



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Geografía

Especialización en Cartografía Automatizada,
Teledetección y Sistemas de Información
Geográfica

(ECATSIG 22^a promoción)

Análisis de la vulnerabilidad en el lugar (aspectos sociales) y del lugar (aspectos físicos) del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, utilizando técnicas Geomáticas.

Reporte final para obtener el grado de:

Especialista en Cartografía Automatizada,
Teledetección y Sistemas de Información Geográfica

Presenta:

Ing. Raúl Antonio Nangüelú Hernández

Director:

M. en E.R. Juan Campos Alanís



Toluca de Lerdo, Edo. De México, junio 2018



Toluca, México a 13 de julio de 2018.

Raúl Antonio Nangüelú Hernández
Integrante de la 22ª Promoción
de la Especialidad en Cartografía Automatizada,
Teledetección y Sistemas de Información Geográfica.

P R E S E N T E

De acuerdo al **Artículo 54** del *Reglamento de los Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México* referente a la Evaluación de Grado, así como, al Plan de Estudios vigente de la **Especialidad en Cartografía Automatizada, Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (ECATSIG)**, y una vez acreditada la unidad de aprendizaje "Proyecto Terminal", con el trabajo denominado "Análisis de la vulnerabilidad en el lugar (aspectos sociales) y del lugar (aspectos físicos) del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, utilizando técnicas geomáticas", me permito informarle que dicho proyecto reúne las características de contenido y calidad de este programa de posgrado. Por lo cual se le concede la autorización para que proceda a la impresión del mismo.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para reiterarle las seguridades de mi consideración y respeto.

A T E N T A M E N T E
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO
"2018, Año del 190 Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"

MAEG. MARISOL DE LA CRUZ JASSO
COORDINADORA DE LA ECATSIG

FACULTAD DE GEOGRAFÍA
ESPECIALIZACIÓN EN
CARTOGRAFÍA AUTOMATIZADA
TELEDETECCIÓN Y SIG



c.c.p. Expediente



AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quiero agradecer y reconocer por medio de este trabajo de investigación, al comité de postgrado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (COACYT), por el apoyo que me otorgaron durante el periodo de agosto 2017-agosto 2018, sin el cual difícilmente hubiera concluido de manera satisfactoria mis estudios de especialización.

Agradecido y con respeto al **Dr. Juan Campos Alanís**, quien me dedicó parte de su valioso tiempo y conocimiento a mi proyecto de investigación, y poder tener la oportunidad de aprender de su personalidad como un excelente investigador.

Con profundo agradecimiento a Dios, por permitir llegar a esta instancia de mi vida, como también a mi madre **Esperanza de Jesús Hernández Aguilar**, una inalcanzable mujer y que gracias a su fortaleza que siempre me ha mostrado a lo largo de mi formación personal logré lo que tanto anhelaba.

De igual manera agradecer el apoyo y amistad del Ingeniero **Javier Tlehuatle Cruz**, por confiar en mi formación académica y ser partícipe en los proyectos a futuros. Así también a mis amigos Ingeniero **Hector Iván** y el Ingeniero **Daniel Madrid**, por apoyarme en los momentos difíciles de esta etapa de mi vida.

Y, por último, agradecer a mis compañeros de la especialidad que en conjunto logramos concluir nuestra etapa académica, así también a los maestros de la especialidad que con esfuerzo y dedicación lograron transmitir sus conocimientos.

“No le tengas miedo al cambio”

M.M

RESUMEN

Debido a la necesidad de conocer las causas que limitan el desarrollo municipal, en el ámbito de la vulnerabilidad social y vulnerabilidad física para el municipio de Tuxtla Gutiérrez, se plantea el siguiente reporte técnico. La correlación las variables que se presentan en los siguientes apartados deberán analizarse para el desarrollo metodológico aplicado.

Existen varias metodologías para analizar la vulnerabilidad social, sin embargo, este trabajo se apoya en la metodología propuesta de Álvarez y Cadena, donde emplea el uso de los Sistemas de Información Geográfica, con el propósito de utilizar herramientas geotecnológicas en la toma de decisiones y como ejemplo para el desarrollo de diversas metodologías en el futuro de investigadores.

Para el desarrollo metodológico de la vulnerabilidad física, generalmente los enfoques no discriminan las partes (en el y del) por lo que resulta que éste ejercicio tiende ser algo bueno para combinar las metodologías.

ÍNDICE

Capítulo I

MARCO INTRODUCTORIO

1.1 Introducción	9
1.2 Justificación	10
1.3 Antecedentes de vulnerabilidad	11
1.4 Planteamiento del problema	12
1.5 Objetivos	14
1.5.1 Objetivo general	14
1.5.2 Objetivos particulares	14

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de los SIG	16
2.2 Ventajas de los Sistemas de Información Geográfica	17
2.3 Componentes de un SIG	18
2.4 Funciones de los SIG	20
2.5 El SIG dentro de la Geomática	21
2.6 Vulnerabilidad	22
2.7 Dimensiones de la vulnerabilidad en el lugar	22
2.8 Variables de la vulnerabilidad del lugar	25

Capítulo III

METODOLOGÍA

3.1 Marco metodológico	28
3.2 Descripción del área de estudio	31
3.3 Vulnerabilidad del lugar (herramientas de análisis)	32
3.3.1 Superposición y proximidad	32
3.3.2 Integración de los datos vectoriales	33
3.4 Análisis de la vulnerabilidad en el lugar (Integración de la base de datos a excel)	37
3.4.1 Cálculo de indicadores	38
3.4.2 Integración de la base de datos a SPSS (análisis multi-variable)	39
3.4.3 Análisis por componentes principales	40

Capítulo IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Estratificación de la vulnerabilidad en el lugar	46
4.1.1 Generación de mapa temático	47
4.2 Generación de mapa base de la vulnerabilidad del lugar	53
4.3 Generación de mapa base, integración de la mitigación y análisis de la vulnerabilidad en el lugar y del lugar del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	56
4.4 Conclusiones	60
Referencias bibliográficas	62

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Esquema 1. Esquema diagramático para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar y en el lugar.	12
Esquema 2. Variables para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar.	26
Esquema 3. Proceso metodológico (Elaboración propia).	30
Esquema 4. Esquema de análisis por Componentes Principales.	40
Esquema 5. Análisis de la vulnerabilidad en el lugar y del lugar.	58
Figura 1. Componentes de un SIG.	19
Figura 2. Funciones de un SIG.	20
Figura 3. La Geomática y otras disciplinas	21
Figura 4. Aplicación de Buffers (zona de influencia).	29
Figura 5. Ejemplo de superposición.	32
Figura 6. Ejemplo de proximidad.	33
Figura 7. Buffer de fallas 100m y fracturas 50m respectivamente.	34
Figura 8. Archivos ráster de las variables hundimientos y erosión hídrica.	34
Figura 9. Archivos ráster de las variables derrumbes y deslizamiento, respectivamente.	35
Figura 10. Entrada y salida de polígonos, función intersectar.	36
Figura 11. Álgebra de mapas, sumatoria de las variables para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar.	36
Figura 12. Contenido de la tabla de atributos sin las variables y con las variables a unir respectivamente.	37
Figura 13. Contenido de la tabla de atributos en SPSS para el cálculo de los porcentajes de los indicadores.	40
Figura 14. Programa SPSS, estadísticos descriptivos.	41
Figura 15. Valor estandarizado en SPSS con las diez variables.	42
Figura 16. Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en las componentes.	43
Figura 17. Tabla de atributos generada en SPSS con información cuantitativa y cualitativa.	43
Figura 18. Estratificación, considerando valores 'quanties'.	46
Figura 19. Estratificación, datos cuantitativos y cualitativos.	46
Figura 20. Fotografía tomada de presencia de derrumbes sobre la ladera de Copoya.	53
Figura 21. Avenida norte, presencia de lluvia	53
Figura 22. Vulnerabilidad en el lugar y la mitigación, salud y transporte.	56
Figura 23. Vulnerabilidad en el lugar y la mitigación, salud y transporte.	57
Gráfica 1. Colonias por nivel de vulnerabilidad	48
Tabla 1. Dimensiones e indicadores de la vulnerabilidad en el lugar	23
Tabla 2. Zona de influencia y ponderación correspondiente	29
Tabla 3. Cuadro de interpretación de la vulnerabilidad en el lugar.	56
Tabla 4. Cuadro de interpretación de la vulnerabilidad del lugar.	57
Mapa 1. Zona de estudio, Traza Urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	31
Mapa 2. Vulnerabilidad en el lugar del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	49
Mapa 3. Vulnerabilidad en el lugar zona centro del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	50
Mapa 4. Vulnerabilidad en el lugar zona sur del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	51
Mapa 5. Vulnerabilidad en el lugar del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	52
Mapa 6. Variables de procesos geológicos para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar.	54
Mapa 7. Variables de procesos geológicos para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar.	55
Mapa 8. Mapa de la vulnerabilidad en el lugar y del lugar del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	59

Capítulo I
MARCO INTRODUCTORIO

1.1 Introducción

La tecnología Geomática, como se prefiera nombrarla, es un conjunto de tecnología geoespacial, empleado en el análisis de los datos sobre la tierra y su representación espacial (Félix, 2013).

A pesar de la importancia que han adquirido los Sistemas de Información Geográfica, desde sus inicios en Canadá, aún existen pocos casos en la implementación de los SIG en México, y únicamente se han reducido en la aplicación del monitoreo y análisis de problemas de naturaleza social y económica (Navarro, 2011).

Una de las aplicaciones de un SIG, en países latinoamericanos, es la regida por la misma situación socioeconómica, la cual lleva a la necesidad de tratar de implementar estrategias de sociales a nivel regional para la mejora en todos los aspectos. La constante generación de información, cada vez demanda mayores espacios para su manejo, presentando simultáneamente distintos mapas.

En el presente proyecto, tiene dos propósitos, aplicar una metodología que genere una cartografía con el índice de vulnerabilidad social de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez y como el segundo propósito elaborar la cartografía que estará orientada a la representación de una diversidad de variables espaciales a diferente escala, que representará la vulnerabilidad Física de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

El concepto de social es la vulnerabilidad en el lugar, es decir las condiciones que la población que llega o reside, tiene y que limitan su capacidad de respuesta ante un evento económico, social o natural, por la naturaleza de su condición socioeconómico, edad, educativo, étnica, religioso y personas sin servicios médicos.

Los mapas que se generan en este proyecto de acuerdo a la característica de la vulnerabilidad física es la del lugar, pretende señalar una interacción entre las variables espaciales y el usuario, que son las características geológicas, geomorfológicas, estructurales y procesos geológicos.

La combinación de ambos mapas temáticos (vulnerabilidad del lugar y vulnerabilidad en el lugar), pretende señalar la importancia de los SIG, en cómo esta herramienta puede generar diversas oportunidades de aprendizaje en la interpretación de la información adquirida por diversas fuentes espaciales.

Sin embargo, para concretar el conocimiento del área de estudio y realizar el diagnóstico de las fortalezas y oportunidades de aprendizaje, más allá de la teoría, se hizo necesario el desarrollo de nuevas herramientas y técnicas Geomáticas para facilitar el despliegue de la información y pueda ser útil para proyectos a futuros.

1.2 Justificación

En la zona de estudio se han presentado históricamente fenómenos perturbadores (básicamente sismos e inundaciones) que son un peligro y amenaza dada la vulnerabilidad de un municipio y sobre todo de una ciudad que se construyó a lo largo de los años en zonas susceptibles de la conjunción de estos procesos, lo que los coloca en situación de riesgo, evidenciado éste por la historia de desastres ocurridos en la zona de estudio. En el Atlas de Riesgo de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se anotan 169 situaciones de riesgo por inundaciones, deslaves, socavaciones, grietas por hundimiento, erosión y encharcamiento acontecidos durante los años 2008, 2009 y 2010 (Protección Civil, 2010).

La sismicidad es uno de los fenómenos derivados de la dinámica interna de la Tierra que ha estado presente en la historia geológica de nuestro planeta, y que seguramente continuará manifestándose de manera similar a lo observado en el pasado. Durante el siglo pasado ocurrieron 71 temblores en el territorio nacional y sus alrededores inmediatos con magnitud mayor o igual que 7; 55 de ellos (77%) con profundidades menores de 40 km, es decir, muy cerca de la superficie terrestre. Por lo anterior, es claro que el grado de exposición de la población y sus obras civiles a los sismos es alto y, con fines preventivos, resulta indispensable conocer con la mayor claridad cuál es el nivel de peligro de un asentamiento humano o área específica, la distribución geográfica de la influencia del fenómeno, la frecuencia de ocurrencia (Carlos A. 2006).

La importancia del presente proyecto, es para identificar la vulnerabilidad en el lugar (aspectos sociales), a partir de la identificación de las zonas vulnerables, de acuerdo a los indicadores que se proponen en el siguiente capítulo, obtendremos información que al mismo tiempo retroalimentará la base de datos obtenida. Por tanto, lo que respecta al análisis de la vulnerabilidad del lugar (aspectos físicos), con la información cuantitativa y cualitativa, se podrán identificar las zonas con algún tipo de riesgo en la zona de estudio, la cual se realizará intersecciones con los datos vectoriales presentados para la identificación de las zonas vulnerables del lugar.

Ante la identificación de la vulnerabilidad en el lugar y del lugar se pretenden los siguientes enfoques:

- Aplicando técnicas geomáticas y uso de los sistemas de información geográfica, ampliará la identificación de las zonas vulnerables del lugar y en el lugar del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Facilitará desde el punto de vista de la investigación, las principales zonas donde se obtendrá mayor alcance de vulnerabilidad, lo cual significará una perspectiva diferente desde una cartografía elaborada.

1.3 Antecedentes de vulnerabilidad

La vulnerabilidad casi siempre se asocia con la pobreza, pero también son vulnerables las personas que viven en aislamiento, inseguridad e indefensión ante riesgos, traumas o presiones. El grado de vulnerabilidad de las personas y el alcance de su capacidad para resistir y hacer frente a los peligros y recuperarse de los desastres dependen de factores físicos, económicos, sociales y políticos (Thomas, 2012).

La creciente cantidad de estudios sobre vulnerabilidad social supone un buen momento para revisar y analizar de forma ordenada el contenido de los trabajos que se han publicado al respecto. De esta manera, el objetivo general del estudio es reflexionar a partir de estas publicaciones sobre vulnerabilidad social, la cual se refiere del lugar, donde se incorporan las relaciones entre las personas, comunidades y grupos, ante este aspecto, lo social es la vulnerabilidad en el lugar.

La metodología del trabajo parte de una amplia revisión bibliográfica que ha permitido reflexionar sobre los retos que suscitan las cuestiones teóricas y metodológicas acerca de la vulnerabilidad física la cual se refiere del lugar, por su aspecto geomorfológico, procesos geológicos y estructurales, que ocurren dentro de un área inestable. Una de las tristes impresiones de nuestro tiempo es la ocurrencia, cada vez más frecuente, de los denominados “desastres naturales”; tanto la literatura especializada como el peso mismo de la realidad están demostrando que éstas, verdaderamente, están definidas por carencias económicas, sociales, procesos naturales, políticas e institucionales, que establecen altas exposiciones y vulnerabilidades (esquema 1).

Esquema 1. Esquema diagramático para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar y en el lugar (elaboración propia).



Fuente: Elaboración propia.

1.4 Planteamiento del problema

La situación social en la región de Chiapas ha mostrado una gran preocupación por parte de amplios sectores, tanto de gobiernos y organismos internacionales como de organizaciones políticas, sociales, religiosas nacionales y locales (CEPAL, 2000a; R. Pizarro, 2001; R. Franco y P. Sainz, 2001).

Álvarez y Cadena (2006) presentan un trabajo ilustrativo sobre el índice de vulnerabilidad social en los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Incluso, la CEPAL y el BID (2000) proponen indicadores que permitan tomar decisiones futuras alrededor de asignación de recursos financieros y de capital humano, así como evaluar la gestión administrativa asociada a los desastres.

