicie fluvial dio como resultado la delimitación del área de peligro de inundación, a la que se le llamó también como área inundable, ésta tiene una extensión cercana a las 99 ha lo que corresponde al 11% del total de la superficie de la ciudad de Tlapa. A través de la clasificación del peligro se pudo ubicar las zonas con un peligro Muy Alto, Alto y Moderado. En este caso no se contempló designar las clases Bajo o Muy Bajo, dado que toda el área es inundable y porque se puede prestar a interpretaciones erróneas, lo que podría ocasionar que los tomadores de decisiones o los mismos pobladores bajen la guardia y los tome por sorpresa un evento de inundación extremo.

En la Figura 24 se pueden observar las zonas con un peligro de inundación Muy Alto, estas zonas se localizan principalmente dentro de las colonias de El Renacimiento, Cuba, Centro, Caltitlán y El Peligro, abarcando el 29% del total del área de peligro de inundación. Las zonas de Alto peligro se encuentran principalmente en las colonias de El Renacimiento, Azteca, El Progreso, Lázaro Cárdenas, Cuba y Centro, estas zonas abarcan el 42% del área de peligro. Las zonas con un peligro Moderado se ubican principalmente en las colonias de San Marcos, Las Palmas, El Dorado, Santa Anita, Lázaro Cárdenas, Cuba, El Peligro y Centro, conteniendo un 29% del área total de la zona de peligro de inundación.

Parte de las vías de comunicación más importantes de la ciudad de Tlapa se encuentran dentro de la zona de Alto peligro de inundación, como lo es el puente principal que une el oeste y este de Tlapa, en este mismo puente se encuentran las terminales de taxis, autobuses y combis del transporte urbano, así como los autobuses y camionetas de transporte foráneo. También, el mismo río Jale es usado como avenida principal para trasladarse desde el puente hacia las colonias que se encuentran al sur de la ciudad de Tlapa. Otras actividades económicas como el mercado informal que se coloca cercano al puente principal sobre el cauce del río Jale y otros negocios se encuentran dentro de las zonas de Alto y Muy Alto peligro. En el siguiente apartado se describirán aspectos demográficos y socioeconómicos al hablar sobre la vulnerabilidad por exposición de la población a las inundaciones.

Es importante enfatizar que todo el área inundable mostrada en el mapa de peligro al sur del puente vehicular que cruza el río Jale (figura 24) tiene un nivel de peligro importante y

que los colores obedecen a que en algunas áreas este peligro se vuelve todavía más crítico debido a que el cauce se encuentra confinado por muros. Por ello, las porciones del cauce principal que se encuentran en amarillo normalmente corresponden a zonas en donde el cauce es amplio mientras que los colores rojos señalan áreas en las que el peligro se incrementa porque la anchura del cauce es reducida. La zona en rojo localizada en la Colonia Cuba, aunque en un área en donde el cauce principal es relativamente ancho (y por el lo teóricamente de menor peligro), se debe a que la corriente de un arroyo que se incorpora a dicha altura sobre la margen derecha del río Jale empuja el flujo del agua hacia dicha área, aumentando el volumen de agua y por ello ocasionando un incremento local del peligro.

De igual manera, en la zona del abanico los colores solo indican un gradación del peligro que ya existe en toda su extensión, debido a la imprevisibilidad del comportamiento hidráulico de la inundación en este tipo de geoforma. La extensión del peligro de clase Muy Alto es mayor que en el caso anterior porque el río puede bloquear su cauce, por depósito súbito del material acarreado, en cualquier punto entre el puente y la desembocadura y por ello el río puede desviarse a los lados del cauce principal todavía con gran intensidad y alcanzar gran distancia.

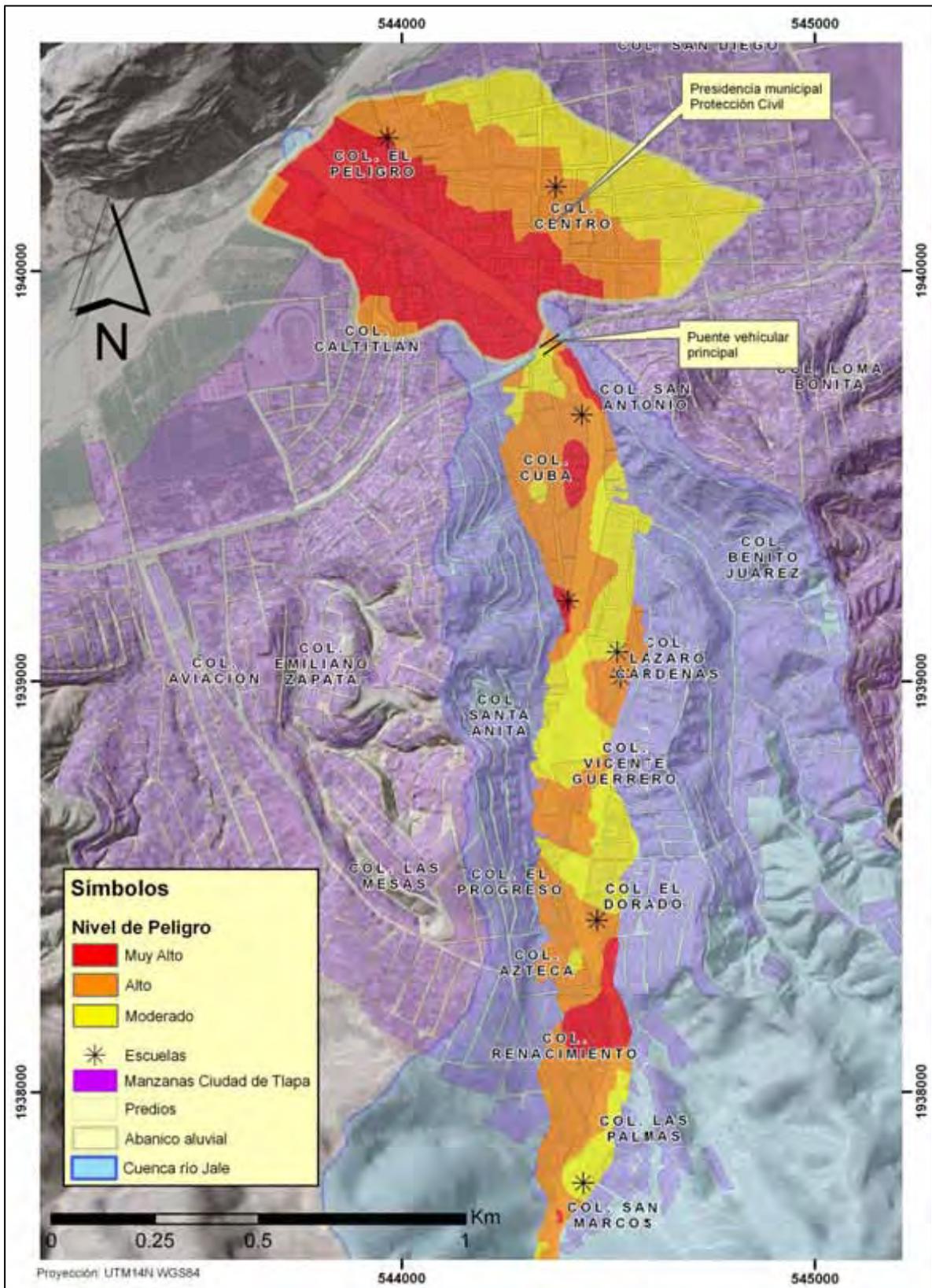


Figura 24. Mapa de peligro de inundación por el río Jale en la ciudad de Tlapa.

4.4 NIVELES DE VULNERABILIDAD

4.4.1 Vulnerabilidad por Exposición de la Población

El combinar el nivel de peligro con la ubicación de las manzanas dio como resultado el mapa de exposición al peligro de la población. De acuerdo con el Censo de Población 2005, se estimó que unas 8,519 personas viven en las manzanas que están dentro de la zona de peligro de inundación, de éstas 2,622 (31%) se encuentran dentro de la zona de muy alto peligro, otras 3,923 (46%) personas se encuentran dentro de la zona de alto peligro y por último 1,975 (23%) personas se encuentran en la zona de peligro moderado (Figura 25).

Respecto a los inmuebles, se estima (Censo de Población 2005) que en la ciudad de Tlapa existen un total de 7,598 inmuebles y que de estos unos 1,601 (21%) inmuebles se encuentran dentro de las manzanas con exposición al peligro de inundación. Del total de inmuebles que se encuentran en la zona propensa a inundaciones el 34% se encuentran en las manzanas con un nivel de exposición Muy Alta, el 41% se encuentra en el nivel Alto, y 24% en las de nivel Moderado.

Cabe destacar que dentro de estas manzanas se encuentran ocho centros educativos de nivel básico y medio (preescolar, primaria y secundaria), de estos dos se encuentran dentro de la zona de muy alto peligro, cuatro en las zonas de alto peligro y dos en las zonas con un peligro moderado.

