

Determinación del riesgo al deslizamiento de laderas en la Subcuenca de Tuxtla Gutiérrez

INFORME FINAL

SEPTIEMBRE 2016



**Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Centro de Investigación Regional Pacífico Sur
Campo Experimental Centro de Chiapas
Ocozocuautla de Espinoza, Chiapas

I. Contenido

1. RESUMEN DEL PROYECTO	8
2. OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3. AREA DE ESTUDIO	8
4. MATERIALES Y METODOLOGÍA	10
4.1 CÁLCULO DEL RIESGO	10
4.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	12
4.2.1 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS DE INTERÉS	13
4.2.2 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.....	14
4.2.3 TOPOGRAFÍA Y PENDIENTE.....	15
4.2.4 GEOLOGÍA	18
4.2.5 EDAFOLOGÍA	19
4.2.6 CLIMA	21
4.2.7 INFORMACIÓN DE COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO.....	21
4.2.8 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	23
4.2.9 POBLACIÓN	23
4.2.10 INFRAESTRUCTURA.....	25
4.2.11 ECONOMÍA.....	27
4.2.12 RECORRIDOS EN CAMPO	27
4.3 TALLER DE DETERMINACIÓN DE CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DEL RIESGO AL DESLIZAMIENTO DE LADERAS EN LA SUBCUENCA TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.....	30
4.4 VARIABLES DE PELIGRO	33
4.4.1 PRECIPITACIÓN	33
4.4.2 GEOLOGÍA	35
4.4.3 PENDIENTE	35

4.4.4	DENSIDAD DE CORRIENTES.....	35
4.4.5	SISMICIDAD.....	35
4.5	VARIABLES DE VULNERABILIDAD.....	36
4.5.1	EXPOSICIÓN AL PELIGRO.....	36
4.5.2	OCURRENCIA DE EVENTOS.....	37
4.5.3	CAPACIDAD DE RESPUESTA.....	37
4.5.4	INGRESO ECONÓMICO.....	37
5.	RESULTADOS.....	37
5.1	PELIGRO.....	37
5.1.1	PRECIPITACIÓN.....	37
5.1.2	GEOLOGÍA.....	38
5.1.3	PENDIENTE.....	39
5.1.4	DENSIDAD DE CORRIENTES.....	40
5.1.5	SISMICIDAD.....	40
5.1.6	ZONIFICACIÓN DEL PELIGRO A DESLIZAMIENTO DE LADERAS.....	41
5.2	VULNERABILIDAD.....	42
5.2.1	EXPOSICIÓN AL PELIGRO.....	42
5.2.2	OCURRENCIA DE EVENTOS.....	43
5.2.3	CAPACIDAD DE RESPUESTA.....	44
5.2.4	INGRESO ECONÓMICO.....	45
5.2.5	ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL DESLIZAMIENTO DE LADERAS.....	45
5.3	RIESGO.....	47
6.	DISCUSIÓN.....	50
7.	DIFUSIÓN Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	52
8.	CONCLUSIÓN.....	53
9.	REFERENCIAS.....	54
	ANEXO I. PELIGRO.....	55
	ANEXO II. VULNERABILIDAD.....	56

ANEXO III. ENCUESTA.....	57
ANEXO IV. RIESGO	61
ANEXO V. DIVULGACIÓN.....	62
ANEXO VI. FOTOGRAFICO	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Ubicación de la Subcuenca Tuxtla Gutierrez	9
Figura 4.1. Determinación del riesgo	10
Figura 4.2. Álgebra de mapas	11
Figura 4.3. Etapas de trabajo.....	12
Figura 4.4. Hidrología.....	15
Figura 4.5. Relieve	17
Figura 4.6. Pendientes	18
Figura 4.7. Rocas.....	19
Figura 4.8. Edafología	20
Figura 4.9. Clima.....	21
Figura 4.10. Tipos de vegetación y uso de suelo.....	22
Figura 4.11. Áreas Naturales Protegidas	23
Figura 4.12. Población.....	25
Figura 4.13. Primera Campaña. Municipio Tuxtla Gutiérrez	28
Figura 4.14. Segunda Campaña. Municipio San Fernando y Berriozábal	29
Figura 4.15. Tercera Campaña. Municipio Tuxtla Gutiérrez.....	30
Figura 4.16. Variables de peligro a deslizamiento en la subcuenca.....	32
Figura 4.17. Variables de vulnerabilidad socioeconómica a deslizamiento en la subcuenca	32
Figura 5.1. Superficie que ocupan las categorías del riesgo al deslizamiento de laderas de la subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	48
Figura 5.2. Localidades (totales) y población (%) expuesta al riesgo a deslizamiento	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Descripción de la zona de estudio.....	9
Tabla 4.1 Estaciones climatológicas de injerencia directa en la subcuenca	14
Tabla 4.2 Rango de Pendientes.....	16

Tabla 4.3 Rocas	18
Tabla 4.4 Tipo de vegetación y uso de suelo	22
Tabla 4.5 Población	24
Tabla 4.6 Instituciones de Educación Superior	25
Tabla 4.7 Instituciones de Salud	26
Tabla 4.8 Lista de asistencia al taller	30
Tabla 4.9 Valores de la variable reducida (Yt), utilizada para obtener los valores extremos a diferentes periodo de retorno	34
Tabla 4.10 Lugares donde se aplicaron las encuestas	36
Tabla 5.1 Valores de ponderación de la precipitación máxima en 24 hrs.	38
Tabla 5.2 Áreas de influencia de cada rango de precipitación en la subcuenca	38
Tabla 5.3 Valores de ponderación para los rangos geológicos	38
Tabla 5.4 Valores de ponderación para los rangos de pendiente	39
Tabla 5.5 Valores de ponderación para los rangos de densidad de corriente	40
Tabla 5.6 Valores de ponderación para los rangos de intensidad sísmica	41
Tabla 5.7 Valores de ponderación para los rangos rocas con asentamiento poblacional	43
Tabla 5.8 Valores de ponderación de la influencia de las fallas geológicas en la poblacional.	43
Tabla 5.9 Valores de ponderación de la ocurrencia de eventos	44
Tabla 5.10 Valores de ponderación de la capacidad de respuesta	44
Tabla 5.11 Valores de ponderación de la capacidad de respuesta	45

CARÁTULA INFORMATIVA

Nombre del Proyecto	Determinación del riesgo al deslizamiento de laderas en la subcuenca Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
Organización financiera	Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Fondo Semilla del Agua (FSA)
Responsable del proyecto	Responsable técnico: M en C Itzel Castro Mendoza Manejo Integral de Cuencas, CECECH-INIFAP: castro.itzel@inifap.gob.mx
Dirección	Km. 3.0 Carretera Internacional Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. C. P. 29140
Eje temático	Reducción de riesgo y adaptación al cambio climático
Objetivos Generales	Evaluar el riesgo al deslizamiento como una herramienta para diseñar e implementar una planeación municipal para el uso de suelo y zonificación que guíen las intervenciones necesarias para la adaptación y resistencia ante el riesgo de eventos meteorológicos extremos.
Objetivos específicos	1.- Conocer los peligros ambientales de la subcuenca 2.- Conocer la vulnerabilidad social y económica de la subcuenca 3.- Conocer los riesgos a deslizamiento de laderas de la subcuenca
Cobertura	1 subcuenca (39,055 ha)
Duración	12 meses
Monto Contrapartidas	\$ 1,471,800 (UN MILLÓN, CUATROCIENTOS SETENTA Y UN MIL, OCHOCIENTOS 10/100 M.N.)-INIFAP- \$82,080 (OCHENTA Y DOS MIL, OCHENTA 10/100 M.N.)-FSA-
Monto PINCC	\$199,917 (CIENTO NOVENTA Y NUEVE MIL, NOVECIENTOS DIEZ Y SIETE PESOS 10/100 M.N.)
Monto total	1,753,797 (UN MILLÓN, SETECIENTOS CINCUENTA Y TRES MIL, SETECIENTOS NOVENTA Y SIETE)

1. RESUMEN DEL PROYECTO

Con el fin de generar estrategias para la mitigación de efectos del cambio climático a través de la planificación del territorio, se determinaron las variables y sus factores de ponderación para determinar las zonas de mayor riesgo a deslizamiento de laderas la subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Dichas variables se establecieron en un taller de trabajo donde se convocaron expertos en diferentes disciplinas como climatología, hidrología, edafología, población, conservación, protección civil, etc. En conjunto con ellos se determinarían los factores de ponderación considerando las condiciones reales de la subcuenca. Posterior a dicho evento se continuó con una fase de campo donde se midieron variables biofísicas, como el número de cauces, verificación de tipo y uso de suelo, ubicación de deslizamientos, así como variables socioeconómicas a través del levantamiento de encuestas.

Finalmente, conociendo ya las variables se aplicó el método desarrollado por CENAPRED y modificado por INIFAP para determinación de zonas con riesgo a deslizamiento con enfoque de cuencas. Se encontró que el 70% de la superficie de la subcuenca tiene un riesgo alto a muy alto de sufrir un deslizamiento, siendo que en el área se distribuye el 93.52% de la localidades de la subcuenca conteniendo el 11.09% de la población total.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el riesgo al deslizamiento como una herramienta para diseñar e implementar una planeación municipal para el uso de suelo y zonificación que guíen las intervenciones necesarias para la adaptación y resistencia ante el riesgo de eventos meteorológicos extremos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Conocer los peligros ambientales de la subcuenca
- 2.- Conocer la vulnerabilidad social y económica de la subcuenca
- 3.- Conocer los riesgos a deslizamiento de laderas de la subcuenca

3. AREA DE ESTUDIO

La subcuenca Tuxtla Gutiérrez, con una superficie de 43,711.11 ha (437.11 km²), se encuentra ubicada dentro de la Región Hidrológica no. 30 denominada Grijalva – Usumacinta, en la cuenca administrativa Grijalva – Tuxtla Gutiérrez, tal como se detalla en la Tabla 3.1 y Figura 3.1.

Sus coordenadas extremas son: 1869167.308115 m N, donde limita con la localidad de Álvaro Obregón, municipio de San Fernando; 1846639.853353 m S, limitando con el Cerro Mactumatzá. 464769.479307 m W limitando con el cerro Charro Negro, municipio de Berriozábal y a los 493962.708451 m E, limitando

con el Río Grijalva y el Cañón del Sumidero, municipio de Tuxtla Gutiérrez. El área de estudio abarca de manera parcial los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal, San Fernando y Ocozocoautla de Espinosa (de este municipio la extensión territorial que ocupa es mínima).

Tabla 3.1. Descripción de la zona de estudio.

Región Hidrológica	Cuenca hidrográfica	Subcuenca hidrográfica	Clave	Área (Ha)	%	Municipios
#30 Grijalva-Usumacinta	R. Grijalva-Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla Gutiérrez	RH30ej	16139.91	36.92	Tuxtla Gutiérrez
				14213.45	32.51	San Fernando
				12501.67	28.6	Berriozábal
				1006.50	2.3	Ocozocoautla de Espinosa

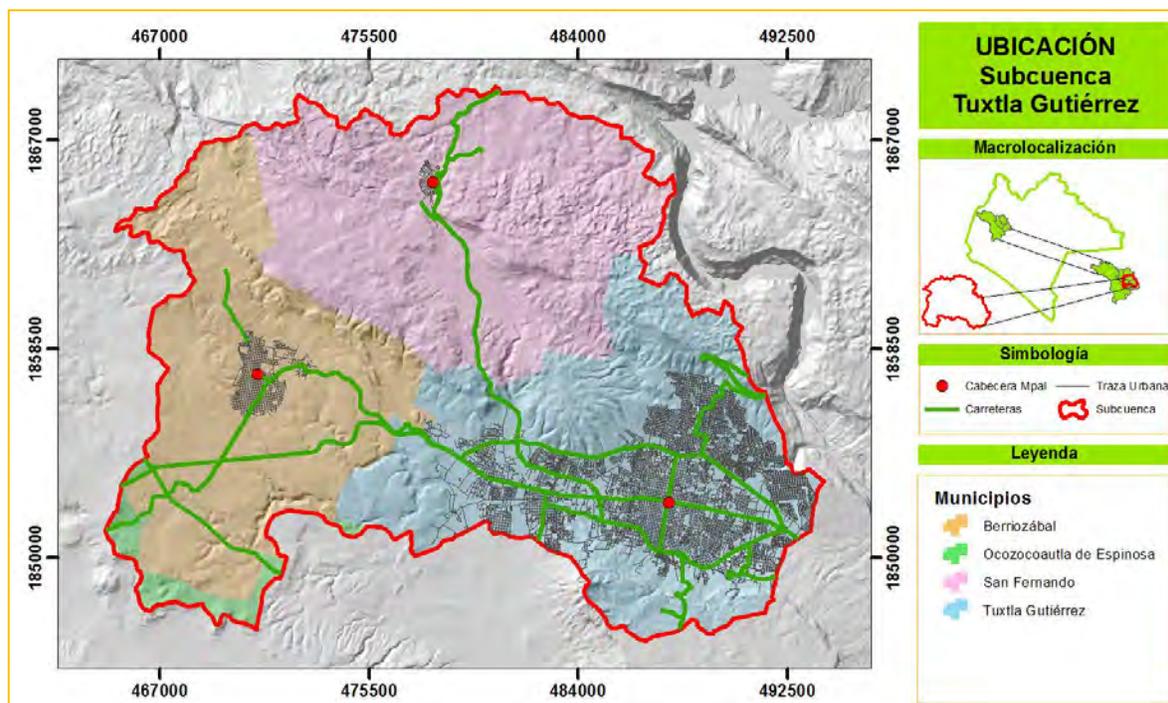


Figura 3.1. Ubicación de la Subcuenca Tuxtla Gutierrez

4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

4.1 CÁLCULO DEL RIESGO

La **ONU (1984)** define al riesgo como el grado de pérdidas previstas debido a un fenómeno natural determinado, que está en función del peligro natural como de la vulnerabilidad mientras que **CENAPRED (2006)** lo considera la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas integrados por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos que resultan ser perturbadores. El concepto de desastre se debe de enfocar dentro de la relación que existe entre hombre-naturaleza, es decir, a partir de esta relación se plantea que un desastre se genera socialmente y que se desarrolla en un espacio y tiempo determinado. Es común que se mencione desastre antes que riesgo, debido a que es algo que ya ocurrió y que se puede medir en sus consecuencias y se interviene una vez ocurrido; en cambio, el riesgo es algo que puede ocurrir, es posible identificarlo, actuar sobre sus causas y de esta manera disminuir o eliminar sus consecuencias (**FAO, 2009**).

Por lo anterior se ha determinado que el riesgo se compone de dos factores (Figura 4.1), y cada uno tiene un valor de peso para el cálculo del riesgo:

- a) Peligro: Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno (natural o inducido por el hombre) potencialmente dañino
- b) Vulnerabilidad: Susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser dañados.

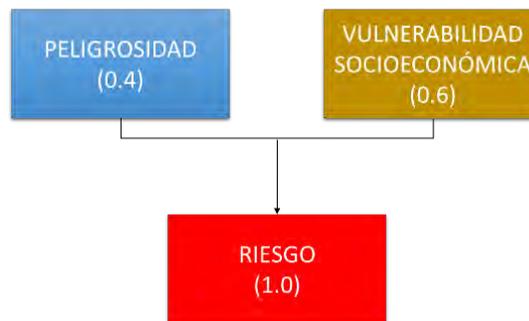


Figura 4.1. Determinación del riesgo

En este trabajo se combina el uso de la evaluación multicriterio en un taller con expertos para la determinación de las variables a emplear, el levantamiento de encuestas y recorridos para la obtención de datos en campo y los SIG para la recopilación de datos, manipulación de las variables y cálculo del riesgo. Para ejemplificar el procedimiento de álgebra de mapas que se realizó se muestra la Figura 4.2, lo cual es hipotético ya que más adelante se mostrarán los valores reales utilizados.

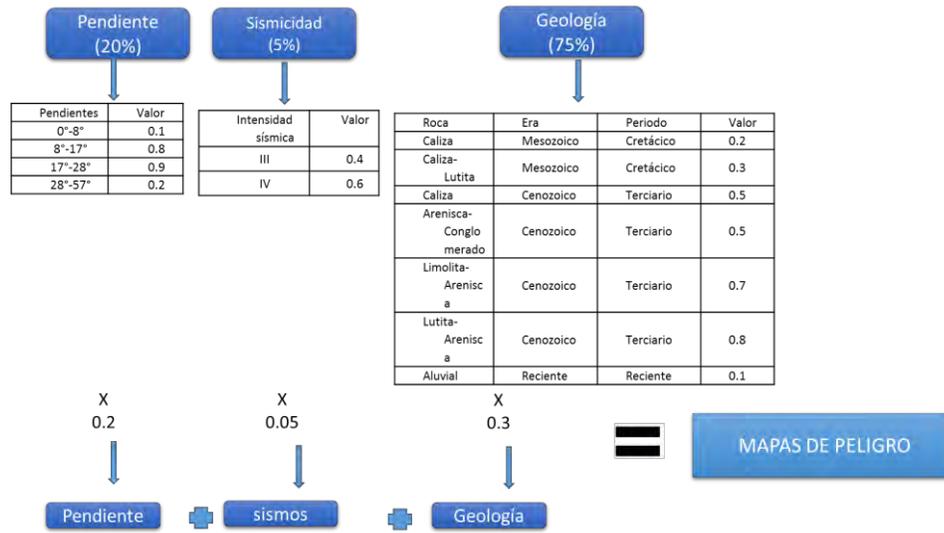


Figura 4.2. Álgebra de mapas

En la Figura 4.3 se muestra las etapas de trabajo que se siguieron para obtener el riesgo al deslizamiento en la subcuenca de Tuxtla Gutiérrez.

