

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE
CHIAPAS.**

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS
Y CAMBIO CLIMÁTICO

TESIS

“IMPACTO DE LA VULNERABILIDAD A INUNDACIONES
EN LA HABITABILIDAD DE LA POBLACION DE TUXTLA
GUTIERREZ, CHIAPAS.”

PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PRESENTA

SAÚL NUCAMENDI HERNÁNDEZ

DIRECTOR

DR. MARCELINO GARCIA BENÍTEZ

ASESORES

DR. OMAR AVILA FLORES

MTRO. JOSE FRANCISCO PINTO CASTILLO

TUXTLA GUTIÉRREZ CHIAPAS, FEBRERO 2021





Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Dirección de Servicios Escolares
Departamento de Certificación Escolar
Autorización de impresión



Lugar: TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS
Fecha: FEBRERO 17, 2021

C. SAÚL NUCAMENDI HERNANDEZ

Pasante del Programa Educativo de: **LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

**IMPACTO DE LA VULNERABILIDAD POR EXPOSICIÓN A INUNDACIONES EN LA
HABITABILIDAD DE LA POBLACIÓN URBANA DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.**

En la modalidad de: **TESIS PROFESIONAL**

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

DR. OMAR ÁVILA FLORES

MTRO. JOSÉ FRANCISCO PINTO CASTILLO

DR. MARCELINO GARCIA BENITEZ

Firmas:

Dedicatoria.

*Esta tesis va dedicada a todas las personas que nunca dejaron de creer en que se lograría,
a pesar de todos los muchos tropezones que hubo a lo largo del camino.*

A mi madre que no me dejó solo durante este camino.

A mi padre por enseñarme a tomar con humor la vida.

Al Dr. Marcelino por la paciencia

*Y en especial a una persona que aunque físicamente no está más conmigo sé que este logro
le alegra más que nadie, va hasta el cielo mamá Aurora.*

Agradecimientos.

A la UNICACH: por permitirme ser parte de esta gran institución, además de mis profesores que sé que dieron lo mejor de ellos para transmitir sus conocimientos, para que los LCT's salgamos a poner en alto al instituto a donde quiera que vayamos.

A mis amigos: Suha, Indi, Kari, Ricardo, Colocho, Wer, Heidi con los que compartí además de tareas y dolores de cabeza durante nuestra estancia en la universidad, hicieron con su presencia y forma de ser que fuera más amena todas esas noches de estrés antes de cualquier examen o entrega pesada.

A mis sinodales: Dr. Omar Ávila y al Maestro Francisco Pinto por darse el tiempo y la oportunidad de leer este trabajo de tesis y hacer las observaciones correspondientes para que este mejorara, ojala tenga la oportunidad de trabajar en más proyectos junto a ustedes que sé que aún hay mucho que tengo que aprenderles.

Al Dr. Marcelino que tuvo la confianza en mí para realizar este proyecto, por la paciencia que en todo momento tuvo, los regaños que me servían para darme cuenta cuando me estaba saliendo del camino, por la amabilidad de brindarme un espacio en su vida, faltaría redactar otra tesis para saber qué tan agradecido estoy con usted Doc., solo me basta decir gracias y que más que director de Tesis a lo largo de este proceso, usted se convirtió en un amigo.

A mis hermanas Dianita y Mago que noches las tuve desvelándose conmigo para ayudarme a hacer tareas o investigaciones que no les correspondían, además de su apoyo moral que cuando ya no quería continuar sus palabras de aliento siempre me animaban a seguir.

A mi padre por tener el temple y comprender los momentos de la vida que pasaba, por enseñarme a siempre sacar el lado bueno de lo malo, por nunca dejar que ande solo por la vida y aunque talvez no presencial, tus palabras de aliento siempre fueron ese suspiro que necesitaba cuando ya no sabía a donde más recurrir.

A mi madre que fue el sostén principal para que culminara este proceso, por toda la paciencia, el apoyo moral, económico, psicológico y principalmente por ser quien más cerca de mí ha estado durante todo este largo camino, mi inspiración y de ahora en adelante el gran ejemplo a seguir, ya que me ha demostrado que con disciplina, rectitud y carácter, puedes lograr todo lo que te propongas, por eso y mucho más, gracias madre.

Mención honorífica a: Oscar, Gute, Vocho, Migue, Griselda. Amigos de toda mi vida, que aunque a veces tomamos caminos diferentes y por distintas cosas de la vida nos distanciamos, siempre están ahí cuando se requiere.

PD. ¿NO, QUE NO?

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
Planteamiento del problema.....	5
Justificación	7
Hipótesis	9
Objetivos:	9
Específicos:.....	9
CAPITULO I. MARCO DE REFERENCIA Y CONCEPTUAL.....	10
I.1 Antecedentes.....	10
• Vulnerabilidad y susceptibilidad ante inundaciones en Acapulco de Juárez, 2000 y 2010.....	10
• Riesgo por inundaciones en la ciudad de Tapachula, Chiapas, México (investigación para su ordenamiento ecológico y desarrollo urbano).....	11
I.1.1 Antecedentes en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	13
Estudio de riesgos de inundaciones en zonas urbanas de la República Mexicana.	13
• Descripción de eventos hidrometeorológicos extremos en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	14
I.2 Estudios de Habitabilidad.....	15
• Evaluación de las condiciones de habitabilidad de la ciudad de Puebla (México), mediante la construcción de un índice sintético.	16
• Propuesta metodológica para el análisis de la habitabilidad urbana. Desde la concepción de las “ciudades humanas”.....	16
• Metodología para el análisis de la habitabilidad urbana.....	17
• Servicios complementarios de la habitabilidad en las viviendas de la zona metropolitana de Toluca, México.....	18
I.3 Marco Conceptual	19
I.3.1 Riesgo.....	20
I.3.2 Amenaza	20
I.3.2.1 Clasificación de las amenazas	21
I.3.3 Vulnerabilidad.....	23
I.3.4 Habitabilidad.....	29
I.3.5 Cuenca.	30
I.3.6 Escalas geográficas	38

I.3.7 Marco Legal	40
1.3.8 Calculo de precipitación media de una cuenca.	43
CAPÍTULO 2. ZONA DE ESTUDIO	47
2.1 Aspectos geográficos	47
2.1.1 Edafología	48
2.1.2 Hidrografía	51
2.1.3 Clima	53
2.1.4 Uso de suelo y vegetación	55
2.1.5 Proceso de urbanización	58
2.1.6 Identificación de las zonas inundables a partir de 1990	60
3. METODOLOGÍA	62
3.1 Índice de vulnerabilidad urbana a cambio climático	63
3.1.1 Indicadores de exposición.	63
3.1.2 Fuentes de Información	69
3.1.3 Cálculo del índice de vulnerabilidad urbana por exposición a cambio climático. ...	72
3.2 Índice de Habitabilidad.	75
3.2.1 Dimensiones e Indicadores de habitabilidad.	79
3.2.2 Fuentes de Información para la obtención del índice de habitabilidad.	87
3.2.3 Cálculo del Índice de Habitabilidad en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez.	88
3.3 Método de Análisis Jerárquico de Saaty.	90
3.4 Método de SemafORIZACIÓN.	94
CAPITULO IV: RESULTADOS	96
4.1 Vulnerabilidad.	99
4.2 Habitabilidad.	104
CONCLUSIONES	120
BIBLIOGRAFIA.	123