Específicamente, frente a la aplicación de metodologías para evaluar la vulnerabilidad, se tienen los trabajos de Cutter y Finch (2008) y Chardon (2002). Cutter y Finch (2008) centran su trabajo alrededor del comportamiento espacio-temporal de la vulnerabilidad social en Estados Unidos, desde 1960 hasta el tiempo presente. Ellos construyeron un “Índice de vulnerabilidad Social (SoVI)”, que, basado en el perfil socio-económico y demográfico de los diversos condados, proporciona un nivel comparativo de medida de la vulnerabilidad social a amenazas naturales. Las variables que incorporaron, como factores de vulnerabilidad social de la población estadounidense, fueron el nivel socioeconómico (tasas de pobreza e índice de escolaridad media), la edad (grupos etarios), empleo y género, grado de desarrollo del ambiente construido (haciendo alusión a la complejidad de las interacciones físicas, dadas por las interacciones antrópicas entre los individuos que residen en una misma área), raza-etnicidad y nivel de ruralidad.

El estudio demostró que pueden cuantificarse aspectos de la vulnerabilidad social, en orden a contribuir a una comprensión del riesgo ante amenazas naturales.

Según Elizabeth Mansilla (1993), los modelos de crecimiento económico basados en la sustitución de importaciones llevaron a una desacumulación a principios de los setenta. La carencia de capitales de inversión se reflejó en la precariedad de la infraestructura y servicios urbanos, en medio de una acelerada y violenta urbanización. El resultado ha sido el aumento de los riesgos de desastres en nuestras ciudades.

Para el presente trabajo de investigación se menciona que la vulnerabilidad social se denominará en el lugar, por las características de la medición de una población que se asienta en ese lugar, mientras que la vulnerabilidad del lugar se refiere a las características geológicas y estructurales de la formación del lugar y que en cierta forma aporta en menor y mayor medida un riesgo para el asentamiento humano.

Considerando el conjunto de la vulnerabilidad en el lugar y del lugar, se plantea lo siguiente: ¿Cuál es la vulnerabilidad del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas?, ¿Cuál es la distribución espacial de la vulnerabilidad agregada en el municipio? ¿Cuáles son las zonas donde el componente físico eleva la condición de vulnerabilidad en general?, ¿Qué papel juegan las características socioeconómicas en la determinación de la vulnerabilidad?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Identificar y analizar la vulnerabilidad en el lugar (aspectos sociales) y del lugar (aspectos físicos) del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, utilizando técnicas Geomáticas.

1.5.2 Objetivos particulares

- Adaptar una metodología para el análisis de la vulnerabilidad que destaque las condiciones propias del lugar como aquellas relacionadas con la población que ha llegado a asentarse en el territorio municipal.
- Identificar las zonas vulnerables del lugar y en el lugar del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, utilizando análisis espacial y técnicas geomáticas.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de los SIG

A principios de la década de 1960, el Dr. Roger Tomlinson, *padre de GIS*, desarrolló el primer GIS operacional verdadero en el mundo como parte del Sistema de Información Geográfica de Canadá (CGIS). De hecho, el Inventario de Tierras de Canadá (CLI, por sus siglas en inglés) ayudó a determinar la capacidad de la tierra para la Canadá rural mediante el mapeo de datos relacionados con los suelos, la agricultura, la silvicultura y el uso de la tierra.

Roger Tomlinson utilizó por primera vez el término “Sistema de información geográfica” en su documento *“Un sistema de información geográfica para la planificación regional”*.

Fue durante el mandato de Roger Tomlinson con el gobierno canadiense en la década de 1960 cuando inició el desarrollo del Sistema Geográfico Canadiense (CGIS). Canadá es el segundo país más grande del mundo. Debido a su gran tamaño, los mapas y análisis en papel eran engorrosos e inexactos. Esta es la razón por la cual el gobierno canadiense computarizó el Canadian Land Inventory (CLI) en 1964. Pero no fue hasta 1971 cuando comenzó a funcionar.

El CLI manejó las características del suelo, el drenaje y el clima en el paisaje canadiense. Debido a que los datos de CLI determinaron la capacidad de la tierra enfocado a los tipos de cultivos y las áreas boscosas, se convirtió en una herramienta clave para la toma de decisiones para el uso de la tierra en Canadá.

Muchos consideran CGIS como las raíces de los Sistemas de Información Geográfica. CGIS fue único porque adoptó un sistema de aproximación de capa para el manejo de mapas. Desde este período de tiempo, GIS se ha convertido en una herramienta informática para almacenar y manipular datos terrestres basados en mapas (Cisneros, 1992).

Actualmente, cuando hablamos de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) hablamos sin duda de la que se ha convertido en estos últimos años en la principal herramienta de trabajo de los Técnicos de Medio Ambiente. Es verdad que llevamos trabajando con ellos casi dos décadas, pero también es cierto que en estos últimos años es cuando se ha producido, ya no la irrupción de los propios softwares, sino una auténtica explosión en la disponibilidad de todo tipo de información gratuita y de calidad.

Esta nueva situación ha provocado que determinados trabajos, que antes no eran rentables debido al elevado gasto económico y tiempo que llevaba adquirir o generar la información necesaria para su realización, hoy en día vuelvan a ser rentables e incluso apetecibles de realizar por parte de los técnicos, ya que se centran práctica y exclusivamente en el procesado de la información disponible, y no en su generación, uno de los procedimientos más tediosos a los que nos enfrentábamos (Instituto Superior del Medio Ambiente, (ISMA), 2014).

SIG SEA, define que un SIG es un software específico que permite a los usuarios crear consultas interactivas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio, conectando mapas con bases de datos. La perspectiva de este tipo de sistemas facilita la visualización de los datos obtenidos en un mapa con el fin de reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, desde mapas de carreteras hasta sistemas de identificación de parcelas agrícolas o de densidad de población. Además, permiten realizar las consultas y representar los resultados en entornos web y dispositivos móviles de un modo ágil e intuitivo, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión, conformándose como un valioso apoyo en la toma de decisiones (SIG SEA, 2010).

2.2 Ventajas de los Sistemas de Información Geográfica

De acuerdo a Sergio Franco (2003), en su libro SIG para la localización de residuos explica las principales ventajas obtenidas gracias a la integración de los sistemas, de las cuales:

- a) Mejora del desarrollo tecnológico.
- b) Mejora la ejecución operativa.
- c) Favorece los métodos internos de gestión.
- d) Incremento de la motivación del personal.
- e) Se reducen el número de conflictos.
- f) Aumenta la coordinación de las múltiples auditorías.
- g) La confianza de los clientes se ve incrementada, así como la imagen ante la sociedad y el mercado.
- h) Se reducen los costos.

2.3 Componentes de un SIG

De manera un poco resumida en el concepto anterior, se sabe qué es un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se vio que, efectivamente, se trataba de un conjunto de componentes específicos que nos permite consultar, analizar e interpretar información geográfica en cualquier contexto.

Pues bien, a continuación, veremos de manera algo más detallada, cada uno de esos componentes que conforman un Sistema de Información Geográfica (SIG) (Olaya 2014).

1) Datos: Los datos son la materia prima para trabajar con los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Sin ellos, no podremos construir productos de información o mapas que nos ayuden a hacer nuestros análisis y tomar las decisiones en nuestra organización. Esos datos podrán venir de diferentes fuentes: sensores remotos, GPS, fotografías aéreas, archivos formatos shapefile, archivos CAD, archivos Excel, etc.

Esta información geográfica será el inicio de partida para empezar a trabajar con los SIG, los cuales nos permitirán analizarla y extraer toda la información posible para plasmarla en un mapa que nos ayude a la interpretación de esa información.

2) Software: Para el correcto análisis e interpretación de la información geográfica es necesaria la participación de un software SIG que tenga la potencia y funcionalidad de trabajar con información de este tipo.

Hoy en día existen diverso software SIG en el mercado que nos ponen a disposición herramientas SIG para el tratamiento de la información geográfica.

3) Hardware: es necesario un ordenador o hardware. Dependiendo de las características de esta máquina, obtendremos un mayor o menor rendimiento a la hora de realizar nuestros análisis.

4) Personas: Una vez tenemos los datos y con qué analizarlos, necesitamos saber cómo. Aquí es donde entramos en juego los profesionales SIG. Y es que el profesional SIG es un perfil muy cuestionado (y demandado) en los últimos años, ya que existen muchas tareas dentro de un análisis SIG, las cuales necesitan de uno o varios profesionales, incluso

profesionales temáticos. Dentro de los perfiles SIG podemos encontrar dos perfiles fundamentales:

- Técnico/Analista SIG. Profesional que se encarga de realizar análisis geográficos y obtener resultados acordes con la investigación o proyecto que se esté llevando a cabo.
- Programador SIG. Desarrollador de partes funcionales de un SIG de escritorio (o de servidor) y /o de aplicativa web para la visualización de mapas.

5) Procesos: Un SIG exitoso opera de acuerdo a un buen diseño de reglas de implementación y de negocios, que son los modelos y prácticas de operación únicas para cada organización.

Al igual que en todas las organizaciones relacionadas con la tecnología sofisticada, las nuevas herramientas sólo se pueden utilizar con eficacia si se integran adecuadamente en toda la estrategia empresarial de la organización. Para hacer esto correctamente, se requiere no sólo de las inversiones necesarias en hardware y software, sino también en el reciclaje y / o contratación de personal para utilizar la nueva tecnología en el contexto de la organización adecuada (figura 1). La aplicación de su SIG sin tener en cuenta el compromiso organizacional adecuado resultará en un sistema sin éxito.

Figura 1. Componentes de un SIG.



Fuente: Olaya, 2014.

2.4 Funciones de los SIG

1. Capturar datos.

2. Almacenar datos: En un Sistema de Información Geográfica (SIG) se pueden representar características geográficas en dos formatos, el vectorial y el raster.

Datos vectoriales: El modelo vectorial de datos representa características similares a la manera como se hacen los mapas, como son puntos, líneas y polígonos o áreas.

Formato Raster: El formato raster, es una forma de representar la información digital por medio de cuadros llamados “pixels”, son imágenes de satélite, fotografía aérea, cámaras de video o cámara fotográfica digital. (Los pixels, son conocidos como cuadro o resolución).

3. Consultas dentro de un SIG: El resultado de una consulta en un SIG generalmente es lo que conocemos como selección. De todos los registros de la tabla de datos, aquellos que cumplen el criterio indicado se marcan como seleccionados, y posteriormente pueden utilizarse únicamente estos como base de otro análisis, o simplemente el usuario puede ver cuáles han sido los seleccionados para así obtener la respuesta a su consulta.

4. Análisis de aplicaciones: Dependiendo de los datos almacenados en la etapa de inventario, quizás se requiera hacer consultas complejas envolviendo múltiples datos de layers o temas usando técnicas de análisis especial y estadísticas (tabular).

6. Resultados: Permite la clasificación y ejecución de estadísticas. Esto es con el resultado obtenido en un modelo espacial podemos simular algunas circunstancias o fenómenos geográficos del mundo real. Al hacer uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), podemos regresar nuestra serie de criterios en caso de no quedar convencidos con los resultados obtenidos y re-evaluarlos criterios para un resultado más apropiado (figura 2).

Figura 2. Funciones de un SIG



Fuente: Paul, Wolf 2014.

2.5 El SIG dentro de la Geomática

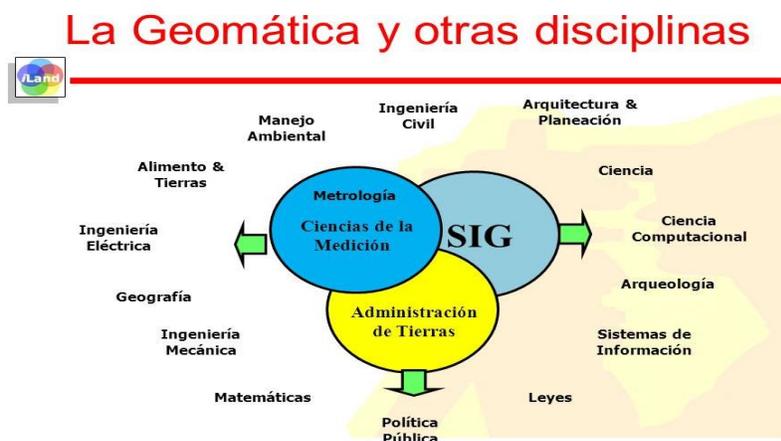
Los avances y cambios presentados en el planeta en el último siglo en todos los órdenes y, sobre todo, el desarrollo tecnológico en el campo de acceso a la información geográfica, llevaron a que se presentaran dificultades frente al manejo y aprovechamiento de grandes volúmenes de datos de la geografía terrestre. A la par, fue surgiendo un potencial de usuarios y mercados que requerían acceso rápido y efectivo a la información.

Todo esto impulsó la invención y el desarrollo de programas de computadora, capaces de automatizar los diferentes procesos de manipulación de información de los recursos de la tierra. El producto los SIG, de esta forma un SIG puede verse como un “sistema de hardware, software, datos y estructura organizacional para recolectar, almacenar, manipular y analizar espacialmente datos georeferenciados y exhibir la información resultante de esos procesos” (Wolf Brinker, 1994).

Lo anterior, llevan a plantear las relaciones con el campo geomático, en el que los SIG no pueden ver únicamente como una disciplina más de la Geomática, sino que llega a convertirse en el administrados de las disciplinas geomáticas (Pinto, 2013).

Queda claro el papel de gestión administrativa que el SIG debe tener. Es muy probable que, hacia el futuro, como lo mencionan algunos expertos, se hable más de la geomática en áreas contables o financieras que en los mismos sectores relacionados con sus primeras aplicaciones. Queda planteado para posteriores análisis este interrogante: ¿Es o no el SIG una herramienta administrativa? Para la Geomática, seguramente sí (Pinto, 2013).

Figura 3. La Geomática y otras disciplinas.



Fuente: Pinto, 2013

2.6 Vulnerabilidad

La noción de vulnerabilidad es entendida como un proceso multidimensional que influye en el riesgo o probabilidad del individuo, hogar o comunidad de ser herido, lesionado o dañado ante cambios o permanencia de situaciones eternas o internas (Busso, 2001). La vulnerabilidad social de sujetos colectivos de población se expresa de varias formas, ya sea como fragilidad e indefensión ante cambios originados en el entorno, como desamparo institucional desde el Estado que no contribuye a fortalecer ni cuida sistemáticamente de sus ciudadanos, esto desmotiva la posibilidad de pensar estrategias y actuar a futuro para lograr mejores niveles de bienestar.

La noción de este proyecto tiene como característica que surge de la interacción entre un determinado factor interno y externo que intervienen en un individuo, hogar o comunidad particular en un tiempo y un espacio determinado.

Las condiciones sociales y físicas, al combinarse, esto puede conducir a que el individuo, hogar o comunidad sufran un deterioro en el bienestar como consecuencia de estar expuesto a determinados tipos de riesgos.

De este modo, puede afirmarse que todos los seres humanos y comunidades, en mayor o menor medida, son vulnerables, ya sea por ingresos, por patrimonio, por lugar de residencia, por país de nacimiento, por origen étnico, por género, por discapacidad, por enfermedad, por factores políticos, ambientales e infinidad de motivos que implican riesgos e inseguridades (Franco, 1997).

De este modo, la vulnerabilidad atiende a dos factores, lo social que describe en el lugar y lo físico que describe del lugar.

2.7 Dimensiones de la vulnerabilidad en el lugar

Se tienen en cuenta diferentes dimensiones para el abordaje de la vulnerabilidad del lugar, la composición y dinámica de las familias, el hábitat, el capital humano (conformado básicamente por la salud y la educación), el trabajo, la protección social y el capital social.

La categoría social es la vulnerabilidad en el lugar, por la característica que representa las condiciones de la población que reside y que limitan la capacidad de respuesta ante un evento económico, social o natural, ante ello, también representa la naturaleza económica, la edad, el origen étnico, la educación, la religión, esto supone la existencia de un conjunto de características que colocan a grupos de personas en un estado de indefensión respecto

de un sistema social injusto e inequitativo. Del conjunto de indicadores censales, se eligieron aquellos que, una vez aplicadas las pruebas estadísticas del caso, permitieron construir un índice de vulnerabilidad social por sección electoral. Su lógica de organización es que, a mayor cantidad de cada indicador, mayor vulnerabilidad social. Las dimensiones que se contempla (ver cuadro 1) son las capacidades, oportunidades y estigmatización (Cadena 2012).

Tabla 1. Dimensiones e indicadores de la vulnerabilidad en el lugar.