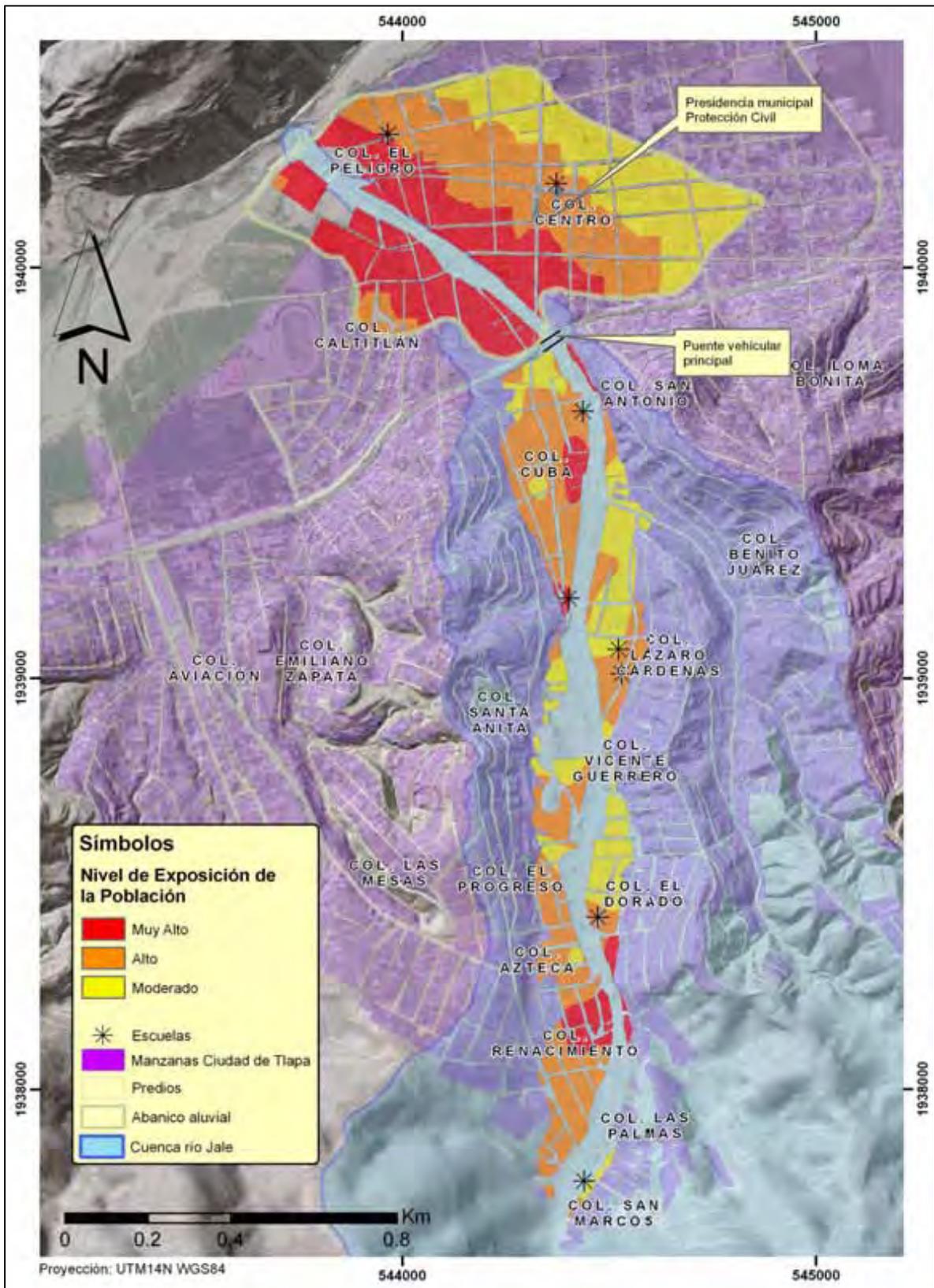


Figura 25. Mapa de Vulnerabilidad por Exposición de la población.

4.4.2 Vulnerabilidad por Sensibilidad de la población

El resultado de la construcción de cada indicador para determinar la vulnerabilidad por sensibilidad de la población se describe a continuación. Tal como se puede observar en la figura 26 (derecha) el indicador económico (IES) alcanzó un valor máximo principalmente en la zona sur del área inundable, donde las manzanas presentan una mayor proporción del grupo de viviendas denominado como VS2 (departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en la azotea), con lo que se infirió que en esas manzanas la población tiene menos recursos económicos por lo que su sensibilidad es más alta en comparación a las manzanas del sur de la ciudad que tiene las características contrarias.

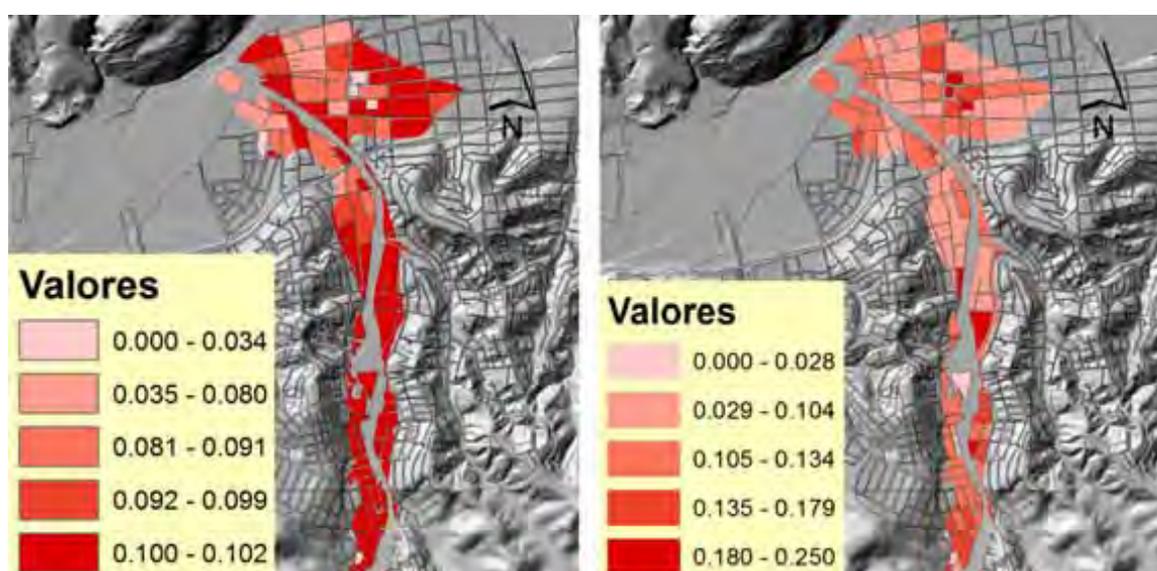


Figura 26. Indicador Demográfico (izquierda) y Mapa de Indicador Económico (derecha).

Respecto al indicador demográfico de sensibilidad (IDS) los valores más altos se presentaron principalmente en algunas manzanas de la colonia Centro de la ciudad de Tlapa, también al centro del área inundable donde se encuentran tres centros educativos de nivel básico, al igual que en la colonia El Dorado al sur de Tlapa. Al contrario algunas manzanas, principalmente al centro y sur del área inundable presentaron niveles más bajos, como por ejemplo la manzana dentro del cauce del río Jale que resalta en la Figura 26 (izquierda) de color rosa claro, donde solo se reporta que viven dos personas.

Al ponderar los índices por los pesos (ver apartado 3.3.2), integrarlos, y clasificarlos, se obtuvo el mapa de vulnerabilidad por sensibilidad de la población. Como se puede ver en

la figura 27, las zonas con mayor sensibilidad se presentan al norte y sur del área inundable, y el resultado se da de esta manera principalmente por la mayor proporción de grupos de edad vulnerables como lo es en las manzanas donde existen centros educativos donde hay una gran proporción de niños respecto al total de personas dentro de la manzana. Al contrario las dos manzanas al extremo sur del área inundable tienen una proporción muy baja de grupos de edad vulnerables y un nivel de índice económico alto.