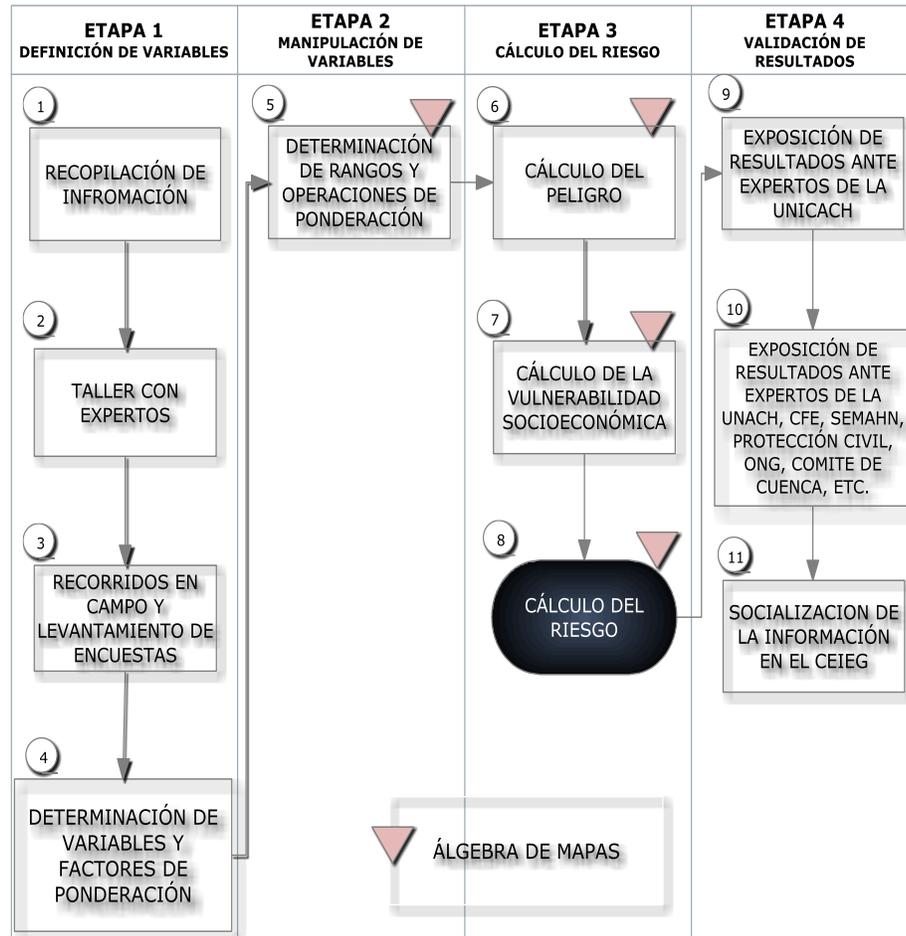


Figura 4.3. Etapas de trabajo

4.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La base de información cartográfica del ambiente biofísico fueron los recorridos en campo, la opinión de expertos y la consulta de diversas instituciones tales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicio Meteorológico Nacional (SMN) Servicio Sismológico Nacional (SSN), Servicio Geológico Mexicano (SGM) y el Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica del estado de Chiapas (CEIEG). El Modelo Digital de Elevación (MDE) se obtuvo a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano versión 3.0, a escala 1:50 000 con resolución de 15 m. Éste dato fue empleado para la

generación del mapa de pendientes, el cual fue utilizado como una de las variables condicionantes para generar el mapa de peligro a deslizamientos de laderas.

La cartografía vectorial que se usó para describir el medio físico de la zona de estudio fue a escala 1:50 000 (Subcuenca y Red hidrográfica), 1:250 000 (Edafología, Litología, Vegetación y uso de suelo y Áreas Naturales Protegidas) y 1:1 000 000 (Clima). De estos datos, solamente la capa litológica fue utilizada como variable condicionante para la generación del mapa de peligro a deslizamiento de laderas. Cada una de las capas fue descargada a nivel de la República Mexicana. Todos los datos cartográficos brindados por el INEGI cuentan con la proyección Conforme Cónica de Lambert, por la que fueron reproyectadas al sistema WGS-84-UTM-Zona 15 N.

También se utilizó el Simulador de Flujos de Aguas de Cuencas Hidrográficas versión 2.1 (SIATL 2.1), que sirvió para descargar el polígono de la subcuenca y la red hidrográfica. Por último se recurrió a una página web denominada Desinventar, cuya creación fue a partir de investigadores, académicos y actores institucionales, que forman parte de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, de ésta página se obtuvo información histórica de fenómenos geológicos y meteorológicos ocurridos en la zona de estudio.

Para la base socioeconómica se consultaron diversas fuentes como INEGI, el Programa de Ordenamiento Ecológico-Territorial (POET) del estado, la Secretaría de Educación Pública (SEP), Secretaría de Salud (SS), el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), además del levantamiento de encuestas.

4.2.1 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS DE INTERÉS

Tomando en cuenta el área de trabajo (Figura 3.1) se determinaron las estaciones de interés conforme a las reportadas en ERIC III e INIFAP (1961-2003).

Los criterios de selección son:

- a. Años completos sin datos
- b. Más de tres meses consecutivos sin datos
- c. Más de tres meses sin datos por año
- d. Los meses faltantes no deben corresponder a los meses de mayor precipitación

Se generó una lista de 13 estaciones climatológicas de interés las cuales tienen datos a nivel diario y mensual de precipitación (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Estaciones climatológicas de injerencia directa en la subcuenca

Clave	Estación	Municipio	Longitud Oeste	Latitud Norte	Altitud (msnm)	Precipitación		
						Inicio	Fin	Años
7016	Bombaná	Tuxtla Gutiérrez	-93.1028	16.7617	532	1970	2009	39
7035	Chicoasén	Chicoasén	-93.0986	16.9417	1240	1961	1999	38
7039	El Boquerón	Suchiapa	-93.1572	16.6442	500	1949	2005	56
7050	El Progreso	Ocozocoautla de Espinosa	-93.4025	16.7089	781	1954	2013	59
7069	Grijalva	Chicoasén	-93.1047	16.9694	841	1965	2003	38
7123	Ocozocoautla	Ocozocoautla de Espinosa	-93.3739	16.7508	838	1939	2013	74
7134	Puente Colgante	Chiapa de Corzo	-93.0311	16.7406	418	1961	2013	52
7165	Tuxtla Gutiérrez (OBS)	Tuxtla Gutiérrez	-93.1333	16.75	570	1980	2010	30
7176	Tuxtla Gutiérrez (CFE)	Tuxtla Gutiérrez	-93.1028	16.7617	532	1970	2009	39
7319	San Fernando	San Fernando	-93.2269	16.8731	950	1978	2013	35
7343	Cuauhtémoc	Ixtapa	-92.9228	16.7617	150	1980	2013	33
7366	Grijalva	Chicoasén	-93.1203	16.9653	260	1981	1999	18
7372	Berriozábal	Berriozábal	-93.2653	16.7969	890	1988	2013	25

4.2.2 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

La Subcuenca Tuxtla Gutiérrez se ubica en la cuenca administrativa Grijalva-Tuxtla Gutiérrez, perteneciente a la región hidrológica No. 30 denominada Grijalva-Usumacinta. Tiene como cauce principal al río Sabinal, que a su vez es un afluente del río Grijalva.

El río Sabinal tiene una longitud de 36.83 km, nace en La Loma, El Chupadero, 5 km al noroeste del municipio de Berriozábal, a una altitud de 1,100 msnm., corre en dirección sureste, atravesando dicho municipio y continuando hacia la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, aguas abajo cambia su curso al oriente y posteriormente al sur, para recibir la aportación del arroyo San Francisco y siguiendo su curso hacia el oriente para cruzar por la colonia Terán; antes de dejar esta colonia, recibe por la margen izquierda al arroyo San Agustín, para posteriormente arribar hacia la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez (POET, 2007).

En el área de estudio existen 15 afluentes principales, cuyos nombres son: 24 de junio, Arroyo Centro Sur, Arroyo Sur Oriente, Cerro Hueco, Chacona, Potinaspak, Patria Nueva, Poc Poc, Pomarrosa, Sabinal, San Francisco, San José, San Roque, Santa Ana y Totoposte (Figura 4.4). La mayoría de estos arroyos son intermitentes. El cauce del río Sabinal sale de la mancha urbana, para descargar por la margen izquierda del río Grijalva en el Cañón del Sumidero (POET, 2007).

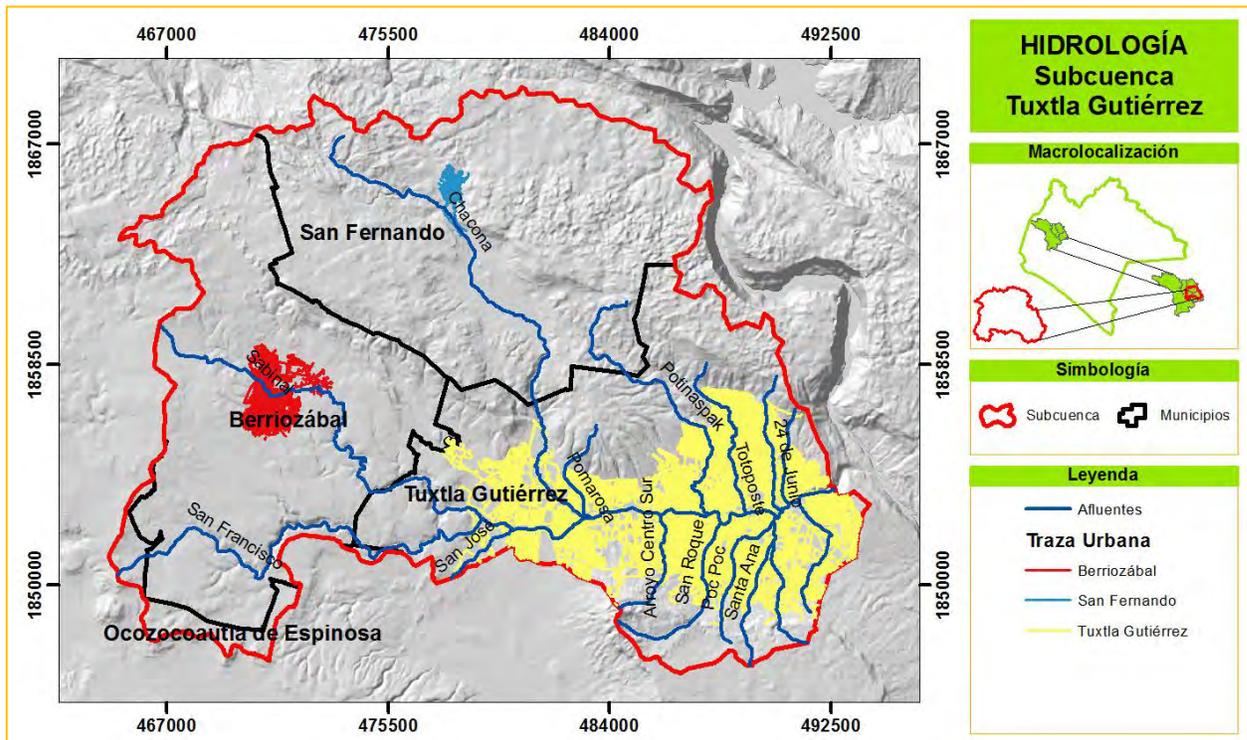


Figura 4.4. Hidrología

4.2.3 TOPOGRAFÍA Y PENDIENTE

Se consulta el Modelo Digital de Elevación (MDE) del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) conocido como CEM, en su volumen dos (CEM 2.0). Dicho modelo cuenta con las siguientes características:

- Generado a una escala 1:50,000
- El modelo de interpolación fue ANUDEM
- Contiene valores enteros con signo
- La información está a 16 bits

- e) Datum de origen ITRF 92 época 1988, elipsoide GRS80
- f) Formato *.BIL

Se realizan interpolaciones para obtener datos de pixel con una resolución de 15 x 15. El rango altitudinal presente en la subcuenca va de 438 msnm a 1,350 msnm. La parte baja de la subcuenca se localiza principalmente en la porción central de Tuxtla Gutiérrez, mientras que la parte media y alta se encuentran distribuidas en Berriozábal, Ocozocoautla de Espinosa, San Fernando y en la zona sur y norte de Tuxtla Gutiérrez (Figura 4.5).

En la subcuenca se pueden encontrar pendientes que van de 0° a 57°, las cuales se distribuyen de una manera homogénea además de ser un indicador de la topografía accidentada que existe en el estado.

Para las laderas ubicadas en la porción norte y sur de Tuxtla Gutiérrez, las pendientes van de 8° a 57°, mientras que en la zona centro no hay presencia de zonas montañosas, por lo tanto son lugares totalmente planos. En el caso de San Fernando, la distribución de las pendientes va de 0° a 57°, con un relieve fuertemente accidentado. Para Berriozábal, solamente en la parte norte, noreste y sureste hay presencia de pendientes que van de 8° a 57° y en la cabecera municipal las pendientes van de 8° a 17°.

A partir del modelo de elevación digital, MDE, con resolución espacial de 15 m se determinó la pendiente del terreno (Tabla 4.2) con el módulo Slope de la paquetería ArcGis 10. Los algoritmos empleados por el programa se muestran en la ecuación 4.1 y 4.2.

$$S(\%) = \left(\frac{\Delta Dy}{\Delta Dx} \right) * 100 \tag{4.2}$$

$$S(\theta) = \left(\tan \frac{\Delta Dy}{\Delta Dx} \right) * \frac{180}{\pi} \tag{4.1}$$

Donde:

ΔDy =Diferencia en distancia vertical

ΔDx =Diferencia en distancia horizontal

Tabla 4.2 Rango de Pendientes

Pendientes	Área (ha)	Área (%)
0°-8°	25,122.90	57.47

8°-17°	11,831.39	27.06
17°-28°	5,219.41	11.94
28°-57°	1,540.02	3.52

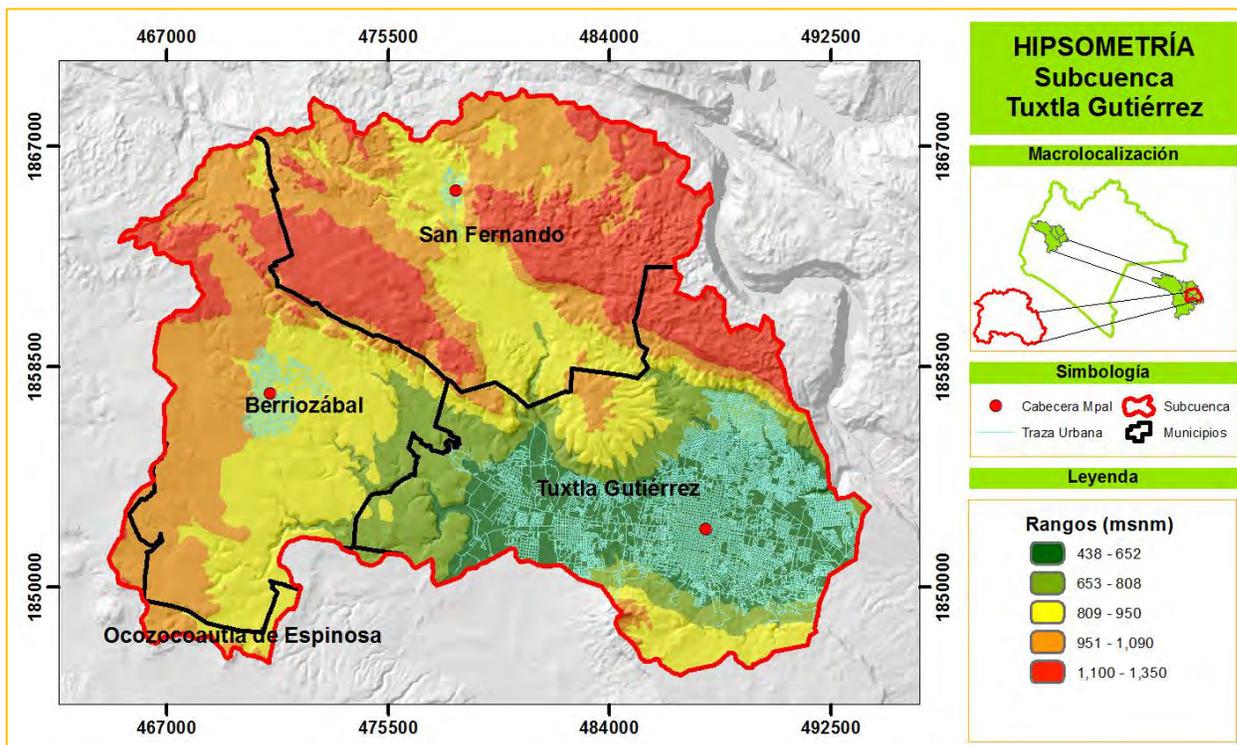


Figura 4.5. Relieve

Pendientes muy bajas (0°-8°), comprende superficies planas, mismas que abarcan el 57.47% del área de la subcuenca. Las pendientes bajas (8°-17°) se distribuyen en toda la subcuenca. No se consideran como estables ya que existe sobreposición con los puntos de deslizamientos localizados en campo. Las pendientes moderadas (17°-28°) abarcan las zonas montañosas, sobre todo en los límites de los municipios que integran a la subcuenca, algunos autores señalan que zonas que se localizan en este rango de pendiente ya no se consideran sitios aptos para la construcción de infraestructura o para asentamientos humanos (Mora, *et al.*, 2002). Las pendientes fuertes (28°-57°) se ubican en su mayoría en la porción central de la subcuenca y pequeñas porciones al sur y norte de la misma, son áreas montañosas de relieve muy accidentado que condicionan la generación de deslizamientos (Tabla 4.2 y Figura 4.6).