INDICE DE FIGURAS

Mapa de localización de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	47
Mapa de Topoformas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	49
Mapa edafológico de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	50
Mapa de afluentes principales de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	52
Mapa de unidades climáticas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	54
Mapa de uso de suelo y vegetación de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, serie 2001.	56
Mapa de uso de suelo y vegetación de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, serie 2016.	57
Crecimiento urbano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, periodo 1856-2010.	59
Estaciones meteorológicas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	61
Ejemplo de polígonos de Thiessen.....	74
Pirámide de Maslow.....	77
Mapa de zonificación de Tuxtla Gutiérrez.....	97
Vulnerabilidad en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez	102
Dimensión educativa de la habitabilidad.	105
Dimensión social de la habitabilidad.	107
Dimensión características de la vivienda de habitabilidad.....	108
Dimensión bienes de la vivienda de habitabilidad.	110
Dimensión accesibilidad de habitabilidad.....	112
Dimensión legalidad de las viviendas de habitabilidad.....	114
Grado de habitabilidad de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.....	119

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de cuencas hidrográficas por extensión.....	31
Tabla 2. Variables para el índice de exposición a inundaciones.	64
Tabla 3. Claves y nombres de las estaciones.....	71
Tabla 4. Variables y fórmulas para el cálculo de vulnerabilidad.	73
Tabla 5. Variables de indicadores de la dimensión educativa de habitabilidad	80
Tabla 6. Variables e indicadores de la dimensión socioeconómica de habitabilidad.....	81
Tabla 7. Variables e indicadores de la dimensión de características de la vivienda de habitabilidad82	
Tabla 8. Variables e indicadores de la dimensión bienes de la vivienda de habitabilidad	84
Tabla 9. Variables e indicadores de la dimensión accesibilidad de habitabilidad.....	85
Tabla 10. Variables e indicadores de la dimensión legalidad de las viviendas de habitabilidad.	86
Tabla 11. Zonificación de los AGEBS en la ciudad Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	98
Tabla 12. Grado de vulnerabilidad por exposición a inundaciones en la ciudad	99
Tabla 13. Distribución de AGEB´s en las zonas de la ciudad dependiendo del valor de habitabilidad.	115

INTRODUCCION

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez según un estudio realizado por Gabinete en 2019, esta se encuentra dentro de las 10 peores ciudades para vivir en el país, esto evaluando variables como son, índice de calidad de vida, índice de cohesión social, índice de satisfacción de servicios municipales e índice de evaluación a alcaldes, de acá se deriva la importancia de analizar dos factores que influyen de manera directa en la calidad de vida de las habitantes, estos factores son la vulnerabilidad a inundaciones que es un problema recurrente en la ciudad y la habitabilidad que mide la calidad de vida de los habitantes.

Ambos factores mencionados anteriormente dan lugar a partir de un problema en común, “el crecimiento desordenado de la población”, la expansión de la ciudad de manera desordenada ha traído consigo que los nuevos fraccionamientos, la construcción de nuevas calles y avenidas, se sitúen en lugares en donde no deberían estar, a esto sumarle características ambientales como son la alteración del ecosistema local, la desviación de cauces y el trayecto del río Sabinal, esta suma de factores dan lugar a que la ciudad en cada periodo de lluvias este expuesta a inundaciones.

Por otra parte la poca planificación urbana y ordenamiento territorial de la ciudad ha generado que las colonias tengan un acceso complicado a cosas primordiales para el desarrollo de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad, ciertos aspectos que influyen en la calidad de vida son: los servicios básicos y de salud, accesibilidad a fuentes de empleo y a transportes, cercanía que tienen los nuevos asentamientos con los lugares claves para la economía local y centros de recreación, el que la demanda de estos servicios básicos actúe

más de prisa que la planificación genera una serie de inconformidades tanto en los habitantes como en los encargados del desarrollo urbano de la ciudad.

En el presente estudio se realiza un análisis de la habitabilidad y la exposición a inundaciones de la ciudad, la habitabilidad se realiza con datos del censo de población del Instituto Nacional de Estadística, y Geografía del año 2010 y del directorio nacional de unidades económicas, por medio de 6 dimensiones que abarcan la disponibilidad de los servicios básicos en las viviendas, los bienes con que cuenta además de aspectos sociales, de accesibilidad, aspectos económicos, educativos, etc., el estudio está presentado a una escala de Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) para ambos casos.

Las autoridades tienen conocimiento que las inundaciones en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez es un problema recurrente, por lo que se han implementado diversos métodos para tratar de erradicar este problema, en ciertas partes del tramo del cauce se han ampliado tramos, colocación de muros de gavión o muros de base de protección de concreto para evitar las socavaciones, sin embargo los problemas de inundación actuales ya no se han presentado en el cauce principal y estos han emigrado a los diversos afluentes que llegan a descargar al río, esto debido a que con la invasión de sus cauces naturales estos han sido desviados o embovedados lo que ha traído consigo mayor descarga hidrológica en zonas en donde anteriormente no estaba adaptada a esas cantidades.

El presente documento se divide en 1 apartado y 4 capítulos, los cuales serán descritos a continuación:

En el apartado tenemos la parte introductoria, en las cuales serán expuestas las bases de esta investigación como son el planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos y la hipótesis de la investigación.

El primer capítulo consta de dos partes: en la primera parte se exponen los estudios similares que se han realizado en la ciudad con respecto a los temas de vulnerabilidad y habitabilidad por otra parte también se hace una breve descripción de eventos meteorológicos que han afectado a la ciudad en los últimos 30 años.

Continuando con capítulo tenemos el marco conceptual en el cual vienen contenido los conceptos que se deben de entender para el análisis y comprensión del estudio llevado a cabo, de igual manera en este apartado trae consigo una pequeña reseña de las leyes y normas que respaldan el estudio.

El segundo capítulo tenemos la descripción de la zona de estudio, en el tenemos incluidos la ubicación geográfica de la ciudad, así como su edafología, hidrografía, clima, uso de suelo y vegetación, el crecimiento de la mancha urbana desde el periodo 1856 a 2010, de la misma forma se puede encontrar la información de las colonias con mayor recurrencia a inundación en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

En el capítulo siguiente tenemos la parte metodológica en el cual se exponen los indicadores que se utilizaron, también se expone la fuente de donde fueron obtenidos los datos y se hace

una descripción de cómo se llevó a cabo el manejo de datos y el proceso para obtener los resultados correspondientes.

En el último apartado tenemos la descripción de los resultados obtenidos tanto de vulnerabilidad como de habitabilidad, de igual manera en este apartado se hace una discusión de estos y se responde a la hipótesis de la investigación.

Planteamiento del problema

México por su ubicación geográfica, es un país el cual está expuesto constantemente al impacto de ciclones tropicales, entre los años de 1970 a 2010, el promedio de ciclones por año fue de 30 tormentas tropicales, de las cuales 16 evolucionaban a la categoría de huracán (SMN, 2013), esto da pie a que el país este expuesto constantemente a lluvias que pueden propiciar inundaciones y poner a los centros poblacionales en estado vulnerable.

Los ciclones tropicales a pesar de que no impactan de manera directa en el estado de Chiapas, siempre han traído consecuencias de carácter económico, como de índole humano muy altas para distintos municipios del estado, por lo que podemos decir que Chiapas es un estado en el cual su población está en constante exposición ante el riesgo de inundación.

En el estudio nos centraremos en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, que es la capital del estado Chiapas, tiene un área de 412.40 km² y una altitud media de 600 msnm, está ubicada entre tres sistemas geomorfológicos importantes estas son: Las montañas del oriente, depresión central altiplanicie central, la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez mayormente está ubicada en la depresión central o en el valle, la zona metropolitana está inmersa en la cuenca del río Sabinal que cuenta con una superficie de 407 km², de las cuales 148.96 km² son de Tuxtla, aproximadamente el 36%, la cuenca nace en el cerro Negro del municipio de Berriozábal y recorre 46.4 km para ir a desembocar en río Grijalva, municipio de Chiapa de Corzo, el cauce principal cuenta con una pendiente media de 1.7 por ciento (Instituto Estatal del Agua, 2013).