<p>Capacidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de adultos mayores de 60 años y más. • Porcentaje de personas con alguna discapacidad. • Porcentaje de personas sin derechohabencia a algún servicio de salud.
<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de personas de 15 años y más sin escolaridad. • Porcentaje de niños y jóvenes que no asiste a la escuela. • Porcentaje de personas desocupadas.
<p>Estigmatización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de hogares con jefatura femenina. • Porcentaje de personas nacidas en otra entidad. • Porcentaje de personas no católicas. • Porcentaje de población hablante de lengua indígena de 3 años y más.

Fuente: Cadena, 2012

Como aspecto de mitigación, las instituciones se considera como el conjunto de edificios y espacios, predominantemente de uso público, en donde se realizan actividades complementarias a las de habitación y trabajo, que proporcionan a la población servicios de bienestar social y de apoyo a las actividades económicas, sociales, culturales y recreativas (SEDESOL, 1999); es un componente determinante de los centros urbanos y poblaciones rurales; la dotación adecuada de éste, determina la calidad de vida de los habitantes que les permite desarrollarse social, económica y culturalmente.

Las instituciones que se consideraron fueron las siguientes:

- Servicios urbanos: Esta organización se encuentra conformada por elementos urbanos reconocidos como el sistema vial, espacios verdes, tramas, trazados, tejidos y equipamientos que se presentan con características particulares en la conformación de cada ciudad (Morales, 1997).
- Salud: Las condiciones climáticas, la deficiente alimentación y las precarias condiciones de vivienda, sumadas a los deficientes servicios de agua potable y alcantarillado, establecen un marco propicio a la proliferación de enfermedades contagiosas, intestinales y respiratorias, deficiencias nutricionales, traumatismos, envenenamientos, paludismo y otros.
- Religión: El presente inventario de los equipamientos religiosos no pretende ser un diagnóstico sino ofrecer toda la información útil para hacer uno. La localización de los centros y las informaciones que de ellos se han encontrado constituyen una herramienta indispensable para el conocimiento y el análisis de los equipamientos religiosos.
- Educación: Si bien el sistema educativo de la región aún tiene serias limitaciones, es uno de los servicios menos deficientes que tienen las comunidades, pues su deseo de superación lleva con frecuencia a unir a los vecinos para construir el aula comunal y sostener a los maestros. Así mismo, se observa interés de las autoridades por atender este servicio.
- Transporte/infraestructura vial: Se compone de cuatro variables: Banqueta, Rampa para silla de ruedas, Árboles o palmeras y Guarnición. La unidad de observación es la orilla de la vialidad (INEGI, 2014).
- Asistencia pública: Se conforman por albergues, delegaciones, DIF, casa de vigilancias (módulos de atención).

2.8 Variables de la vulnerabilidad del lugar

La estimación de la vulnerabilidad física, se asocia con los procesos naturales geológicos, tal es el caso de la característica de la vulnerabilidad del lugar donde se encuentra el asentamiento humano. Debido a que en casos de desastres naturales son estas las que son mayormente afectadas o a la presencia de daños previos en los diversos sistemas constructivos, sin embargo, es conveniente mencionar algunos conceptos o variables relacionados con la vulnerabilidad del lugar, las cuales se consideran los siguientes (Lario Gómez, 2017):

- Procesos geológicos (fallas, fracturas, deslizamientos, hundimientos y derrumbes)

Son aquellos que tienen lugar en la superficie terrestre. Fundamentalmente son cuatro: meteorización, erosión, además transporte y por último sedimentación. La acción de estos tiende a destruir el relieve existente, llevar los materiales a zonas deprimidas y rellenar, con estos, dichas zonas con el fin de obtener una superficie homogénea o de equilibrio en donde su acción no sea necesaria al no existir relieve.

- El tipo de roca (geología)

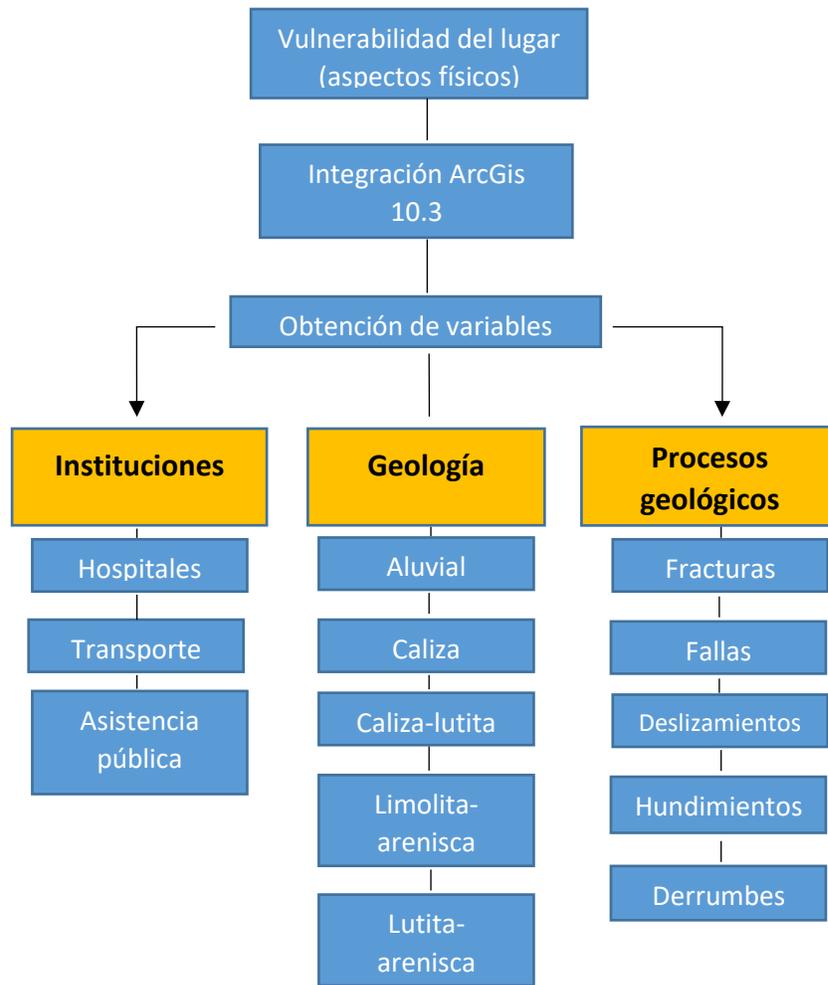
Existen tres tipos de rocas: las ígneas, las metamórficas y las sedimentarias

Las rocas ígneas son producto del enfriamiento y solidificación del magma.

Las rocas metamórficas se forman cuando las rocas ígneas o sedimentarias son sometidas después de largos periodos de tiempo y durante largos periodos de tiempo al calor, la humedad y/o la presión.

Las rocas sedimentarias se forman como resultado de la acción de los agentes atmosféricos sobre rocas preexistentes. Es decir, la meteorización ocasionada por los agentes físicos, químicos y biológicos a los cuales la roca queda expuesta la debilitan, provocando su fragmentación y los productos o sedimentos generados a partir de la roca son transportados hacia otros sitios, por el viento y los ríos, entre otros, donde se depositan gradualmente en capas.

Esquema 2. Variables para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar.



Fuente: Elaboración propia, retomada del atlas de riesgo municipal.

Capítulo III
METODOLOGÍA

3.1 Marco metodológico

Para identificar la vulnerabilidad en el lugar dentro de un determinado geográfico, tal es el caso de la zona urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; se pretende trabajar con el Censo de Población y Vivienda 2010 que contiene los datos censales por sección electoral, fuente datos obtenidas por el IFE-INEGI, 2010. Se construyó un índice por cada una de las tres dimensiones: capacidades, oportunidades y estigmatización.

A partir de la identificación de la zona urbana, se localizarán con ayuda de las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB'S), las cuales se encuentran ligadas con información por colonias. Los datos geoestadísticos serán obtenidos por el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010).

El presente trabajo se busca medir el comportamiento de la población con respecto a los indicadores para el cálculo de la vulnerabilidad en el lugar. A partir de la identificación, se busca la construcción de planes y programas enfocados a las necesidades reales y prioritarias de los grupos vulnerables.

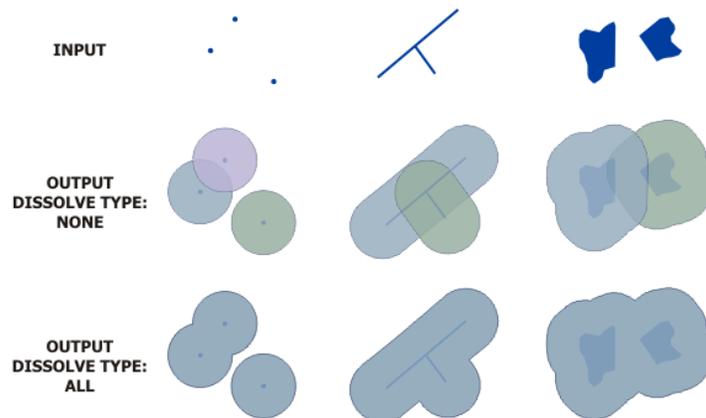
La información que se presentará en el presente trabajo para el cálculo de la vulnerabilidad en el lugar, será estadística, la cual constituye los datos temáticos, las variables que corresponden a las tres dimensiones antes mencionadas, obtenidas del Censo de Población y Vivienda 2010 (IFE-INEGI). Información que será depurada, de acuerdo a la metodología propuesta por Cadena.

En lo que corresponde al cálculo de la vulnerabilidad del lugar (ver esquema 3), se realizará las intersecciones con respecto al mapa base de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, obtenidas y consideradas de acuerdo a la metodología del Atlas de Riesgo del Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. La cual menciona que toda intersección determina la referencia espacial para el procesamiento. También será la referencia espacial de la clase de entidad de salida.

Para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar, se utilizará la información de la traza urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en conjunto con las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB'S) a nivel manzana que maneja INEGI. Los mapas temáticos elaborados tendrán las características de acuerdo a las variables presentadas en la metodología propuesta (esquema 3), estas variables corresponden a los procesos geológicos donde incluye las fracturas, fallas, deslizamientos, hundimientos y derrumbes; geología (tipo de roca) y las instituciones (hospitales, transporte y asistencia pública).

Cada una de las variables se les aplicó buffer, lo cual crea polígonos de zona de influencia alrededor de entidades de entrada a una distancia especificada (ver figura 4), para cada variable se les asignó valores de acuerdo a diferentes representaciones cartográficas obtenidas por diferentes autores (ver tabla 2), y con ello se realizó el buffer correspondiente para cada variable a representar para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar, se considera que para el buffer empleado son puntos o líneas (fallas y fracturas), para las variables siguientes se utilizaron las ponderaciones de EMC (Evaluación Multicriterio) utilizando restricciones: mapas de máscara, (0 donde se presenta áreas no apropiadas y 1 áreas apropiadas).

Figura 4. Aplicación de Buffers (zona de influencia).



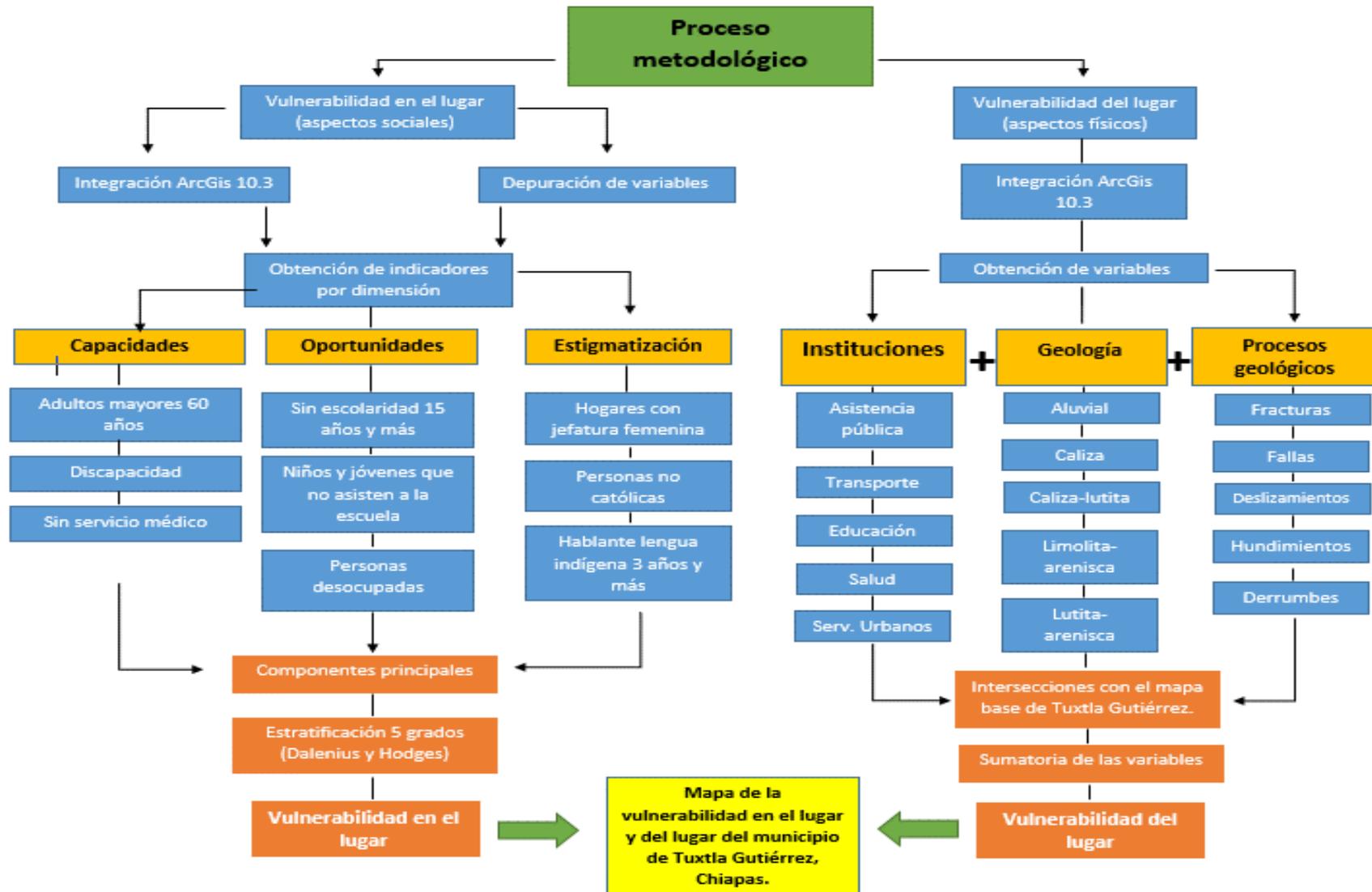
Fuente: Recuperado desde ArcGis 10.3

Tabla 2. Zona de influencia y ponderación correspondiente.

Variable	Zona influencia	Ponderación EMC	Característica
Fallas	100 m	0	Zona no apropiada
Fracturas	50 m	0	Zona no apropiada
Hundimientos	0	0	Zona no apropiada
Erosión hídrica	0	0	Zona no apropiada
Deslizamientos	0	0	Zona no apropiada
Traza urbana	0	1	Zona apropiada

Fuente: Elaboración propia

Esquema 3. Proceso metodológico.