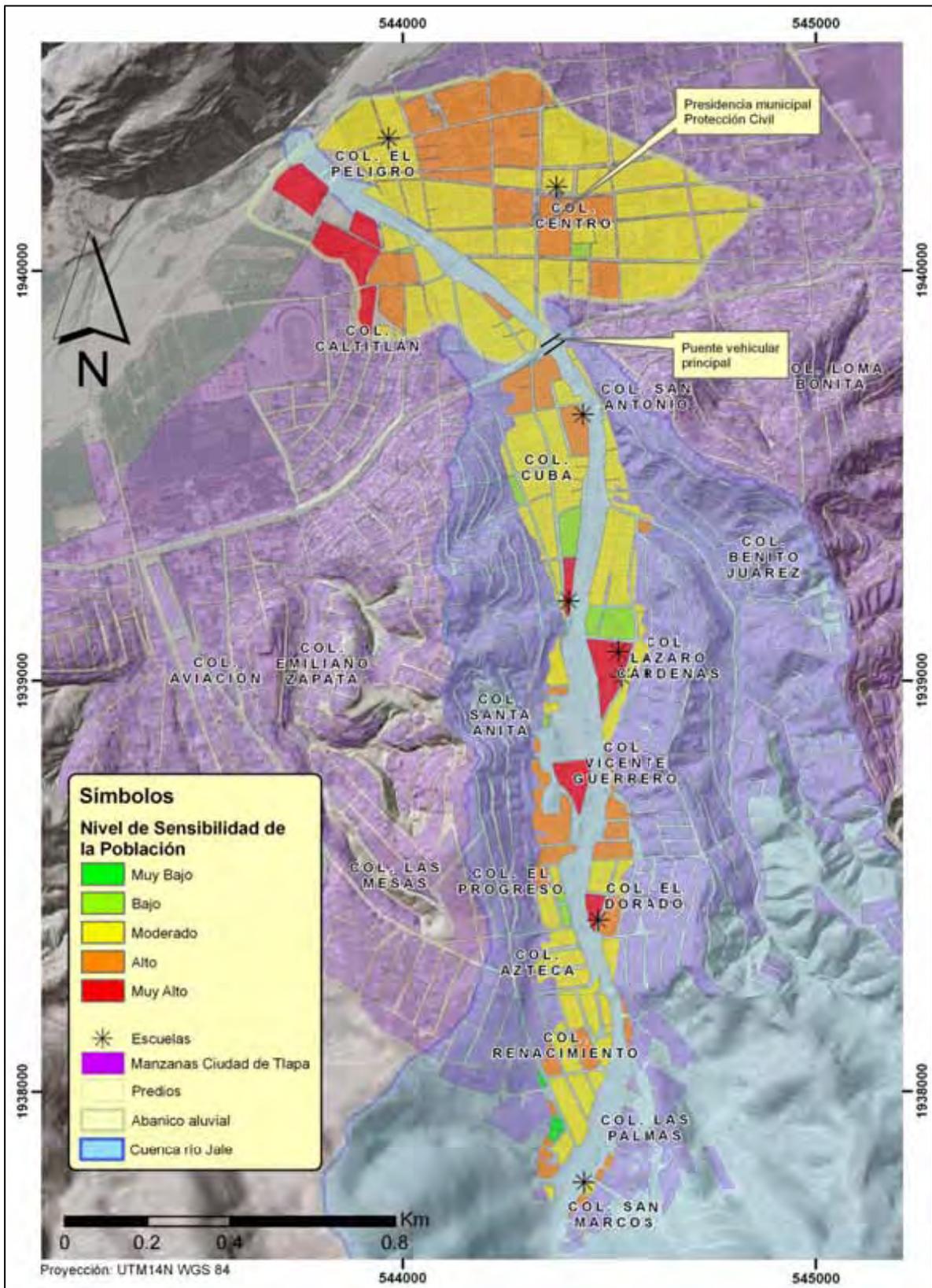


Figura 27. Mapa de Vulnerabilidad por Sensibilidad de la población

4.4.3 Vulnerabilidad por Resiliencia de la población

A continuación se describen los resultados de los indicadores usados para obtener el nivel de vulnerabilidad por la resiliencia de la población, lo que significa que a mayor valor en el índice, su capacidad de recuperación ante una inundación será más rápida, sin embargo, en el último paso a la hora de integrar los indicadores los valores se invierten para convertirlos en valores de vulnerabilidad.

El indicador económico de resiliencia de la población (IER) se compone principalmente de la proporción de casas del grupo VS1 (casa independiente, local no construido para habitación y refugio), con lo que se infiere que las personas que habitan estas viviendas tendrán un mayor capital con lo que podrán reponer las cosas materiales perdidas más rápido. Como se observa en la figura 28 (Izquierda) las zonas con valores más altos de IER se localizaron principalmente al este del abanico aluvial y en el sur del área inundable, indicando población con altos valores de resiliencia. También se distinguen algunas manzanas en color violeta claro donde la proporción de casas del grupo VS2 (departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en la azotea) fue por mucho mayor, lo que ocasionó esos valores, por lo que se asume que en estas manzanas la población es menos resiliente.

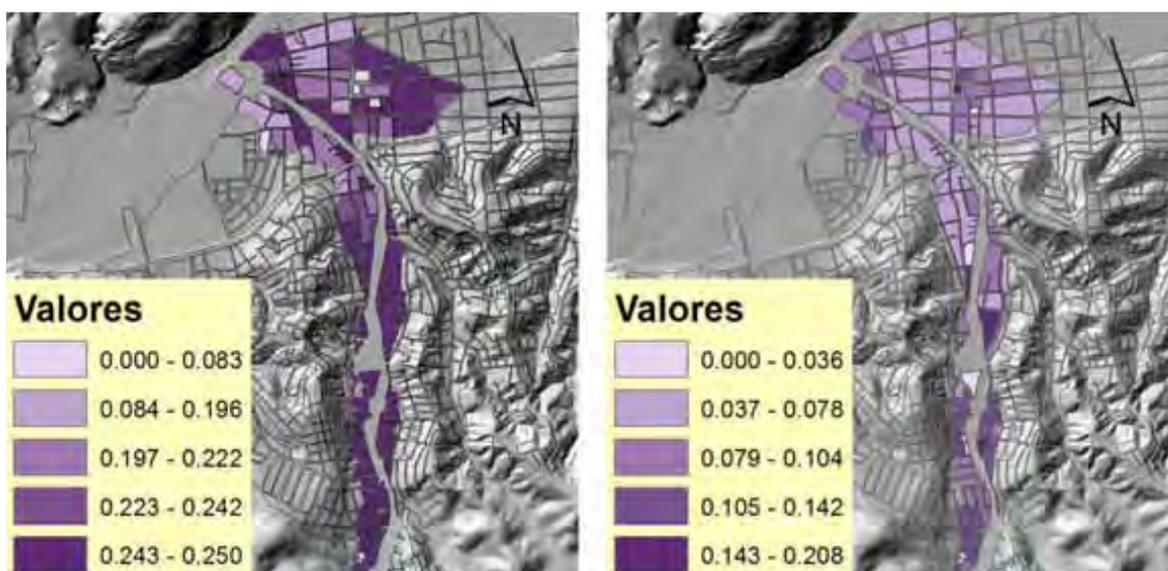


Figura 28. Indicador Económico (izquierda) e Indicador Demográfico (derecha) de resiliencia.

El indicador demográfico de la resiliencia (IDR) se compuso por la proporción de grupos de edad (niños y personas de la tercera edad) y se asumió que entre más es la

proporción de niños, mayor será su resiliencia por su capacidad de recuperación. Al contrario entre más personas de la tercera edad estén presentes, menor será su capacidad de recuperarse. La Figura 28 (derecha) muestra las manzanas donde la resiliencia es mayor, estas manzanas se presentan principalmente al centro y al norte del área inundable. Por el contrario, existen manzanas con una resiliencia muy baja donde la proporción de personas de la tercera edad es mucho mayor.

El indicador social de la resiliencia (ISR) se obtuvo con base en la proporción de derechohabientes que poseen algún seguro médico (e.g. IMSS, ISSSTE, seguro popular), así como a la proporción de los grupos de tipos de vivienda VS1 y VS2, y se infirió que las manzanas donde existiera una mayor proporción de derechohabientes con una mayor proporción de viviendas VS2 (departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en la azotea) la resiliencia de la población sería mayor. Por el contrario, las manzanas con una menor proporción de personas aseguradas y con una mayor proporción de viviendas VS1 (casa independiente, local no construido para habitación y refugio) la resiliencia sería menor. Como se observa en la figura 29 las manzanas con mayor resiliencia se encontraron en la parte sur del área inundable. Sin embargo, existieron algunas manzanas con valores muy bajos, sobretodo en la colonia Centro, esto se debió principalmente a que en esas manzanas existen muy pocos derechohabientes y las viviendas presentes son principalmente locales comerciales que se encuentran categorizados dentro del grupo VS1.

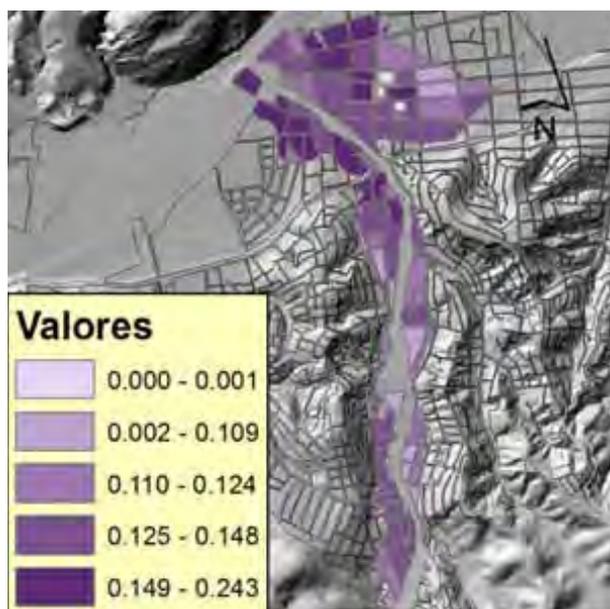


Figura 29. Indicador Social de resiliencia.

El resultado de la integración los indicadores que componen la resiliencia (IER, IDR e ISR), la ponderación por sus respectivos factores de peso, clasificación y posterior cálculo del inverso (ver apartado 3.5.2) se muestra en el mapa de vulnerabilidad por resiliencia de la población (Figura 30). Como se puede ver en la figura 30, las manzanas con una mayor vulnerabilidad por su resiliencia (categoría “Muy Alto”) se localizaron al sur de la zona de estudio en la colonia El Renacimiento, en éstas se presentan manzanas con una muy baja proporción de asegurados y una mayor proporción de personas de la tercera edad, por el contrario algunas de las manzanas de las colonias de Caltitlán, Cuba y Santa Anita presentan los niveles más bajos, en ellas se observa que la proporción de niños y derechohabientes de algún servicio médico es mayor en comparación con las demás manzanas de la zona de estudio. En la colonia Centro se presentan diferentes condiciones entre las categorías de vulnerabilidad por resiliencia Bajo y Alto, resultado de una gran diversidad de características de la población.