Esta cuenca a lo largo de su historia ha presentado de manera constante episodios de inundación, ejemplos de estos episodios son el año de 1996, debido a las fuertes precipitaciones, los niveles alcanzados fueron hasta 2.5 metros, y ese mismo año, una lluvia de 80 mm, diversas colonias del municipio se vieron afectadas por el desborde del río Poti.

Sin embargo el evento más importante se presentó en el año del 2003 con el fenómeno hidrometeorológico Larry, que con lluvias de hasta 225 mm, en la parte alta de la cuenca del Sabinal, se generaba una avenida de hasta 300 metros cúbicos por segundo, este fenómeno expuso la insuficiencia del cauce y afectó a 2181 viviendas, distribuidas en 28 colonias de la ciudad, la mayoría de los daños fueron ocasionados a viviendas que se encuentran asentadas muy próximas al cauce del río el Sabinal, al igual que las viviendas, la red de servicios urbanos, como caminos, agua potable y alcantarillado, fueron afectados por los sedimentos que arrastró el río (Protección Civil, 2015).

Ante de la presencia de amenaza por inundación en los últimos 20 años las inundaciones en el río Sabinal han aumentado la exposición de la población urbana del municipio de Tuxtla generando pérdidas económicas en el patrimonio de la sociedad que vive al margen de las áreas de inundación concurrentes.

Derivado de los cambios ambientales globales la vulnerabilidad a inundaciones es cada vez más frecuente entre los distintos sectores de la población, lo que ha impactado en las capacidades de la infraestructura hidráulica del municipio de Tuxtla, esto afectando las condiciones de habitabilidad en los distintos AGEBS urbanos ubicados en las márgenes del río Sabinal, esto se ve reflejado en que de las 2554 colonias que existen en Tuxtla Gutiérrez,

54 son los que se ven constantemente afectadas por las inundaciones, estos representa el 2.5% de las colonias que hay en Tuxtla Gutiérrez.

Justificación

En los últimos años la ciudad de Tuxtla Gutiérrez ha crecido de manera exponencial, lo que ha provocado que cada vez las personas se establezcan en lugares en donde se exponen a distintas amenazas, una de estas son las inundaciones, las cuales se presentan en la ciudad de manera constante, afectando a la población urbana que habita en los márgenes del Río Sabinal. Por esta razón es importante que se realice un estudio en donde sean expuestas las zonas más vulnerables a sufrir inundaciones y además que mida la habitabilidad de estas mismas zonas, con ello podremos conocer si hay una relación directa entre la exposición a un riesgo y la calidad de vida que se podría desarrollar en zonas expuestas.

Con la realización de este estudio se obtendrán tres resultados importantes, a mencionar:

1. Se identificarán las zonas vulnerables a sufrir inundaciones,
2. se obtendrá el grado de habitabilidad que presentan las zonas inundables
3. se hará una comparación en donde se muestre si hay alguna relación directa entre el punto 1 y el 2, identificando si la habitabilidad es afectada por la vulnerabilidad a inundaciones o si estos son totalmente independientes.

Esta información es de gran relevancia debido a que no se realizará considerando únicamente la amenaza, si no que con ello podremos observar si una amenaza que afecte a dicha lugar, también afecta la calidad de vida de las personas.

Con la posible variación de resultados que se obtengan, las autoridades o personas encargadas de tomar las decisiones podrían crear planes de prevención y mitigación del riesgo además de tener mejor la ubicación de las zonas en donde es prioritaria la atención dicho riesgo.

El realizar este tipo de estudios es una labor importante como licenciado en ciencias de la tierra, ya que cumple con la intención de la carrera de estudiar un fenómeno que afecte a la sociedad, además las herramientas que nos brindan a lo largo de ella nos da la capacidad para poder realizar propuestas que sirvan para la erradicación o adaptación de la sociedad ante cualquier tipo de amenazas.

Hipótesis

A mayor grado de exposición de la vulnerabilidad a inundaciones, entonces menor es el grado de habitabilidad de la población que vive en los AGEBS de los márgenes del Río Sabinal.

Objetivos:

- ❖ Evaluar el impacto de la vulnerabilidad a inundaciones en la población urbana con respecto al tipo de habitabilidad en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Específicos:

- ❖ Contrastar las zonas históricas de inundación en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en los últimos 20 años.
- ❖ Definir el grado de vulnerabilidad a inundaciones en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.
- ❖ Construir un índice de habitabilidad de la población urbana expuesta.
- ❖ Proponer acciones enfocadas a la reducción de la vulnerabilidad a inundaciones en AGEBS que presenten menor grado de habitabilidad urbano.

CAPITULO I. MARCO DE REFERENCIA Y CONCEPTUAL.

I.1 Antecedentes.

Las inundaciones son una amenaza latente para el país, por lo que a lo largo del tiempo se han realizado infinidad de estudios con respecto a este tema, esto con el fin de tener conocimientos de las zonas que probablemente podrían ser afectadas y así poder tomar medidas de prevención ante un posible desastre.

Para efectos de este estudio en este apartado se presentara un resumen de los estudios que se han realizado, estos serán presentados desde una visión nacional (Estudios realizados en otros estados del país), también serán tomados en cuenta estudios realizados en el estado y por ultimo estudios más específicos realizados de manera directa en la cuenca del rio Sabinal, por otro lado también se presentaran estudios de habitabilidad realizados en el país, ya que en el estado la información es escasa.

- **Vulnerabilidad y susceptibilidad ante inundaciones en Acapulco de Juárez, 2000 y 2010.**

En este estudio tiene como objetivo evaluar la dinámica espacial y temporal de la vulnerabilidad y social y susceptibilidad ante las inundaciones de la ciudad de Acapulco, Guerrero, en el periodo de 2000 – 2010.

La ciudad de Acapulco de Juárez actualmente presenta una serie de contrastes físico-geográfico, socioeconómico y político. Está situada sobre un terreno accidentado que se ve reflejado en un crecimiento desordenado, a pesar de que existen planes de ordenamiento, los cuales se diseñaron con el fin de atender el crecimiento económico y poblacional de la ciudad,

además de prevenir los constantes daños producidos por fenómenos hidrometeorológicos, como huracanes y las inundaciones, que están presentes en cada temporada anual de lluvias.

A su vez, los planes han sido poco considerados en la creación de nuevos complejos urbanos, principalmente en zonas históricamente amenazadas por inundaciones. Esta situación hace evidente la necesidad de reconocer integralmente las características de la región, desde la perspectiva geoespacial, para identificar áreas para la implementación de medidas que reduzcan la vulnerabilidad en esas zonas.

La vulnerabilidad social y susceptibilidad ante inundaciones se determinó mediante el análisis espacial del crecimiento urbano, la caracterización social de la población y la caracterización físico-geográfica de las áreas tradicionalmente afectadas por inundaciones. Este análisis se basa en la construcción de índices, a partir de información proveniente de censos de población y cartografía temática.

Los resultados obtenidos revelan un aumento de la susceptibilidad y vulnerabilidad social, en mayor medida en lugares que históricamente han sido afectados por inundaciones.

- **Riesgo por inundaciones en la ciudad de Tapachula, Chiapas, México (investigación para su ordenamiento ecológico y desarrollo urbano).**

Los objetivos del presente estudio, fueron conocer las condiciones físicas, sociales, económicas del municipio y ciudad de Tapachula, dicha ciudad se encuentra vinculada geográfica, cultural, socioeconómica y políticamente con Centroamérica; así como las condiciones de riesgo de inundación por factores geohidrológicos en la cuenca del río Coatán.

El área de estudio fue analizada desde una perspectiva urbana, municipal, regional, estatal y fronteriza. Los métodos utilizados incluyeron el planteamiento epistemológico de los conceptos de vulnerabilidad, riesgo, desastre, gestión, ordenamiento ecológico-territorial y desarrollo urbano. Privilegiándose los métodos geomorfológicos, del ordenamiento territorial y planeación urbana.