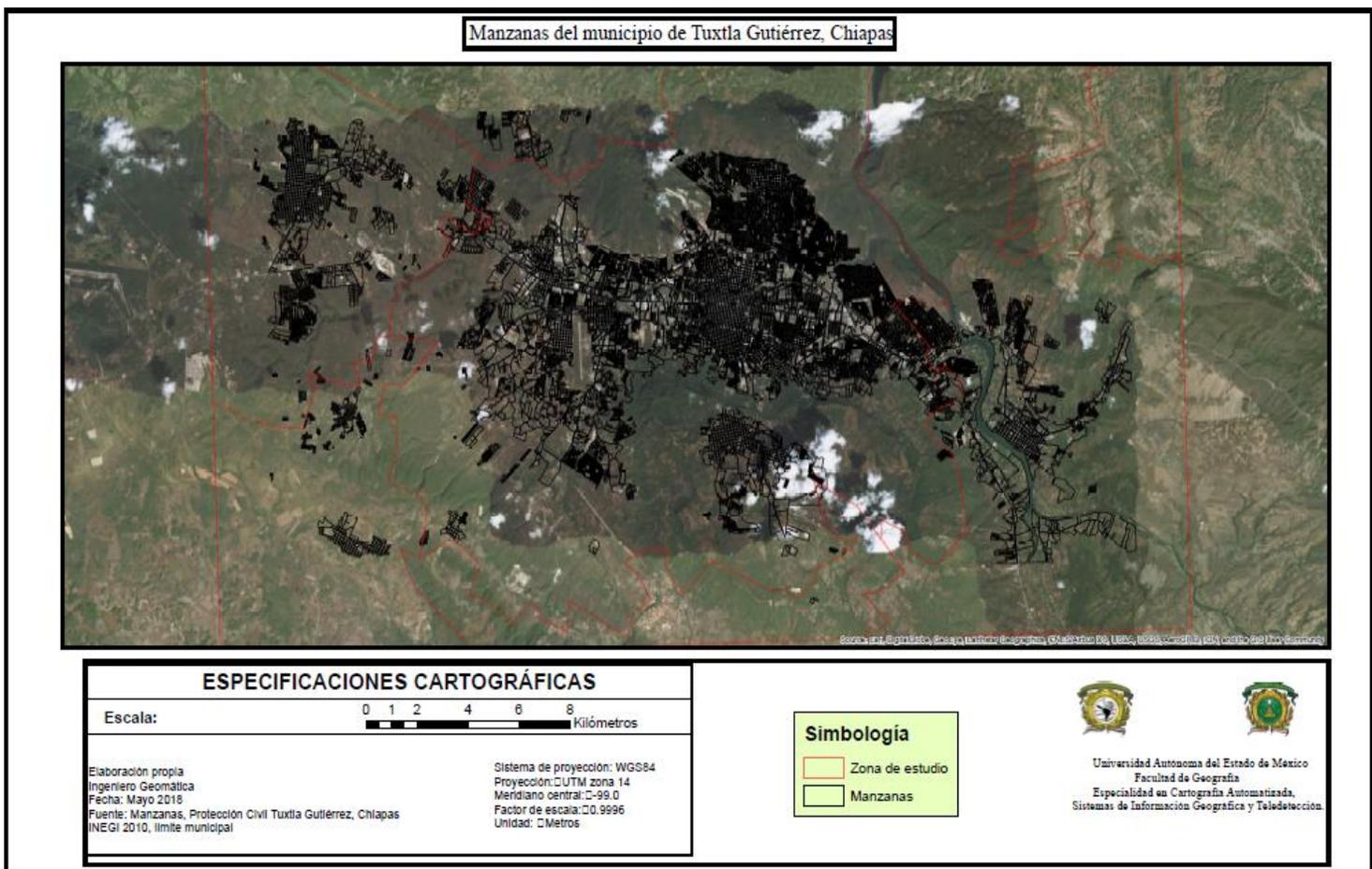


Fuente: Elaboración propia.

3.2 Descripción del área de estudio

El Estado de Chiapas se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica provocada por el movimiento de tres placas tectónicas: la de Cocos, la Norteamérica y la del Caribe; situación por la que la entidad sufrió la presencia de por lo menos diez sismos de magnitud mayor a 6.5 en la escala de Richter durante el siglo pasado, destacándose entre éstos, el ocurrido en el municipio de Villaflores el 21 de octubre de 1995, de magnitud 6.5, que causó daños importantes principalmente en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Al ubicarse en la parte centro–noroeste del estado de Chiapas, y de acuerdo a la clasificación fisiográfica elaborada por F. Mullerried (1957), el municipio de Tuxtla Gutiérrez se localiza en la “Depresión de Chiapas”, la cual está compuesta por una serie de depresiones amplias de fondo plano a ondulado que son interrumpidas por montañas, lomeríos y colinas (ver mapa 1).



Mapa 1. Zona de estudio, Traza Urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

3.3 Vulnerabilidad del lugar (herramientas de análisis)

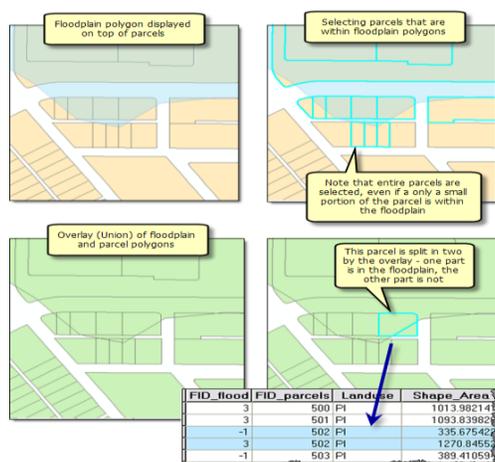
Las herramientas SIG más habituales automatizan las tareas que, en el pasado, se realizaban manualmente, como es el caso de la recopilación de nuevos mapas superponiéndolos unos sobre otros o el hecho de recortar en pedazos aquellos mapas que representaban el estudio específico de algunas áreas y que luego cambiaban su proyección. Algunas de estas tareas manuales eran tan arduas y complejas que no hacían más que entorpecer la diseminación del conocimiento geográfico y de los datos, y en ellas se encontró el ímpetu necesario para inventar los SIG. Para el presente trabajo se utilizará el software ArcGis 10.3 para la evaluación y cálculo de las variables antes mencionados.

3.3.1 Superposición y proximidad

- Superposición:

Una operación de superposición es mucho más que una simple fusión del trabajo de línea; se materializan todos los atributos de las entidades que forman parte de la superposición, como se muestra en el siguiente ejemplo, donde las parcelas (polígonos) y las zonas inundables (polígonos) se superponen (mediante la herramienta Combinación) para crear un nuevo dataset de polígono. Las parcelas se dividen donde las cruza el límite de la zona inundable y se crean nuevos polígonos. El valor FID_flood indica si los polígonos se encuentran afuera (-1) o adentro de la zona inundable y todos los polígonos retienen los valores de categoría de uso del suelo originales.

Figura 5. Ejemplo de superposición.

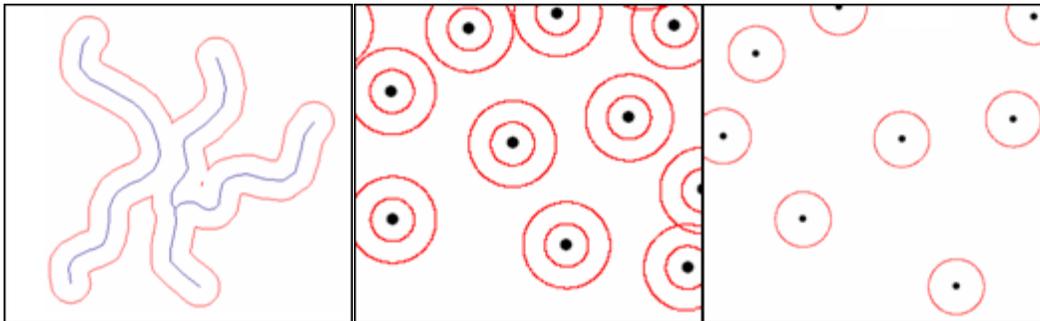


Fuente: Recuperado de la página oficial de ESRI.

- Proximidad:

Para los datos de entidades, se pueden utilizar las herramientas encontradas en el conjunto de herramientas proximidad, para descubrir las relaciones de proximidad. Estas herramientas generan como salida información con tablas o entidades de zona de influencia. Las zonas de influencia generalmente se utilizan para delinear las zonas protegidas de alrededor de las entidades o para mostrar las áreas de influencia.

Figura 6. Ejemplo de proximidad.



Fuente: Recuperado de la página oficial de ESRI.

3.3.2 Integración de los datos vectoriales

La generación del mapa base de la vulnerabilidad del lugar, consta en reunir la información de datos vectoriales que, de acuerdo a la información cartográfica, se utilizó el método de Evaluación Multicriterio (aplicando las restricciones) para cada variable.

Se aplicó buffer (zona de influencia) en las variables que contienen información cuantitativa y está representado por puntos o líneas, en este caso las variables utilizadas fueron las fallas (aplicando zona de influencia 100m) y las fracturas (aplicando zona de influencia 50m) (ver figura 7), la ponderación dada a las variables, ha sido a consideración de la propuesta metodológica por diferentes autores.

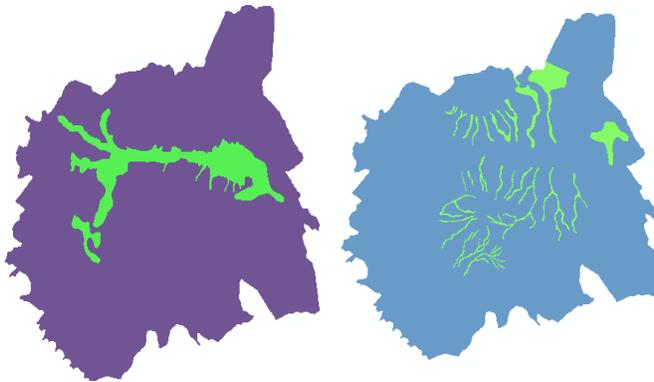
Figura 7. Buffer de fallas 100m y fracturas 50m respectivamente.



Fuente: Recuperado de la página oficial de ESRI.

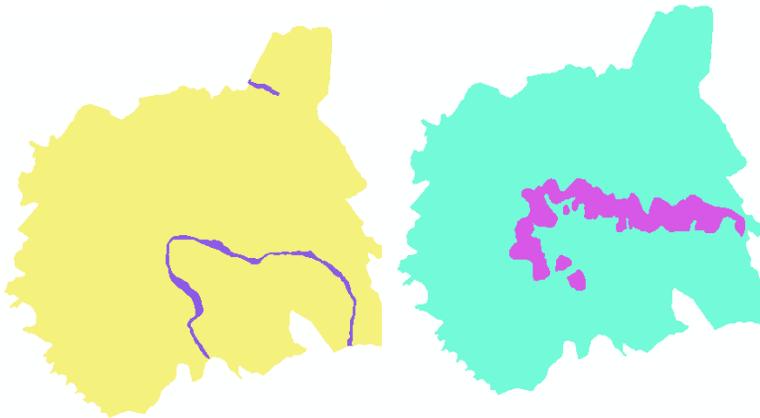
Las variables de erosión hídrica, hundimientos, derrumbes y deslizamientos, se convirtieron a formato ráster para aplicar la ponderación (EMC) donde se considera que 0 es una zona no apropiada para cualquier tipo de asentamiento humano y 1 la zona apropiada (ver figura 8).

Figura 8. Archivos ráster de las variables hundimientos y erosión hídrica.



Fuente: Elaboración propia, desde la plataforma de ArcGis.

Figura 9. Archivos ráster de las variables derrumbes y deslizamiento, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia, desde la plataforma de ArcGis.

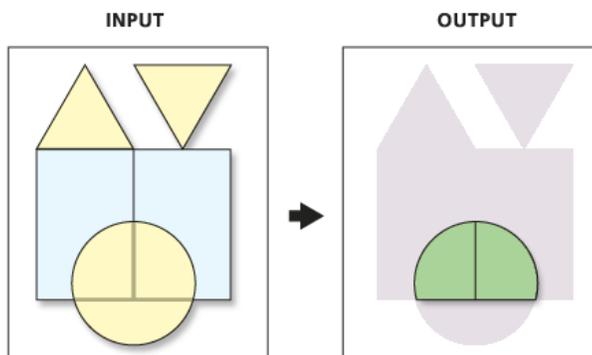
Determinadas las variables necesarias para la construcción del cálculo de la vulnerabilidad del lugar del municipio, se realiza la intersección de las variables con el municipio de Tuxtla Gutiérrez, se utilizó el software ArcGis para la generación de la sumatoria de las variables.

Las variables que se consideraron e interseccionaron de los procesos geológicos fueron las siguientes:

- Hundimientos
- Erosión Hídrica
- Derrumbes
- Deslizamientos
- Fallas
- Fracturas

La herramienta intersecar calcula la intersección geométrica de cualquier cantidad de clases de entidad y capas de entidades (ver figura 10). Las entidades, o porción de entidades, que son comunes a todas las entradas (es decir, intersecan) se escribirán en la clase de entidad de salida (ESRI, 2017).

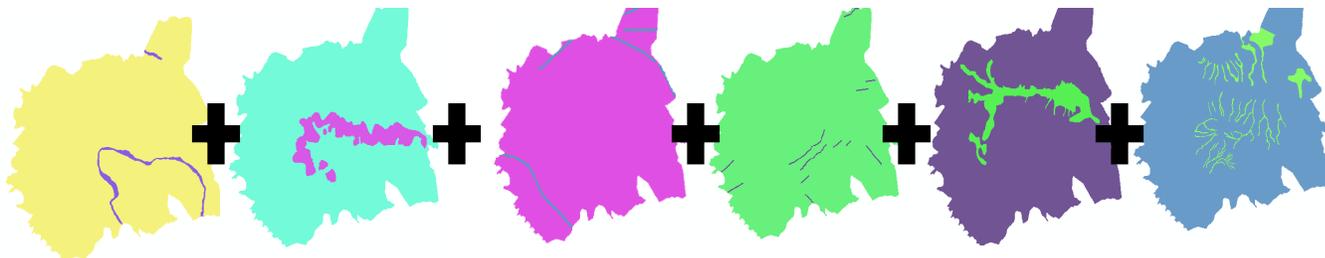
Figura 10. Entrada y salida de polígonos, función intersectar.



Fuente: Recuperado de la página oficial de ESRI

Utilizando álgebra de mapas, se realiza la combinación (sumatoria) de las variables que representan la vulnerabilidad del lugar, utilizando la herramienta de ArcToolbox, (ver figura 11).

Figura 11. Álgebra de mapas, sumatoria de las variables para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar.



Fuente: Elaboración propia, desde la plataforma de ArcGis.

3.4 Análisis de la vulnerabilidad en el lugar (Integración de la base de datos a Excel)

En esta etapa del procesamiento de la información es necesario reunir la información previa a la elaboración de la cartografía, representado gráfica y alfanumérica (indicadores) a través de la unión de la información.

Se crea una tabla donde contiene todos los atributos de la información vectorial a procesar, como se observa en la tabla de atributos no contiene la información de los datos de AGEBS (ver figura 8), de esa forma mediante la herramienta de unión (*join*) se integra la base de datos obtenida de INEGI con las 10 variables del Censo Poblacional y Vivienda, de acuerdo a la característica por cada indicador (ver figura 12).

Figura 12. Contenido de la tabla de atributos sin las variables y con las variables a unir respectivamente.