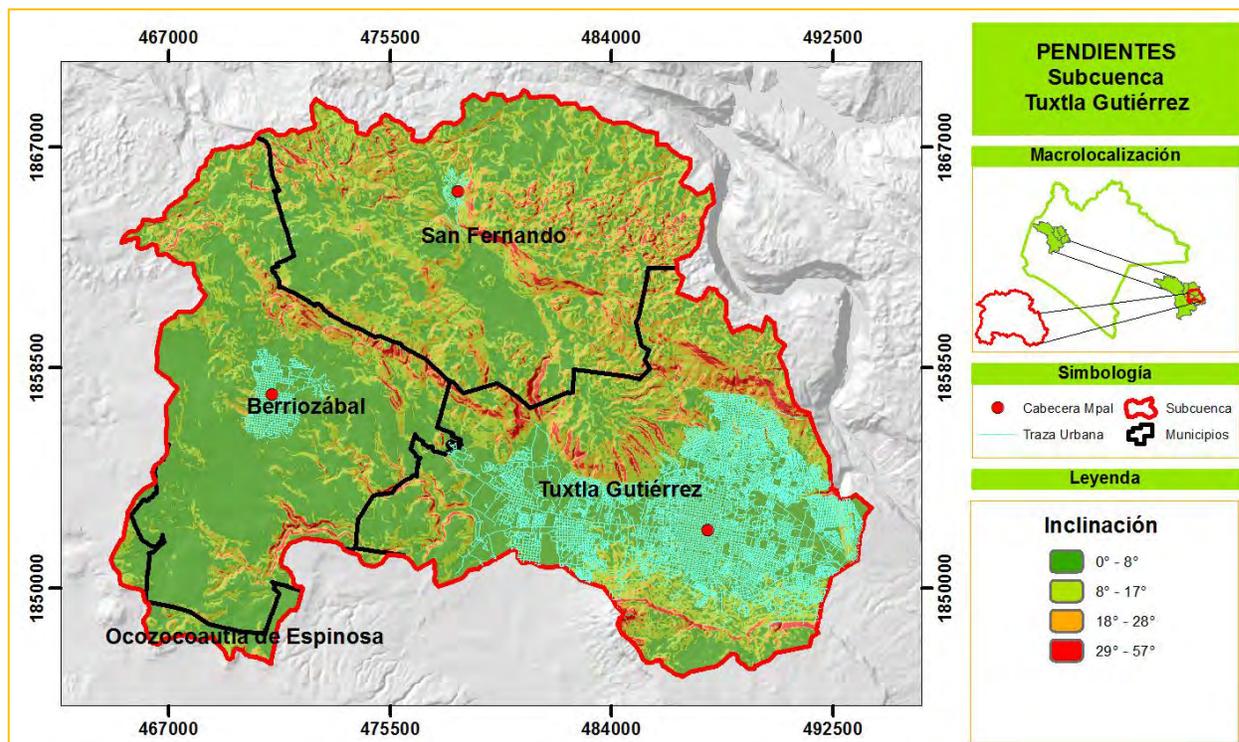


Figura 4.6. Pendientes

4.2.4 GEOLOGÍA

Según el INEGI (2006), la litología de la subcuenca está compuesta por Caliza-Lutita (48.21%), Caliza (31.36%), Aluvial (13.03%), Lutita-Arenisca (3.96%), Limolita-Arenisca (2.53%) y Arenisca-Conglomerado (0.89%). El 100% de la subcuenca está formada por roca sedimentaria, el cual se origina a partir de la acumulación de sedimentos, es decir, partículas de diversos tamaños transportadas por el agua, el hielo o el aire; que fueron sometidas a procesos físicos y químicos, hasta formar materiales consolidados. Por otro lado, el suelo aluvial se forma a partir de materiales que son arrastrados y depositados por corrientes de agua (Tabla 4.3 y Figura 4.7).

Tabla 4.3 Rocas

Roca	Era	Periodo	Área (ha)	Área (%)
Caliza-Lutita	Mesozoico	Cretácico	21,077.08	48.21
Caliza	Mesozoico	Cretácico	12,577.08	28.77
Aluvial	Reciente	Reciente	5,697.10	13.03
Lutita-Arenisca	Cenozoico	Terciario	1,731.37	3.96

Caliza	Cenozoico	Terciario	1,131.04	2.58
Limolita-Arenisca	Cenozoico	Terciario	1,104.99	2.52
Arenisca-Conglomerado	Cenozoico	Terciario	392.42	0.89

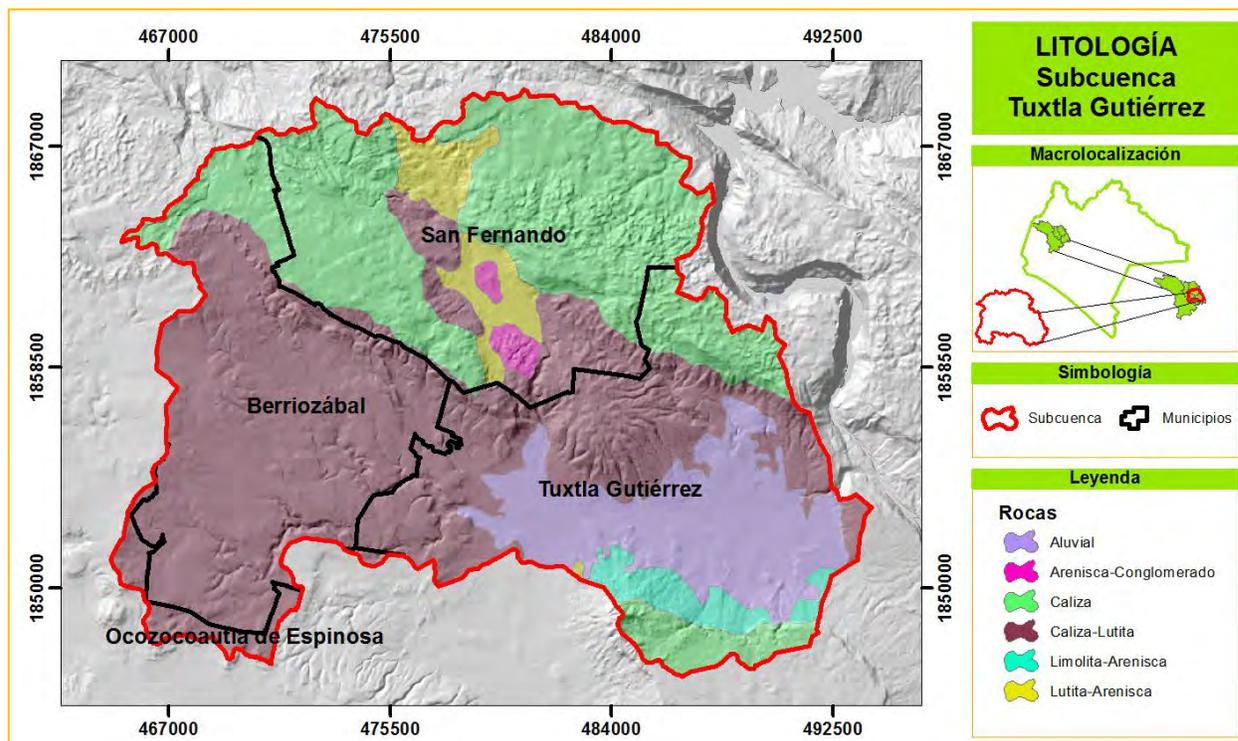


Figura 4.7. Rocas

4.2.5 EDAFOLOGÍA

Según el INEGI (2013), se presentan cinco tipos de suelos: Leptosol (53.03%), Vertisol (15.81%), Luvisol (8.54%), Regosol (8.44%) y Phaeozem (0.81%), en la Figura 4.8, la leyenda “no aplica” corresponde a las zonas urbanas y asentamientos humanos.

Los Leptosoles cubren 23,181.69 ha, estos suelos son muy delgados, pedregosos y poco desarrollados: pueden contener una gran cantidad de material calcáreo el cual puede inmovilizar los nutrientes minerales por lo que su uso agrícola es limitado si no se utilizan técnicas apropiadas (FAO, 2006).

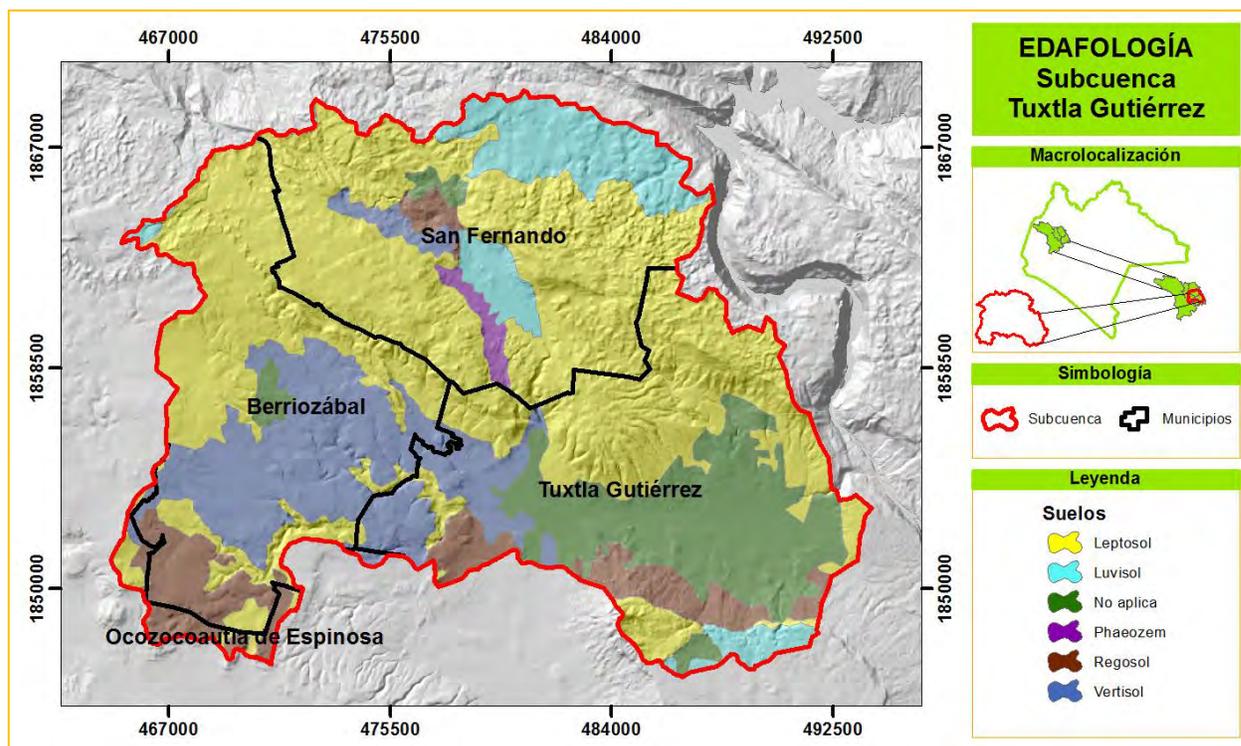


Figura 4.8. Edafología

Los Vertisoles ocupan una superficie de 6,914.78 ha y son suelos constituidos por sedimentos con una elevada proporción de arcillas. Suelen ser muy duros en la estación de secas y plásticos en época de lluvias, por efecto de las arcillas expansivas por lo que su labranza es difícil, sin embargo con un buen manejo pueden ser suelos muy fértiles (FAO, 2006).

Los Luvisoles cubren una superficie de 3,736.88 ha, generalmente están asentados sobre materiales no consolidados y presentar un alto contenido de arcillas en sus estratos inferiores. Son uno de los suelos más fértiles, por lo que su uso agrícola es muy elevado (FAO, 2006).

Los Regosoles ocupan una superficie de 3,690.87 ha, son suelos pobres en materia orgánica y de colores claros. Se desarrollan sobre materiales no consolidados y su productividad sin manejo apropiado es baja (FAO, 2006).

Los Phaeozem cubren una superficie de 354.22 ha. Son suelos oscuros y ricos en materia orgánica, por lo que son muy utilizados en la agricultura de temporal. Estos suelos se forman sobre vegetación natural de pastos o bosques. (FAO, 2006).

Lo correspondiente a zonas urbanas y asentamientos humanos, ocupan una superficie de 5,832.67 ha, que representa el 13.34% del área total.

4.2.6 CLIMA

El clima presente en la subcuenca es cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 22-26° C y precipitación media anual de 800-1200 mm (POET, 2007).

De acuerdo con García (1988), la región poniente de la subcuenca (Berriozábal y San Fernando) tiende a ser semicálido húmedo, ya que su temperatura media anual se acerca a los 22° C y hacia el oriente (Tuxtla Gutiérrez) tiende a ser cálido húmedo ya que su temperatura media anual se aproxima a los 26° C (Figura 4.9).

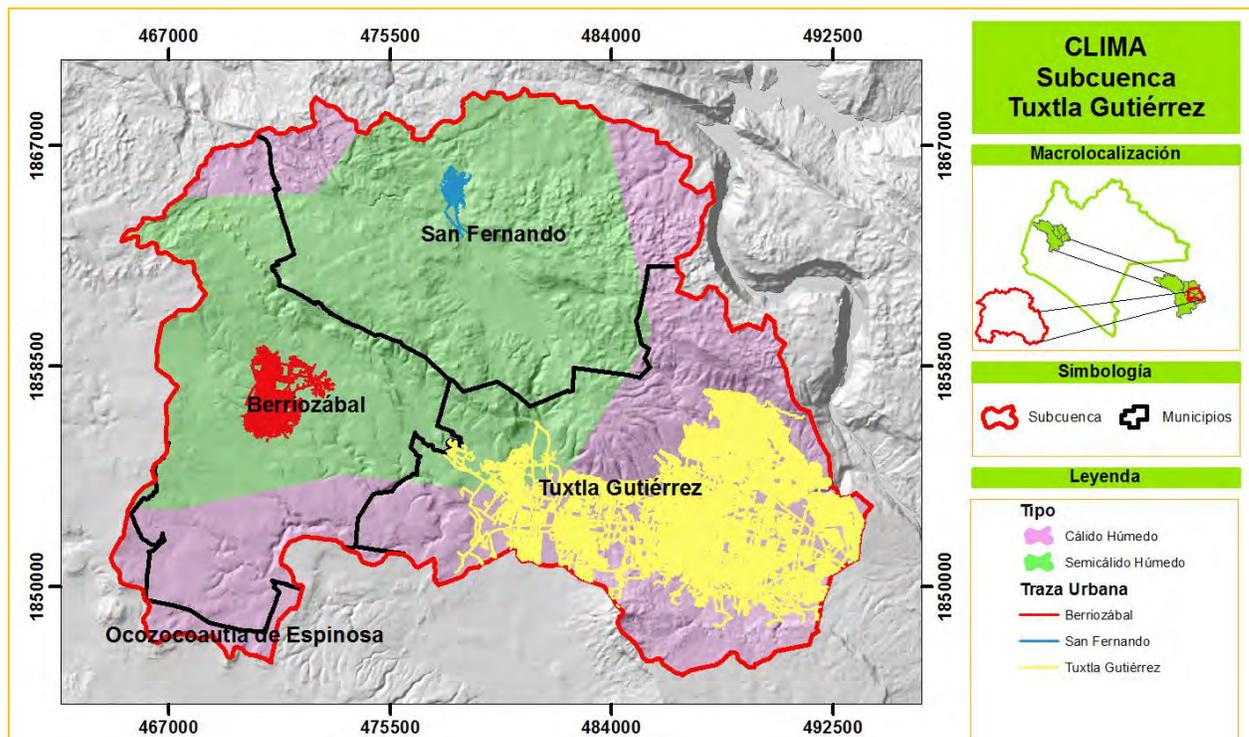


Figura 4.9. Clima

4.2.7 INFORMACIÓN DE COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

La vegetación identificada en el área de estudio corresponde a la serie III del conjunto vectorial tipos de vegetación y uso de suelo (INEGI, 2010). En la Tabla 4.4 y Figura 4.10 se indican las áreas correspondientes por cada tipo de vegetación y uso de suelo.