Los principales resultados muestran la necesidad de considerar a esta ciudad y aquellas en condiciones similares desde una óptica de interacciones urbano-rurales, bajo un enfoque vertical de una cuenca para su manejo como tal y horizontal-regional a través de su red de conexión vial y condiciones socioeconómicas, para su desarrollo rural; la necesidad de protección y manejo efectivo de áreas naturales, incluidas las urbanas y la promoción de Tapachula como territorio sustentable.

Las conclusiones destacan la importancia de la gestión ambiental y la necesidad de la acción coordinada interinstitucional a nivel federal, estatal y municipal, destacando la importancia de la investigación y la utilización de sus resultados a través de su disponibilidad por diferentes medios (publicaciones, divulgación), y en los sistemas de información geográfica.

I.1.1 Antecedentes en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Estudio de riesgos de inundaciones en zonas urbanas de la República Mexicana.

El objetivo es diseñar una metodología para la generación de mapas de riesgo y vulnerabilidad por efecto de las inundaciones en zonas urbanas. El trabajo está dirigido para ser parte de la actualización del Atlas de Riesgo de inundaciones en México, lo anterior permitirá prevenir riesgos asociados por inundación a la infraestructura local.

Como parte de los objetivos del trabajo son: Subdividir la cuenca hidrológica y superponer la división con los centros de población densamente poblados, priorizar zonas de inundación para la valoración de daños generada por las inundaciones con el fin de mitigar la pérdida de recursos económicos, para esto se considera simulaciones bidimensionales para la generación de mapa de inundación, generar una herramienta para la toma de decisiones en el control de inundaciones dentro de las zonas urbanas, describir los criterios utilizados para la definición de áreas de inundación: tirante, velocidad e intensidad de sumersión y aplicar la metodología desarrollada en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez para mostrar los alcances y beneficios de la misma.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Mapas de vulnerabilidad que consideran los escenarios de flujo: Para lluvias con diferentes periodos de retorno sin considerar fallas de infraestructura hidráulica y otro escenario es considerar la falla de alguna infraestructura hidráulica, mapas de riesgo por inundación en el sitio seleccionado, considerando los componentes de hidrología superficial y subterránea, se delimitaran con mayor detalle las zonas de inundación dentro de la cancha urbana considerando los mapas de peligro para

diferentes periodos de retorno.

- **Descripción de eventos hidrometeorológicos extremos en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.**

Para efectos de la realización de este trabajo se van a tomar en cuenta fenómenos hidrometeorológicos que han afectado la cuenca durante los últimos 20 años, sin embargo, en este apartado se hará mención de los fenómenos de mayor relevancia.

- El jueves 31 de mayo del 2001, fuertes lluvias provocaron el desbordamiento de varios de los afluentes del Río Sabinal, afectando a las Colonias Los Pájaros, Bienestar Social, Terán y Potinaspak. Las lluvias del mes de mayo provocaron además el derrumbe de una barda del penal de Cerro hueco, afectaciones a 150 viviendas de 20 colonias; situación que se generó principalmente, por la falta de capacidad de los cauces de los arroyos tributarios del Río Sabinal y por el cambio de uso del suelo; ocasionando que el tiempo de concentración sea inferior o igual al tiempo de duración de la precipitación (CONAGUA, 2013).
- El 6 de octubre del 2003, la Tormenta Tropical Larry causo lluvias intensas en el centro y sur de la República Mexicana, en especial en la parte alta de la cuenca del rio Sabinal 225mm), generando una avenida con un gasto máximo estimado de 300 m³/s, lo cual Ocasionó el desbordamiento del rio afectando a una superficie de 290 ha.

Los caudales desbordados provocaron serias afectaciones en decenas de colonias de Tuxtla Gutiérrez, con afectación a 28 colonias importantes, 39,000 habitantes y 49,720 viviendas.

La existencia de azolve, basura y vegetación en los cauces; estructuras de cruce (puentes), bóvedas y obras de captación pluvial, hacen que disminuya el área hidráulica del cauce principal y sus afluentes; así como la insuficiencia en dimensiones de la sección transversal en algunos puntos del cauce principal y sus afluentes (UNACH y CONAGUA, 2013).

- El 17 de agosto de 2010 se presentó la Onda Tropical No. 23 en la que hubo pérdidas económicas cuantiosas y severos daños a la infraestructura de la ciudad, así como daños a cientos de viviendas, debido a que se tuvo una precipitación de 72.2 mm en una zona sensible (desde el punto de vista hidrológico). Los escurrimientos provocados por estas lluvias inundaron decenas de colonias de la ciudad, provocando pérdidas materiales cuantiosas y de forma sorpresiva e inédita se inundó una de las plazas comerciales más importantes de la ciudad (Mundo, 2012).
- Lluvias de 114 mm dejó un saldo de 6 ríos desbordados y afectaciones en las colonias y fraccionamientos: La ilusión, Albania baja, paso limón, Patria Nueva, Santa Cruz, Linda Vista, Shanka y los barrios San Francisco y Colón, las aguas colapsaron un puente y arrastraron una vivienda. (Excélsior, 2016).

I.2 Estudios de Habitabilidad.

En el estado de Chiapas no se han realizado estudios con respecto al tema de habitabilidad es por eso que los estudios presentados en este apartado serán de otros estados del país en donde este tema ha sido abordado desde distintas perspectivas y de los cuales nos servirán de

guía para adaptar los indicadores y metodología utilizada y así utilizarlas para obtener mejores resultados en el siguiente trabajo.

- **Evaluación de las condiciones de habitabilidad de la ciudad de Puebla (México), mediante la construcción de un índice sintético.**

Los procesos actuales de urbanización en Latinoamérica, continuamente incorporan grandes extensiones territoriales a los límites urbanos, generando una metropolización desigual y problemas socio-ambientales que afectan la habitabilidad de sus habitantes.

La ciudad de Puebla (México), ha crecido aceleradamente en las últimas décadas, por lo que en este trabajo tiene por objetivo evaluar las condiciones de habitabilidad a las que se enfrentan pobladores de la Ciudad de Puebla, mediante un índice sintético que integra diversos indicadores.

Los resultados evidenciaron condiciones de habitabilidad altamente heterogéneas principalmente en la periferia poblana, acentuándose tanto en áreas al oeste como al norte de la ciudad, colindantes con el estado de Tlaxcala. Este trabajo servirá para futuras investigaciones que propongan atender los conflictos sociales.

- **Propuesta metodológica para el análisis de la habitabilidad urbana. Desde la concepción de las “ciudades humanas”.**

El concepto de habitabilidad no solo se restringe al edificio o al objeto arquitectónico, implicara entender este concepto a una escala mayor, para considerar el término de habitabilidad urbana. Con todo ello, el barrio o el vecindario se convierten en el lugar donde,

más allá de los edificios y el espacio público, existe una historia que motiva a los vecinos y el espacio público, existe una historia que motiva a los vecinos a vivir en una comunidad. Es un lugar donde se aprende a ser ciudadano valorando el sentido de pertenencia y reconocimiento de una identidad propia.

En este artículo se analizan desde la concepción de las ciudades humanas, los elementos que definen la habitabilidad urbana a través de tres enfoques:

- El físico – espacial
- El ambiental
- El psico- espacial

Aplicado al estudio de nuestras ciudades, lo que permitirá establecer parámetros que funjan como marcos referenciales para el replanteamiento de estrategias de intervención en el espacio urbano dentro de distintos contextos presentes en nuestras ciudades.

- **Metodología para el análisis de la habitabilidad urbana.**

La habitabilidad está determinada por la relación y adecuación entre el hombre y su entorno, y se refiere a como cada una de las escalas territoriales es evaluada según su capacidad de satisfacer las necesidades humanas.