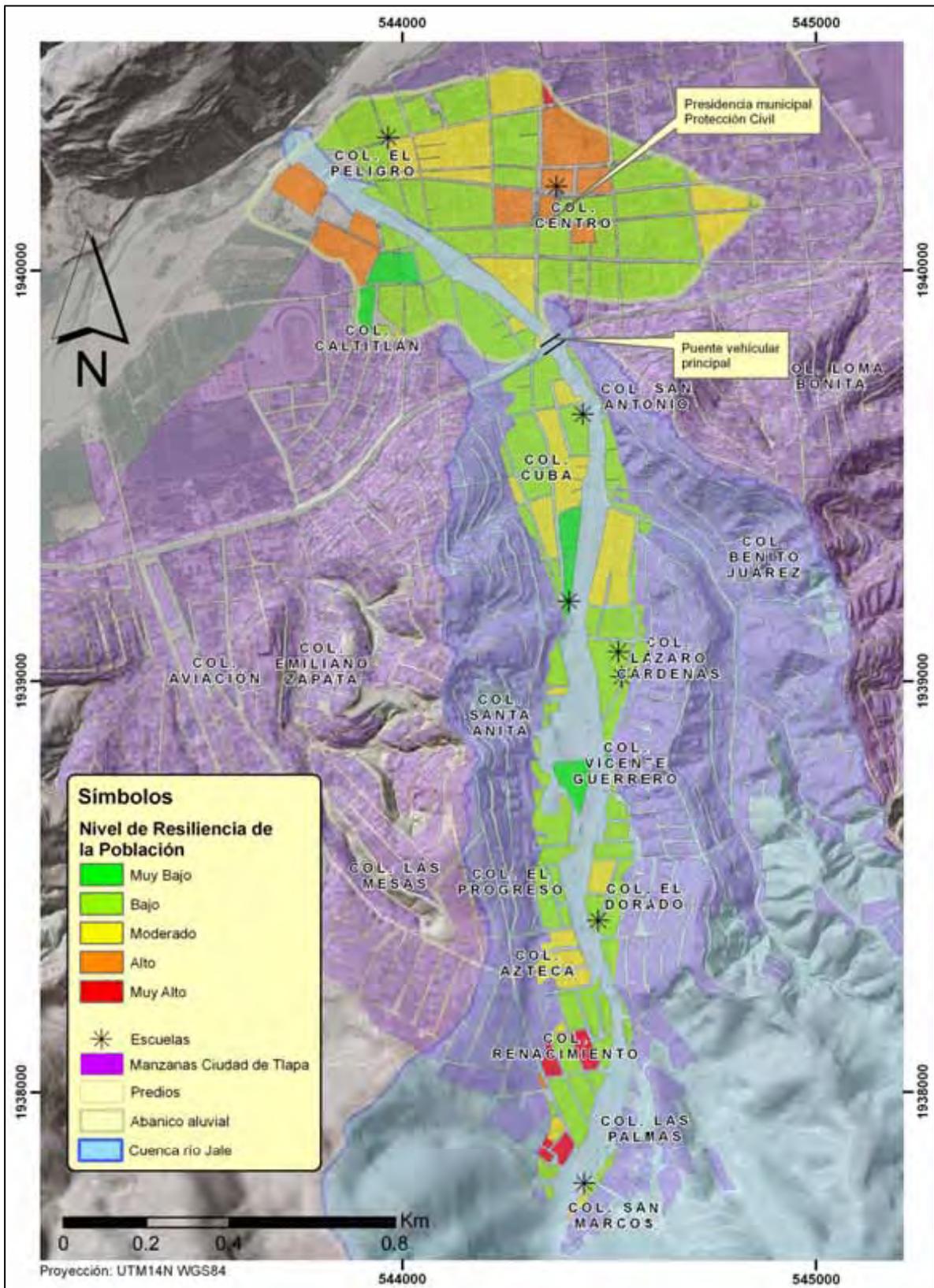


Figura 30. Mapa de Vulnerabilidad por la Resiliencia de la población.

4.5 IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

Para obtener el riesgo se integraron los componentes de vulnerabilidad de la población por exposición al peligro, sensibilidad y resiliencia, posteriormente se clasificó para establecer los niveles de riesgo (ver apartado 3.5.2).

Como se puede ver en el mapa de riesgo (Figura 31) la categoría de riesgo Muy Alto se presenta principalmente en la zona del abanico aluvial en las manzanas cercanas al cauce del río Jale de las colonias El Peligro, Caltitlán y Centro, éstas tienen un nivel Muy Alto de exposición al peligro de inundación (0.9 a 1), un nivel Moderado de sensibilidad y un nivel Bajo de vulnerabilidad por resiliencia. Sin embargo, a la hora de integrar los niveles de exposición es tan alto que el resultado en esas manzanas obtiene esta categoría. En el centro de la ciudad de Tlapa resaltan dos manzanas con este nivel de peligro (Muy Alto), en éstas la exposición no fue tan alta en comparación con las zonas cercanas al cauce del río (0.6 a 0.7), la sensibilidad fue más alta (0.2 a 0.3) y la vulnerabilidad por resiliencia fue aun más baja (0.3 a 0.4). Las manzanas que presentaron muy alto riesgo en el sur del área inundable tienen características diferentes, y a que el nivel de exposición es relativamente alto (0.5 a 0.7), el nivel de sensibilidad es alto (0.23 a 0.24) y el nivel de vulnerabilidad por resiliencia es muy bajo (0.52 a 0.54).

En total un 16% de las manzanas que se encuentran dentro del área inundable fueron clasificadas con un nivel de riesgo Muy Alto. Se estima que en esta zona se encuentran unas 992 personas que corresponden al 12% del total de personas en el área inundable, de estas 290 (29%) son niños y 86 (9%) son personas de la tercera edad. Unos 215 inmuebles se encuentran dentro de esta zona que corresponden al 13% de los inmuebles totales para la zona de peligro de inundación, de estos el 88% corresponden a viviendas particulares, el 8% a viviendas o cuartos en vecindad, el 3% a departamentos en edificios y un 1% corresponden a viviendas o cuartos en azotea. En esta área no se registraron centros educativos.

Las manzanas con un nivel Alto de riesgo de inundación ocupan un 61% del área total inundable. En ellas se encuentran aproximadamente unas 6,078 personas que corresponden al 71% del total de personas en el área inundable, de estas 1,954 (32%) son niños y 501 (8%) son personas de la tercera edad. Se estima que unos 1,082 inmuebles se encuentran en esta zona de riesgo lo que corresponde a 62% de los inmuebles registrados para la zona inundable, de estos un 85% corresponden a viviendas

particulares, un 11 % a viviendas o cuartos en vecindad, un 2% a departamentos en edificios y un 1% a los centros educativos de nivel básico. Cabe resaltar que dentro de esta categoría se localiza la presidencia municipal de Tlapa donde se encuentran las oficinas de protección civil y la policía municipal. También, uno de los centros de comercio más importantes de Tlapa como lo es el mercado municipal que se encuentra localizado al costado este de la presidencia (Figura 31).

Del total del área inundable un 23% de ésta se encuentra ocupada por las manzanas determinadas con un nivel Moderado de riesgo de inundación. En estas manzanas se estima que habitan un total de 1,449 personas, que corresponden al 17% del total de personas presentes en la zona inundable, de éstas un 30% (433) son niños y un 8% (98) son personas de la tercera edad. Del total de inmuebles ubicados en el área inundable un 19% (306) de ellos se encuentra catalogado con un nivel moderado de riesgo, de éstos un 89% corresponden a viviendas particulares, un 10% a viviendas o cuartos en vecindad y un 1% a locales no construidos para habitación.