TUXTLA_ITER						TXGV														
FID	Shape *	CVEGEO	NOM_MUN	OID	CVEGEO *	OID	CVEGEO	NOM_MUN	cvegeo_1	POBTOT	P_0YMAS	P3YM_HLI	PCON_LIM	PSINDER	PSYM_SE	PIZA4MGA	PREOCUP	PHOGJEF_F	PNACOE	PSM_RELIG
2431	Polygon	0710100010363016	Tuxtla Gutiérrez	5081	0710100010363016	0	0710100010363001	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363001	77	5	15	0	46	0	0	0	18	0	21
2432	Polygon	0710100010363017	Tuxtla Gutiérrez	9591	0710100010363017	1	0710100010363002	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363002	48	6	0	0	22	0	0	0	10	0	0
2433	Polygon	0710100010363018	Tuxtla Gutiérrez	737	0710100010363018	2	0710100010363007	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363007	95	11	3	0	48	0	0	0	23	4	4
2434	Polygon	0710100010363019	Tuxtla Gutiérrez	1725	0710100010363019	3	0710100010363008	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363008	69	4	0	0	34	0	0	0	25	11	0
2435	Polygon	0710100010363020	Tuxtla Gutiérrez	451	0710100010363020	4	0710100010363011	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363011	70	5	0	0	34	4	0	0	27	4	14
2436	Polygon	0710100010363021	Tuxtla Gutiérrez	3350	0710100010363021	5	0710100010363015	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363015	16	0	0	0	7	0	0	0	5	0	0
2437	Polygon	0710100010363022	Tuxtla Gutiérrez	2547	0710100010363022	6	0710100010363016	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363016	100	9	0	0	31	6	0	0	12	0	8
2438	Polygon	0710100010363023	Tuxtla Gutiérrez	2164	0710100010363023	7	0710100010363017	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2439	Polygon	0710100010363024	Tuxtla Gutiérrez	3653	0710100010363024	8	0710100010363018	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363018	72	3	5	0	41	0	0	5	26	12	8
2440	Polygon	0710100010363025	Tuxtla Gutiérrez	1917	0710100010363025	9	0710100010363019	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363019	47	3	0	0	20	0	0	0	22	6	5
2441	Polygon	0710100010363026	Tuxtla Gutiérrez	4465	0710100010363026	10	0710100010363020	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363020	64	7	0	0	39	0	0	0	26	0	3
2442	Polygon	0710100010363028	Tuxtla Gutiérrez	3671	0710100010363028	11	0710100010363021	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363021	13	0	0	0	5	0	0	0	4	0	0
2443	Polygon	0710100010363029	Tuxtla Gutiérrez	3726	0710100010363029	12	0710100010363022	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363022	76	6	0	0	29	0	0	0	35	10	4
2444	Polygon	0710100010363031	Tuxtla Gutiérrez	1414	0710100010363031	13	0710100010363023	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363023	71	7	0	0	32	0	0	0	23	0	0
2445	Polygon	0710100010363032	Tuxtla Gutiérrez	2345	0710100010363032	14	0710100010363024	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363024	81	12	0	0	3	30	0	0	3	19	0
2446	Polygon	0710100010363033	Tuxtla Gutiérrez	5403	0710100010363033	15	0710100010363025	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363025	19	0	0	0	9	0	0	0	7	4	0
2447	Polygon	0710100010363034	Tuxtla Gutiérrez	6387	0710100010363034	16	0710100010363026	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363026	66	8	0	0	24	0	0	0	11	4	0
2448	Polygon	0710100010363035	Tuxtla Gutiérrez	6707	0710100010363035	17	0710100010363028	Tuxtla Gutiérrez	0710100010363028	52	6	0	0	20	0	0	0	11	8	5
2449	Polygon	0710100010363036	Tuxtla Gutiérrez	3345	0710100010363036															
2450	Polygon	0710100010363037	Tuxtla Gutiérrez	6708	0710100010363037															
2451	Polygon	0710100010363039	Tuxtla Gutiérrez	1137	0710100010363039															
2452	Polygon	0710100010363041	Tuxtla Gutiérrez	9593	0710100010363041															

Fuente: Elaboración propia desde la plataforma de ArcGis 10.3

3.4.1 Cálculo de indicadores

Indicador 1. Porcentaje de adultos mayores de 60 años y más.

Se realizó el cálculo de este indicador que consiste en dividir el número de población de adultos mayores de 60 años y más, entre la población total y previa multiplicación por 100.

Indicador 2. Porcentaje de personas con alguna discapacidad.

El cálculo consiste en dividir el número total de personas con alguna discapacidad, entre la población total del municipio y previamente la multiplicación por 100.

Indicador 3. Porcentaje de personas sin derechohabencia a algún servicio de salud.

Consiste en el resultado de la multiplicación por cien de la división del número total de personas sin derecho a algún servicio de salud entre la población total del municipio.

Indicador 4. Porcentaje de personas de 15 años y más sin escolaridad.

El cociente de la división de personas total de 15 años y más sin escolaridad y la población total del municipio multiplicado por 100.

Indicador 5. Porcentaje de niños y jóvenes que no asiste a la escuela.

Total, de niños y jóvenes que no asiste a la escuela entre la población total del municipio, multiplicado el resultado por 100.

Indicador 6. Porcentaje de personas desocupadas.

Es el resultado de la división del total de personas desocupadas entre el total de población del municipio, esto multiplicado por 100.

Indicador 7. Porcentaje de hogares con jefatura femenina.

Total, de población con jefatura femenina entre total de población del municipio, multiplicado por 100.

Indicador 8. Porcentaje de personas nacidas en otra entidad.

Las personas que fueron nacidas en otra entidad entre la población total del municipio, multiplicado por 100.

Indicador 9. Porcentaje de personas no católicas.

Las personas que son ateas (sin pertenecer alguna religión) entre la población total del municipio, multiplicado por 100.

Indicador 10. Porcentaje de población hablante de lengua indígena de 3 años y más.

La población total hablante de lengua indígena de 3 años y más entre la población total, multiplicado por cien y obtener el porcentaje con respecto a la población total del municipio.

Para el cálculo de los porcentajes de los indicadores, se utilizó el software IBM SPSS Statistics 22 para el cálculo de los porcentajes de los indicadores, para el proyecto los datos fueron de tipo numérico, utilizando las operaciones sencillas de división y multiplicación.

3.4.2 Integración de la base de datos a SPSS (análisis multi-variable)

El análisis multi-variable (análisis de dos o más variables) proporciona una visión integral acerca de la realidad que se está investigando. Este tipo de análisis utilizado en estudios sociales, demanda mayor grado de complejidad, requiere el análisis de un número elevado de variables de manera simultánea, para el cálculo de indicadores estadístico (Cea, 2001).

Se discriminaron variables del Censo de Población y Vivienda de acuerdo a la metodología empleada, la información se ligó a la información de los AGEB'S con la traza urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. A partir de ello, se hace uso del software SPSS para el análisis estadístico y el cálculo de la vulnerabilidad en el lugar (aspectos sociales). Se agregaron campos para obtener el porcentaje de las 11 variables utilizadas (ver figura 13).

El análisis multi-variable permite identificar el grado de relación que existe entre dos o más variables; dicho análisis permite generar escenarios para el análisis espacial, contemplado el comportamiento actual de los factores de los elementos, además permitir la visualización de la información cartográfica generada y el análisis espacial, con la mayor precisión posible, acorde a la realidad actual.

Figura 13. Contenido de la tabla de atributos en SPSS para el cálculo de los porcentajes de los indicadores.

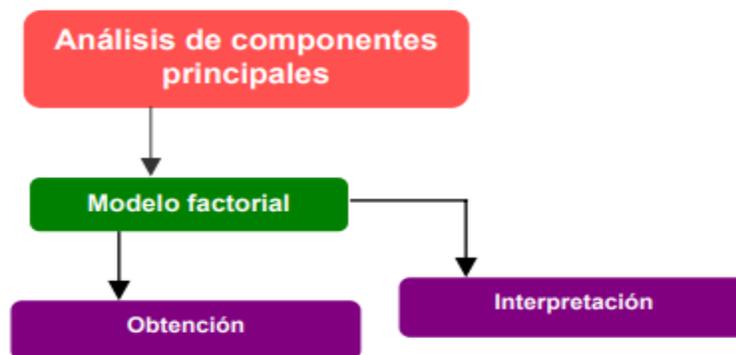
	p15ym_se	p12a14noa	pdesocup	phogief_f	pnacoe	psin_relig	Por_60mas	por_3hlt	por_conim	por_sinder	por_15mas	por12_14noa	por_desoc	por_hogief	por_nacoe	por_sinrelig
1	15	0	0	32	0	35	8.11	.00	.00	100.00	40.54	.00	0	86	0	94.59
2	0	0	0	6	0	0	50.00	.00	.00	100.00	.00	.00	0	100	0	.00
3	4	0	0	17	0	20	.00	.00	.00	100.00	13.79	.00	0	59	0	68.97
4	5	0	0	82	0	13	3.23	.00	.00	98.92	5.38	.00	0	88	0	13.98
5	6	0	0	41	0	5	6.00	.00	.00	100.00	12.00	.00	0	82	0	10.00
6	0	0	0	52	0	26	5.06	.00	.00	100.00	.00	.00	0	66	0	32.91
7	15	0	0	102	0	62	3.48	.00	.00	100.00	7.46	.00	0	51	0	30.85
8	3	0	0	11	0	0	.00	.00	.00	100.00	16.67	.00	0	61	0	.00
9	0	0	0	3	0	7	.00	.00	.00	100.00	.00	.00	0	27	0	63.64
10	0	0	0	40	0	0	.00	.00	.00	100.00	.00	.00	0	59	0	.00
11	0	0	0	10	0	9	.00	.00	.00	100.00	.00	.00	0	38	0	34.62
12	0	0	0	3	0	5	.00	.00	.00	100.00	.00	.00	0	27	0	45.45
13	0	3	0	8	0	8	.00	.00	.00	84.62	.00	23.08	0	62	0	61.54
14	0	0	0	7	0	0	.00	.00	.00	87.50	.00	.00	0	88	0	.00
15	5	0	0	54	0	13	6.59	.00	.00	92.31	5.49	.00	0	59	0	14.29
16	5	0	0	29	0	0	4.55	.00	.00	100.00	7.58	.00	0	44	0	.00
17	8	0	0	26	0	24	4.00	.00	.00	96.00	10.67	.00	0	35	0	32.00
18	10	0	0	55	0	22	5.93	.00	.00	93.22	8.47	.00	0	47	0	18.64
19	3	0	0	8	0	0	.00	.00	.00	100.00	13.64	.00	0	36	0	.00
20	0	0	0	4	0	4	.00	.00	.00	88.89	.00	.00	0	44	0	44.44
21	0	0	0	8	3	0	.00	.00	.00	91.67	.00	.00	0	67	25	.00
22	0	0	0	5	4	5	.00	.00	.00	100.00	.00	.00	0	25	20	25.00
23	0	0	0	3	0	0	.00	.00	.00	100.00	.00	.00	0	30	0	.00

Fuente: Elaboración propia desde el Software SPSS

3.4.3 Análisis por componentes principales

El análisis por componentes principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Ante un banco de datos con muchas variables el objetivo de este análisis es reducir a un menor número perdiendo la menor cantidad posible (Terrádez Manuel) (ver esquema 4).

Esquema 4. Esquema de análisis por Componentes Principales.



Fuente: Terrádez M. 2006.

Para el cálculo de la vulnerabilidad en el lugar, la información se encuentra ligada a información Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB'S), se utilizó el ACP (Análisis por Componentes Principales). Este método, tiene la función de analizar cada una de las variables, realizando una ponderación para cada uno de los indicadores, para posteriormente realizar una medición sintetizada de todos los indicadores como es el caso de este proyecto, se consideraron 10 variables, a partir de los cuales se realizó el ACP, para la obtención de la vulnerabilidad del lugar (aspectos sociales), a través del cálculo de parámetros estadísticos.

El software SPSS, permite la obtención de nuevos valores, que explican el comportamiento o el grado de interrelación entre los datos de los diez indicadores empleados para la obtención de la vulnerabilidad en el lugar. Es necesario preparar la base de datos que será importada el programa, la base de datos ha sido trabajada desde la plataforma de ArcMap 10.3, para el acomodo de los datos a emplear en el programa SPSS.

Una vez importado la base de datos, es necesario estandarizar los indicadores omitiendo la clave AGEB y población total, a través del menú analizar-estadísticos descriptivos (ver figura 14).

Figura 14. Programa SPSS, estadísticos descriptivos.



Fuente: Elaboración propia desde el software SPSS.

Al tratar con grandes series de datos, los investigadores suelen esperar reunir uno o más estadísticas importantes que puedan representar la serie como un todo, junto con otras estadísticas que indiquen algo sobre los puntos de datos individuales. En esta última serie, tal estadística, la variable Z, ayuda a los investigadores a entender la rareza de la distancia de un punto de datos individual del medio. No obstante, suele ser inviable computar las variables Z para grandes series de datos.

Obteniendo los indicadores de acuerdo a las 3 dimensiones, genera diez nuevas variables, las cuales se pueden apreciar en los campos con la nomenclatura Z+nombre de la variable (valor estandarizado) (ver figura 15).

Figura 15. Valor estandarizado en SPSS con las diez variables.

	Zp_60ymas	Zp3ym_hl	Zpcon_lim	Zpsinder	Zp15ym_ek	Zp12a14noa	Zpdesocup	Zphogef_f	Zpncos	Zpsin_relg
1	-03327	-24039	-36384	62760	3.28520	-09218	-23893	1.00993	-42518	3.45164
2	-03327	-24039	-36384	-43595	-43111	-09218	-23893	-32763	-42518	-48894
3	-58070	-24039	-36384	35316	55990	-09218	-23893	26830	-42518	1.87711
4	-03327	-24039	-36384	2.51436	80766	-09218	-23893	3.78969	-42518	1.04902
5	-03327	-24039	-36384	1.07356	1.05541	-09218	-23893	1.56850	-42518	.10261
6	14920	-24039	-36384	2.06840	-43111	-09218	-23893	2.16443	-42518	2.58694
7	69663	-24039	-36384	6.25359	3.28520	-09218	-23893	4.87319	-42518	6.84658
8	-58070	-24039	-36384	-02419	31215	-09218	-23893	-05675	-42518	-48894
9	-58070	-24039	-36384	-26433	-43111	-09218	-23893	-49015	-42518	.33921
10	-58070	-24039	-36384	1.69195	-43111	-09218	-23893	1.51433	-42518	-48894
11	-58070	-24039	-36384	25025	-43111	-09218	-23893	-11093	-42518	57582
12	-58070	-24039	-36384	-26433	-43111	-09218	-23893	-49015	-42518	.10261
13	-58070	-24039	-36384	-26433	-43111	-09218	-23893	-21928	-42518	45751
14	-58070	-24039	-36384	-40155	-43111	-09218	-23893	-27345	-42518	-48894
15	51416	-24039	-36384	2.23993	80766	-09218	-23893	2.27278	-42518	1.04902
16	-03327	-24039	-36384	1.62244	80766	-09218	-23893	91840	-42518	-48894
17	-03327	-24039	-36384	1.82827	1.55092	-09218	-23893	75588	-42518	2.35031
18	69663	-24039	-36384	3.13185	2.04643	-09218	-23893	2.32696	-42518	2.11371
19	-58070	-24039	-36384	-11303	31215	-09218	-23893	-21928	-42518	-48894
20	-58070	-24039	-36384	-36724	-43111	-09218	-23893	-43598	-42518	-01561
21	-58070	-24039	-36384	-26433	-43111	-09218	-23893	-21928	-03133	-48894
22	-58070	-24039	-36384	04442	-43111	-09218	-23893	-38180	09995	.10261
23	-58070	-24039	-36384	-29863	-43111	-09218	-23893	-49015	-42518	-48894

Fuente: Elaboración propia desde el software SPSS.

Una vez que se ha realizado el análisis factorial por componentes principales, de forma automática, se analizan los resultados obtenidos, considerando los valores de la tabla denominada Matriz de Coeficientes para el Cálculo de las Puntuaciones en las Componentes. Dicha matriz engloba el factor de ponderación que es necesario para la construcción de la vulnerabilidad en el lugar, el cual debe ser asignado a cada una de las variables estandarizadas precisamente para el cálculo global a través del ACP (figura 16).

Figura 16. Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en las componentes.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
	Indice	Logaritmo del número de casos	Intervalos adecuado	Rango del índice	Intervalos para construir n rangos	Límite mínimo de rangos del índice	Límite máximo de rangos del índice	Frecuencia Sin Discriminar	Frecuencia discriminada	Raíz cuadrada de las frecuencias	Raíces cuadradas de las frecuencias acumuladas	Estrato	5 estratos en Frecuencias Acumuladas	Distancia entre estrato 1 y raíces acumuladas	Distancia entre estrato 2 y raíces acumuladas	Distancia entre estrato 3 y raíces acumuladas	Distancia entre estrato 4 y raíces acumuladas
1	-2.40552	3.8553	14	7.43629	0.54190832	-2.40552	-1.86361168	513	513	22.6495033	22.6495033	49.6025986	49.6025986	26.9530953	76.5556939	126.158293	175
2	-2.40385					-1.86361167	-1.32170335	678	165	12.8452326	35.4947359	99.2051972	14.1078627	63.7104613	113.31306	162	
3	-2.38926					-1.32170334	-0.77979502	1262	584	24.1660919	59.6608278	148.807796	10.0582292	39.5443694	89.146968	138	
4	-2.37679					-0.77979501	-0.23788667	2609	1347	36.7014986	96.3623264	198.410394	46.7597278	2.84287079	52.4454694	102	
5	-2.37042					-0.23788669	0.30402163	4448	1839	42.8835633	139.24589	248.012993	89.6432911	40.0406925	9.56190612	59.	
6	-2.35647					0.30402164	0.84592996	5945	1497	38.6910942	177.936974		128.334375	78.7317767	29.1291781	20.	
7	-2.35215					0.84592997	1.38783829	6693	748	27.3495887	205.286563		155.683964	106.081365	56.4787668	6.8	
8	-2.34067					1.3878383	1.92974662	7004	311	17.6351921	222.921755		173.319156	123.716557	74.1139589	24.	
9	-2.34067					1.92974663	2.47165495	7099	95	9.74679434	232.668549		183.06595	133.463352	83.8607532	34.	
10	-2.33563					2.47165496	3.01356328	7141	42	6.4807407	239.14929		189.546691	139.944093	90.3414939	40.	
11	-2.32805					3.01356329	3.5554716	7157	16	4	243.14929		193.546691	143.944093	94.3414939	44.	
12	-2.32263					3.55547161	4.09737993	7163	6	2.44948974	245.59878		195.996181	146.393582	96.7909837	47.	
13	-2.30277					4.09737994	4.63928826	7165	2	1.41421356	247.012993		197.410394	147.807796	98.2051972	48.	
14	-2.30182					4.63928827	5.18119659	7166	1	1	248.012993		198.410394	148.807796	99.2051972	49.	
15	-2.30182																
16	-2.30182								7166								

Fuente: Elaboración propia en el software Excel.