Esta investigación tuvo como objetivo proponer un esquema metodológico para el análisis de la habitabilidad en entornos urbanos consolidados, basado en tres enfoques: físico-espacial, el medio ambiental, social e infraestructura. Utilizando diferentes técnicas de

investigación cualitativa y cuantitativa, se plantearon procedimientos para la elaboración de un diagnóstico que permitiera conocer datos específicos sobre la habitabilidad.

La presencia de determinadas actividades económicas, la estructura urbana, la densidad de población, la cobertura y calidad de los servicios, en interrelación con las costumbres y usos de sus habitantes (modos de vida y cotidianidad social) permitieron establecer que la habitabilidad constituye una condicionante esencial para el desarrollo de la calidad de vida.

- **Servicios complementarios de la habitabilidad en las viviendas de la zona metropolitana de Toluca, México.**

Esta investigación estudia los servicios complementarios que permite la existencia de la habitabilidad de las viviendas en la zona metropolitana de Toluca a escala de AGEB urbano, entendida como el espacio que cubre la necesidad humana de residencia, con accesibilidad a servicios públicos (agua potable, energía eléctrica, drenaje, saneamiento), materiales de construcción durables y acordes a las condiciones ambientales y geográficas, así como la cercanía con las fuentes de trabajo, educación, salud y recreación, sin riesgos (Ávila, 2016).

Evaluar la habitabilidad de las viviendas se construye el indicador de accesibilidad mediante la estimación de servicios, integra la accesibilidad a seis servicios complementarios: empleo, salud, educación, abasto, áreas verdes y recreación. Se utilizan a datos oficiales de las viviendas del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI, 2014).

Los resultados obtenidos del índice de habitabilidad generan un patrón centro- periferia, donde las zonas con mayores ventajas corresponden a las zonas centrales de los municipios de Toluca y Metepec de la conformación física metropolitana.

Esta situación es derivada de su expansión urbana más recientemente y por los procesos de migración intermunicipales que se presenta en las actividades socioeconómicas con los municipios colindantes.

La intención de dicho estudio es mostrar antecedentes a diferentes escalas geográficas para poder analizar las diferentes aplicaciones de metodologías para la medición de la habitabilidad, para lograr la interpretación y comparación de los resultados. Sin embargo, para el caso de la habitabilidad hay exclusión de este análisis debido a que el tema en particular es novedoso en el país lo que provoca que en muchas regiones no se hayan realizado aun estudios de este tipo, este es el caso del estado de Chiapas y en particular de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, esto da pie a que el trabajo que se realizó, muestra los primeros resultados de habitabilidad para la ciudad.

I.3 Marco Conceptual

En este capítulo se desarrollarán de manera breve los conceptos necesarios para la realización de este estudio, las definiciones serán concisas, pero de gran importancia, pues son las que sustentan teóricamente al estudio, los conceptos se desarrollan a continuación:

I.3.1 Riesgo

El diccionario de la Real Academia Española (RAE, 1992) define el riesgo como la contingencia o proximidad de un daño; en donde contingencia se define como la posibilidad de que algo suceda o no suceda, especialmente un problema que se plantea de manera no prevista, aunque otros autores como White (1974), Varnes (1984), Cardona (1993), Aneas (2000), Díaz (2004), entre otros definen con un enfoque cuantitativo, que se puede resumir como la estimación de costos debido a las pérdidas esperadas por la ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre.

La UNESCO define el riesgo como la posibilidad de pérdida tanto en vidas humanas como en bienes o en capacidad de producción. Una población, una región o un país se encuentran en riesgo cuando existe una combinación de los factores naturales y condiciones sociales que hacen a dicha sociedad propensa a un desastre, para calcular el riesgo se puede usar la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

I.3.2 Amenaza

Para poder entender la fórmula planteada anteriormente es importante definir cada uno de los componentes de esta, el primer componente es la amenaza que se define como la posibilidad que ocurra un fenómeno, ya sea de origen natural o generado por el ser humano, el cual representa un peligro para las personas, su entorno, edificaciones, cultivos, economía, pudiéndoles causar daños y pérdidas, por no estar preparadas para resistirlo como comunidad.

Amenaza = Peligro (UNESCO, 2012).

Otra definición que se encuentra menciona que la amenaza son varios fenómenos de origen natural o de otro tipo, que pueden poner en peligro la vida, el ambiente y en general el bienestar y el desarrollo y surge a partir de la exposición de los elementos que constituyen los sistemas sociales y ambientales significa que los eventos físicos tienen como consecuencia la configuración de los fenómenos físicos como amenaza, es decir sin exposición no hay amenaza, como lo señalan Narváez, Lavell y Ortega (2009) “sin exposición no hay posibilidad de amenaza o riesgo” (Orozco y Guevara, 2011).

I.3.2.1 Clasificación de las amenazas

Las amenazas pueden clasificarse en tres tipos (UNESCO, 2012), estas son:

- ***Amenazas naturales:*** Estas tienen su origen en la dinámica propia del planeta, en la atmósfera, océano o en la tierra.
- ***Amenazas antropogénicas:*** Son generadas por la acción intencional o accidental del hombre.
- ***Amenazas socionaturales:*** Se expresan a través de fenómenos naturales, pero en su ocurrencia, intensidad y efectos interviene la acción del ser humano.

De igual forma con las clasificaciones se pueden referir otras como es la obtenida de Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISRD) publicado en 2009, en donde se propone una clasificación de acuerdo a su fuente de origen, la clasificación se presenta a continuación:

- ***Amenaza Biológica:*** Un proceso o fenómeno de origen orgánico o que se transporta mediante vectores biológicos, lo que incluye la exposición a microorganismos patógenos, toxinas y sustancias inactivas que pueden ocasionar la muerte, enfermedades u

otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales.

- **Amenaza Geológica:** Un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

- **Amenaza Hidrometeorológica:** Un proceso o fenómeno de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

- **Amenaza Socionatural:** El fenómeno de una mayor ocurrencia de eventos relativos a ciertas amenazas geofísicas e Hidrometeorológica, tales como aludes, inundaciones, subsidencia de la tierra y sequías, que surgen de la interacción de las amenazas naturales con los suelos y los recursos ambientales explotados en exceso o degradados.

- **Amenaza Tecnológica:** Una amenaza que se origina a raíz de las condiciones tecnológicas o industriales, lo que incluye accidentes, procedimientos peligrosos, fallas en la infraestructura o actividades humanas específicas que pueden ocasionar la muerte, lesiones, enfermedades u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales o económicos, o daños ambientales.

Los fenómenos hidrometeorológicos, son aquellos que tienen por origen un elemento en común: el agua, este tipo de fenómenos tiene la capacidad de ocasionar efectos negativos en las esferas ambiental, económica y social cuando se presentan de manera extraordinaria, sobre todo en sitios identificados de alto riesgo, cuyas poblaciones son especialmente

vulnerables, sin embargo, no todo con respecto a ellos es malo, ya que uno de los beneficios que estos traen es que las lluvias que estos producen son la principal causa de recarga de los mantos acuíferos.

Según la Ley General de Protección Civil, (LGPC) define a un fenómeno hidrometeorológicos como un agente perturbador que se genera por la acción de los efectos atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo y polvo y electricidad; heladas, sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados (DOF, 2014).

1.3.3 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad puede entenderse como la suma de los factores, que, correlacionados y subyacentes a la exposición a los eventos físicos potencialmente peligrosos, hacen que un elemento (personas, infraestructura, ambiente y medios de vida) sea propenso a daño o pérdida (Cardona, 2001).