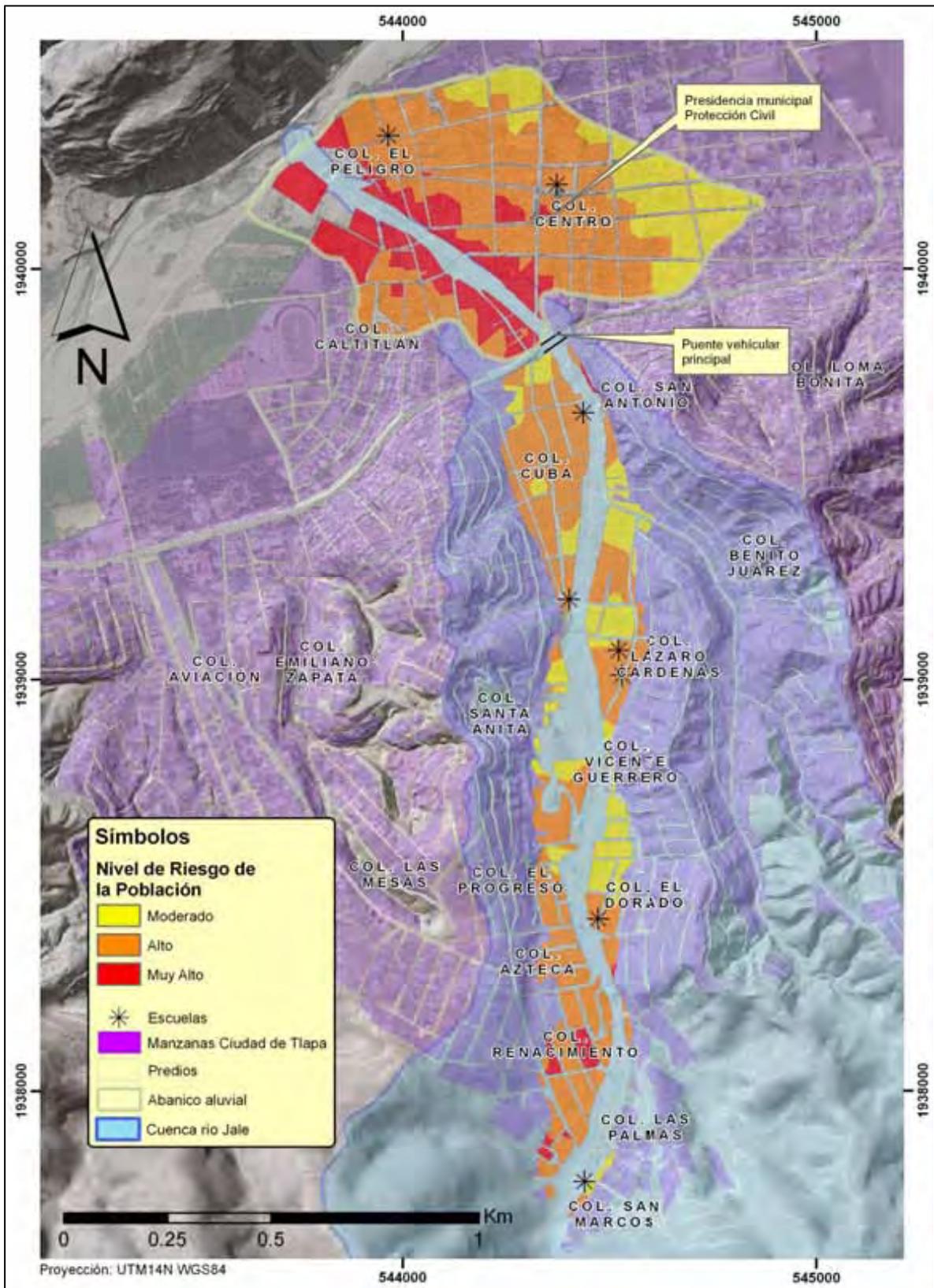


Figura 31. Mapa de riesgo de la población a las inundaciones.

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los modelos de peligro indican que una gran parte de la ciudad de Tlapa se encuentra en una zona inundable tan solo por las avenidas en el río Jale, sin considerar el río Tlapaneco que también es un peligro potencial. Específicamente las manzanas que presentan un mayor peligro son las que se encuentran más cerca del cauce del río Jale en el abanico aluvial o donde el cauce se estrecha artificialmente en la planicie de inundación, por lo que todo lo que se encuentre en ésta zona es susceptible a sufrir daños a la hora de un evento de inundación. De igual forma todas las actividades de cualquier índole que se practican en el cauce del río Jale presentan inherentemente un peligro inminente ya que se puede presentar una avenida de agua sin aviso alguno por lo que es urgente tomar las medidas necesarias para evitar que la gente use el cauce del río Jale para cualquier actividad.

Los niveles de vulnerabilidad encontrados muestran que existen diferentes condiciones particulares de exposición, sensibilidad y resiliencia en las manzanas que se encuentran en la zona inundable. Se logró identificar manzanas con niveles muy altos para las cuales se tendrán que realizar visitas de validación de los datos censales por parte de las autoridades locales.

Los centros de educación básica presentes muy cerca del cauce del río Jale (Figura 32) presentan un nivel alto de exposición al peligro por lo que también son focos rojos que requieren de una atención inmediata, en el trabajo de campo se pudo constatar que ya han sido afectadas seriamente por inundaciones pasadas y que no cuentan con medidas precautorias ante dichos eventos.



Figura 32. Escuela primaria Galileo (derecha) y Jardín de niños Josefina Castañeda (izquierda).

Los mapas resultantes de los índices usados en el modelamiento de la vulnerabilidad reflejan la gran heterogeneidad de la población presente en el área inundable, así como de las manzanas y colonias con niveles más altos de vulnerabilidad por exposición, sensibilidad y resiliencia. Estos mismos componentes de la vulnerabilidad ofrecen una visión integral de las manzanas en el área inundable, pudiéndose identificar grandes zonas con características particulares en común, como lo es el centro de la ciudad de Tlapa donde se pueden ver que las características socioeconómicas son de más alto nivel en comparación con las colonias que se encuentran al sur del área inundable donde estas características son inferiores.

La interpretación de los resultados muestra que es importante y urgente diseñar un plan de emergencia permanente y poner más atención en las manzanas catalogadas como de Muy Alto riesgo, aunque sin restar importancia a las demás manzanas. Son necesarios ordenamientos territoriales para organizar espacialmente a la ciudad de Tlapa y evitar que la gente se siga instalando en las zonas de peligro. Del mismo modo falta que las autoridades federales delimiten la zona federal del cauce del río Jale para reubicar a la población que se encuentre dentro de estas zonas.

El problema de sedimentación encontrado en Tlapa por el río Jale es un problema muy serio, al azolvar año con año el cauce del río Jale éste va aumentando gradualmente su elevación respecto a su nivel original que era unos 2 m abajo del nivel actual, lo que ocasiona que el peligro de desbordamiento del río Jale incremente. Según lo observado en campo algunas manzanas de las colonias Centro, Caltitlán y el Peligro se encuentran hasta 3 m por debajo del nivel actual del río Jale.



Figura 33. Casa a la orilla del Jale en la colonia Caltitlán afectada por el azolve del río Jale, vista desde exterior (izquierda) y vista desde el interior (derecha) (2008).

Los resultados de las encuestas y entrevistas muestran que la diferencia entre las clases sociales es muy elevada, y que en muchos casos la ignorancia y la pobreza son los principales motivos que orillan a las personas a instalarse al margen del río Jale, sobretodo en la planicie fluvial.

Las personas que tienen problemas recurrentes de inundación han tomado algunas medidas para evitar que el agua ingrese a sus inmuebles, sin embargo esto lo hacen después de que su casa ya fue edificada, por lo que los arquitectos o maestros albañiles no tienen una consciencia de que las casas que construyen están en una zona inundable.

Por otro lado, se encontró que el crecimiento de la ciudad se ha dado en etapas, siendo las colonias cercas al centro de Tlapa las más antiguas y las más alejadas las más recientes, también se distingue que las casas más recientes son las que presentan mayores problemas con las inundaciones, por lo que se infiere que al no haber zonas aptas para la construcción y al no tener suficientes recursos económicos las personas optan por establecerse en los márgenes del río Jale, muestra de ello son las 7 casas en construcción que se encontraron sobre el cauce del río Jale durante el trabajo de campo.

La mayoría de personas están conscientes de los problemas de las inundaciones y de lo que implica vivir junto al río Jale. También, perciben que el problema de las inundaciones ha ido en incremento en los últimos años, esto se puede interpretar de dos maneras. La primera se refiere a que como la gente recientemente ha colonizado las áreas de peligro, estas no tienen memoria histórica para comparar los eventos recientes con inundaciones pasadas ya que vienen de afuera de la ciudad o vivían en otras colonias alejadas del río Jale. La segunda interpretación sería que efectivamente existe un incremento en la

periodicidad y magnitud de las avenidas de agua a causa de otros factores presentes en la cuenca, como la disminución de la cobertura vegetal.

El nivel económico reflejado en el resultado de las encuestas muestra que la mayoría de los habitantes se encuentra entre las categorías de nivel económico bajo y medio. Por otro lado respecto a la resiliencia, se encontró que existen dos grupos de personas: las que se recuperaron el mismo día o al día siguiente de una inundación y los que tardaron un mes o más, al igual sucedió con los negocios encuestados donde su respuesta ante la posible pérdida de su inversión ante una inundación fue del 50% de su inversión y el 100% de su inversión lo que demuestra que existen dos sectores de la población que hay que tomar en cuenta a la hora de diseñar políticas y tomar decisiones sobre la prevención y manejo de las inundaciones.

El análisis de las encuestas también arrojó que las personas que viven en las zonas inundables tienen una capacidad de reacción ante un evento de inundación muy favorable lo que explica las pocas pérdidas humanas reportadas a causa de los últimos eventos de inundación en el río Jale.

Algo importante de resaltar es el contraste entre la percepción de la gente que vive en el área inundable y la administración del municipio (gobierno–protección civil). Por un lado, los habitantes se quejan de que no les avisan sobre el peligro de inundación y cuando el río va a bajar con fuerza, de igual forma argumentan no tienen dinero para comprar en otro lado de la ciudad por lo que las personas que les venden los terrenos al margen del río Jale les dan crédito, pero no les advierten del peligro y de que esa es zona federal. Por otro lado, protección civil argumenta que no tiene el personal ni el equipo adecuado para realizar su trabajo, además menciona que no existe nadie que regule esa zona federal y que ellos tratan de concientizar a la población de que esa zona es peligrosa, sin embargo, ellos aseguran que si se les avisa a las personas cuando existe la posibilidad de que el río baje con fuerza, pero la gente no hace caso y las cosas siguen igual. Solo cuando el río está muy crecido es cuando la gente se va a las zonas altas.

Por último el análisis complementario demuestra que la cuenca del río Jale donde se producen los escurrimientos que se convierten en avenidas de agua presenta un fuerte deterioro de su cobertura vegetal, aparte de que se observa un incremento de las áreas agrícolas y pecuarias en zonas no aptas para estas actividades por la pendiente del terreno, aparte de un crecimiento acelerado y desorganizado de las zonas urbanas.

La generación del Número de Curva demostró que se ha incrementado la el escurrimiento de la precipitación hasta un 29% en algunas partes, lo que demuestra que el cambio de uso de suelo y vegetación si ha influido en cierta medida en el aumento del peligro de inundación. Todo esto coincide con las observaciones obtenidas del trabajo de campo donde se recorrió parte de la cuenca, siendo evidente un mal manejo de los recursos naturales y un paisaje muy degradado. Por otro lado la gente originaria de Tlapa de más edad comentó que en el pasado (antes de 1950) las montañas de los alrededores de Tlapa estaban cubiertas por bosque de pino y encino, y que el río Jale estaba cubierto por árboles de nombre azuchil, lo que demuestra que si ha habido cambios importantes.