Cuando se ha obtenido la vulnerabilidad en el lugar, es necesario actualizar la base de datos generada en SPSS con información vectorial de la traza urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Desde el software exportamos la tabla de atributos generada con las variables nuevas en formato Dbase IV, formato adecuado para expresar la información en vector. El software ArcMap 10.3, mostrará la vulnerabilidad en el lugar del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, con la información nueva generada, mostrando datos cualitativos y cuantitativos, estratificado en 5 niveles (ver figura 17).

Figura 17. Tabla de atributos generada en SPSS con información cuantitativa y cualitativa.

Table									
V_en_el_lugar									
FID	Shape *	CVEGEO	NOM_MUN	OID_	CVEGEO_1	IVS	V_ENLUGAR	ENEL_LUGAR	
2447	Polygon	0710100010363034	Tuxtla Gutiérrez	6387	0710100010363034	-1.17	1	Muy bajo	
2448	Polygon	0710100010363035	Tuxtla Gutiérrez	6707	0710100010363035	-2.21	1	Muy bajo	
2450	Polygon	0710100010363037	Tuxtla Gutiérrez	6708	0710100010363037	-2.21	1	Muy bajo	
2458	Polygon	0710100010363049	Tuxtla Gutiérrez	6709	0710100010363049	-2.21	1	Muy bajo	
2459	Polygon	0710100010363050	Tuxtla Gutiérrez	6710	0710100010363050	-2.21	1	Muy bajo	
2465	Polygon	0710100010433001	Tuxtla Gutiérrez	6711	0710100010433001	-2.21	1	Muy bajo	
2470	Polygon	0710100010433012	Tuxtla Gutiérrez	6333	0710100010433012	-1.11	1	Muy bajo	
2474	Polygon	0710100010433017	Tuxtla Gutiérrez	6712	0710100010433017	-2.21	1	Muy bajo	
2478	Polygon	0710100010433029	Tuxtla Gutiérrez	6468	0710100010433029	-1.28	1	Muy bajo	
2480	Polygon	0710100010433033	Tuxtla Gutiérrez	6670	0710100010433033	-1.94	1	Muy bajo	
2483	Polygon	0710100010433037	Tuxtla Gutiérrez	6598	0710100010433037	-1.60	1	Muy bajo	
2491	Polygon	0710100010433062	Tuxtla Gutiérrez	6572	0710100010433062	-1.53	1	Muy bajo	
2493	Polygon	0710100010433071	Tuxtla Gutiérrez	6075	0710100010433071	-0.88	1	Muy bajo	
2498	Polygon	0710100010433078	Tuxtla Gutiérrez	7157	0710100010433078	-2.34	1	Muy bajo	
2499	Polygon	0710100010433079	Tuxtla Gutiérrez	6646	0710100010433079	-1.80	1	Muy bajo	
2500	Polygon	0710100010433080	Tuxtla Gutiérrez	7162	0710100010433080	-2.37	1	Muy bajo	
2501	Polygon	0710100010433081	Tuxtla Gutiérrez	6697	0710100010433081	-2.09	1	Muy bajo	
2506	Polygon	0710100010433086	Tuxtla Gutiérrez	6458	0710100010433086	-1.26	1	Muy bajo	
2538	Polygon	0710100010518032	Tuxtla Gutiérrez	6713	0710100010518032	-2.21	1	Muy bajo	
2553	Polygon	0710100010522002	Tuxtla Gutiérrez	6058	0710100010522002	-0.86	1	Muy bajo	
2556	Polygon	0710100010522005	Tuxtla Gutiérrez	6039	0710100010522005	-0.85	1	Muy bajo	
2558	Polygon	0710100010522007	Tuxtla Gutiérrez	6671	0710100010522007	-1.94	1	Muy bajo	
2574	Polygon	0710100010522025	Tuxtla Gutiérrez	6951	0710100010522025	-1.03	1	Muy bajo	

Fuente: Elaboración propia desde la plataforma de ArcGis 10.3

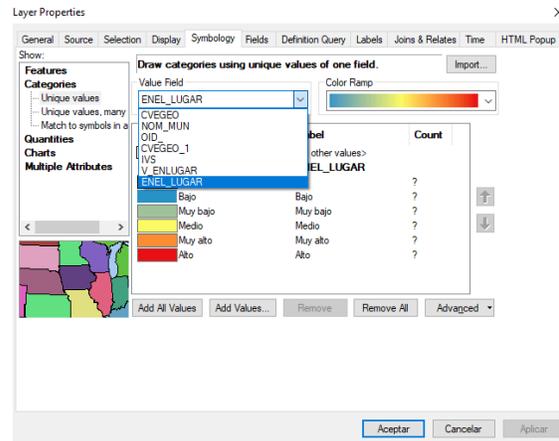
Con el apoyo del software ArcMap 10.3, realizaremos la visualización de la estratificación cuantitativa y cualitativa de acuerdo a lo obtenido por ACP (apartado de conclusiones y discusiones).

Capítulo IV
RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Estratificación de la vulnerabilidad en el lugar

Para llevar a cabo la estratificación cualitativa de los rangos calculados por el método de ACP, fue necesario la reclasificación de la información cuantitativa. Se despliega la leyenda de la vulnerabilidad en el lugar, agregamos colores de semáforo para identificar los valores cualitativos (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), (ver figura 18).

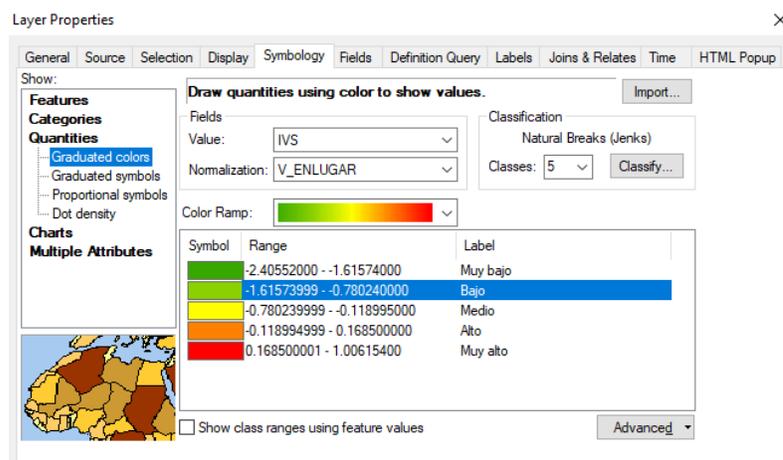
Figura 18. Estratificación, considerando valores 'quanties'.



Fuente: Elaboración propia.

Con el campo obtenido, tenemos valores cualitativos de la siguiente manera (figura 19).

Figura 19. Estratificación, datos cuantitativos y cualitativos.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.1 Generación de mapa temático

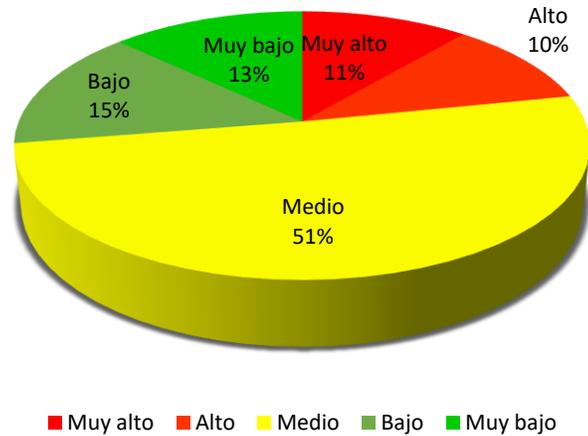
Determinación de la vulnerabilidad en el lugar del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, de acuerdo a los indicadores necesarios, se realiza la representación cartográfica univariable que se observa a continuación, en el cual se puede observar la relación de la información obtenida con la realidad en los niveles alto y muy alto.

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez, existen 464 colonias totales, de las cuales, en la zona norte de la ciudad, la vulnerabilidad en el lugar se encuentran 56 colonias vulnerables (nivel alto y muy alto) que representa el 12% con respecto a las colonias totales (ver mapa 2). Para la zona centro, se encuentran 25 colonias vulnerables (nivel alto y muy alto), las cuales representa el 5% vulnerable (ver mapa 3). Para la zona sur de la ciudad destacan del lado poniente, donde se encuentran asentamientos irregulares y alrededor del cerro Mactumatzá. Del lado sur oriente, se encuentran las colonias que, de acuerdo a estudios realizados en las zonas, la vulnerabilidad es alta y muy alta, intervienen 20 colonias y asentamientos irregulares sin nombres definidos, la cual representa el 4% significativo (ver mapa 4), en términos generales, las zonas altas y muy altas se encuentran sobre los depósitos de talud de la meseta, cuyas zonas corresponden a asentamientos irregulares, población que ha migrado a la ciudad, proveniente de zonas rurales que no cuentan con los mínimos ingresos necesarios para construir una vivienda digna y se asientan en zonas de alto nivel de riesgo (ver mapa 5).

Como se puede observar en la gráfica siguiente (gráfica 1), el número de colonias correspondientes al nivel de la vulnerabilidad en el lugar muy alto, representa un total de 101 colonias, las que requieren mayor atención para lograr desarrollo económico en desarrollo social.

Gráfica 1. Colonias por nivel de vulnerabilidad

Colonias por nivel de vulnerabilidad



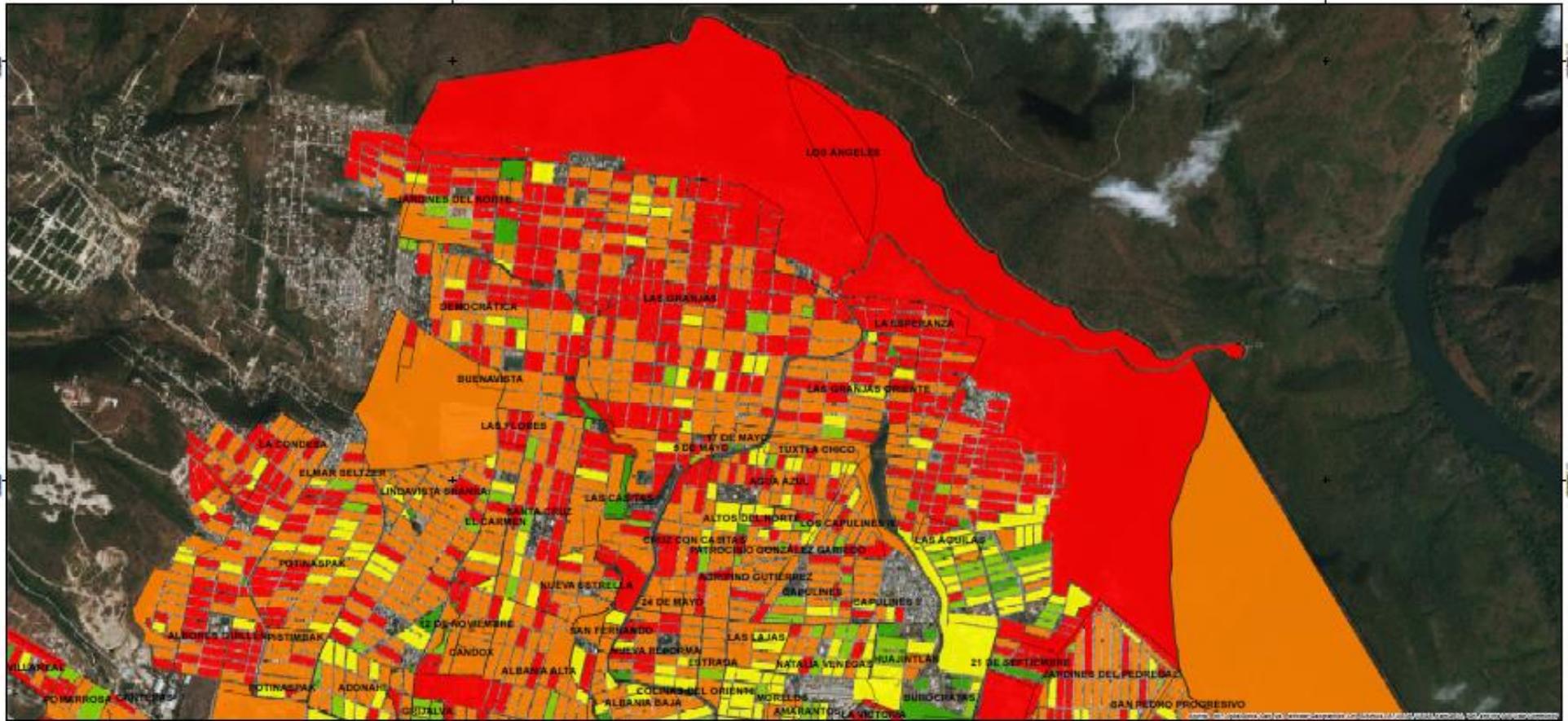
Fuente: Elaboración propia, desde la plataforma de ArcGis.

Mientras que la zona centro de la ciudad predomina algunas zonas vulnerables (altas), y zonas poco vulnerables (bajo), tiene una aptitud de suelo comercial por lo que poseen todos los servicios públicos (equipamiento urbano), además es importante destacar que la implementación de servicios en general, parte del centro de la ciudad, por lo que existe una cobertura total en cuanto a servicios, bienes dentro de los comerciales.

Las zonas identificadas con un nivel de vulnerabilidad en el lugar muy bajo, reside a las zonas de tipo fraccionamiento residenciales, en donde predomina un nivel de bienestar, caso contrario en los alrededores de la ciudad.

Mapa 2. Vulnerabilidad en el lugar zona norte del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Representación cartográfica de la vulnerabilidad en el lugar por colonias, en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Escala: 1:38,000

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 Kilómetros

Elaboración propia
Ingeniero Geomática
Fecha: Mayo 2018
Fuente: Manzanas, Protección Civil Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
INEGI 2010, límite municipal

Sistema de proyección: WGS84
Proyección: UTM zona 14
Meridiano central: 0-99.0
Factor de escala: 0.9996
Unidad: Metros

Símbología



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Geografía
Especialidad en Cartografía Automatizada,
Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.