Tabla 4.4 Tipo de vegetación y uso de suelo

Vegetación	Área (ha)	%
Selva baja caducifolia (secundario)	12,542.49	28.69
Agricultura de temporal	7,647.11	17.49
Selva mediana subperennifolia (secundario)	6,147.11	14.06
Zona urbana	5,827.24	13.33
Pastizal cultivado	5,439.05	12.44
Pastizal inducido	3,147.51	7.20
Asentamientos humanos	2,025.77	4.63
Bosque de Encino (secundario)	508.75	1.16
Selva baja caducifolia	326.72	0.74
Suelo desnudo	60.57	0.13
Selva mediana subperennifolia	38.49	0.08

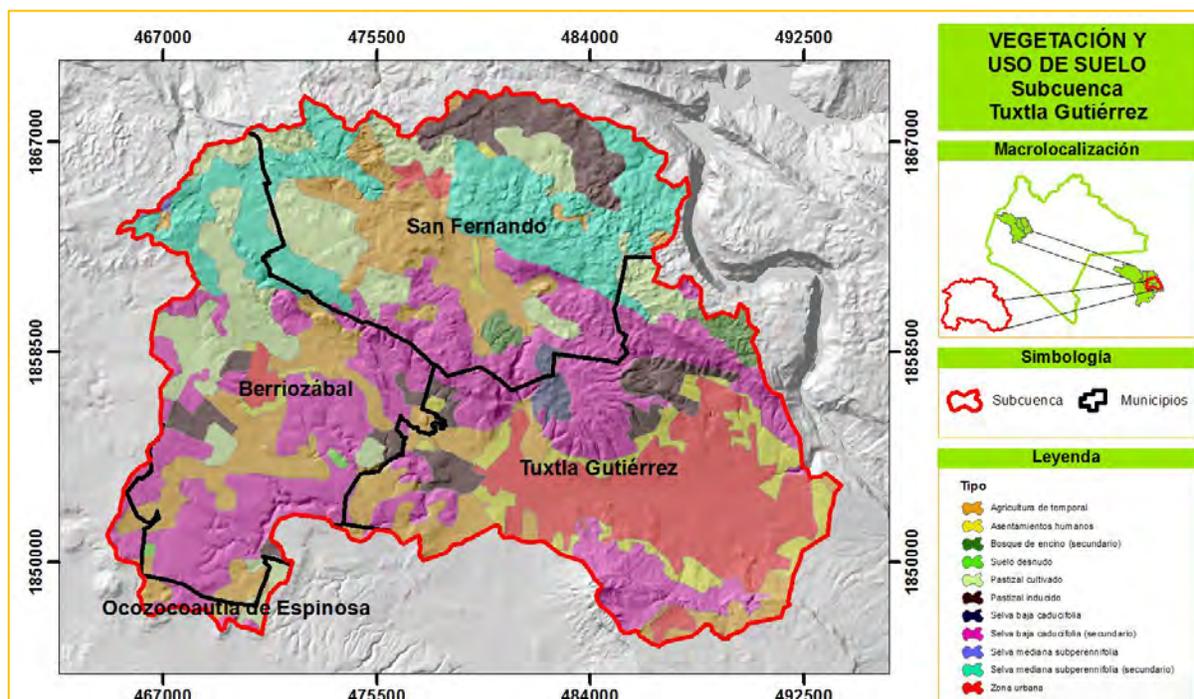


Figura 4.10. Tipos de vegetación y uso de suelo

4.2.8 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

La subcuenca cuenta con 24,052.10 ha (55.02% de la superficie) de Áreas Naturales Protegidas (ANP), distribuidas en cinco reservas (POET, 2007) (Figura 4.11):

1. Centro Ecológico y Recreativo El Zapotal, cuya superficie es de 80.50 ha (0.18%).
2. Parque Nacional Cañón del Sumidero, presentando una superficie de 7047 ha (16.12%).
3. Zona Protectora Forestal Vedada Villa Allende, en donde su superficie es de 15630.61 ha (35.75%).
4. Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera, abarcando una superficie de 478.07 ha (1.09%).
5. Zona Sujeta a Conservación Ecológica Cerro Mactumatzá, cuya superficie es de 815.91 ha (1.85%).

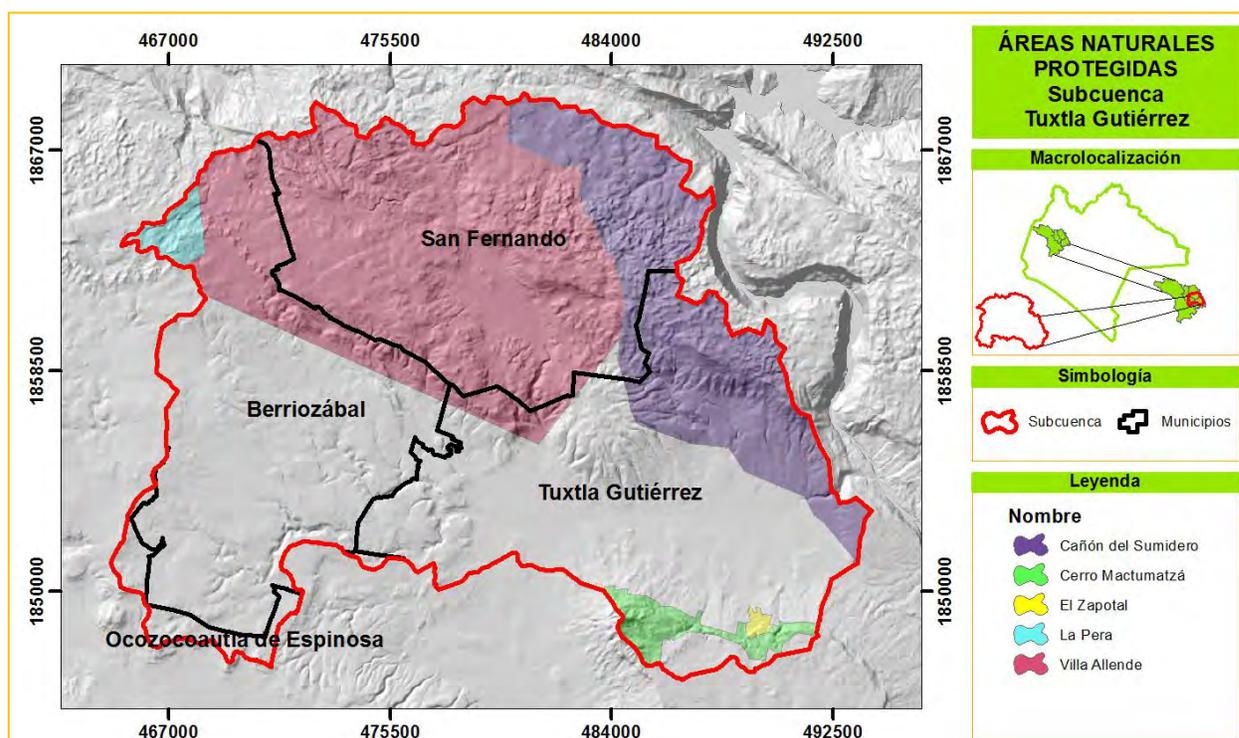


Figura 4.11. Áreas Naturales Protegidas

4.2.9 POBLACIÓN

Para el año 2000 se reportó una población total de 468,647 habitantes en la subcuenca, de los cuales el 90.06% (424,579 hab.), se concentraba en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, mientras que el 9.4% restante se dispersó en los núcleos urbanos de Berriozábal y San Fernando (POET, 2007).

En el 2005, la población ascendió a 593,594 hab., igualmente concentrándose el 96.99% en las 3 zonas urbanas que se ubican en la subcuenca (POET, 2007).

De acuerdo al INEGI (2010), dentro de la subcuenca se ubican 279 localidades y cuenta con una población total de 607,064 hab. (Tabla 4.5), donde la mayoría de la población se localiza en las zonas urbanas de Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal y San Fernando (Figura 4.12).

La subcuenca cuenta con tres importantes manchas urbanas: Berriozábal (2.32 km²), San Fernando (0.99 km²) y Tuxtla Gutiérrez (78.08 km²) que, en conjunto, tienen un área urbanizada de 81.39 km², lo que representa el 20% del área total de la subcuenca.

Tabla 4.5 Población

Municipio	Localidades	Población			
		Masculina	Femenina	Total	Total (%)
Tuxtla Gutiérrez	25	260,673	286,134	546,856	90.08
Berriozábal	182	16,639	16,776	34,187	5.63
San Fernando	60	12,959	12,844	29,954	4.27
Ocozocoautla de Espinosa	12	*	*	67	0.02

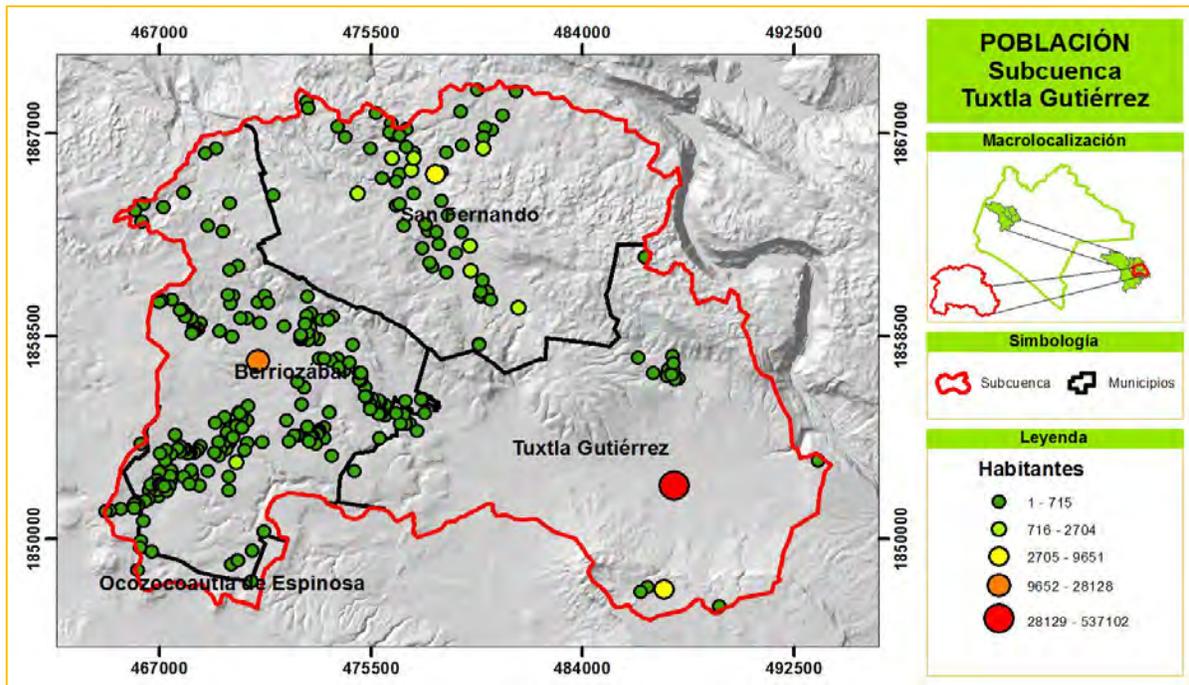


Figura 4.12. Población

4.2.10 INFRAESTRUCTURA

a) Educación

De acuerdo con la SEP (2010), en su Catálogo de Centros de Trabajo Georeferenciado, para la zona de estudio se localizan 838 instituciones educativas de carácter público, distribuidas en los 4 municipios que abarca la subcuenca, siendo la mayor concentración en Tuxtla Gutiérrez (Tabla 4.6).

Dentro de la subcuenca hay presencia de los tres niveles educativos: básico, medio y superior, sin embargo la oferta se concentra en Tuxtla Gutiérrez, donde incluso existen universidades con programa de posgrado. En Berriozábal y San Fernando, solamente hay servicio de nivel preescolar a nivel medio superior, mientras que en Ocozacoautla de Espinosa solo se ubican escuelas rurales.

Tabla 4.6 Instituciones de Educación Superior

Municipio	Nivel educativo	Total
Berriozábal	Capacitación para el trabajo	1
	Especial	1
	Media superior	3
	Preescolar	18
	Primaria	29
	Secundaria	5
Ocozacoautla de Espinosa	Preescolar	1
	Primaria	1
San Fernando	Media superior	1
	Preescolar	26
	Primaria	28
	Secundaria	5
Tuxtla Gutiérrez	Capacitación para el trabajo	76
	Especial	18
	Inicial	12
	Media superior	65
	Preescolar	195
	Primaria	191
	Secundaria	67
	Superior	94

b) Salud

De acuerdo con la Secretaría de Salud (2014), en su Catálogo de Claves Únicas de Establecimientos de Salud (CLUES), dentro de la subcuenca se ubican 77 instituciones de salud, de carácter público y privado (Anexo 20). En la Tabla 8.5 se indica la cantidad de instituciones que existen en cada uno de los municipios (Tabla 4.7).

Tabla 4.7 Instituciones de Salud

Municipio	Institución	Total
Berriozábal	ISSSTE	1
	IMSS	1
	IMSS-OPORTUNIDADES	1
San Fernando	IMSS-OPORTUNIDADES	2
	SSA	3
Tuxtla Gutiérrez	Cruz Roja	1

	DIF	1
	Estatal	2
	IMSS	3
	IMSS-OPORTUNIDADES	6
	ISSSTE	7
	Municipal	1
	Privada	19
	SCT	1
	SEDENA	1
	SSA	27

4.2.11 ECONOMÍA

En Tuxtla Gutiérrez, para el año 2000, la población económicamente activa fue de 166,484 habitantes, de la cual el 2.02% se ocupó en el sector agropecuario, 19.10% en el sector manufacturero e industrial y el 75.16% en el sector comercial y de servicios. En términos de ingresos económicos, es la segunda ciudad del estado, después de Tapachula (INEGI, 2004).

Para San Fernando, en el año 2000, la población económicamente activa fue de 8,837 habitantes, de la cual el 40.65% realizó actividades agropecuarias, el 27.26% laboró en la industria de la transformación y el 28.89% ocupada se empleaba en actividades relacionadas con el comercio o la oferta de servicios (INEGI, 2004).

En Berriozábal, para el año 2010, la población económicamente activa fue de 33,104 habitantes, de la cual el 17.24% realizó actividades agropecuarias, el 28.24% trabajó en la industria de la transformación, el 20.78% en el comercio, el 32.56% en actividades relacionadas con la oferta de servicios y el 1.18% restante trabajó en actividades de un sector no especificado (INEGI, 2009).

Para Ocozocoautla de Espinosa, en el año 2000, la población económicamente activa fue de 21,426, de la cual el 53.19% realizó actividades agropecuarias, el 16.83% ocupada se empleaba en la industria de la transformación y el 28.93% trabajaba en actividades relacionadas con el comercio o la oferta de servicios (INEGI, 2004).

4.2.12 RECORRIDOS EN CAMPO

Se realizaron tres campañas de recorridos en campo. Las primeras dos se realizaron durante la época de lluvias del 2015, mientras que la tercera se realizó durante las secas del 2016. La primera campaña abarcó el municipio de Tuxtla Gutiérrez y se identificaron tres deslizamientos en las colonias 06 de junio y Lomas de Oriente (Figura 4.13).



Figura 4.13. Primera Campaña. Municipio Tuxtla Gutiérrez

La segunda campaña abarcó los municipios de Berriozábal y San Fernando donde se ubicaron diez deslizamientos, siendo San Fernando el más afectado (Figura 4.14).



Figura 4.14. Segunda Campaña. Municipio San Fernando y Berriozábal

La tercera campaña fue un recorrido de verificación de cauces en el municipio de Tuxtla Gutiérrez (Figura 4.15).



Figura 4.15. Tercera Campaña. Municipio Tuxtla Gutiérrez

4.3 TALLER DE DETERMINACIÓN DE CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DEL RIESGO AL DESLIZAMIENTO DE LADERAS EN LA SUBCUENCA TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

El taller se realizó el 20 de septiembre de 2015. Durante el taller se contó con la participación de un total de 21 personas (Tabla 4.8). De las invitaciones realizadas se tuvo la presencia del 24 % de dependencias.

Tabla 4.8 Lista de asistencia al taller

No	INSTITUCIÓN	ASISTENTES	CARGO
1	INEGI Y UNICACH	Dr. Jorge Paz Tenorio	Académico
2	UNICACH	LCT. Marcos López Hernández	Estudiante
3	UNACH	MC. Agustín Osuna	Académico
4	COMISIÓN FEDERAL DE	Ing. Mauricio Jiménez Ruiz	Hidrometría
5	GRUPO JAGUAR	Diana Hermida Virrereal	Espeleologa
6	GRUPO JAGUAR	Ing. Jorge Alfonso	Espeleologo
7	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Castañon Estrada	Funcionario Público

No	INSTITUCIÓN	ASISTENTES	CARGO
8	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Ing. José Luis Parra	Funcionario Público
9	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Mario Molina Santiago	Funcionario Público
10	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Romeo palacios	Funcionario Público
11	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Leonel Zárate Rodríguez	Funcionario Público
12	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Artemio Pérez pérez	Funcionario Público
13	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Israel Simuta Hernández	Funcionario Público
14	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Ing. Dolores Elided López	Funcionario Público
15	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Arq. William Estrada	Funcionario Público
16	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Ing. Damián Sánchez	Funcionario Público
17	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Carmela Lozano Vazquez	Funcionario Público
18	PROTECCIÓN CIVIL ESTATAL	Ing. Jesús Alfredo Moreno	Funcionario Público
19	COSCHAC	Roger Nigenda Moráles	Funcionario Público
20	TIERRA VERDE NATURALEZA Y	Biól. Guadalupe Hu Mayo	ONG
21	SEMAHN	Félix Ayala	Funcionario Público

El objetivo del taller fue determinar las variables que afectan los deslizamientos de laderas en la subcuenca de acuerdo con la opinión de expertos y personas que habitan la subcuenca. La información recopilada y derivada de los recorridos en campo sirvió de insumo para la realización del taller.

El taller se comenzó con el registro a las 10:00 horas y su desarrollo se llevó a cabo de las 9:00 a las 15:00 horas. Comenzó por dar la bienvenida la M en C. Itzel Castro del INIFAP, iniciando con el objetivo del taller, seguido de la explicación del método para definir los criterios y determinar el riesgo, tomando las variables de peligro y vulnerabilidad, donde peligro representó la fracción biofísica, y vulnerabilidad la parte socioeconómica. Dentro del concepto peligro se ubicaron las variables pendiente, red hidrográfica, geología, uso de suelo y precipitación, de los cuales los asistentes expertos en el tema decidieron los valores de cada uno, definiendo como se iba a calcular los rangos para posteriormente realizar las multiplicaciones y obtener el mapa de peligrosidad. Haciendo énfasis en que los valores y variables propuestas por ellos permitieran obtener resultados alcanzables y medibles.

Posteriormente se procedió a la explicación de la dinámica por el cual los expertos realizarían la valoración de las variables que hayan propuesto y obtener las más importantes. Después se les presentó la información disponible con la que se cuenta exhortándolos a ampliarlo de acuerdo a su experiencia.

Seguido de ello se expuso la variable de vulnerabilidad que corresponde a la parte social el cual estuvo a cargo de la Economista Eileen Salinas quien recalzó que se mencionarían y elegirían las variables de acuerdo a las propuestas de los asistentes, lo que permitió medir los factores de vulnerabilidad social y económica, explicando que los rubros para la vulnerabilidad social respecto a la exposición al peligro estaría relacionado con localidades, caminos o servicios donde existe mayor peligro, la capacidad de respuesta que tan pronto pueden responder a este fenómeno y que tan frecuente ocurre un evento, como los sismos o derrumbes.