La vulnerabilidad es el resultado de condiciones sociales, políticas y económicas que asignan diferentes números de debilidad o falta de resistencia a determinados grupos sociales (Narváez, Lavell y Ortega, 2009). Es enfoque identifica una serie de circunstancias como causas de la vulnerabilidad como son:

1.- Los grados de resistencia de personas, infraestructura, ambiente y medios de vida.

2.- Los grados de resiliencia de las personas, infraestructura, ambiente y medios de vida.

3.- *Las condiciones socio económicas y de bienestar de vida.*

4.- *Los grados de protección social y autoprotección individual.*

5.- *El nivel de gobernabilidad de la sociedad.*

La vulnerabilidad regularmente es definida la mayoría de las veces en relación con un tipo de amenaza, sean eventos de origen físico o de origen antropogénicas. La unidad de análisis (individuo, hogar o grupo social) se define como vulnerable ante una amenaza específica, o es vulnerable a estar en una situación de pérdida, que puede ser de salud, ingreso, capacidades básicas, etc. (Alwang y otros, 2001).

El análisis de la construcción de la vulnerabilidad se hace en dos momentos distintos del proceso. Por un lado, en las condiciones en que la unidad de análisis tiene antes de una situación de estrés, que le hacen más o menos propensa a una pérdida específica. Por otro lado, están las formas que se desarrolla la unidad de análisis para enfrentar una situación de estrés una vez que esta ha ocurrido y que se relacionan con la capacidad de ajuste (Watts y Bohle, 1993; Fraser, 2003).

I.3.3.1 Dimensiones de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se puede clasificar de la siguiente manera (UNESCO, 2012):

- ***Vulnerabilidad ambiental o natural:*** Está relacionado con el estado del ecosistema en el cual se desarrolla la comunidad, representada por los elementos agua, aire y suelo. Influye en ella, la manera en que el ser humano explota o degrada los recursos naturales.

- ***Vulnerabilidad física:*** Está relacionada con la ubicación física de la comunidad en áreas amenazadas con las características técnico- materiales en la construcción de la infraestructura que determinan que tan resistentes son al impacto de amenazas y por último la capacidad que tengan los mismos para asimilar los efectos del fenómeno amenazante.

- ***Vulnerabilidad social:*** Está conformada por el conjunto de relaciones, comportamientos, creencias, formas de organización y maneras de actuar de las personas y de las comunidades que les permita asimilar de forma más rápida y segura los efectos de una situación que lleve a un desastre.

- ***Vulnerabilidad económica:*** Relacionada con el desarrollo económico de un país, región o comunidad, y con la utilización adecuada de los recursos económicos disponibles que contribuyen a reducir o anular las condiciones de emergencia y desastre. Esta influye en la capacidad de respuesta de las comunidades ante situaciones de desastres, estableciendo diferencias en las situaciones post-desastres.

- ***Vulnerabilidad urbana:*** Se refiere a la potencialidad de que la población de un determinado espacio urbano concreto sea afectada por alguna circunstancia adversa, de modo que el concepto alude no tanto a la existencia de una situación crítica constatada en la actualidad como a la de unas determinadas condiciones de riesgo, fragilidad, desfavorecimiento o desventaja que harían posible la entrada en esa situación crítica (Bruquetas, Moreno, Walliser 2005).

I.3.3.2 Enfoque de vulnerabilidad a cambio climático.

La vulnerabilidad al cambio climático está relacionada con los sistemas físicos y se considera un problema de desarrollo (Lampis, 2013). Este enfoque describe una forma más analítica del concepto vulnerabilidad, incorpora más elementos como el territorio y el clima. Este enfoque describe una forma más analítica del concepto de vulnerabilidad, incorpora más elementos como el territorio y el clima.

El impacto de las amenazas en tiempo real permite generar acciones de alertamiento sobre los efectos en el territorio y la posibilidad de daños a futuro. Los efectos producto de las actividades humanas propician estrés en el ambiente, por lo que las amenazas o peligros son más constantes y de mayor intensidad en la actualidad (Sánchez y Bonilla, 2007).

La vulnerabilidad es considerada una medida que evalúa es considerada una medida que evalúa la exposición ambiental, social, económica y política a una gama de posibles perturbaciones nocivas. Es un espacio social de varias capas multidimensionales definidas por las capacidades determinadas de la gente en lugares y momentos específicos (Bohle y otros, 1994).

Para Watson y otros, (1996) la vulnerabilidad es el grado en que puede dañar o generar daños a uno o más sistemas. No solo depende de la sensibilidad de un factor expuesto, sino también de su capacidad para adaptarse a las condiciones climáticas.

Por su parte, Adger incluye en los estudios de vulnerabilidad a la exposición de los grupos o individuos al estrés como resultado de los impactos del cambio climático y extremos

climáticos. Engloba la interrupción de los grupos o individuos, medios de vida y la adaptación forzada a los cambios en el entorno físico. (Adger, 1999).

La vulnerabilidad es un concepto que debe ser estudiado de forma multidimensional, la cual incluye la exposición, considerada como el grado al cual un grupo humano o ecosistema entra en contacto con un riesgo particular, la sensibilidad es el grado al cual una unidad de exposición es afectada por la exposición y la resiliencia no es más que la capacidad para resistir o recuperarse del daño asociado con la convergencia de presiones múltiples (Clark y otros, 1998).

El IPCC define a la vulnerabilidad como el grado al cual un sistema es susceptible, incapaz de hacer frente a los efectos adversos, como la variabilidad climática y eventos extremos. Existen tres componentes para el análisis: La exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación del sistema a los cambios externos, agrega que dependerá del carácter, magnitud y rapidez a que está expuesto a un sistema.

Los estudios consultados para detallar este enfoque de vulnerabilidad ante el cambio climático hacen referencia al grado en que se han llevado a cabo las investigaciones del tema por organismos internacionales como Panel Intergubernamental de Cambio Climático, describe en sus reportes sobre el estado de la vulnerabilidad, la importancia de profundizar en el impacto espacial y su intervención local.

Existen etapas que han permitido disminuir la susceptibilidad de la población en la atención de desastres por eventos climáticos extremos estas son: prevención, adaptación y mitigación (IPCC, 2001 y 2007).

Para los investigadores sociales consideran a la vulnerabilidad a cambio climático como la incapacidad de las personas para hacer frente a los peligros, aunado a factores socioeconómicos.

En contraste, los investigadores del clima consideran al tiempo, las perturbaciones climáticas, la probabilidad de la ocurrencia y relacionado con el clima como los eventos extremos para describir la vulnerabilidad (Nicholls y otros, 1999).

La importancia de contrastar los aspectos analizados en ambos enfoques, riesgo (biofísico) y cambio climático (socioambiental), implica que sea este último es que más recientemente se trabaja por las condiciones climáticas cambiantes, al ser los fenómenos ciclónicos eventos que se presentan anualmente en las zonas costeras, la identificación de zonas vulnerables y sectores sociodemográficos determinan la situación de afectabilidad puede presentarse en el futuro.

La vulnerabilidad por cambio climático puede definirse en tres puntos:

- Evalúa la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.
- Conocimiento de probabilidad de nuevos eventos e intensidades hacia futuro.
- Genera modelos o escenarios climáticos a futuro.

I.3.4 Habitabilidad.

Según la Real Academia Española (RAE) puede definirse a la habitabilidad como la cualidad de lo habitable y en particular la que con arreglo a determinadas normas legales tienen un local o vivienda.

Otra definición de habitabilidad nos dice que son un conjunto de condiciones físicas y no físicas que permiten la permanencia humana en un lugar, su supervivencia y, en grado u otro, la gratificación de su existencia (Saldarriaga Roa, 1976).

La habitabilidad se refiere a la calidad del hábitat, la cual se obtiene a partir de la adecuación entre el ser humano y su medio (Colavidas, Salas, 2003). Estos la han definido de una manera sistematizada con el fin de obtener aspectos estructurales y sociales que contribuyan al desarrollo humano, como son la vivienda, la salud y la educación.