Para obtener el grado de: Especialista

Fuente: Elaboración propia

Mapa 3. Vulnerabilidad en el lugar zona centro del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Representación cartográfica de la vulnerabilidad en el lugar por colonias zona centro, en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS	
Escala: 1:38,000	0 0.075 0.15 0.3 0.45 0.6 Kilómetros
Elaboración propia Ingeniero Geomática Fecha: Mayo 2018 Fuente: Manzanas, Protección Civil Tuxtla Gutiérrez, Chiapas INEGI 2010, límite municipal	Sistema de proyección: WGS84 Proyección: UTM zona 14 Meridiano central: C-99.0 Factor de escala: 0.9996 Unidad: Metros

Simbología

Colonia

Vulnerabilidad en el lugar

Rangos

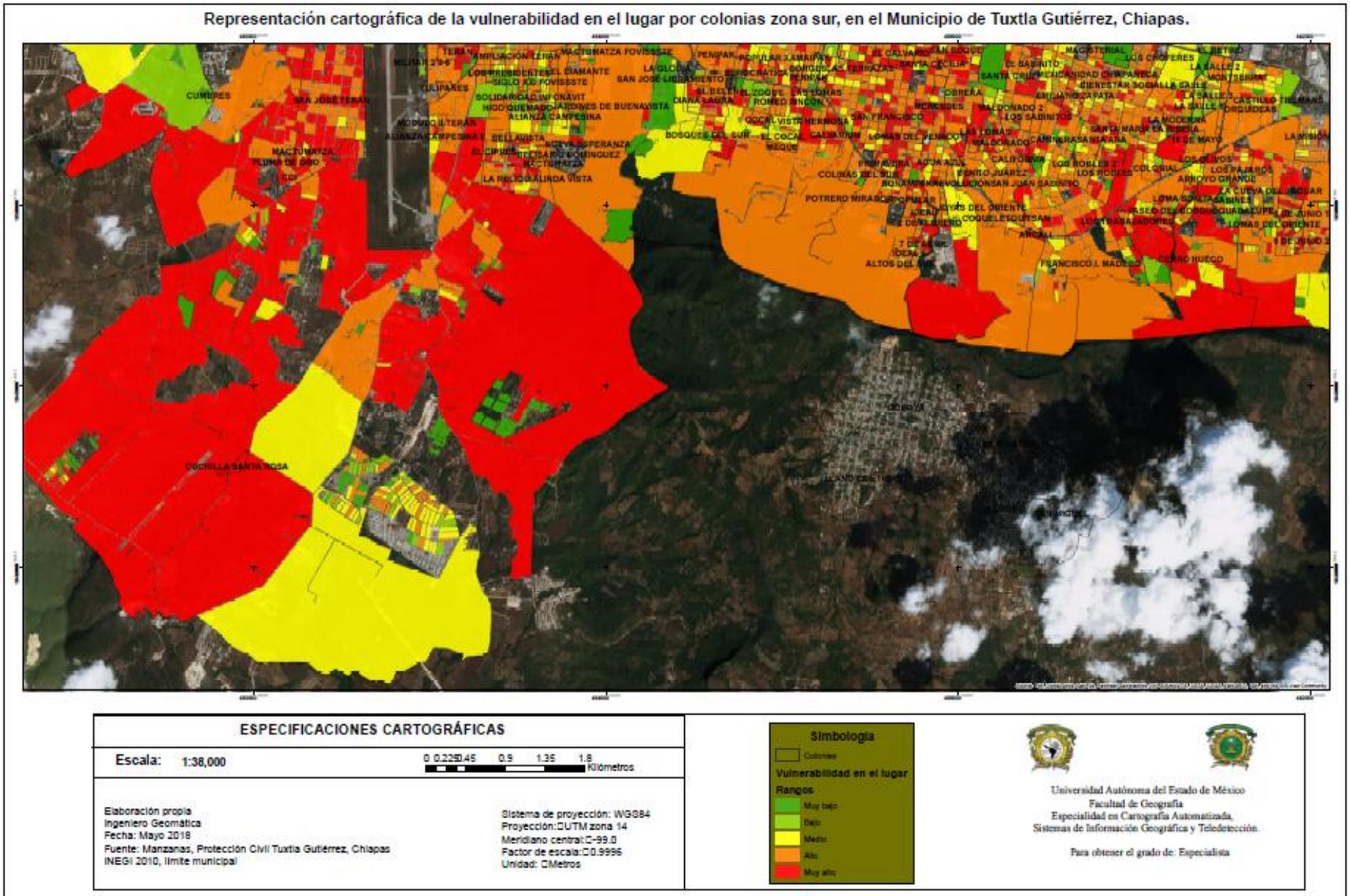
- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Geografía
Especialidad en Cartografía Automatizada,
Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.

Para obtener el grado de: Especialista

Fuente: Elaboración propia

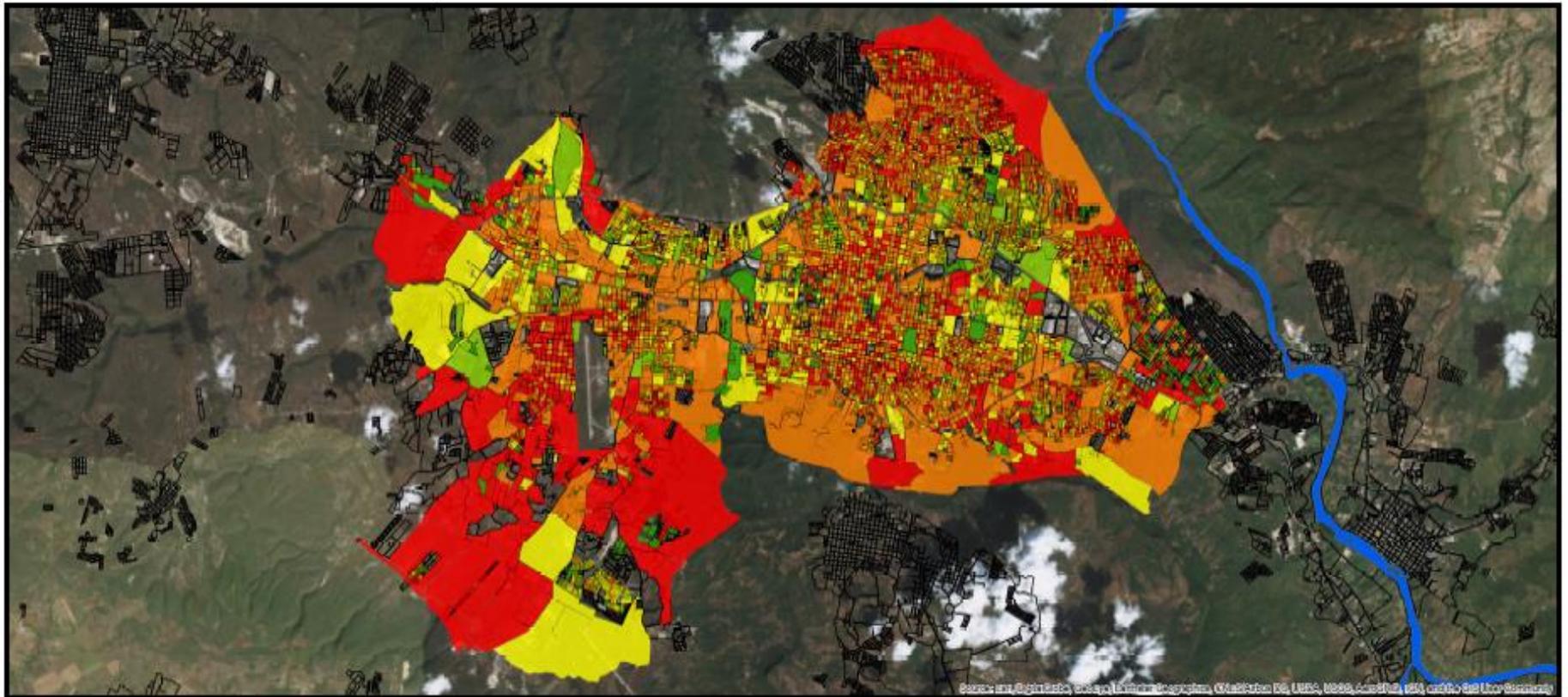
Mapa 4. Vulnerabilidad en el lugar zona sur del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Fuente: Elaboración propia

Mapa 5. Vulnerabilidad en el lugar del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Vulnerabilidad en el lugar, municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas



ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS

Escala: 1: 72,000

0 0.5 1 2 3 4 Kilómetros

Elaboración propia
 Ingeniero Geomática
 Fecha: Mayo 2018
 Fuente: Manzanas, Protección Civil Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
 INEGI 2010, límite municipal

Sistema de proyección: WGS84
 Proyección: UTM zona 14
 Meridiano central: -99.0
 Factor de escala: 0.9996
 Unidad: Metros

Simbología

IVS

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Manzanas
- cuerpos_agua


 Universidad Autónoma del Estado de México
 Facultad de Geografía
 Especialidad en Cartografía Automatizada,
 Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.
 Para obtener el grado de: Especialista

Fuente: Elaboración propia

4.2 Generación de mapa base de la vulnerabilidad del lugar

Determinada la sumatoria de las variables (ver mapa 6), en la representación cartográfica original de las variables calculadas se pueden observar las zonas de mayor vulnerabilidad ante un proceso geológico (ver mapa 7), está representada en la zona sur, donde se encuentran ubicados los asentamientos irregulares y cuenta con 120 colonias vulnerables ante cualquier proceso geológico, en la zona predomina por ser laderas de la meseta de Copoya los derrumbes, y deslizamientos, la cual influye en la zona como un nivel vulnerable alto (figura 20).

Figura 20. Fotografía tomada de presencia de derrumbes sobre la ladera de Copoya.



Fuente: Paz Tenorio 2013.

En la zona norte predomina un nivel de vulnerabilidad alto, la cual está presenta la erosión hídrica, la cual menciona que es el proceso de sustracción de masa sólida al suelo o a la roca de la superficie llevado a cabo por un flujo de agua que circula por la misma. El agua tiene la capacidad de erosionar el sustrato por el que discurre. Su fuerza erosiva es proporcional a la aceleración que adquiere en las pendientes.

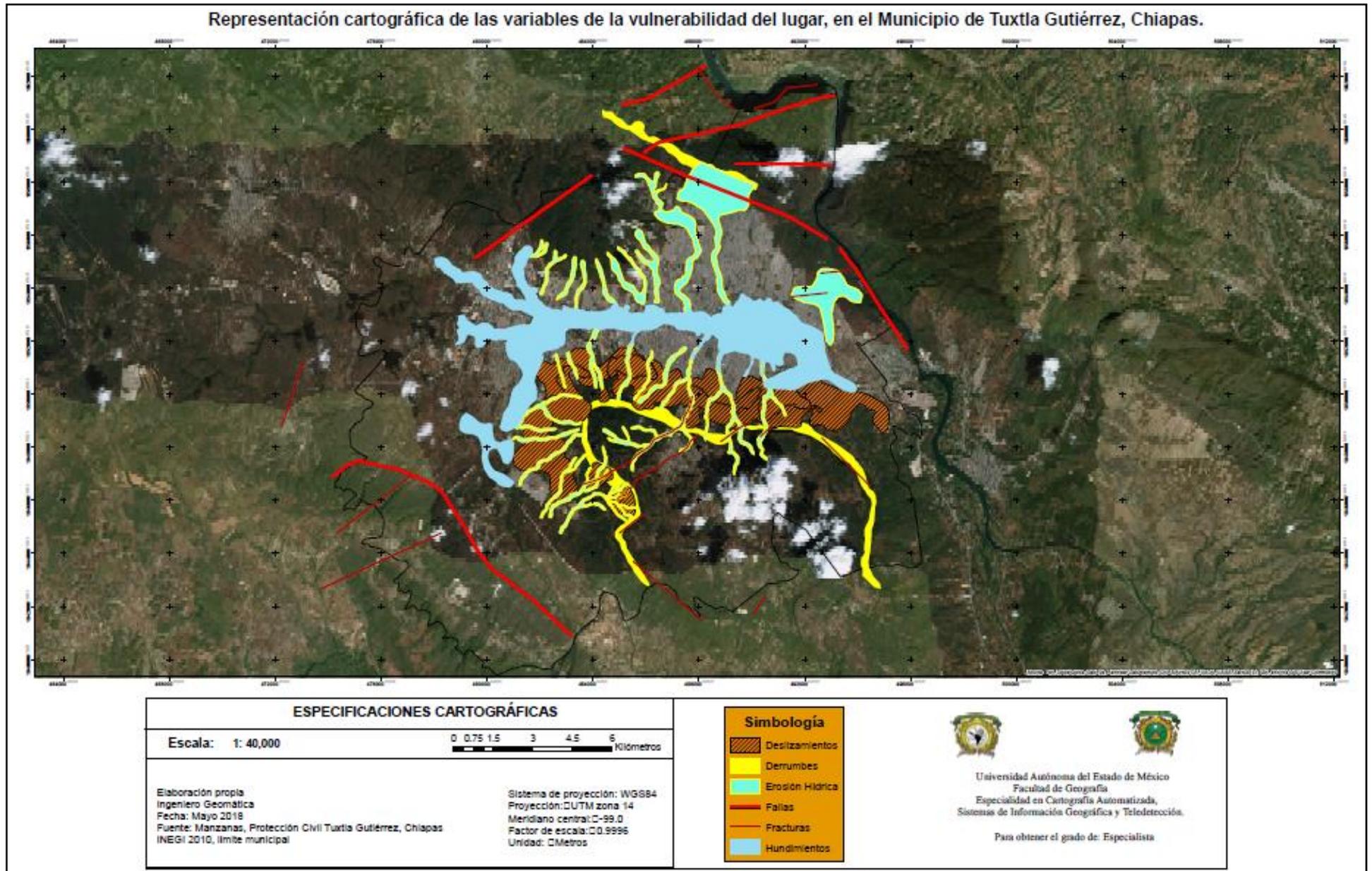
En la zona centro, la vulnerabilidad alta está presenta por las inundaciones presentadas en la zona del cauce principal, en la avenida principal 5ª Norte de la ciudad es donde se encuentra mayor mente afectada por este proceso natural en temporadas de lluvias (figura 21).

Figura 21. Avenida norte, presencia de lluvia



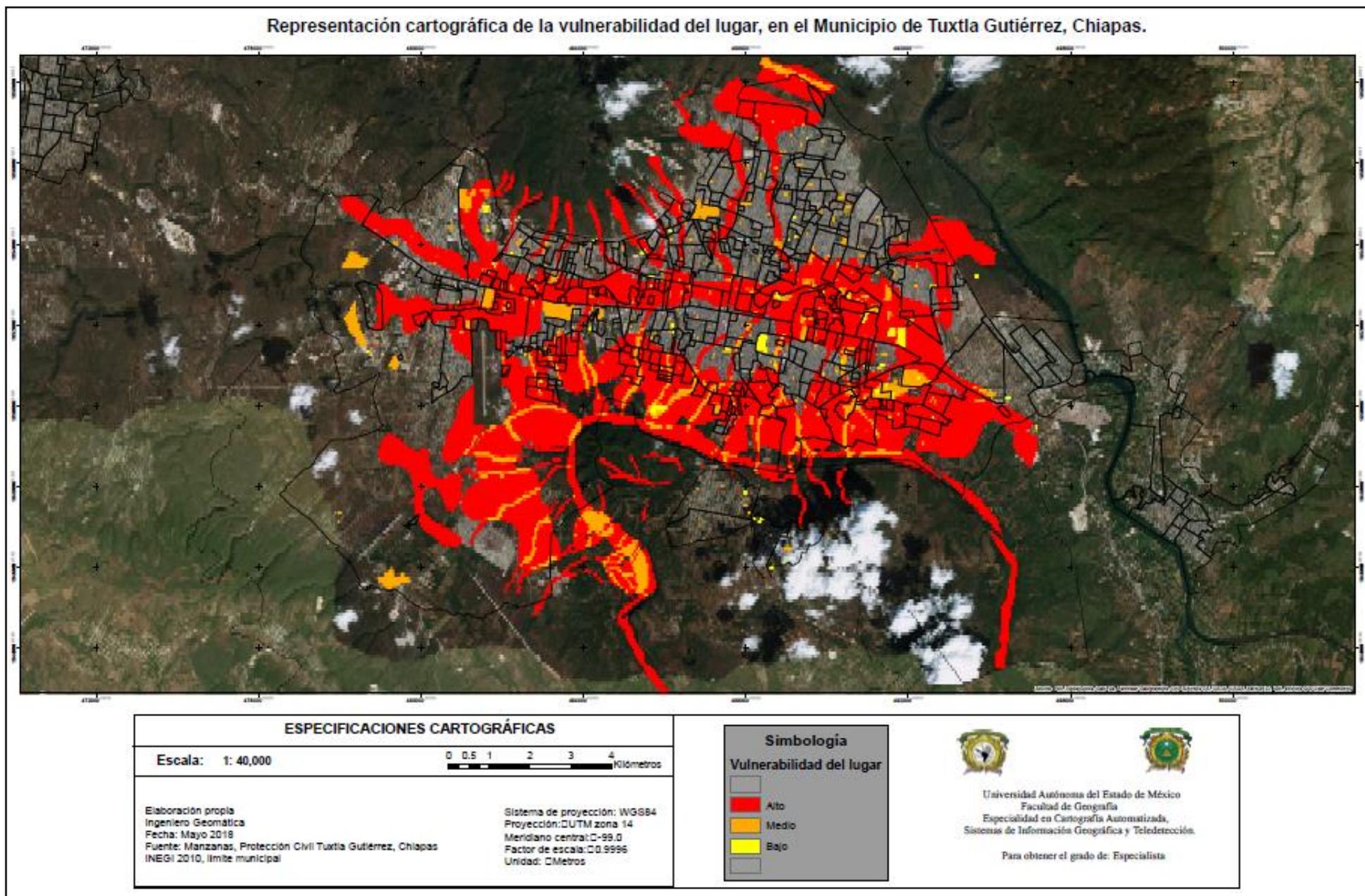
Fuente: Gómez, 2010

Mapa 6. Variables de procesos geológicos para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar.