La vulnerabilidad económica se relaciona con la infraestructura y basado en que es una cuenca urbana, la parte económica se enfocaría en comercios pequeños o grandes y los activos productivos en el área rural como son Berriozábal, San Fernando y una parte de Ocozocoautla, se tomaría cultivos y ganado basado en la información con la que cuenta.

Después de este marco informativo se procedió a una lluvia ideas sobre las variables biofísicas y socioeconómicas que inducen los deslizamientos y que determinan el nivel de afectación de la población. Todas las variables mencionadas fueron calificadas por los expertos llegando así aun proceso de eliminación y así se determinaron cinco variables para el peligro: precipitación, geología, pendiente del terreno, densidad hidrográfica e intensidad sísmica y cuatro para la vulnerabilidad: exposición al peligro, ocurrencia de eventos, capacidad de respuesta e ingreso económico (Figura 4.16 y Figura 4.17). A cada variable se le asignó el valor de ponderación dentro del peligro y vulnerabilidad.



Figura 4.16. Variables de peligro a deslizamiento en la subcuenca

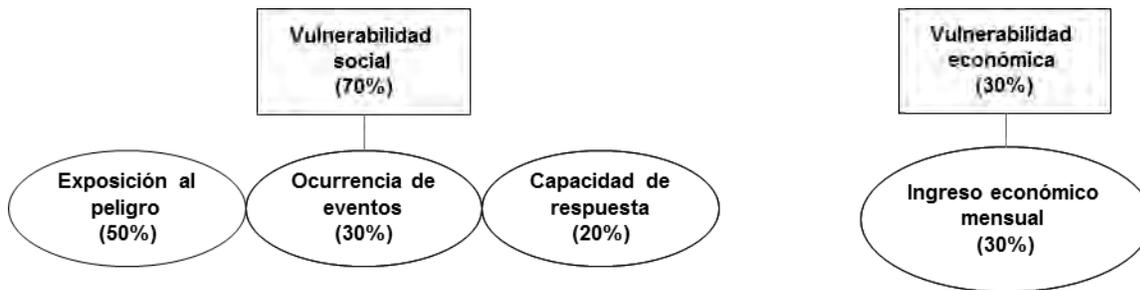


Figura 4.17. Variables de vulnerabilidad socioeconómica a deslizamiento en la subcuenca

4.4 VARIABLES DE PELIGRO

4.4.1 PRECIPITACIÓN

El impacto de las gotas de lluvia provoca el rompimiento de las partículas del suelo, si la precipitación dura determinado tiempo y dependiendo de las condiciones del suelo, puede llegar a saturarlo haciéndolo susceptible a la acción de la gravedad.

Los datos de esta variable se obtuvieron con base al análisis de las precipitaciones máximas en 24 horas, se tomó este criterio debido a que son lluvias cortas de intensidad alta y que pueden usarse como un indicador de probabilidad para que se genere un deslizamiento, considerando un periodo de retorno de 25 años. Los registros pluviométricos fueron tomados de las 13 estaciones climatológicas de influencia dentro y fuera de la subcuenca.

El valor máximo de precipitación en 24 horas para el periodo de retorno antes mencionado se calculó mediante el método de distribución de Gumbel. Este tipo de distribución ha sido utilizada con buenos resultados para valores extremos de variables meteorológicas, de tal manera que se ajusta adecuadamente para determinar los valores máximos de la precipitación en diferentes periodos de tiempo.

En primer lugar se calculó la precipitación máxima media en 24 horas, haciendo uso de la ecuación 4.3:

$$X = \frac{\sum Xi}{n} \quad (4.3)$$

Donde:

X= Precipitación máxima media en 24 horas (mm)

Xi = Precipitación máxima en 24 horas

n= Número de años de registros

El siguiente paso fue determinar la desviación estándar de la precipitación máxima en 24 horas, aplicando la siguiente ecuación 4.4:

$$S_x = \sqrt{\frac{(X_i - X)^2}{n-1}} \quad (4.4)$$

Donde:

Sx= Desviación estándar

1= Constante

Posteriormente se estimó el factor de frecuencia (número de veces de desviación estándar en que el valor extremo considerado excede a la media de la serie) para el periodo de retorno seleccionado, empleando la ecuación 4.5:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (4.5)$$

Donde:

K= Factor de frecuencia

Y_t = Variable reducida

Y_n = Media reducida.

S_n = Desviación reducida.

Con esta información se determinó el valor máximo de precipitación en 24 horas para un tiempo de retorno de 25 años, usando la ecuación 4.6:

$$X_t = X + K * S_x \quad (4.6)$$

Donde:

X_t = Valor máximo de precipitación para el periodo de retorno asignado (mm).

X= Precipitación máxima media en 24 horas.

K= Factor de frecuencia.

S_x = Desviación estándar.

El valor de la variable reducida (Y_t) se determina a partir del valor del periodo de retorno (T), tal como se muestra en la Tabla 4.9. Los valores para la media reducida (Y_n) y la desviación reducida (S_n) se obtienen a partir del número de observaciones de la serie.

Tabla 4.9 Valores de la variable reducida (Y_t), utilizada para obtener los valores extremos a diferentes periodo de retorno

Periodo de retorno en años (T)	Variable reducida (Y_t)
2	0.36651
5	1.49994
10	2.25037
25	3.19853
30	3.38429
50	3.90194
75	4.31078
100	4.60015
250	5.5194
500	6.2136

Una vez que se obtienen los valores puntuales de precipitación máxima en 24 horas con un periodo de retorno de 25 años para las diferentes estaciones. Para convertir la nube de puntos de precipitación en isoyetas se emplea el método Kriging, se convirtieron las isoyetas en una superficie, la cual se clasificó conforme a las categorías establecidas por expertos para posteriormente asignarles sus valores de ponderación. Finalmente, se calcula esta variable al multiplicar la capa por el valor asignado de ponderación que es de 35%.

4.4.2 GEOLOGÍA

Para la subcuenca esta variable es de suma importancia por la presencia de rocas del Cenozoico Terciario y Mesozoico Cretácico. La primera tiene formaciones rocosas poco estables donde se han originado diversos deslizamientos, tal es el caso de la ladera sur de Tuxtla Gutiérrez; mientras que las rocas del Mesozoico Cretácico son las más consolidadas. Para la asignación de valores, se hizo un análisis del tipo de roca y su correspondiente era geológica. El método consistió en considerar el tipo de roca como una categoría del factor y asignarle su respectivo valor. Posteriormente se transformó en una capa raster y se multiplica por el valor de ponderación de este factor que es del 30%.

4.4.3 PENDIENTE

Existe una relación proporcional, entre la pendiente y el aumento de la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. Basados en el Modelo Digital de Elevación se calcula la pendiente y se clasifica para obtener las categorías señaladas por el grupo de expertos, a su vez la capa se multiplica por el valor de ponderación del factor que es del 20%.

4.4.4 DENSIDAD DE CORRIENTES

Se considera que a mayor acumulación de corrientes, mayor es la humedad presente en el terreno, lo cual genera el reblandecimiento del suelo que induce a un deslizamiento. Tradicionalmente esta variable se representa como un vector, pero es necesario reflejarlo como una superficie y para ello se emplea la herramienta Line Density. La superficie resultante expresa el número de corrientes por km^2 , esta capa se reclasifica en cuatro categorías las cuales se establecen tomando en cuenta el número de corrientes por unidad de superficie y la pendiente. Se le asigna a la capa el valor de ponderación de cada categoría y luego se pondera a la variable con el 10% de importancia. Para verificar el número de corrientes se realizaron recorridos en campo.

4.4.5 SISMICIDAD

A pesar que en otras cuencas del estado esta variable es la principal detonante de los deslizamientos, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez su influencia es menor. Para determinar los daños causados por los sismos, se consideró la intensidad de Mercalli. Se le asigna a la capa el valor de ponderación de cada categoría y luego se pondera a la variable con el 5%.

4.5 VARIABLES DE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad se determinó a partir de dos componentes, el social y económico. Para poder trabajar con datos micro y actualizados se levantaron encuestas en localidades con afectación previa por deslizamiento o aquellas en las que había un peligro a ser afectadas. La vulnerabilidad social está caracterizada por la exposición al peligro, ocurrencia de eventos y capacidad de respuesta, mientras que la vulnerabilidad económica por el ingreso económico.

Para el levantamiento de encuestas se formaron brigadas de 10 personas que aplicaron un total de 332 encuestas distribuidas en localidades de Berriozábal, San Fernando y colonias de Tuxtla Gutiérrez, teniendo un total de 13 lugares clave para la aplicación de las mismas (Tabla 4.10). Con base a ellas se determinaron principalmente las variables sociales y económicas para la valoración de la vulnerabilidad.

Tabla 4.10 Lugares donde se aplicaron las encuestas

Municipio	Localidad/Colonia	Encuestas aplicadas
Berriozábal	Enrique Peña Nieto	11
	La Libertad	11
	Efraín Gutiérrez	27
San Fernando	San Fernando	60
	Benito Juárez	46
	El Portillo	14
	Emiliano Zapata	15
	Francisco I. Madero	3
	Mauricio Martínez	6
Tuxtla Gutiérrez	Cerro Hueco	18
	Cueva del Jaguar	19
	Lomas del Oriente	91
	06 de junio	11

4.5.1 EXPOSICIÓN AL PELIGRO

Se estableció por la ubicación de las localidades respecto a los peligros existentes en la subcuenca, considerando la distribución de las diferentes formaciones de roca y el área de influencia que presenta una falla geológica. La población asentada por tipo de roca determina la cantidad de habitantes asentados en zonas estables o inestables. La población ubicada en un tipo de roca inestable, es más propensa a ser afectada por un deslizamiento; mientras que la población asentada en roca estable, será menos afectada. Para el análisis de esta variable, se empleó la capa geológica y el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010). Se categorizan las rocas según su estabilidad y la población que ahí reside, asignándole su valor de ponderación el cual fue de 50%.

La influencia de las fallas geológicas en la población determina el área que puede ser afectada por la presencia de una falla, al momento de ocurrir un sismo. Entre menor sea la distancia a la falla, el nivel de afectaciones a la población es mayor y viceversa. Para conocer la influencia de las fallas geológicas se generaron diferentes distancias de influencia y se cuantificó la población total residente en cada una de ellas. Se asignaron valores de ponderación a cada categoría y se convirtió la capa a una superficie para posteriormente multiplicarlo por su valor de ponderación que fue de 50%.

4.5.2 OCURRENCIA DE EVENTOS

Se determinó por la frecuencia con la que se presenta un evento natural en cada una de las localidades encuestadas. Se consideraron diversos parámetros, tales como presencia de eventos todo el año, solo en temporadas de lluvia o nunca han sido afectados. Esta capa se convirtió en una superficie para multiplicarla por el valor de ponderación de la variable, el cual fue de 30%.

4.5.3 CAPACIDAD DE RESPUESTA

Se determinó por el grado de organización de las localidades donde fueron aplicadas las encuestas, con la finalidad de conocer si cuentan o no con un comité de protección civil. Entre mayor sea el nivel de organización, menor será el grado de afectación de las personas que están expuestas al peligro ya que tendrán una pronta respuesta. Se regionalizó la superficie de la subcuenca en función de los sitios donde se aplicaron encuestas y al número de respuestas obtenidas de presencia/ausencia de un comité de protección civil. Posteriormente se generaron categorías conforme al nivel de organización y se les asignaron valores. Esta capa se convirtió en una superficie para multiplicarla por el valor de ponderación de la variable que es de 20%.

4.5.4 INGRESO ECONÓMICO

Se determinó por el ingreso económico mensual del jefe de familia de las viviendas donde se aplicaron las encuestas. Cuanto mayor es el ingreso económico, más rápida es la recuperación de las afectaciones originadas por la ocurrencia de algún evento natural, por el contrario, a menor ingreso, más lenta es la recuperación de las afectaciones presentadas. Se clasificaron en rangos de ingreso de acuerdo a lo reportado en las encuestas para cada localidad. Posteriormente se regionalizó el área de influencia de las localidades y se convirtió en una superficie para multiplicarla por el valor de ponderación de la variable, misma que fue del 30%.

5. RESULTADOS

5.1 PELIGRO

5.1.1 PRECIPITACIÓN

El análisis de los datos de precipitación nos arrojó las zonas más húmedas dentro de la subcuenca y en qué lugares es posible que se originen deslizamientos. La precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 25 años expone que la mayor concentración de lluvia se presentará en la parte oeste de la subcuenca, principalmente en el municipio de Berriozábal, con intensidad aproximada de 158

a 170 mm en 24 horas, mientras que para los municipios de San Fernando y Tuxtla Gutiérrez, se presentaron lluvias de 125 a 157 mm en 24 horas. Se divide en categorías la distribución de la precipitación máxima en 24 horas y se les asigna un valor como se muestra en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Valores de ponderación de la precipitación máxima en 24 hrs.

Precipitación máxima en 24 horas (mm)	Valor	Ponderación
125-134	0.6	35%
135-146	0.7	
147-157	0.8	
158-170	0.9	

La precipitación con mayor presencia es de 147 a 157 mm en 24 horas, siendo ésta la que predomina en más de una cuarta parte de la subcuenca (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 Áreas de influencia de cada rango de precipitación en la subcuenca

Precipitación máxima en 24 horas (mm)	Área (ha)	Área (%)
125-134	11,647.03	26.64
135-146	8,348.89	19.10
147-157	16,778.05	38.38
158-170	6,937.53	15.87

5.1.2 GEOLOGÍA

La litología de la subcuenca Tuxtla Gutiérrez es muy diversa, está constituida principalmente por rocas sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico, a continuación se muestran los valores de cada tipo de roca y la ponderación de esta variable (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Valores de ponderación para los rangos geológicos

Roca	Era	Periodo	Valor	Ponderación
Caliza	Mesozoico	Cretácico	0.2	30%
Caliza-Lutita	Mesozoico	Cretácico	0.3	
Caliza	Cenozoico	Terciario	0.5	
Arenisca-Conglomerado	Cenozoico	Terciario	0.5	
Limolita-Arenisca	Cenozoico	Terciario	0.7	
Lutita-Arenisca	Cenozoico	Terciario	0.8	

Aluvial	Reciente	Reciente	0.1	
---------	----------	----------	-----	--

Durante los recorridos en campo se identificó que los deslizamientos del 2015 y 2016, además de los registrados en años anteriores se ubican principalmente en roca Caliza, Arenisca-Conglomerado, Limolita-Arenisca y Lutita-Arenisca, todas del Cenozoico Terciario y que además se encuentran en zonas de relieve escarpado, por lo que se asignó un valor de 0.5 a 0.8.

A la roca Aluvial, ubicado en la parte baja de la subcuenca, se le asignó el valor más bajo de probabilidad, ya que se localizó en pendientes de 0° a 8°. Esta roca es dominante en la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez.

En roca Caliza (Mesozoico Cretácico) no se han presentado deslizamientos, sin embargo a pesar de ser un material consolidado, se le asignó un valor considerable, ya que conforme a la revisión bibliográfica la tasa de infiltración de este material es alto y es probable que al presentarse lluvias torrenciales, la cantidad de agua que se infiltrara sobre esta roca provoque el debilitamiento de esta estructura rocosa.

La Caliza-Lutita ocupa la mayor superficie dentro de la subcuenca. Para este tipo de roca, no se identificaron deslizamientos. El valor asignado se debió a la combinación con la Lutita, ya que esta es poco resistente, sobre todo si hay presencia de fallas y fracturas muy cercanas.

5.1.3 PENDIENTE

Para la subcuenca Tuxtla Gutiérrez se utilizaron cuatro tipos de pendientes, muy baja (0°-8°), baja (8°-17°), moderada (17°-28°) y fuerte (28°-57°). A continuación se muestran los valores de cada rango de pendiente y la ponderación de esta condicionante (Tabla 5.4).

Tabla 5.4 Valores de ponderación para los rangos de pendiente

Pendientes	Valor	Ponderación
0°-8°	0.1	20%
8°-17°	0.8	
17°-28°	0.9	
28°-57°	0.2	

Las pendientes muy bajas (0°-8°) comprenden superficies planas las cuales tienen la mayor representación en la subcuenca abarcando el 57.47% de su superficie total. Las pendientes bajas (8°-17°) se encuentran distribuidas en toda la subcuenca, son sectores que se no se pueden considerar como estables, ya que la sobreposición de los puntos de deslizamientos recolectados en campo, arrojaron que en este rango de pendiente se han presentado eventos o que son zonas propensas a sufrir estos movimientos. Las pendientes moderadas (17°-28°), abarcan son zonas montañosas dentro de la subcuenca. Algunos autores señalan que zonas que se localizan en este rango de pendiente ya no se consideran sitios aptos para la

construcción de infraestructura o para asentamientos humanos (Mora, et al., 2002). Las pendientes fuertes (28°-57°) se ubican en su mayoría en la porción central de la subcuenca y pequeñas áreas al sur y norte de la misma. Son zonas montañosas, de relieve muy accidentado que condicionan la generación de deslizamientos.

Haciendo una relación entre pendientes y localidades ubicadas dentro de la subcuenca, la mayoría de estas se encuentran en pendientes que van de 0°-28°, mientras que para las zonas donde hay presencia de pendientes fuertes (28°-57°) solamente se localizó una localidad, razón por la cual al rango de pendiente muy fuerte se le asigna un valor bajo. Por lo anterior se determinó que las zonas propensas a sufrir deslizamientos, presentan una inclinación de 8° a 57°, además de que en esos sectores existen actividades antrópicas (agrícola-pecuario) y vegetación secundaria (bosques y selvas).