La habitabilidad puede definirse como el grado de adecuación entre el habitante y el espacio construido y el nivel en que las necesidades habitacionales son satisfechas para cada familia, de acuerdo a su percepción (Hastings, 2008).

Otra definición de habitabilidad define la habitabilidad de las viviendas, es el espacio geográfico que cubre la necesidad humana de residencia, con accesibilidad a servicios públicos (agua potable, energía eléctrica, drenaje, saneamiento), materiales de construcción durables y acordes al lugar geográfico, cercanía con el trabajo, educación, salud y recreación, sin riesgos naturales y ambientales (Ávila, 2016).

Para la medición de la habitabilidad se toman las siguientes variables (Paramo y Fernández, 2016):

- ***Sostenibilidad ambiental:*** Acciones dirigidas a garantizar la calidad ambiental.
- ***Movilidad y accesibilidad:*** Desplazamiento de los usuarios dentro y hacia el espacio público y accesibilidad a los mismos.
- ***Servicios:*** Tipos de servicios disponibles en el espacio público.
- ***Dinámica cultural:*** Disponibilidad de propuestas culturales.
- ***Dinámica Gubernamental:*** Propuestas impulsadas por el Gobierno en función de la intervención de espacios públicos.
- ***Dinámicas Sociales:*** Estímulos al fomento de las relaciones sociales y la participación de los individuos.
- ***Economía y consumo:*** La forma y medios en que se satisfacen necesidades humanas de consumo.
- ***Infraestructura:*** Oferta y estado de la infraestructura disponible como soporte al desarrollo de actividades y funcionamiento del espacio público.
- ***Seguridad y protección:*** Acciones destinadas a la convivencia pacífica y erradicación de la violencia.

I.3.5 Cuenca.

Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (parte más alta de la montaña) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que

confluyen y desembocan en un punto llamado también como punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago o el mar (SEMARNAT, 2013).

Las cuencas hidrográficas permiten entender espacialmente el ciclo hidrológico, así como cuantificar e identificar los impactos acumulados de las actividades humanas o externalidades a lo largo del sistema de corrientes o red hidrográfica, que afectan positiva o negativamente la calidad y cantidad de agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes (ver tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de cuencas hidrográficas por extensión

Nombre	Área en hectáreas
Cuenca	Mayor a 50 mil
Subcuenca	De 5 mil a 50 mil
Microcuencas	Entre 3 mil y 5 mil

Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA, 2019).

Se refiere a la definición geográfica de la misma, es el contorno o límite de la misma que drena el agua a un lugar común, una cuenca incluye ecosistemas terrestres y ecosistemas acuáticos y sus límites se establecen por un parteaguas desde donde escurre el agua que se precipita en el territorio delimitado por este, hasta un punto de salida, en ella se distinguen generalmente tres sectores característicos: Alto, medio y bajo, los cuales en función a las

características topográficas del medio pueden influir en sus procesos hidrometeorológicos y en el uso de sus recursos (Llerena, 2003).

En las cuencas hidrográficas se integran sistemas biofísicos, socioeconómicos y político-administrativos. Los distintos componentes de una cuenca interactúan entre sí formando un gran sistema natural. Actualmente se les considera un excelente medio para diseñar e instrumentar políticas orientadas al desarrollo rural y al manejo integral y sostenible de los ecosistemas (Sepúlveda y Rojas, 2002).

1.3.5.1 Inundaciones.

De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (UNESCO, 1974) las inundaciones pueden definirse como el aumento de agua por arriba del nivel normal del cauce. En estos casos el nivel normal se debe entender como aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, inundación es una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que pueden generar pérdidas.

Por otra parte, avenida se define como “una elevación rápida y habitualmente breve de nivel de las aguas en un río o arroyo hasta un máximo desde el cual dicho nivel desciende a menor velocidad (OMM/UNESCO, 1974). Estos incrementos y disminuciones, representan el comportamiento del escurrimiento en un río.

Con lo anterior, se entiende por inundación: aquel evento que, debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en

el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.

Una inundación es el evento que debido a la precipitación (lluvia, nieve o granizo extremo), oleaje, marea de tormenta o falla de alguna estructura hidráulica, provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay, y generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura (CENAPRED, 2012).

La inundación es la acumulación temporal de agua fuera de los cauces y áreas de reserva hídrica de las redes de drenaje (naturales y construidas). Se presentan debido a que los cauces de escorrentía superan la capacidad de retención e infiltración del suelo y/o la capacidad de transporte de los canales. Las inundaciones son eventos propios y periódicos de la dinámica natural de las cuencas hidrográficas (IDEAM, 2014).

Tipos de inundaciones

Las clasificaciones más comunes obedecen a su origen, o bien, al tiempo que tardan en presentarse sus efectos (CENAPRED, 2004). De acuerdo a su origen los principales tipos son:

- ***Inundaciones pluviales:*** Son consecuencias de la precipitación, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días. Su principal característica es que el agua acumulada es agua precipitada sobre esa zona y no la que viene de otra parte (de la parte alta de la cuenca).

Los principales mecanismos a través de los cuales se genera la precipitación son:

1.- Ciclones tropicales: Al transportar grandes cantidades de humedad, pueden provocar tormentas de larga duración, del orden de varios días y abarcar grandes extensiones.

2.- Lluvias orográficas: Se originan corrientes de aire húmedo que chocan con las barreras montañosas, provocando su ascenso y consecuente enfriamiento, lo que da lugar para su condensación y, como resultado, la ocurrencia de precipitación en el lado por donde sopla el viento (barlovento) hacia las montañas.

El relieve representa un importante factor en la distribución de las lluvias, ya que actúa como una barrera o un modificador de la dirección del viento. Usualmente esta distribución de la precipitación es muy irregular entre las dos vertientes de una misma cadena montañosa, sobre todo cuando su eje es más o menos perpendicular a la dirección de los vientos húmedos dominantes.

3.- Lluvias invernales: Consisten en el desplazamiento de frente de aire frío procedentes de la zona del Polo Norte.

4.- Lluvias convectivas: Tienen su origen en el calentamiento de la superficie terrestre, ya que algunas áreas de la superficie terrestre absorben mejor que otras los rayos solares, por ello, el aire en contacto con esas zonas cálidas llega a calentarse más que en los alrededores, lo que da lugar a unas corrientes verticales y con las que asciende el aire caliente húmedo, estas llegan a la troposfera, se enfrían rápidamente,

produciéndose la condensación del vapor de agua y formándose nubes densas, se presentan en áreas reducidas ya que el ascenso y descenso de las corrientes solo muestran un espacio local.

• ***Inundaciones fluviales:*** Se generan cuando el agua que se desborda de los ríos queda sobre la superficie de terreno cercano a ellos. A diferencia de las pluviales, en este tipo de inundaciones el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes corresponde a precipitaciones registradas en cualquier parte de la cuenca tributaria y no necesariamente a lluvia sobre la zona afectada.

El volumen que escurre sobre el terreno a través de los cauces, se va incrementando con el área de aportación de la cuenca, por lo que las inundaciones fluviales se dan en los ríos con mayor longitud o que lleguen hasta las planicies costeras.

• ***Inundaciones costeras:*** Se presentan cuando el nivel medio del mar asciende debido a la marea y permite que este penetre tierra adentro, en las zonas costeras, generando el cubrimiento de grandes extensiones de terreno.

La marea de tormenta es generada por los vientos de los ciclones tropicales sobre la superficie del mar y por la disminución de la presión atmosférica en el centro de estos meteoros, el oleaje del océano puede ser provocado por diversos factores, pero el más común es el viento.

• ***Inundaciones por falla de infraestructura hidráulica:*** Si la capacidad de las obras destinadas para la protección es insuficiente, puede generar una inundación, aún más graves que las antes mencionadas.