Respecto a los problemas de sedimentación que presenta actualmente el río Jale se infiere que puede estar relacionado al nivel de degradación de la cuenca ya que al existir zonas agrícolas y ganaderas mal manejadas en la parte alta de la cuenca, este tipo de coberturas se erosionan fácilmente, además de las coberturas vegetales secundarias que muestran que han perdido en gran parte de su capacidad de retener el agua precipitada ocasionando que esta escurra rápidamente llevándose consigo suelo y basura, la cual deposita en Tlapa.

Aunque no se contempló un ejercicio de validación como tal del nivel de peligro la espacialización de los resultados de las encuestas permitieron corroborar que efectivamente el área inundable coincide con los inmuebles donde se ha presentado anteriormente problemas por inundación.

El particular contexto urbano en Tlapa refleja una problemática en la estructura social resultado de la lucha histórica entre los mestizos y los indígenas. Ya que desde la época colonial los mestizos se apoderaron de las tierras planas y fértiles de los indígenas, obligándolos a refugiarse en las montañas en lugares donde la agricultura no es viable. Ahora que los indígenas regresan por mejores condiciones de vida a las zonas que originalmente eran de ellos se encuentran con la sorpresa de que solo las zonas no aptas para la construcción de casas son las que están libres, sin embargo ellos vienen de lugares donde las condiciones que enfrentan no son comparables a vivir en una zona de alto riesgo como lo es el río Jale.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del modelado del riesgo de inundación a través del uso del modelo SAVE como integrador de los componentes de peligro y vulnerabilidad permitieron delimitar espacialmente la zona inundable y los niveles de riesgo de la población en la ciudad de Tlapa ante las avenidas de agua del río Jale. Sin embargo, la falta de información limitó la aplicación del modelo en su totalidad ya que no se incluyeron los sujetos de vulnerabilidad correspondientes a infraestructura, actividades económicas y recursos naturales.

Las inconsistencias espaciales en la cartografía adquirida en el INEGI y la información preliminar del conteo de población y vivienda del 2005, limitaron en la práctica un mayor detalle de las características urbanas y de la población. Sin embargo, los ajustes hechos con la información proporcionada por el departamento de catastro del estado de Guerrero y los resultados de las encuestas y observaciones del trabajo de campo permitieron mejorar los insumos para la aplicación del modelo SAVE.

El análisis de el cambio de uso de suelo y vegetación en la cuenca del río Jale demuestra que ésta ha sufrido un severo deterioro en sus coberturas forestales y una expansión desorganizada de las coberturas antrópicas, lo que se ve reflejado en el incremento de escurrimiento y disminución de la infiltración por lo que las condiciones hídricas de la cuenca han sido afectadas y por consecuencia el agua precipitada escurre más rápido y con mayor fuerza, llevándose consigo más sedimentos e incrementado el peligro de inundación.

La falta de seguimiento a las inundaciones del río Jale y otros peligros por protección civil a causa de los cambios de administración, y la falta de capacitación y equipo necesario para cumplir con sus responsabilidades, aumenta la vulnerabilidad de la población. Por otro lado, la falta de un organismo que regule los asentamientos en zonas no habitables y la corrupción, aunado a la falta de terrenos habitables en la accidentada orografía de la ciudad de Tlapa y la inequidad social ha ocasionado que la gente se ubique en zonas de muy alto peligro poniendo en riesgo sus vidas.

7. RECOMENDACIONES

- Problema: Falta de seguridad de las personas por falta de un departamento de Protección Civil capaz de actuar rápida y eficazmente ante las emergencias.
Recomendación: Es urgente y necesario contar con un departamento de protección civil municipal con personal de planta capacitado y con el equipo adecuado que esté a cargo de la seguridad de los habitantes y visitantes en la ciudad de Tlapa.
Tomadores de decisiones; Gobierno federal, CENAPRED, Gobierno del estado, gobierno municipal.
- Problema: Falta un mecanismo de alerta temprana para prevenir a los pobladores de posibles situaciones de peligro.
Recomendación: Es necesario instalar un sistema de alarma automatizado que permita por medio de sensores de precipitación en la parte alta y media de la cuenca del río Jale alertar a los pobladores sobre posibles avenidas de agua en el río Jale.
Tomadores de decisiones: Gobierno federal, CENAPRED, CNA, Gobierno del estado, gobierno municipal.
- Problema: El crecimiento desorganizado de la ciudad y la falta de terrenos aptos para el asentamiento humano entre otras cosas ha orillado a los pobladores a establecerse en zonas con un alto peligro.
Recomendación: Es importante regular el uso de suelo en la ciudad de Tlapa y de sus alrededores para evitar que las personas sigan construyendo inmuebles en zonas no aptas para construcción viviendas. También, es de vital importancia reubicar los inmuebles que se encuentran en la zona de peligro y muy especialmente las que se encuentran sobre el cauce natural del río Jale para evitar pérdidas humanas y materiales por las avenidas de agua.
Tomadores de decisiones: Gobierno federal, Gobierno del estado, gobierno municipal.
- Problema: Faltan estudios detallados que provean información confiable y disponible para el público en general sobre la ubicación de las zonas de peligro, características e implicaciones que conlleva urbanizar dichas zonas.

Recomendación: Son necesarios estudios sobre riesgo más detallados que incluyan la actualización constante de la información censal a nivel de vivienda para identificar el riesgo, tomando en cuenta además de la población, la infraestructura, las actividades económicas y los recursos naturales.

Tomadores de decisiones: Gobierno federal, CENAPRED, CNA, Gobierno del estado, gobierno municipal.

- Problema: Existe un severo deterioro de la cobertura vegetal en la cuenca del río Jale, este deterioro implica además de los problemas ambientales otros de índole social y económico, como lo es el incremento del peligro de inundaciones.

Recomendaciones; Es importante recuperar la cobertura vegetal de la cuenca del río Jale para mejorar las condiciones naturales y ayudar a disminuir el escurrimiento de agua a través de la regeneración de las coberturas vegetales originales, buscando el apoyo de programas institucionales por parte de dependencias gubernamentales y sus programas.

Tomadores de decisiones: Gobierno federal, CONAFOR, SEMARNAT, Gobierno del estado, gobierno municipal.

- Problema: La desorganización e inequidad entre los pobladores de la ciudad de Tlapa por las diferencias étnicas, religiosas y económicas han aumentado su vulnerabilidad a los diferentes peligros a los que están expuestos.

Recomendaciones: Es de mucha importancia establecer un vínculo entre los habitantes de Tlapa y en especial de las zonas de peligro por medio de una campaña de concientización y apropiación de su cultura, que permita la convivencia y unidad entre los pobladores y el gobierno, para llegar a acuerdos y que permita un mejor desarrollo y un incremento en la calidad de vida de los habitantes de Tlapa.

8. BIBLIOGRAFÍA

ARC (American Red Cross). 2007. Talking About Disaster: Guide for Standard Messages. Washington, D.C. Disponible en:

http://www.redcross.org/images/pdfs/code/Complete_Guide.pdf

Ayuntamiento de Tlapa. 2007. Se desborda Río Jale. Publicado el 10 de julio de 2007. Consultado el 10-07-2007. En línea:

http://www.tlapadecomonfort.gob.mx/wb2/municipios/12066_Se_desborda_Rio_Jale

Barrera H. A. 2006. Tlapa, el corazón de la Montaña. En: Rescalvo M. M (compilador). 2006. Veredas, Barrancas, Pueblos y Sucesos de Tlapa, Guerrero. H. Ayuntamiento de Tlapa de Comonfort y Universidad Autónoma de Guerrero. Pp. 15-35.

Belmonte T. J. J. 2007a. Se desborda río en Tlapa; arrastra vehículos. Publicado el 4 de julio de 2007. www.noticiasacapulco.blogspot.com. Consultado el 05-07-2007.

Belmonte T. J. J. 2007b. Aplican Plan DN-III por desbordamiento de río en Guerrero. Publicado el 4 de julio de 2007. www.noticiasacapulco.blogspot.com. Consultado el 05-07-2007.

Brath, A.; A. Montanari y G. Moretti. 2003. Assessing the effects on flood risk of the land-use changes in the last five decades: an Italian case study. IAHS Publ. 278. Pp. 435–441.

Camorani, G.; A. Castellarin y A. Brath. 2005. Effects of land-use changes on the hydrologic response of reclamation systems. Physics and Chemistry of the Earth 30. Pp 561–574.

CONABIO. 2006. Capital natural y bienestar social (Natural capital and social well-being). CONABIO, México. 32p.

COLPOS (Colegio de Postgraduados – Campus Puebla). 2008. Plan de desarrollo y conservación de la Montaña de Guerrero, primera edición 1: 23 p.

Domínguez, M. L. y A. Ramírez. 2005. Informe sobre los problemas de inestabilidad de laderas en la colonia buena vista, municipio de Tlapa de Comonfort, Guerrero. CENAPRED. 17p.

Dompablo, P. J.; A. López y J. Medina. 2001. Alternativas de solución arquitectónico-urbano para Tlapa de Comonfort, Guerrero. Tesis licenciatura. Facultad de Arquitectura. UNAM. 175p

Drineas, P.; A. Frieze; R. Kannan; S. Vempala y V. Vinay. 2004. Clustering large graphs via the singular value decomposition. *Machine Learning* 56: 1, 9–33.