5.1.4 DENSIDAD DE CORRIENTES

Para la subcuenca Tuxtla Gutiérrez se utilizaron 4 rangos de densidad hidrográfica, nula (0-1), baja (1-4), media (4-8) y alta (8-13). A continuación se muestran los valores de cada rango de densidad y la ponderación de esta condicionante (Tabla 5.5).

Tabla 5.5 Valores de ponderación para los rangos de densidad de corriente

Densidad hidrográfica (Corrientes/km2)	Valor	Ponderación
0-1	0.1	10%
1-4	0.8	
4-8	0.4	
8-13	0.2	

La categoría de densidad nula se encuentra distribuida en la parte norte, noroeste y sur de la subcuenca, abarcando la mayor superficie. La densidad hidrográfica baja se concentra en la zona centro de Berriozábal y Tuxtla Gutiérrez, mientras que la densidad media se presenta en distintas partes, sobre todo en cinco de los quince afluentes principales que se encuentran en la subcuenca. El valor de ponderación asignado a la categoría de densidad alta es bajo, ya que se encuentra en zonas planas y son solo pequeños fragmentos en la parte central de Tuxtla Gutiérrez, correspondiente al afluente del río Sabinal.

5.1.5 SISMICIDAD

La intensidad sísmica refleja el comportamiento del sustrato, es decir, si se tienen diferentes condiciones, como rocas inestables, pendiente fuerte y alto grado de humedad, ante un sismo la probabilidad de un deslizamiento será mayor. En la Tabla 5.6 se muestran las categorías de intensidad y la ponderación de este detonante. Estas categorías son las determinadas dentro de la escala de Mercalli. La categoría III abarca la mayor superficie de la subcuenca, distribuyéndose en su mayoría, en Berriozábal, San Fernando y Tuxtla Gutiérrez.

Tabla 5.6 Valores de ponderación para los rangos de intensidad sísmica

Intensidad sísmica	Valor	Ponderación
III	0.4	5%
IV	0.6	

5.1.6 ZONIFICACIÓN DEL PELIGRO A DESLIZAMIENTO DE LADERAS

Como resultado de la combinación de las variables se generó el mapa de peligro a deslizamiento de laderas (Anexo I). Dicho mapa se clasificó en 5 categorías, obteniendo las siguientes clases:

- a) Muy bajo: Abarca el 22.03% del área total y se localiza principalmente en la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez y al noreste de San Fernando.
- b) Bajo: Ocupa el 18.15% de la superficie total y se ubica primordialmente en la parte centro, suroeste y noroeste de la subcuenca.
- c) Medio: Abarca el 32.39% de área total y se puede encontrar en la zona sur, oeste y este de la subcuenca.
- d) Alto: Ocupa el 21.19% del área total y se localiza esencialmente en la parte sur, centro y norte de la subcuenca.
- e) Muy alto: Abarca el 6.09% de la superficie total y se ubica principalmente en la zona sur de Tuxtla Gutiérrez, en la parte central de San Fernando y en el norte de Berriozábal.

Más del 50% de la superficie total de la subcuenca presenta un peligro al deslizamiento de medio a muy alto y se concentran en Berriozábal y San Fernando, mismas donde se ubica el 75% de las localidades, aunque solo habita el 10% de la población.

Entre las áreas que reportan muy bajo peligro se encuentran la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y la parte oriente de San Fernando. La primera se ubica en pendientes menores a 8°, altitudes entre 600 a 1,0000 m snm y en suelo aluvial. Mientras que la segunda tiene altitudes entre 438 a 1,348 msnm, pendientes que van de 0° a 8° y roca Caliza del Mesozoico Cretácico, que es un tipo de roca consolidada. La precipitación reportada va de los 125 a 145 mm en 24 hrs.

Las zonas de bajo peligro se localizan en la parte centro y noroeste de la subcuenca, principalmente en San Fernando y Tuxtla Gutiérrez. Estas zonas presentan pendientes de 8° a 57°, altitudes de 438 a 1,348 m snm y en algunos lugares hay presencia de moderada humedad, además de una precipitación que va

de 125 a 170 mm en 24 hrs; sin embargo el principal factor por el cual corresponde a esta categoría es que se encuentran sobre roca Caliza y Caliza-Lutita del Mesozoico Cretácico, que es un suelo estable.

Las zonas de peligro medio se encuentran al sur de Tuxtla Gutiérrez, sur-centro de Berriozábal y al este-noreste de San Fernando. Aquí hay presencia de pendientes entre 0° a 57°, con altitudes entre 438 a 1,348 m snm, poca humedad en el suelo, y precipita aproximadamente 125 a 170 mm en 24 hrs. El tipo de roca presente abarca Calizas y Caliza-Lutita del Mesozoico Cretácico, Calizas y Limolita-Arenisca del Cenozoico Terciario y pequeñas porciones de suelo Aluvial, siendo el suelo Cenozoico el más inestable.

Las zonas de peligro alto se concentran en el municipio de San Fernando, las pendientes que predominan van de 8° a 57° y se encuentran en altitudes que van de los 652 a 1348 msnm. La precipitación va de 135 a 160 mm en 24 hrs., a lo cual se le suma el tipo de roca Caliza y Caliza-Lutita del Mesozoico Cretácico, Caliza y Lutita-Arenisca del Cenozoico Terciario.

Las zonas de peligro muy alto ocupan la menor extensión dentro de la subcuenca, y se ubican en pendientes de 8° a 57°, en altitudes de 652 a 1,348 msnm. La intensidad de precipitación es de 145 a 170 mm en 24 hrs., y el tipo de roca es Caliza-Lutita del Mesozoico Cretácico y Limolita-Arenisca, Lutita-Arenisca y Arenisca-Conglomerado del Cenozoico Terciario, que son rocas con gran susceptibilidad al deslizamientos de laderas ya que son no están consolidadas.

En las zonas de peligro medio se asientan las siguientes colonias y localidades que fueron encuestadas: Cerro Hueco, Cueva del Jaguar, Lomas del Oriente, Benito Juárez, Efraín Gutiérrez y Enrique Peña Nieto. En los sectores de peligro alto las localidades y colonias son: Mauricio Martínez, San Fernando, Francisco I. Madero, La Libertad y 06 de junio; y en las zonas de muy alto peligro las localidades asentadas son: Emiliano Zapata y El Portillo.

5.2 VULNERABILIDAD

5.2.1 EXPOSICIÓN AL PELIGRO

El mapa de exposición al peligro (Anexo II), el cual se obtuvo con la combinación de la capa de litología y geología estructural, indico la cantidad de habitantes que están propensos a ser afectados por el tipo de roca y la cercanía a fallas geológicas. Los daños se consideran principalmente afectaciones a infraestructura.

Aquellas localidades que se encuentran asentadas sobre rocas frágiles y con mayor cercanía a una falla geológica, serán más afectadas en infraestructura como viviendas y caminos. En la Tablas 5.7 y 5.8 se muestran los valores asignados para la variable de población asentada en cada tipo de roca e influencia de las fallas geológicas en la población.

El nivel de muy bajo grado de exposición al peligro se ubica en zonas planas a más de 2,000 m de distancia de las fallas geológicas, en esta clasificación no tiene relevancia el tipo de roca y ocupa el 11.43% de toda la superficie de la subcuenca; también concentra al 85.29% del total de la población. El nivel bajo de

exposición al peligro concentra al 5.75% de la población y ocupa la mayor superficie (54.63%) de la subcuenca y se ubica sobre roca Caliza del Mesozoico Cretácico y a más de 2,000 m de distancia de una falla. Respecto a las categorías restantes (medio, alto y muy alto), se consideran las regiones más expuestas al peligro, ya que existe una mayor relación de las dos variables empleadas, tipo de roca y distancia a una falla.

Tabla 5.7 Valores de ponderación para los rangos rocas con asentamiento poblacional

Roca	Era	Periodo	Habitantes	Valor	Ponderación
Limolita-Arenisca	Cenozoico	Terciario	0	0.4	50%
Arenisca-Conglomerado	Cenozoico	Terciario	2,875	0.5	
Caliza	Mesozoico	Cretácico	3,273	0.3	
Caliza	Cenozoico	Terciario	8,190	0.6	
Lutita-Arenisca	Cenozoico	Terciario	17,982	0.8	
Caliza-Lutita	Mesozoico	Cretácico	37,642	0.5	
Aluvial	Reciente	Reciente	537,102	0.2	

Tabla 5.8 Valores de ponderación de la influencia de las fallas geológicas en la poblacional.

Distancia a la falla (m)	Población	Valor	Ponderación
500	1,670	0.9	50%
1000	4,217	0.7	
1500	16,771	0.5	
2000	20,023	0.3	
>2000	587,041	0.1	

Es importante mencionar que las personas más expuestas al peligro, son aquellas que se localizan en las zonas de medio, alto y muy alto grado de exposición. En estas áreas, el total de población expuesta es relativamente baja, pero son lugares que están lejos de la cabecera municipal y se encuentran en la parte media y alta de la subcuenca, por lo tanto, en caso de desastre se dificultaría el acceso para su auxilio.

5.2.2 OCURRENCIA DE EVENTOS

Para el caso de ocurrencia de eventos, se tomaron en cuenta tres temporadas de afectaciones por eventos, lo anterior sustentado en la revisión bibliográfica. En la ladera sur de Tuxtla Gutiérrez la mayoría de sus afectaciones se han presentado en temporadas de lluvias, mientras que en la zona centro del municipio nunca han sido afectados por deslizamientos, en cambio localidades de Berriozábal y San Fernando son comunes eventos de deslizamiento durante todo el año. En la Tabla 5.9 se muestran los valores asignados para la variable de ocurrencia de eventos.

Tabla 5.9 Valores de ponderación de la ocurrencia de eventos

Temporada	Valor	Ponderación
Todo el año	0.9	30%
Lluvias	0.7	
Nunca	0.5	

El mapa de frecuencia de eventos es un reflejo de las diferentes respuestas arrojadas en las encuestas (Anexo III), pero es importante mencionar que en la zona centro de Tuxtla Gutiérrez no fue aplicada ninguna encuesta ya que es una superficie plana y no se consideró sitio clave. Las zonas que nunca han sufrido afectaciones, ocupan casi una cuarta parte del área total de la subcuenca, al igual que los lugares que son afectados solamente en temporadas de lluvias (mayo a septiembre). En cambio, las zonas donde se presentan afectaciones todo el año, representan casi la mitad del área total de la subcuenca.

En Tuxtla Gutiérrez se ubican 3 colonias afectadas frecuentemente por deslizamientos: Cerro Hueco, Cueva del Jaguar y Lomas del Oriente. Es común que los habitantes de estas colonias expresen su temor a deslizamientos en temporadas de lluvias, ya que consideran que el arroyo Cerro Hueco y otros cauces provocan humedad en el subsuelo incrementándose peligrosamente ante lluvias extremas.

5.2.3 CAPACIDAD DE RESPUESTA

Se considera que la respuesta de la población ante un desastre natural será mejor si está organizada, en este caso, la presencia de un comité de protección civil tiene la obligación de informar a la población acerca de los diferentes fenómenos naturales, como pueden ser los deslizamientos de ladera. En la Tabla 5.10 se observan los valores asignados a esta variable.

Tabla 5.10 Valores de ponderación de la capacidad de respuesta

Comité de Protección Civil	Valor	Ponderación
Presencia de un comité	0.5	20%
Ausencia de un comité	0.9	

La capacidad de respuesta refleja principalmente el grado de organización de los habitantes que viven en las distintas localidades. Esto dio a conocer que aquellas zonas donde se han presentado eventos es común que las personas se vean inmersas en un comité, el cual tiene como función dar aviso cuando se presenten lluvias intensas que a la vez puedan generar deslizamientos. Las zonas donde los habitantes forman parte de un comité de protección civil, ocupan una superficie mínima (6.85%) respecto al área total de la subcuenca, mientras que las localidades y colonias donde la población no cuenta con dicho comité ocupa la mayor extensión territorial (>50%). Es importante la percepción que tiene la población

acerca de las causas que determinan los desastres naturales. En Berriozábal y San Fernando, la mayoría de la población piensa que los eventos naturales ocurren por consecuencias divinas e ignoran toda recomendación o información de las autoridades y por lo tanto también se dificulta cualquier acción de prevención.

5.2.4 INGRESO ECONÓMICO

En el aspecto económico se tomaron en cuenta tres diferentes rangos de remuneración mensual (Tabla 5.11). En las zonas rurales los pobladores se dedican principalmente a la agricultura y su ingreso es bajo en comparación de las zonas urbanas donde es relativamente más alto y hay mayor diversidad ocupacional. Se presupone que al tener un mayor ingreso económico, la recuperación de las afectaciones en infraestructura será más rápido.

Tabla 5.11 Valores de ponderación de la capacidad de respuesta

Ingreso mensual	Valor	Ponderación
Menos de 4,000 pesos	0.9	30%
Entre 4,000 pesos a 6700 pesos	0.7	
Más de 6,700 pesos	0.5	

Los resultados del ingreso económico mensual muestra que las zonas con ingresos menores a los 4,000 MXN se localizan principalmente en localidades de Berriozábal y San Fernando, sobre todo aquellas que se encuentran en pendientes mayores a 8° y que su principal actividad económica es la agricultura. Mientras que los lugares que perciben un ingreso entre 4,000 a 6,700 MXN, se localizan en las zonas conurbanas de Berriozábal, San Fernando y Tuxtla Gutiérrez. Para el caso de las personas que tienen un ingreso superior a los 6,700 MXN, se localizaron principalmente en la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez, considerada la zona con mayor urbanización, donde se ubican las zonas residenciales y empresas más importantes de la ciudad. Cabe mencionar que esta última es la que ocupa menor área dentro de la subcuenca, mientras que los ingresos que van de menos de 4000 MXN a 6700 MXN son las que presentan mayor superficie.

Una de las principales causas por las cuales los habitantes deciden vivir o repoblar zonas de riesgo al deslizamiento es el bajo nivel de ingreso. El caso más evidente ocurre en la colonia Lomas del Oriente, donde hace menos de 10 años ocurrió un deslizamiento de grandes proporciones que daño la infraestructura habitacional, misma que está siendo repoblada a pesar de las graves afectaciones estructurales de los inmuebles.

5.2.5 ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD AL DESLIZAMIENTO DE LADERAS

La combinación de las variables sociales y económicas medidas a través de las encuestas y visitas a campo permitió generar el mapa de vulnerabilidad socioeconómica a deslizamiento de laderas (Anexo II). Este mapa se clasificó en 5 categorías, obteniendo las siguientes clases:

- a) Muy baja: Abarca el 10.24% del área total y se localiza principalmente en la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez.
- b) Baja: Ocupa el 9.92% de la superficie total y se ubica mayormente en la zona norte de Tuxtla Gutiérrez.
- c) Media: Abarca el 28.83% del área total y se puede encontrar primordialmente en la parte oeste-este de San Fernando y en la zona norte y sur de Tuxtla Gutiérrez.
- d) Alta: Ocupa el 35.28% de la superficie total y se localiza esencialmente en la zona sur-centro Berriozábal.
- e) Muy alta: Abarca el 15.70% del área total y se ubica principalmente en la parte centro de San Fernando y zona norte de Berriozábal.

Los lugares más susceptibles a ser afectados se localizan en Berriozábal y San Fernando, además de pequeñas porciones en la ladera sur y zona norte de Tuxtla Gutiérrez. El 80% de la superficie de la subcuenca muestra una vulnerabilidad socioeconómica de media a muy alta, sin embargo únicamente el 11.5% de la población la padece.

Las áreas de muy baja vulnerabilidad se localizan principalmente en la parte baja de la subcuenca y abarcan la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez, donde hay presencia de comités de protección civil y el ingreso económico mensual es mayor a 6,700 MXN mensuales, sobre todo en las zonas residenciales ubicadas en esa categoría.

Las zonas de baja vulnerabilidad socioeconómica se ubican principalmente en la zona norte de Tuxtla Gutiérrez y una pequeña parte al sur de dicho municipio. La exposición al peligro de estas áreas es considerable ya que presentan influencia de fallas geológicas y de una roca susceptible a movimientos que posteriormente afectaran a la población. Los comités de protección civil son escasos para estos lugares, pero la variable que influyó en esta categoría, es que no se han registrado deslizamientos, además que el ingreso económico mensual se encuentra en un rango de 4,000 a 6,700 MXN.

Los sectores de vulnerabilidad socioeconómica media, se pueden encontrar en la zona norte de Berriozábal, mientras que las mayores extensiones se localizan al oeste-este de San Fernando y hacia el norte y en la ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, donde esta última presenta influencia de rocas frágiles y están cercanas a fallas geológicas. Con base a los resultados de las encuestas, aproximadamente un 20% de los encuestados forman parte de un comité de protección civil, principalmente los habitantes de la

ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, donde se han registrado deslizamientos en temporadas de lluvias. El ingreso económico en estas zonas es de 4,000 a 6,700 MXN, por lo que en caso de sufrir más afectaciones por deslizamientos, la recuperación se puede prolongar a mediano o largo plazo.

Las zonas de vulnerabilidad socioeconómica alta se concentran en Berriozábal, mientras que en San Fernando se distribuyen en la parte oeste y centro, para Tuxtla Gutiérrez se ubican porciones en el sector oeste y en la ladera sur. Respecto a la exposición al peligro, estas áreas muestran demasiada influencia por las fallas geológicas y también por el tipo de roca presente en estas superficies. Los resultados arrojados por la encuesta, indican que la presencia de comités de protección civil es nula en la mayoría de las localidades que se encuentran en estos sitios, mientras que la ocurrencia de eventos se da en temporada de lluvias para algunas zonas (especialmente en Berriozábal y la ladera sur de Tuxtla Gutiérrez) y en otras se presentan afectaciones todo el año. El ingreso económico mensual en estas áreas va de los 4,000 a 6,000 MXN.