Fuente: Elaboración propia

Mapa 7. Variables de procesos geológicos para el cálculo de la vulnerabilidad del lugar.



Fuente: Elaboración propia

4.3 Generación de mapa base, integración de la mitigación y análisis de la vulnerabilidad en el lugar y del lugar del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Ante el cálculo correspondiente de la vulnerabilidad del lugar y en el lugar, se analiza los factores involucrados para la generación del mapa base, realizando una sobreposición de las dos capas bases para la interpretación de la misma.

Para la interpretación de la cartografía elaborada, se evalúa los parámetros dentro de una tabla por cada variable (ver tabla 3), donde se integra la mitigación, un factor positivo que servirá de apoyo para la interpretación y combinación de los mapas bases.

Tabla 3. Cuadro de interpretación de la vulnerabilidad en el lugar.

Cuadro de las variables e interpretación de la vulnerabilidad en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

<i>Vulnerabilidad en el lugar</i>	<i>Valor</i>	<i>Descripción</i>	<i>Sumatoria</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Muy alto</i>	1	Se refiere el grado de integración de una comunidad determinada, su mayor integración significara una rápida respuesta ante un desastre, en este sentido cobra importancia la organización y las relaciones estrechas.	2.13	40
<i>Alto</i>	0.16			
<i>Medio</i>	-0.11			
<i>Bajo</i>	-0.78			
<i>Muy bajo</i>	-2.4			

Fuente: Elaboración propia.

Se integra la mitigación para el caso de la vulnerabilidad en el lugar, la cual influye un factor positivo de acuerdo a los parámetros establecidos (ver figura).

Figura 22. Vulnerabilidad en el lugar y la mitigación, salud y transporte.



Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma, el resultado de la vulnerabilidad del lugar, establece que, a mayor restricción, un mayor porcentaje de vulnerabilidad y el nivel alto tiende ser representativo para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (tabla 4).

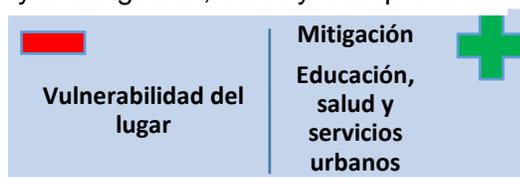
Tabla 4. Cuadro de interpretación de la vulnerabilidad del lugar.

<i>Vulnerabilidad del lugar</i>	<i>Valor</i>	<i>Descripción</i>	<i>Sumatoria</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Fallas</i>	0-1	Obtiene el valor 0 por ser un área restringida de acuerdo a la zona de influencia ponderada.	21	42%
<i>Fracturas</i>	0-1	Obtiene el valor 0 por ser un área restringida de acuerdo a la zona de influencia ponderada.		
<i>Deslizamientos</i>	0-1	Por ser una zona restringida obtiene el valor 0, donde no se permite el asentamiento humano.		
<i>Derrumbes</i>	0-1	Proceso geológico cuyo valor es proporcional a las variables que presentan restricciones a los asentamientos humanos.		
<i>Erosión Hídrica</i>	0-1	En la intersección este valor 0 es obtenida por presentar algún tipo de riesgo en la zona donde se encuentran asentamientos humanos.		
<i>Hundimientos</i>	0-1	Es la zona que predomina un asentamiento por ser un terreno cubierto de humedad, zona plana, el valor influye en 0.		

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los parámetros de mitigación, ante un riesgo natural de acuerdo al resultado de la vulnerabilidad del lugar, se pueden combinar con las variables de educación (áreas con espacio abierto, funciona como albergues), salud y servicios urbanos.

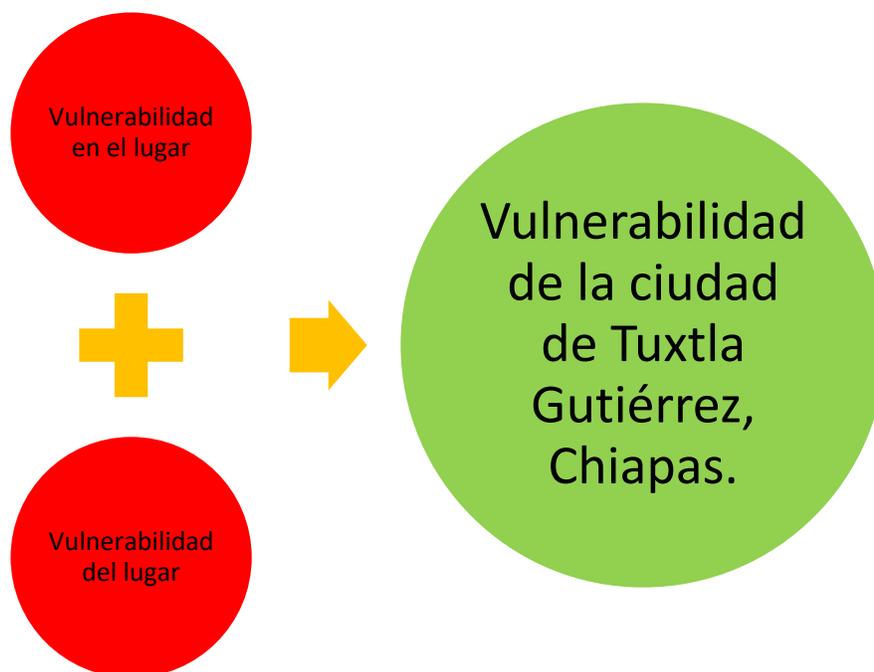
Figura 23. Vulnerabilidad en el lugar y la mitigación, salud y transporte.



Fuente: Elaboración propia.

En la combinación de los mapas bases, vulnerabilidad del lugar y en el lugar, se encuentra que la zona de mayor afectación es en la zona sur de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, la cual se debe de considerar diversas variables de mitigación para la respuesta de las zonas que presente afectación ante un riesgo natural (ver esquema 5).

Esquema 5. Análisis de la vulnerabilidad en el lugar y del lugar.

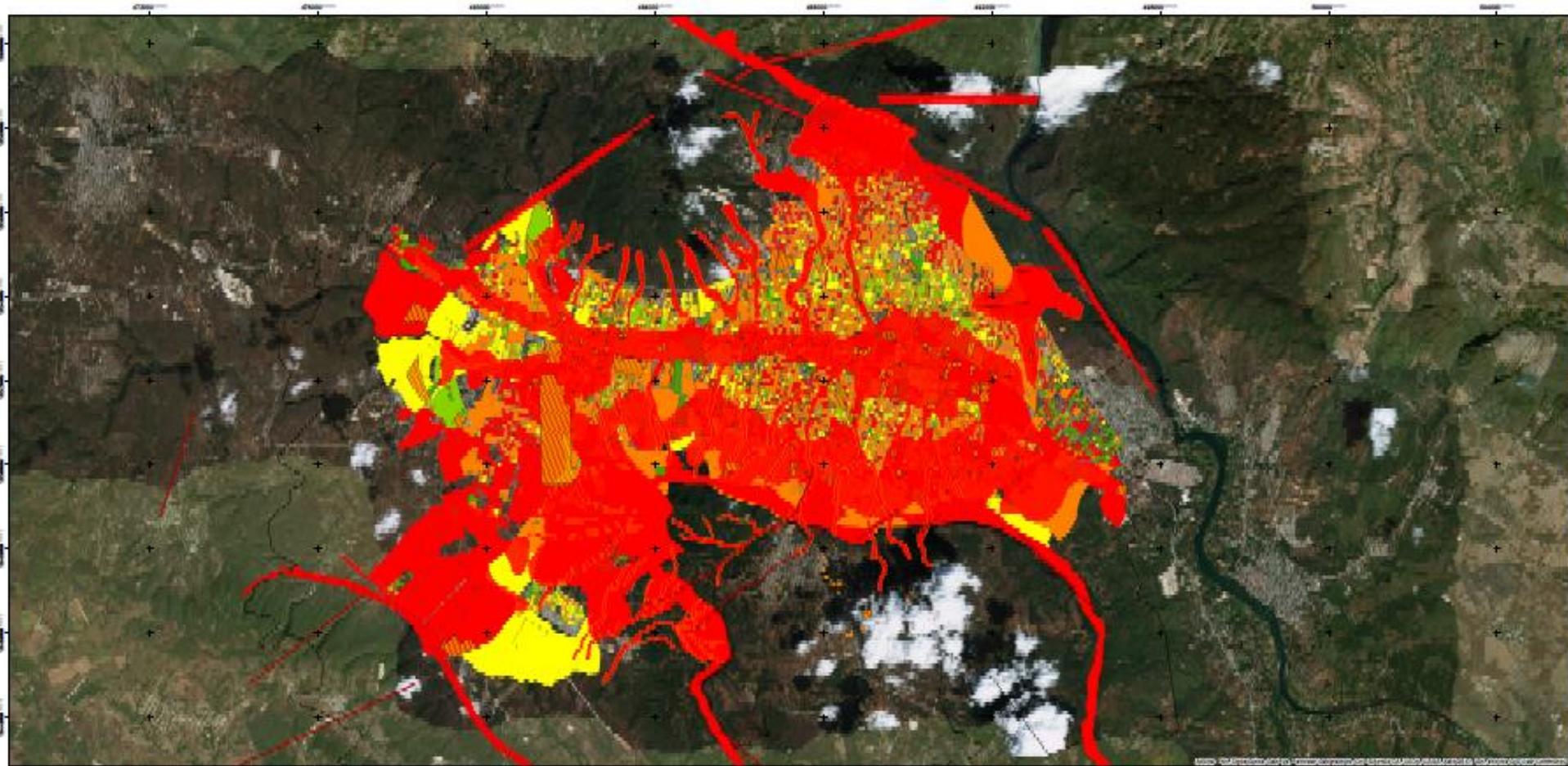


Fuente: Elaboración propia.

Para la interpretación de la combinación del mapa base (ver mapa 8), las colonias que son más vulnerables representa un 65% en la zona sur de la ciudad, la combinación de las dos capas adquiere una perspectiva la cual se puede diferenciar entre las zonas más vulnerables y las zonas menos vulnerables.

Mapa 8. Mapa de la vulnerabilidad en el lugar y del lugar del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Representación cartográfica de la vulnerabilidad en el lugar y del lugar, en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



ESPECIFICACIONES CARTOGRÁFICAS	
<p>Escala: 1: 40,000</p> <p>0 0.5 1 2 3 4 Kilómetros</p>	<p>Simbología</p> <p>Vulnerabilidad en el lugar</p> <p>Rangos</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Muy bajo ■ Bajo ■ Medio ■ Alto ■ Muy alto <p>Vulnerabilidad del lugar</p> <p>Rangos</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Límite ■ Alto ■ Medio ■ Bajo
<p>Elaboración propia Ingeniero Geomática Fecha: Mayo 2018 Fuente: Manzanos, Protección Civil Tuxtla Gutiérrez, Chiapas INEGI 2010, límite municipal</p>	<p>Sistema de proyección: WGS84 Proyección: UTM zona 14 Meridiano central: -99.0 Factor de escala: 0.9996 Unidad: Metros</p>




Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Geografía
Especialidad en Cartografía Automatizada,
Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.

Para obtener el grado de: Especialista

Fuente: Elaboración propia

4.4 Conclusiones

El problema de la vulnerabilidad, considerando en el lugar y del lugar, ha sido un problema producto de las decisiones políticas del estado, implica una brecha entre la sociedad. Los grupos vulnerables son aquellas personas que, en virtud de su edad, raza, religión, sexo, condición económica, social, características físicas, culturales o políticas pueden encontrar mayores obstáculos para ejercer y defender sus derechos humanos y ciudadanos. También a dichos grupos se les pueden presentar problemas más frecuentes pues suele abusarse de ellos. Sin embargo, el mayor problema es cuando se logra identificar sobre en qué parte física están situados.

La población apartada implica repercusiones de diverso tipo como cultural, social, laboral, educación, determinada en la mayoría de los casos por la estructura política o de los grupos de poder que ejercen sobre un territorio.

El estudio de la vulnerabilidad del lugar y en el lugar, resulta ser algo complejo, por el proceso multi-variables, constituido al mismo tiempo por una serie de dimensiones y variables, cuya medición y análisis implica la reestructuración de diversas metodologías, las cuales deben adecuarse a la realidad.

La importancia de la obtención de la vulnerabilidad en el lugar, ha sido ligada por las colonias, que permite la identificación de las verdaderas condiciones sociales de los individuos, por ser el máximo nivel de desagregación de información con la que se cuenta.

En la generación del mapa base de la vulnerabilidad de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se encontraron que, las zonas con un alto nivel de vulnerabilidad están ubicadas sobre las zonas de asentamiento irregular, y zonas donde el lugar son susceptibles a procesos geológicos ante algún riesgo natural.

Las zonas que mayor requieren atención corresponden a las colonias ubicadas en la periferia de la ciudad, que, si bien han sido producto de asentamientos irregulares, se encuentran dentro de los límites de la zona sur de la ciudad, por lo que deben de considerar esos puntos rojos ser atendidas de acuerdo al estudio realizado. Dichas zonas presentan los máximos niveles de carencias, en cuanto a los indicadores socio-demográficos propuestas por INEGI 2010.

Con las zonas detectadas de la zona urbana mayor vulnerable, deberán ser las prioritarias por parte del gobierno municipal y estatal, para erradicar el alto grado de vulnerabilidad, mejorar las condiciones sociales y económicas de la población a través del diseño y ejecución de programas que impulsen y apoyen su calidad de vida.

Se identificó con la combinación de los mapas temáticos generados las zonas con un alto nivel de vulnerabilidad a nivel colonia, se genera la información detallada necesaria para la implantación de políticas públicas basadas en las verdaderas necesidades de la población.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica, tiende ser uno de los más importantes en la actualidad, gracias a la información espacial; el procesamiento de los datos, facilita los trabajos para la elaboración de mapas temáticos, a fin de obtener datos precisos e información en tiempo y forma.

Referencias bibliográficas

- AYUSO, Inmaculada y Edel CADENA, 2006, "Índice de vulnerabilidad social para los países de la ocde", en *Quivera*, núm. 2. Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- BARREDO, J.I. 1996. Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid. Editorial Ra-Ma.
- Dardo, Luis. 2005. "Técnicas de Representación Cartográfica", *Facultad de Filosofía y Letras*, DPTO. de Geografía, U.N.T, Barcelona.
- CADENA, VARGAS EDEL. 2004. Neoliberalismo y desigualdad social: modelo de análisis regional y cartográfico. Proyecto no. 1858. Facultad de Planeación Urbana y Regional. Universidad Autónoma del Estado de México.
- CENAPRED. 2014. Guía básica para la elaboración de Atlas de Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. *Evaluación de la vulnerabilidad Física y Social*, pag. 26.
- Elizabeth Mansilla, 1993. Desastres y Sociedad. *Las explosiones de Guadalajara*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima). Un aporte de método *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* ISSN 0188-4611, Num. 81, 2013, pp. 79-93
- Garrocho C, Campos-Alanís J, Chávez-Soto T. Análisis espacial de los inmuebles dañados por el sismo 19S-2017 en la Ciudad de México, *Salud Pública Mex* 2018;60(supl 1):S31-S40.
- Gustavo Busso, 2001. Vulnerabilidad Social. *Nociones e implicancias de políticas para Latinoamérica a inicios del siglo XXI*. Página 8-15.