EM-DAT: OFDA/CRED International Disaster Database. 2009. Université Catholique de Louvain, Brussels. Disponible en: <http://www.emdat.be>

FAO. 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Technical report of a major global cooperative effort coordinated by the Forest Resources Assessment 1990 Project. FAO Forestry Paper. 130 p.

FEMA (Federal Emergency Management Agency). 2000. Guidelines for determining flood hazards on alluvial fans. 20p.

García-Leyva J. 2006. Tlapa y la Montaña en el norte. En: Rescalvo M. M. (compilador). 2006. Veredas, Barrancas, Pueblos y Sucesos de Tlapa, Guerrero. H. Ayuntamiento de Tlapa de Comonfort y Universidad Autónoma de Guerrero. Pp. 193-215

González R. R. 2007. Un muerto, un desaparecido y uno grave, deja creciente del río Jale. *La Jornada Guerrero*. Publicado el día 5 de julio de 2008. En línea: <http://www.lajornadaguerrero.com.mx/2007/07/05/index.php?section=regiones&article=0>

González R. R. 2008a. Genera Tlapa 20 toneladas de basura al día; es problema de salud pública. *La Jornada Guerrero*. Publicada el 21 de agosto de 2008. En línea: <http://www.lajornadaguerrero.com.mx/2008/08/21/index.php?section=regiones&article=0>

González R. R. 2008b. Por las lluvias, desalojan a 10 familias de 3 colonias de Tlapa, reportan autoridades. *La Jornada Guerrero*. Publicada el 3 de julio de 2008. En línea: <http://www.lajornadaguerrero.com.mx/2008/07/03/index.php?section=regiones&article=0>

González R. R. 2009a. Inicia Conagua recuperación de predios invadidos en el río Jale. *La Jornada Guerrero*. Publicada el 19 de mayo de 2009. En línea: <http://www.lajornadaguerrero.com.mx/2009/05/19/index.php?section=regiones&article=0>

González R. R. 2009b. Las altas temperaturas secan los pozos que abastecen de agua a Tlapa, alertan. La Jornada Guerrero. Publicada el 11 de mayo de 2009. En línea:

<http://www.lajornadaguerrero.com.mx/2009/05/11/index.php?section=regiones&article=0>

Hausmann, P. y C. Perils. 1998. Floods – an insurable risk? Report by the Swiss Reinsurance Company. Zurich. 51p.

Hasler, J. A. 1977. Un sondeo en tres áreas de bilingüismo rural en México. Revista Mexicana de Sociología. UNAM. 39: 3, 985-999.

Hewlett, J. D. 1969. Principles of forest hydrology. The University of Georgia Press. Athens, Ga. 183p.

ICSU (International Council for Science). 2009. Understanding and managing risk associated with natural hazards: an integrated scientific approach in Latin America and the Caribbean. Regional Office for Latin America and the Caribbean, ICSU. 39p.

IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2006. ERIC III Extractor Rápido de Información Climatológica v.1.0.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2006. II Censo de Población y Vivienda 2005. Aguascalientes, México. (formato digital)

INFDM (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2005. Enciclopedia de los municipios de México. Tlapa de Comonfort. Gobierno del estado de Guerrero. Disponible en línea en: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/guerrero/municipios/12066a.htm>

Kates, R. W.; W. C. Clark; R. Corell; J. M. Hall; C. C. Jaeger; I. Lowe; J. J. McCarthy; H. J. Schellnhuber; B. Bolin; N. M. Dickson; S. Faucheux; G. C. Gallopin; A. Grubler; B. Huntley; J. Jäger; N. S. Jodha; R. E. Kaspersen; A. Mabogunje; P. Matson; H. Mooney; B. Moore III; T. O'Riordan y U. Svedlin. 2001. Sustainability science. Science 292. Pp 641–642.

Kumpulainen, S. 2006. Vulnerability concepts in hazard and risk assessment. En: Schmidt-Thomé P. (editor). 2006. Natural and Technological Hazards and Risks Affecting the Spatial Development of European Regions. Geological Survey of Finland, Special Paper. 42. Pp 65–74.

Maderey, R. L. E. 2005. Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico [en línea]. Instituto de Geografía-UNAM. Serie Textos Universitarios, 1: 102p. Disponible en: <http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/index.html>

Masters, K. V. 2009. 1D2D modeling of sediment transport and deposition from flash floods: a case study in the Nam Chun Watershed, Thailand. Enschede, ITC. 83 p.

Mendoza, M.; G. Bocco; E. López y M. Bravo. 2002. Implicaciones hidrológicas del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: una propuesta de análisis espacial a nivel regional en la cuenca cerrada del lago de Cuitzeo, Michoacán. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 49. Pp. 92-117.

MIE (Manejo Integrado de Ecosistemas). 2005. Proyecto Uso del Suelo y Vegetación actualizado de las tres ecoregiones prioritarias con base en imágenes de satélite Landsat y SPOT. Informe Final, Fase II. Elaborado por Blanca Patricia Velasco Tapia y Héctor Martín Cruz Rojas, PNUD-CONANP.

MIE (Manejo Integrado de Ecosistemas). 2006. Proyecto Uso del suelo y Vegetación Actualizado de las Tres Ecoregiones Prioritarias con Base en Imágenes de Satélite Spot. Elaborado por Abigail Uribe Martínez. Informe final. Diciembre 2006. PNUD-CONANP.

Morales, L. M. 2007a. SAVE: A geographic approach to vulnerability assessment. Annals of the Association of American Geographers (enviado)

Morales, L. M. 2007b. The definition of a minimum set of spatial relationships. Tesis de doctorado en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. (no publicado).

Morales, L. M. 2007c. 1er. Informe técnico parcial del proyecto: Identificación de áreas de riesgo ambiental en tres ecoregiones prioritarias. Instituto de Geografía. UNAM – Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD. Junio 2007. 23p.

Morales L. M., Mendoza Cantú, M. E., Navarrete Pacheco, J. A., Vieyra Medrano, J. A., Hernández Madrigal, V.M., Granados López, E. M. y Pacheco Contreras, C. A. 2007. 3er. Informe técnico parcial del proyecto: Identificación de áreas de riesgo ambiental en tres ecoregiones prioritarias. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Octubre 2007, 48 pp

Morgan, R. P. C. 1995. Soil Erosion and Conservation, Second Edition. Longman Group Limited, Essex, England. 320 p.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y NWS (National Weather Service). 2002. Floods - the awesome power. U.S. Department of Commerce. 16 p
Disponible en: http://www.weather.gov/om/water/ahps/pdfs/Floodsbrochure_02_06.pdf

Notimex / La Jornada. 2007. Deja un muerto desbordamiento de río en Guerrero.
Publicado el 4 de julio de 2007. La Jornada on line. Consultado el 5 de julio de 2007. En línea: <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2007/07/04/deja-un-muerto-desbordamiento-de-rio>

NRC (National Research Council). 2007. Tools and methods for estimating populations at risk from natural disasters and complex humanitarian crises. Committee on the Effective Use of Data, Methodologies, and Technologies to Estimate Subnational Populations at Risk, NRC. The National academies press. Washington, D.C.

Obregón T. J. 2006. Morir en Tlapa. En: Rescalvo M. M (compilador). 2006. Veredas, Barrancas, Pueblos y Sucesos de Tlapa, Guerrero. H. Ayuntamiento de Tlapa de Comonfort y Universidad Autónoma de Guerrero. 100

Pérez, V. A. y M. Ortiz P. 2002. Cambio de la cubierta vegetal y vulnerabilidad a la inundación en el curso bajo del río Papaloapan, Veracruz. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. 48: 90-105.

Poff, N.L. 2002. Ecological response to and management of increased flooding due to climate change. Proceedings of the Royal Society of London (A) 360. Pp.1497-1510.

Proverbs, D. G. y R. Soetanto. 2004 Flood Damaged Property. A Guide to Repair. Blackwell Publishing Ltd. 225 p.

Rey, F.; J. L. Ballais; A. Marre y G. Rovéra. 2004. Rôle de la végétation dans la protection contre l'érosion hydrique de surface. C. R. Geoscience 336. Pp. 991–998.