Las superficies con muy alta vulnerabilidad socioeconómica se sitúan en la parte norte de Berriozábal, presentándose la mayor superficie en San Fernando y una pequeña fracción en el oeste de Tuxtla Gutiérrez. La exposición al peligro de estas áreas es sumamente alto, ya que se ubican en rocas inestables además de estar demasiado cerca a las fallas geológicas. En estas zonas no existen comités de protección civil y las afectaciones se presentan durante todo el año y en ocasiones solamente en temporadas de lluvias. Respecto al ingreso económico mensual, un 40% de las comunidades presentan ingresos menores a los 4000 MXN, mientras que las demás localidades perciben un monto de 4000 a 6700 MXN.

Por último, en las zonas de vulnerabilidad socioeconómica media se encuentran las siguientes colonias y localidades que fueron encuestadas: Cerro Hueco, Cueva del Jaguar, Lomas del Oriente, 06 de junio, Efraín Gutiérrez y Benito Juárez. En los sitios de vulnerabilidad socioeconómica alta la localidad fue: La Libertad; y en las zonas de vulnerabilidad socioeconómica muy alta las localidades asentadas son: Enrique Peña Nieto, Mauricio Martínez, Emiliano Zapata, El Portillo, Francisco I. Madero y San Fernando.

5.3 RIESGO

Con la combinación del mapa de peligro (40%) y vulnerabilidad socioeconómica (60%), se generó el mapa de riesgo a deslizamiento de laderas para la subcuenca Tuxtla Gutiérrez (Anexo IV). Este mapa se clasificó en 5 categorías, obteniendo las siguientes clases:

- a) Muy Bajo: Abarca el 11.74% del área y se localiza principalmente en la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez.
- b) Bajo: Ocupa el 18.58% de la superficie total y se ubica especialmente en la zona conurbana de Tuxtla Gutiérrez y en la parte oeste y este de San Fernando.

- c) Medio: Abarca el 39.83% del área total y la mayor concentración se encuentra en Berriozábal, además de la presencia en la parte oeste, sur y este de San Fernando y con ligeros fragmentos en la zona norte y en la ladera sur de Tuxtla Gutiérrez.
- d) Alto: Ocupa el 21.30% de la superficie total y se localiza principalmente en la zona centro de San Fernando, en la parte norte de Berriozábal y en el sector oeste y en la ladera sur de Tuxtla Gutiérrez.
- e) Muy Alto: Abarca el 8.36% del área total y se ubica esencialmente hacia el norte de Berriozábal y zona centro de San Fernando.

A continuación se exhiben las áreas que abarca cada grado de riesgo (Figura 5.1), además de las localidades y la cantidad de población expuesta en cada uno de los niveles (Figura 5.2).



Figura 5.1. Superficie que ocupan las categorías del riesgo al deslizamiento de laderas de la subcuenca Tuxtla Gutiérrez.



Figura 5.2. Localidades (totales) y población (%) expuesta al riesgo a deslizamiento

El mapa de riesgo a deslizamientos indica que los sectores sujetos a ser afectadas se ubican en Berriozábal, San Fernando y ciertas zonas de Tuxtla Gutiérrez, entre ellos la conocida ladera sur. Estas zonas se hallan en las categorías de medio, alto y muy alto riesgo, comprendiendo un 69.57% del área total de la subcuenca.

Las áreas de muy bajo riesgo se distribuyen de manera heterogénea dentro de la subcuenca. La zona urbana de Tuxtla Gutiérrez se ubica en esta categoría ya que su grado de peligro y vulnerabilidad socioeconómica a deslizamiento de laderas son relativamente nulos, también se encuentran fragmentos muy pequeños en la parte noreste de dicho municipio. Estos lugares no se verán afectados, debido a las características biofísicas, sociales y económicas que se presentan para dichas zonas.

Las superficies de bajo riesgo, se concentran en Tuxtla Gutiérrez, sobre todo en la zona conurbana y al noreste de dicho municipio, igualmente se ubican fragmentos en el sector norte de Berriozábal y en la parte oeste y este de San Fernando. De este último municipio, la presencia de esta categoría se ve influenciada por el tipo de roca, el cual corresponde a Caliza del Mesozoico Terciario, además son zonas que se encuentran fuera de la distancia máxima establecida para que una falla geológica pueda afectar a la población o intervenir en las características del terreno (pendiente y geología).

Respecto a las zonas de riesgo medio, son las que ocupan mayor superficie dentro de la subcuenca. Su distribución es homogénea, ya que se localizan en diferentes partes: oeste, norte y ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, oeste y este de San Fernando y en la mayor área de Berriozábal. La intensidad de precipitación máxima en 24 horas que se presentara para un periodo de retorno de 25 años, el tipo de roca, el grado de pendiente que predomina, la cantidad de corrientes y la intensidad sísmica comprende el aspecto

biofísico, mientras que las condiciones sociales indican que los escasos comités de protección civil no son suficientes para informar a los habitantes, además esto influye en la ocurrencia de deslizamientos, donde para esta categoría de riesgo existen zonas donde los habitantes comentaron que no se han registrado deslizamientos y para los demás sectores la población menciona que son afectados con demasiada frecuencia o solamente en temporadas de lluvias.

Los sectores de riesgo alto, se ubican en diferentes zonas de la subcuenca: al norte de Berriozábal y pequeñas fracciones en el sur y este del mismo municipio, en San Fernando se encuentran en la porción central y para el caso de Tuxtla Gutiérrez hay presencia al oeste y en la ladera sur. El resultado de esta categoría se debe a las diversas características biofísicas, sociales y económicas que existen en estos lugares, lo cual repercutirá en un alto grado de afectaciones para los habitantes que se ubican en este nivel de riesgo. Aunque la distribución de los polígonos es muy parecido al resultado del mapa de peligro, se nota el predominio del mapa de vulnerabilidad socioeconómica, sobre todo por la falta de comités de protección civil, la ocurrencia de eventos se da durante todo el año o solamente en temporadas de lluvias y el alto grado de exposición al peligro (cercanía a fallas geológicas e influencia del tipo de roca), sumándole el ingreso económico mensual que ronda entre menos de 4000 a 6700 pesos.

Las zonas de muy alto riesgo se localizan principalmente en el norte de Berriozábal, centro de San Fernando y oeste de Tuxtla Gutiérrez. Aquí se refleja grado de peligro y vulnerabilidad socioeconómica en el que se encuentran las personas que viven en estas áreas. El nivel de afectaciones o pérdida total de infraestructura es muy probable que ocurra en estos lugares, sobretodo porque las condiciones sociales y económicas no son las adecuadas para poder enfrentar un desastre y donde todo recaerá en una recuperación a mediano o largo plazo para los sitios que hayan sido afectados.

Por último, en las zonas de riesgo medio se encuentran las siguientes colonias y localidades que fueron encuestadas: Cerro Hueco, Cueva del Jaguar, Lomas del Oriente, 06 de junio y Benito Juárez. En los sitios de riesgo alto las localidades son: Enrique Peña Nieto y La Libertad; y en las zonas riesgo muy alto las localidades asentadas son: Mauricio Martínez, Emiliano Zapata, El Portillo, Francisco I. Madero y San Fernando.

6. DISCUSIÓN

Para este estudio se utilizó la metodología de determinación del riesgo a deslizamiento de laderas con enfoque de cuencas (López-Báez et al, 2012) que posteriormente se modificó para la zona de estudio. En este sentido, la elección de los factores condicionantes y detonantes para determinar el peligro y las variables a utilizar para conocer la vulnerabilidad socioeconómica estuvieron en función del criterio de expertos y disponibilidad-calidad de la literatura técnica y científica, además de recorridos en campo dentro de la zona de estudio. Así, la precipitación máxima en 24 horas, geología, pendiente del terreno, densidad hidrográfica e intensidad sísmica fueron elegidos como cinco de los factores más importantes a considerar para el análisis del peligro a deslizamientos, mientras que para el estudio de vulnerabilidad socioeconómica se utilizaron las siguientes variables: influencia de las fallas geológicas, influencia del tipo

de roca en los asentamientos humanos, capacidad de respuesta, frecuencia de eventos e ingreso económico mensual, medidas a través de una encuesta directa.

Con esta información se logró la obtención del primer mapa de riesgo a deslizamiento de laderas para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez, el cual mostro resultados aceptables, ya que, por un lado, la mayoría de los puntos identificados en campo se encuentran en zonas de medio, alto y muy alto peligro, vulnerabilidad socioeconómica y riesgo a deslizamiento de laderas, además de coincidir con los resultados arrojados en la investigación de Paz Tenorio (2012), donde menciona que estas zonas no son aptas para la construcción debido al nivel de riesgo existente.

Los sitios clasificados como peligro medio, alto y muy alto, son las más propensas a deslizarse, dado que son sitios que presentaran precipitaciones intensas y se ubican en rocas de tipo: Caliza, Lutita-Arenisca, Caliza-Lutita, Limolita-Arenisca y Arenisca-Conglomerado (todas del Cenozoico Terciario), las cuales no son lo suficiente estables en estas zonas, además se encuentran en pendientes bajas a fuertes, muestran alta densidad hidrográfica y la intensidad sísmica para esa zona es de leve (III) a moderada (IV).

Es importante mencionar que los puntos identificados durante los recorridos en campo se encuentran en zonas donde la precipitación máxima en 24 horas oscilara entre 135-170 mm, además de que se localizan en formaciones poco consolidadas, mientras que la pendiente del terreno va de 8°-28°, la humedad del suelo es de baja a media y la intensidad sísmica que influye es leve (III). Debido a la combinación de estas condiciones, dichos puntos se localizan en las categorías de medio, alto y muy alto peligro a deslizamiento de laderas.

Las superficies que fueron catalogadas con vulnerabilidad socioeconómica media, alta y muy alta, son las más probables a sufrir daños en el aspecto material y/ o humano, por la ocurrencia de deslizamientos en estas zonas.

El resultado de las encuestas reflejan las condiciones sociales y económicas en las que se encuentran actualmente la población. A pesar que la cercanía a la capital del estado pudiera significar un mejor ingreso, en las encuestas se detectó que aquellas zonas donde se ha presentado eventos de deslizamiento, como Lomas de Oriente o Cueva del Jaguar, los ingresos son incluso menores que en áreas dentro de Berriozábal y San Fernando. La aglomeración de las viviendas y la carencia de algunos servicios también se detectó como un problema en dentro de las zonas vulnerables cercanas a la ciudad.

Durante los recorridos en campo se observaron asentamientos en terrenos que son inestables, por ejemplo las colonias Cerro Hueco, Cueva del Jaguar, Lomas del Oriente y 06 de junio, mismas que se encuentran ubicadas en la conocida ladera Sur de Tuxtla Gutiérrez, que también es muy señalada por los deslizamientos que han ocurrido y que posteriormente han afectado a los habitantes de estas colonias. Para los puntos ubicados en Berriozábal y San Fernando no se tienen registros de deslizamientos de gran magnitud, sino que son zonas donde probablemente ocurra este proceso, ya que en distintas partes de estos municipios hay presencia de relieve demasiado escarpado, extracción de material pétreo (principalmente en San Fernando) o nuevos asentamientos humanos en lugares donde la pendiente del terreno va de 8°-28°.

El mapa de riesgo a deslizamiento de laderas en la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez resultó de la combinación del mapa de peligro y vulnerabilidad socioeconómica, dándole mayor importancia a esta última. Con la clasificación realizada se obtuvieron 5 categorías dentro de la subcuenca: muy bajo (11.74% de la superficie), bajo (18.58% del área total), medio (39.83% de la extensión territorial), alto (21.38% de la superficie) y muy alto (8.36% del área total). Las superficies que fueron catalogadas con riesgo medio, alto y muy alto, son aquellas que tienen demasiada probabilidad de sufrir pérdidas materiales y/o humanas, el cual estuvo en función del grado de peligro al que están expuestos y las diferentes condiciones sociales y económicas que existen en la zona de estudio.

Se observó que en aquellas zonas de mucho peligro existe muy poca vulnerabilidad socioeconómica, como es el caso de la zona norte de Tuxtla Gutiérrez. Esto se debe a que en ciertas zonas es nula la presencia de asentamientos humanos, pero esto no quiere decir que no hay que poner interés en estos sitios, ya que el acelerado crecimiento de la mancha urbana provocara la formación de nuevos núcleos poblacionales en sectores de muy alto peligro.

Los factores biofísicos y socioeconómicos que influyeron en este estudio fueron: la precipitación que se presentara en la subcuenca, los diferentes tipos de roca, la pendiente del terreno y la exposición al peligro, sin embargo, en futuras investigaciones se puede profundizar en los demás aspectos sociales y económicos, como pueden ser: la capacidad de respuesta, la frecuencia de eventos y el ingreso mensual existente en las localidades, lo cual puede servir para reforzar los resultados de este trabajo. Cabe mencionar que la edafología, la vegetación, el escurrimiento superficial y las unidades geomorfológicas son factores condicionantes de suma importancia, pero la metodología utilizada en este trabajo nos conlleva a no hacer uso de estos factores.

7. DIFUSIÓN Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Una vez que se obtuvieron los resultados se realizaron varias actividades de divulgación de los mismos. El primero se realizó el 13 de julio de 2016, en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) a la que asistieron 17 personas de diversas instituciones como la Comisión de Cuenca del Cañón del Sumidero, el Instituto Estatal del Agua (INESA), la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, Comisión Federal de Electricidad (SEMAHN), SEINFRA, Consultora Kam Balam y ciudadanía. Durante el evento se divulgaron los resultados y fueron atendidas las recomendaciones de interpretación y levantamiento de encuestas al norte de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en donde se reportaron nuevos desarrollos habitacionales. Los resultados que ahí se muestran ya contemplan las sugerencias realizadas en dicho evento.

Además de ello las capas resultado fueron socializados con la SEMAHN para su consideración en el Ordenamiento Ecológico de la subcuenca Tuxtla Gutiérrez (Anexo 5). Así mismo se está en proceso de

compartir los datos con el Comité Estatal de Información, Estadística y Geografía (CEIEG) de Chiapas, para que sean incluidos en su portal web.

8. CONCLUSIÓN

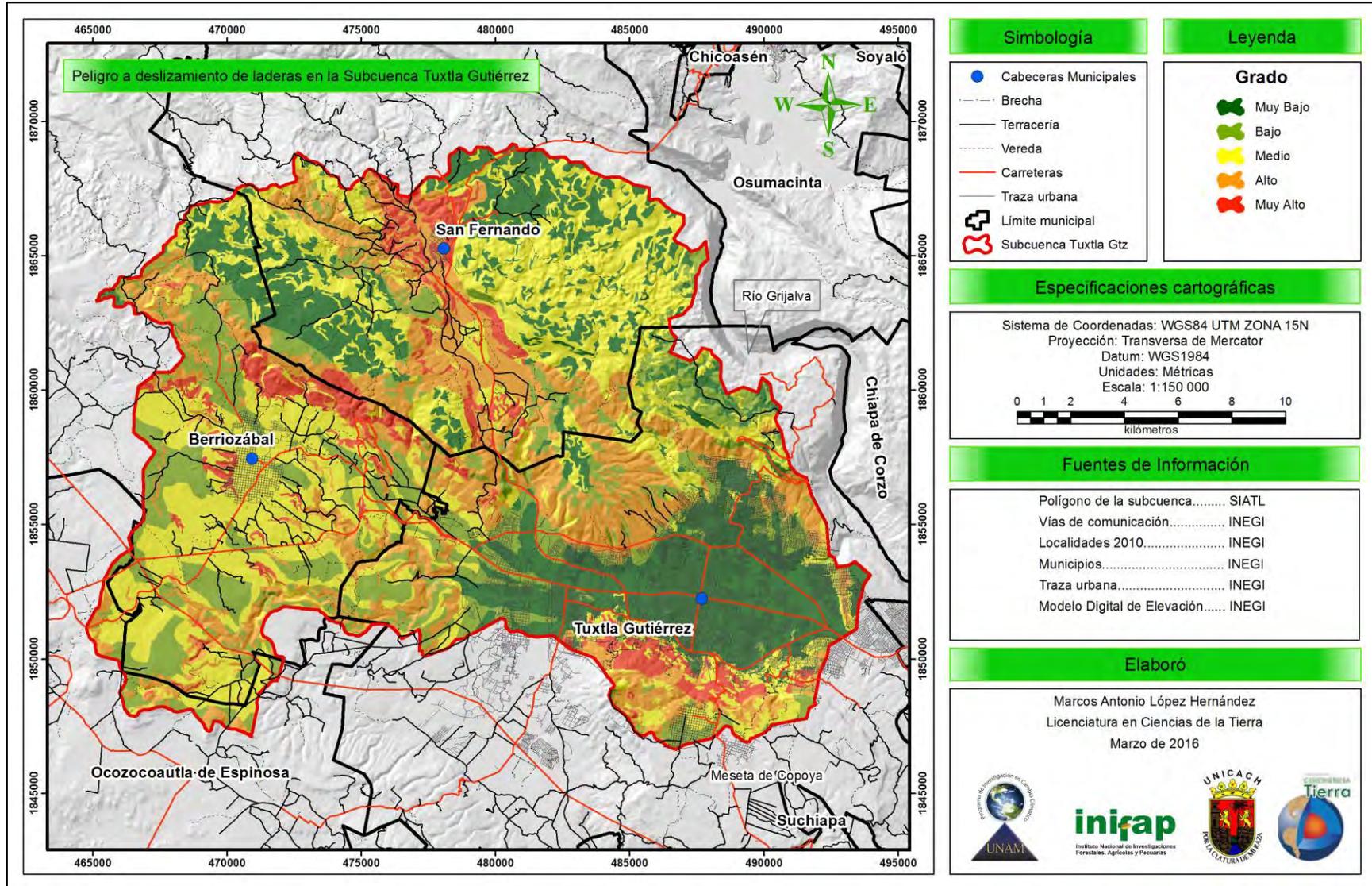
- a) La Subcuenca Tuxtla Gutiérrez presenta condiciones biofísicas y socioeconómicas que favorecen la ocurrencia de deslizamientos de ladera.
- b) Alrededor del 60% de la superficie de la subcuenca es propensa a sufrir deslizamientos, las cuales abarcan las categorías de medio, alto y muy alto peligro. Estas áreas se concentran de manera homogénea dentro de la zona de estudio, ya que se localizan en diversas partes. Para dicha zona se determinó que la influencia de factores como: precipitación intensa (125 a 170 mm en 24 horas), rocas de tipo Caliza, Lutita-Arenisca, Caliza-Lutita, Limolita-Arenisca y Arenisca-Conglomerado (todas del Cenozoico Terciario) y pendientes que van de bajas a fuertes (8° a 57°), son las principales características que favorecen la generación de deslizamientos. Es importante mencionar que en estas categorías solamente se concentra el 10.4% de la población, lo que corresponde a un total de 63,135 habitantes.
- c) Alrededor del 80% del área total de la subcuenca está propensa a sufrir afectaciones por la ocurrencia de deslizamientos, las cuales comprenden las categorías de media, alta y muy alta vulnerabilidad socioeconómica. Dichas zonas se ubican al sur, este, norte y centro de la subcuenca. Para estos sectores se concluyó que la cercanía a fallas geológicas, la poca estabilidad del terreno donde están asentadas las localidades, una ineficiente capacidad de respuesta ocasionada por la ausencia de comités de protección civil, la frecuencia con la que ocurren eventos de deslizamientos y los ingresos económicos que existen en estas zonas, conlleva a la población a verse severamente afectada por los daños que los deslizamientos puedan generar en su infraestructura o y probablemente en la integridad física de las personas. En estas categorías se agrupa el 11.48% de la población, lo que corresponde a un total de 69,691 habitantes, pero en estas zonas los habitantes son de escasos recursos y aunque es un porcentaje relativamente bajo, las afectaciones serán de mucho impacto, ya que las familias no podrán sustentar o solventar gastos ante la ocurrencia de deslizamientos.
- d) Aproximadamente el 70% de la superficie de la subcuenca tiene un riesgo al deslizamiento medio, alto y muy alto. Aunque en estos sectores se ubica el 93.52% de las localidades, la población en ellas es del 11.09%.
- e) Finalmente, el resultado arrojado en el mapa de riesgo a deslizamiento de laderas y las correspondientes áreas de cada categoría, valida la hipótesis planteada en esta investigación, por lo tanto, esta metodología puede ser aplicada en otros trabajos donde la zona de estudio presente condiciones similares a la subcuenca Tuxtla Gutiérrez, o bien, puede ser una opción aplicar este

método en estudios para cuencas rurales, donde las características biofísicas y socioeconómicas serán las que determinen los factores a utilizar para evaluar el nivel de riesgo al que está expuesta la población que en ellas se encuentra.

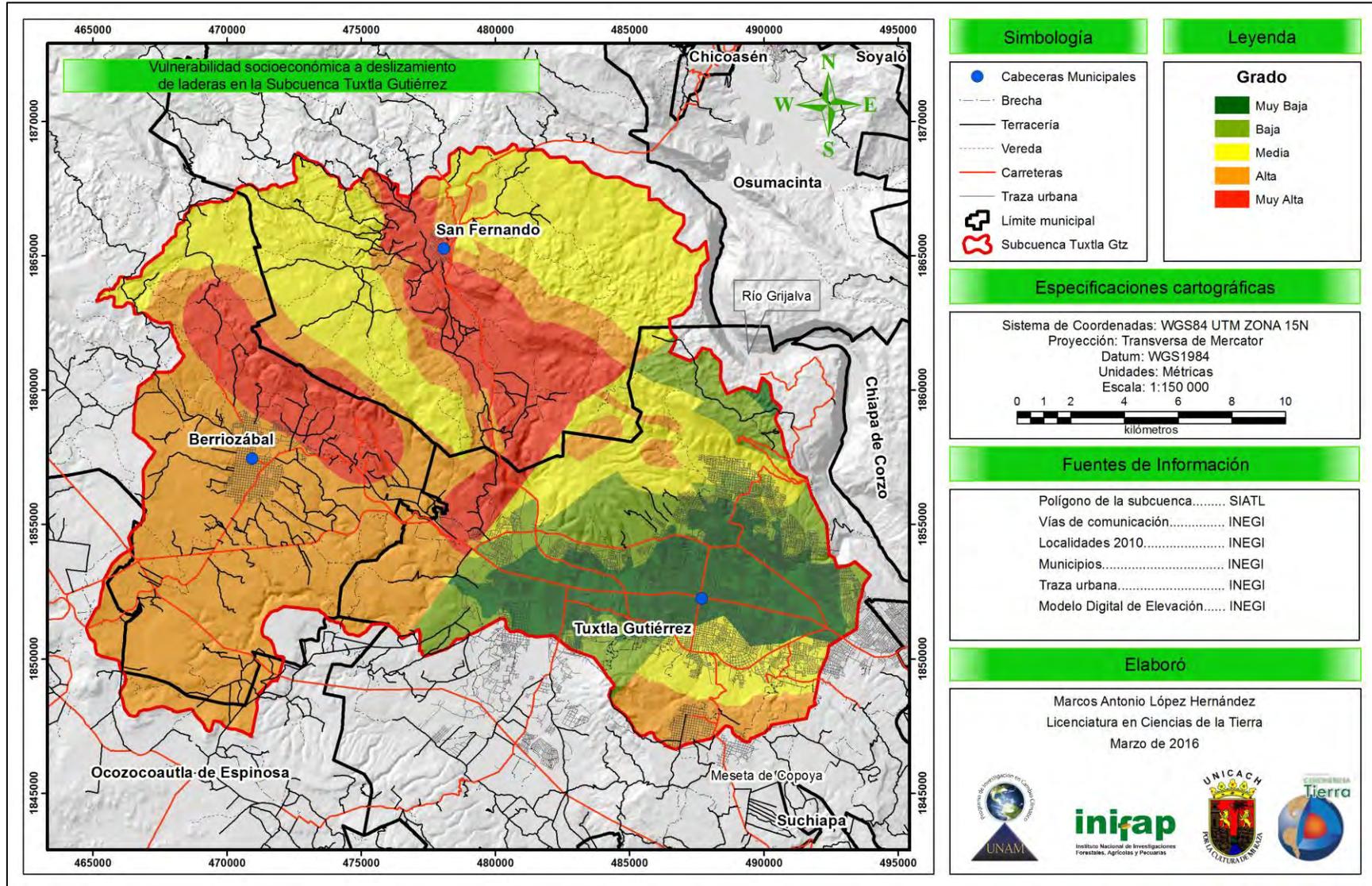
9. REFERENCIAS

- CENAPRED. (2006). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, Fenómenos Geológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres, México. Serie: Atlas Nacional de Riesgos.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2009). Análisis de sistemas de gestión de riesgos de desastres. Una guía. Serie sobre el medio ambiente y la gestión de los recursos naturales, No. 13. FAO, Roma.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2006). Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. FAO, ROMA.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2013). Modelo Digital de Elevación del estado de Chiapas. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/descarga.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2004). Censos Económicos. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2004/default.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2006). Shapefile de Rocas. Escala 1:250 000. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/geologia/infoescala.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). Censos Económicos. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/default.asp?s=est&c=14220>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Áreas Geoestadísticas Municipales. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_g_3.aspx
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Censo de Población y Vivienda. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Shapefile de Clima. Escala 1: 1 000 000. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/clima/default.aspx>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2010). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo: La inseguridad alimentaria en crisis prolongadas. Recuperado de: www.fao.org/docrep/013/i1683s/i1683s.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. (2007). Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca del Río Sabinal. Recuperado de: <http://www.bitacora.semahn.chiapas.gob.mx/oet/Oet2>

ANEXO I. PELIGRO



ANEXO II. VULNERABILIDAD



Encuestador: _____	Fecha: _____	No. Encuesta _____
--------------------	--------------	--------------------

2.I. Ocurrencia de eventos de deslizamiento

A lo largo del tiempo, se han presentado lluvias, sismos, que provocan derrumbes o desprendimientos de tierra que hacen que algunos lugares no sean buenos para poder vivir.

15. En las cercanías del lugar donde vive ¿Usted podría mencionar si ha existido o no presencia deslizamientos, derrumbes o desprendimientos de tierra, caída de rocas? 1) Si 2) No

16. ¿Cuál cree que sea la causa por la que ocurren los deslizamientos, derrumbes o desprendimientos de tierra, caída de rocas?

17. ¿Estos han causado daños a su vivienda? 1) Si 2) No

18. ¿Cuáles han sido estos daños?

1) Destrucción total de la vivienda 3) Daños menores (fracturas en las paredes)
2) Destrucción de algunas áreas

19. ¿Dónde se han localizado los daños en su vivienda?

1) Techos 2) Paredes 3) Piso 4) Otro _____

20. ¿Cuánto ha gastado por cada reparación o reconstrucción que ha tenido que realizar? (solo por afectación de deslizamiento)

21. ¿Con qué frecuencia se han presentado esos daños?

1) En cualquier época del año (todo el año) 3) En época de sequías (octubre a mayo)
2) Solo en temporada de lluvias (junio a septiembre) 4) Otro _____

22. ¿Cuándo ocurren sismos, huracanes o caída de tierra, alguien les da aviso? 1) Si 2) No

23. ¿Cuentan con algún comité u organismo encargado de realizar los avisos y ayudarlos en cada sismo, huracán o caída de tierra? 1) Si 2) No (pasar a III)

24. Es un comité organizado por ustedes o por el gobierno local?

1) Organizado por el gobierno 2) Organizado por los vecinos 3) Otro _____

25. ¿Qué tipo de ayuda les ofrece?

1) Aviso en caso de algún evento 3) Ayuda de reubicación de vivienda
2) Ayuda de evacuación 4) Otro _____

26. ¿Cuáles son los recursos con los que cuenta éste comité? (puede elegir mas de una opción)

1) Equipo médico 3) Medios informativos para alerta oportuna (radio) 5) Otro _____
2) Personal de apoyo suficiente 4) Medios informativos para prevención (folletos, carteles, lonas)

III. Vulnerabilidad económica

De las actividades económicas que realiza

27. A parte de su vivienda, ¿En que otros aspectos lo han afectado? (Puedes marcar mas de una opción)

1) Negocios 3) Pérdida de vidas 5) Otro _____
2) Parcelas de cultivo 4) Servicios de salud, agua, energía eléctrica y drenaje

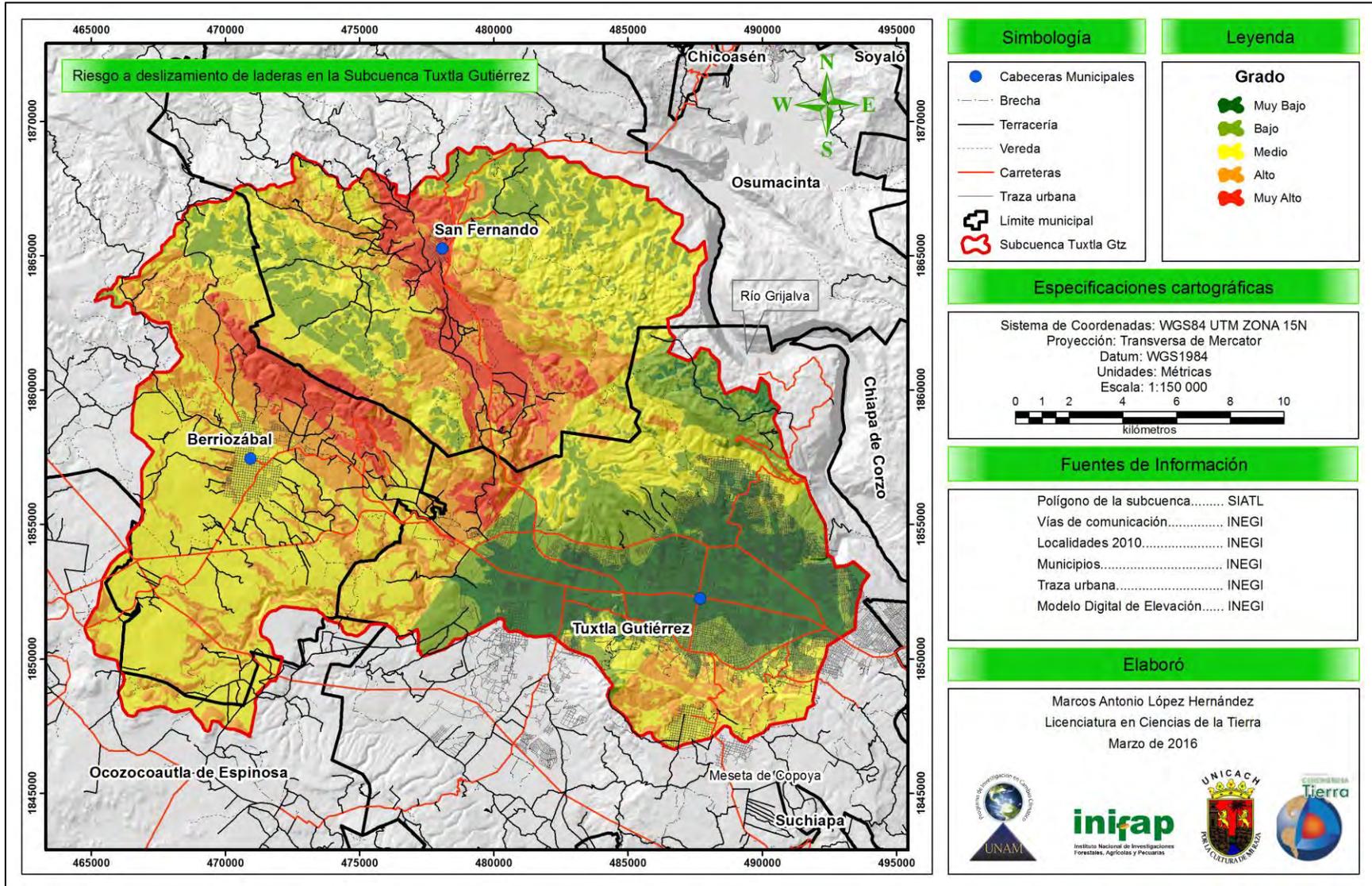
Hoja 2 de 3

Encuestador: _____	Fecha: _____	No. Encuesta _____
28. Cuando se han presentado sismos, huracanes o caída de tierra, ¿Han perdido total o parcialmente sus negocios, cultivos, ganado, es decir su medio de vida?	1) Sí	2) No
29. ¿Ha contabilizado el costo la pérdida de estos activos?	1) Sí	2) No
30. ¿Cuál sería aproximadamente el costo que ha tenido? _____		
31. ¿Ha recibido algún apoyo de gobierno para su recuperación?	1) Sí	2) No
32. En caso de presentarse una eventualidad ¿le gustaría que lo reubicaran en un lugar mas adecuado y seguro?	1) Sí	2) No
33. A parte de su vivienda ¿Cuáles otras áreas ha visto usted que han sido dañadas cuando ocurren sismos, huracanes o caída de tierra?		
1) Caminos	4) Sistema de agua potable	7) Luz eléctrica
2) Puentes	5) Drenaje	8) Centro de Salud
3) Mercados	6) Escuelas	9) Otro _____



Aplicación de encuestas en colonias de Tuxtla Gutiérrez y localidades de Berriozábal y San Fernando, Chiapas. Fotos: López, 2015.

ANEXO IV. RIESGO



ANEXO V. DIVULGACIÓN



**SUBSECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN AMBIENTAL Y
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL
"2016, Año de Don Ángel Albino Corzo"**



Oficio N° SEMAHN/SMA/DPLAOET/029/2016.
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Julio 21 de 2016.

MC. Itzel Castro Mendoza
Investigadora Titular A
Inifap-Centro Chiapas
Presente.

En seguimiento a la reunión donde se presentaron los resultados obtenidos del estudio "Determinación del riesgo al deslizamiento de laderas en la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez, Chiapas" solicito atentamente a Usted nos comparta las cartografía generada para considerarla en el proceso de Ordenamiento Ecológico de esta región.

Cabe mencionar que los créditos de dicha información serán referidos al INIFAP y el PINCC de la UNAM, en el estudio técnico correspondiente.

Nombre	Formato
Peligro	raster
Vulnerabilidad	raster
Precipitación max 24 h	raster
Litología	raster
Intensidad sísmica	raster
Densidad hidrográfica	raster
Capacidad respuesta	raster
Ingreso mensual	raster
Cercanía al peligro	raster
Ocurrencia de evento	raster
Deslizamientos	vector
Encuestas	vector
Encuestas	base de datos

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente



Ing. Wirber Arturo Núñez Camas
Director.

C.c.p. Archivo

IWANS/B/JAG/L/AEMO

Río Usamachan s/n. ES-1, Fracc. Los Gigantes, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
C. P. 29050 / Tel. 96 240035 - Ext. Fax: 58217
FF 001/Ag/1 01/Rev-01

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
E HISTORIA NATURAL
SUBSECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE

21 JUL 2016

DESPACHADO
Dirección de Planeación Ambiental
y Ordenamiento Ecológico Territorial



Página - 1 - de 1

ANEXO VI. FOTOGRAFICO



. Recorridos en la colonia 06 de Junio, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Fotos: López, 2015.



Recorridos en la colonia Lomas del Oriente, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Fotos: López, 2015.



Recorridos en la colonia Cerro Hueco, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Fotos: López, 2015.



Recorridos en la localidad Las Delicias, Berriozábal, Chiapas. Fotos: López, 2015.



Zonas de extracción de material pétreo en San Fernando, Chiapas. Fotos: López, 2015.