Reyes-Peralta F. J. 2007. Análisis Espacial con Datos Raster en ArcGIS Desktop 9.2. En línea:
http://foro.gabrielortiz.com/descargas/An%C3%A1lisis_Espacial_con_Datos_Raster_en_Spatial_Analyst.pdf

Rodríguez M. J. 2005. Unas ocho colonias de Tlapa son de “alto riesgo” según Protección Civil Municipal. El Sur, periódico de Acapulco. Publicado el 26 de julio de 2005. En línea: <http://www.el-suracapulco.com.mx/anterior/2005/julio/26/portada.htm>

- Rodríguez M. J. 2009. Se rehúsan choferes a dejar cauce del río Jale; hay más de 20 sitios de transporte. La Jornada Guerrero. Publicada 26 de mayo de 2009. En línea: <http://www.lajornadaguerrero.com.mx/2009/05/26/index.php?section=sociedad&article=0>
- Rugai, D. S. 2008. Combined hydrological and hydrodynamic modeling for flood hazard assessment: a case study of upper Kaluganga catchment, Ratnapura, Sri Lanka. Enschede, ITC. 88p.
- Ruiz, V.; G, Ríos; F, López,; E. Salazar y A. Morales. 1999. Más de un millón 200 mil damnificados por temblores y aguaceros: Murat. La Jornada/El Sur. Publicado el 26 de junio de 1999. En línea: <http://www.jornada.unam.mx/1999/06/26/dejan.html>
- Saaty, T. L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences. 1: 1. Pp. 83-98.
- Salas, M. y M. Jiménez. 2004. Inundaciones, CENAPRED, México. 53 p.
- Samuels, P. y B. Gouldby. 2009. Language of Risk. Project Definitions, 2nd Edition. FLOODsite Consortium.
- Schanze, J. 2006. Flood risk management; a basic framework. En: J. Schanze *et al.* (editores.). 2006. Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures: 1–20.
- Schiettecatte, W.; L. D'hondt; W. M. Cornelis; M. L. Acosta; Z. Leal; N. Lauwers; Y. Almoza; G. R. Alonso; J. Díaz; M. Ruíz y D. Gabriels. 2008. Influence of landuse on soil erosion risk in the Cuyaguaje watershed (Cuba). Catena. 74. Pp. 1–12.
- Schmittner, K. y P. Giresse. 1996. Modelling and application of the geomorphic and environmental controls on flash flood flow. Geomorphology. 16: 4. Pp. 337-347.
- SEGOB (Secretaría de Gobernación). 1991. Atlas Nacional de Riesgos. Dirección General de Protección Civil, México. 121p.
- Turner II. B. L.; R. E. Kasperson; P. A. Matson; J. J. McCarthy; R. W. Corell; L. Christensen; N. Eckley; J. X. Kasperson; A. Luers; M. L. Martello; C. Polsky; A. Pulsipher; y A. Schiller. 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. PNAS, 100: 8074-8079. Disponible en línea en: www.pna.org/cgi/content/abstract/100/14/8074.

UN/ISDR (United Nations-International Strategy for Disaster Reduction). 2004. Living with Risk: a global review of disaster reduction initiatives 2004 version. Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction. Ginebra.

USDA-SCS. 1985. National Engineering Handbook, Section 4 - Hydrology. Washington, D.C.

Vivar-Nava E. 2008. Diagnóstico socio ambiental de la micro cuenca el Xale, Tlapa de Comonfort, Guerrero. Usos y protección del agua en La Montaña de Guerrero, Diplomado para la formación de líderes comunitarios indígenas. Colegio de San Luis (inédito).

White, G.F. 1945. Human Adjustment to Floods. Department of Geography, Research Paper no. 29. Chicago: The University of Chicago. 225p. Disponible en:
http://www.colorado.edu/hazards/gfw/images/Human_Adj_Floods.pdf

Wisner, B.; P Blaikie; T. Cannon y I. Davis .2003. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters. Second edition. Routledge, London. 124p.

9. ANEXOS

ANEXO 1 - Fotografías



A

B

C



D

E

F



G

H

I

Fotografías: A - Derrumbe (Abadali Aguirre 20/ 07/07), B - (Afectación de construcción por deslizamiento (Domínguez y Ramírez 09/12/04), C- Basurero ilegal en el cauce del río Jale (Carlos Pacheco 27/ 02/08), D, Co mienzo de l a a venida en el r ío Ja le (Vicente R ivera 04/ 07/07), E - Vehículo destruido por la avenida del río Jale (Vicente Rivera 05/07/07), F- Daño en inmueble por inundación por el río Jale (Abadali Aguirre 05/07/2007), G- Reparación de muros de contención en el cauce del río Jale (Carlos Pacheco 28/02/08), H- Avenida de agua del río Jale (Abadali Aguirre 08/07/2008), I- Vehículo atascado en el cauce del río Jale (Jesús Rodríguez 11/07/08).

ANEXO 2 – Encuesta

Encuesta Riesgo de Inundación Tlapa, Guerrero. No _____

Calle _____ # _____ Col _____ X _____ Y _____
UTM WGS84

SOBRE EL INMUEBLE
 Casa Comercio(tipo) _____ Casa/Comercio(tipo) _____
 Material Pisos Altura entrada _____ cm. Edad Inmueble _____

SOBRE LOS HABITANTES DEL INMUEBLE
 Tiempo viviendo en el Inmueble 1-2 3-5 6-10 11-20 >20 _____ años
 Cuantos habitan Tercera edad 1-2 3-5 6-10 >10 _____ personas
 Adultos 1-2 3-5 6-10 >10 _____ personas
 Niños 1-2 3-5 6-10 >10 _____ personas

SOBRE HISTORIA DE LAS INUNDACIONES
 Se ha inundado su inmueble Si No Cuando fue la última vez _____ Altura agua _____ cm
 Cada cuanto se inunda su colonia En que temporada Huella de lodo

BIENES VULNERABLES
 Medio de transporte Auto (#) Transporte urbano T Animal Bicicleta
 Que electrodomésticos podrían mojarse en caso de una Inundación
 Estufa - Refrigerador - Lavadora - TV - Computadora - Estereo - otro
 *Si se inundara su negocio que porcentaje de su inversión o negocio perdería

RESILIENCIA
 En cuanto tiempo se recupero después la inundación _____
 Que fue lo que le costo mas trabajo recuperar _____
 *Cuanto tiempo cree que tardaría en recuperarse después de una inundación

MITIGACIÓN DEL RIESGO
 El gobierno le ha informado acerca el peligro de inundación Si No _____
 Le han avisado antes una inundación Si No _____
 Ha recibido ayuda durante una inundación Si No Que tipo de ayuda _____
 Ha recibido ayuda después de una inundación Si No Que tipo de ayuda _____
 Que medidas ha tomado usted para que no vuelva a ocurrir _____
 Que medidas ha tomado el gobierno _____
 Que haría en caso de una inundación _____

Notas _____

ANEXO 3- Cambio de Uso de Suelo en la Montaña

Comparación entre las distintas fechas trabajadas para el proyecto MIE (MIE 2005).

Uso del Suelo y Vegetación	1980		1989		1996		2000		2003		2004		2005	
	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%
FORESTAL														
Selva Alta y Mediana Perennifolia con Veg. Sec. Arb. y Herbacea	6,484	0.95	5,615	0.82	4,603	0.67	4,007	0.59	4,248	0.62	0	0.00	0.00	0.00
Bosque de Pino-Encino (Incluye E-P)	242,146	35.44	230,492	33.73	217,247	31.79	203,825	29.83	190,105	27.82	130,205	19.11	128,155	18.81
Bosque de Pino-Encino (incluye Encino-Pino) con Veg. Sec. Arb. Y Herb.	64,679	9.47	66,008	9.66	113,294	16.58	110,491	16.17	126,946	18.58	168,968	24.80	164,339	24.12
Bosque de Encino	79,320	11.61	63,610	9.31	43,877	6.42	43,841	6.42	42,565	6.23	4,694	0.69	4,637	0.68
Bosque de Encino con Veg. Sec. Arb. Y Herb.	23,408	3.43	42,069	6.16	41,069	6.01	43,114	6.31	68,426	10.01	38,694	5.68	38,449	5.64
Bosque de Pino	14,600	2.14	14,146	2.07	15,209	2.23	14,327	2.10	18,404	2.69	3,748	0.55	3,748	0.55
Bosque de Pino con vegetación secundaria arbustiva y herbacea	2,812	0.41	2,776	0.41	4,300	0.63	3,159	0.46	3,397	0.50	4,598	0.67	4,598	0.67
Selva Baja Caducifolia y Sub.	59,750	8.74	49,094	7.18	49,213	7.20	42,980	6.29	44,486	6.51	54,060	7.93	53,678	7.88
Selva Baja Caducifolia y Sub. con Veg. Sec. Arb. Y Herb.	39,679	5.81	39,839	5.83	63,567	9.30	64,284	9.41	61,711	9.03	93,249	13.68	93,183	13.68
Bosque Mesófilo de Montaña	4,102	0.60	3,836	0.56	3,820	0.56	2,681	0.39	3,236	0.47	768	0.11	768	0.11
Bosque Mesófilo de Montaña con Veg. Sec. Arb. Y Herb.	1,197	0.18	1,375	0.20	2,955	0.43	2,867	0.42	2,109	0.31	0	0.00	0	0.00
Forestal Subtotal	538,176	79	518,858	76	559,155	82	535,575	78	565,631	82.78	498,985	73.23	491,554	72.14
NO FORESTAL														
Pastizales	51,671	7.56	66,506	9.73	66,316	9.71	59,296	8.68	28,232	4.13	113,503.76	16.66	113,775.22	16.70
Incendios	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.71	0.00	5,779.65	0.85
Cuerpos de Agua	5,024	0.74	3,685	0.54	3,456	0.51	1,203	0.18	1,378	0.20	3,240.38	0.48	3,240.38	0.48
Agricultura	85,889	12.57	91,727	13.42	49,597	7.26	83,307	12.19	81,231	11.89	59,285.32	8.70	59,797.23	8.78
Area sin Vegetación Aparente	341	0.05	368	0.05	1,007	0.15	1,196	0.18	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Asentamientos Humanos	209	0.03	225	0.03	329	0.05	441	0.06	591	0.09	5,292.23	0.78	5,299.09	0.78
Infraestructura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	353.28	0.05	353.28	0.05
Nubes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	723.21	0.11	1,608.42	0.24
No Forestal Subtotal	143,133	21	162,511	24	120,705	18	145,443	21	111,432	16.31	182,423	26.77	189,853	28
TOTAL	681,309	100	681,369	100	679,860	99	681,018	100	677,063	99	681,407	100	681,407	100

Fuente: MIE 2005.