Afortunadamente las inundaciones por insuficiencia de obras de almacenamiento y control son poco frecuentes, estas fallas pueden presentar fallas debidos a diversos factores como son:

1.- Diseño escaso: Esto se da debido a la falta de información hidrológica en la cuenca o de la climatología misma que afecta la región.

2.- Mala operación: Se refiere prácticamente a las presas con compuertas. Las posibles alternativas son:

- Cuando la compuerta de una presa se abre más de lo necesario y las descargas a través del vertedor producen una cantidad mayor de agua que puede producir desbordamiento aguas abajo.

- Cuando dicha compuerta no se abre lo suficiente para dejar pasar la crecida, tratando de almacenar el mayor volumen de agua y posteriormente su capacidad es insuficiente, el agua sube de nivel más allá de lo diseñado y pone en peligro la estabilidad de la cortina.

3.- Falta de mantenimiento o término de la vida útil de la obra: Este es el caso de la vida útil que los arquitectos o los constructores de obras le dan a las obras que construyen.

I.3.5.2 Clasificación dependiendo del tiempo de respuesta de la cuenca.

La respuesta hidrológica de una cuenca depende de sus características fisiográficas. Básicamente se han definido dos grupos: Inundaciones lentas e inundaciones rápidas. Esto significa que en cuencas cuya respuesta hidrológica es lenta se generan avenidas en un tiempo relativamente largo; en ellas ocurren principalmente daños materiales.

Mientras que cuando la inundación se forma en poco tiempo se llama inundación súbita, causando, principalmente, la pérdida de vidas humanas en zonas pobladas.

- ***Inundaciones lentas:*** Al ocurrir una precipitación capaz de saturar el terreno, esto es, cuando el suelo no puede seguir absorbiendo más agua de lluvia, el volumen remanente escurre por los ríos y arroyos sobre el terreno.

Conforme el escurrimiento avanza hacia la salida de la cuenca, se incrementa proporcionalmente con el área drenada, si el volumen que fluye por el cauce excede la capacidad de este, se presentan desbordamientos sobre sus márgenes y el agua desalojada puede permanecer horas o días sobre el terreno.

Esto se presenta regularmente donde la pendiente del cauce es pequeña y por ende la capacidad de los ríos disminuye considerablemente provocando desbordamientos que generan inundaciones en zonas aledañas.

- ***Inundaciones súbitas:*** Estas son el resultado de lluvias repentinas e intensas que ocurren en áreas específicas. Pueden ocasionar que pequeñas corrientes se transformen, en cuestión de minutos, en violentos torrentes capaces de causar grandes daños.

Las zonas urbanas son usualmente sitios donde se presentan este tipo de avenidas, como consecuencia de la cubierta impermeable formada artificialmente por los edificios y calles, así como por la deforestación. Debido a ello, el agua no puede infiltrarse y prácticamente todo el volumen precipitado se convierte en escurrimiento.

La diferencia entre estas inundaciones es el tiempo que tardan en manifestarse los efectos desde que comienza a llover hasta que se genera el escurrimiento. Una manera de caracterizar es el tiempo de concentración que es una característica de la cuenca.

I.3.6 Escalas geográficas

El marco geoestadístico nacional es un sistema único y de carácter nacional diseñado por el INEGI para referenciar correctamente la información estadística de los censos y encuestas con los lugares geográficos correspondiente, nacional está conformado por las áreas geoestadísticas divididas en tres áreas de desagregación:

- ***Áreas Geoestadísticas Estatales (AGEE):*** Es la extensión territorial que contiene todos los municipios que pertenecen a una entidad federativa, definidos por límites geoestadísticos que se apegan, en la medida de lo posible, a los límites de lo político – administrativos.

- **Áreas Geoestadísticas Municipales (AGEM):** Es la extensión territorial que corresponde al espacio geográfico de cada uno de los municipios que conforman la división política de las entidades federativas de los Estados Unidos Mexicanos; El número total de AGEM por estado será igual al de sus municipios.

Los Límites se apegan en lo posible a los límites político – administrativo de cada municipio o delegación, dentro de esas áreas se encuentran todas las localidades urbanas y rurales que pertenecen a cada uno de los municipios y delegaciones.

- **Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB):** Es la extensión territorial que corresponde a la subdivisión de las áreas geoestadísticas municipales. Constituye la unidad básica del Marco Geoestadístico Nacional y, dependiendo de sus características, se clasifican en dos tipos:

1. **Área Geoestadísticas básica urbana:** Área ocupada por un conjunto de manzanas que generalmente va de 1 a 50, perfectamente delimitadas por calles avenidas, andadores o cualquier otro rasgo fácil de identificación en el terreno y cuyo uso de suelo sea principalmente habitacional, industrial, de servicios, comercial, etc. Solo se asignan al interior de las localidades urbanas.
2. **Área Geoestadística básica rural:** Subdivisión de las áreas geoestadísticas municipales que se ubican en la parte rural, cuya extensión territorial es variable y se caracteriza por el uso del suelo de tipo agropecuario o forestal.

Contiene localidades rurales y extensiones naturales como pantanos, lagos, desiertos y otros, delimitada por lo general por rasgos naturales (ríos, arroyos, barrancas, etcétera) y culturales (vías de ferrocarril, líneas de conducción eléctrica, carreteras, brechas, veredas, ductos, límites prediales, etcétera).

I.3.7 Marco Legal

En México la implementación de políticas de Ordenamiento Territorial ha desarrollado dos vertientes: Una orientada hacia la planeación urbana a partir de 1976, con la Ley General de Asentamientos Urbanos y otra dirigida hacia la aplicación de una política ambiental con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en 1988, en el primer caso, planes de desarrollo urbano y municipal y ordenamiento territoriales; en el caso, ordenamientos ecológicos.

Este apartado tiene la intención de presentar un análisis de la evolución de las políticas de Ordenamiento Territorial en México, así como presentar los diferentes instrumentos elaborados y decretados a diferentes escalas, y de la problemática y los retos que enfrenta la gestión de dichos instrumentos en el futuro inmediato.

En 1940 se implementaron políticas de planeación con enfoque territorial orientadas a:

- Desequilibrios regionales provocados por el proceso de concentración ambiental.
- Crecimiento urbano acelerado y desordenado asociado.

- La intensificación en la explotación de los recursos naturales.

A partir de la década de 1970, las políticas territoriales en México dieron un importante giro y comenzaron a tener una orientación y alcance nacional. En 1976 se decretó la Ley General de Asentamientos Urbanos (LGAH), en la cual por primera vez apareció el concepto de ordenamiento territorial en relación con los asentamientos humanos y se estableció como objetivo lograr una distribución sustentable de la población y actividades económicas.

La institución encargada de dar seguimiento a lo señalado por la LGAH fue la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) y junto a esta se dio a conocer el Primer Plan Nacional de Planeación Urbana, como el instrumento y la organización institucional que orientaría la planeación urbana del país a diferentes escalas.

En 1983 se decretó la Ley de Planeación (LP), la cual estableció la creación de un sistema de planeación a nivel nacional, tiempo después en 1988 se decretó la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), en la que se incorporó al Ordenamiento Ecológico como el instrumento de política ambiental con impacto territorial, pues estaba dirigido a regular el uso del suelo, ese mismo año se publicó el Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio, que constituyó la primera guía metodológica para realizar este tipo de estudios de México.

Las políticas mencionadas anteriormente asentaron las bases para que la planeación territorial y crecimiento urbanos, de la cual deriva las actuales políticas que nos ayudan a realizar

estudios para el desarrollo humano y proveer las mejores condiciones de vivienda a la sociedad.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el artículo 4 se menciona en su sexto y séptimo párrafo que toda persona tiene derecho a disfrutar de una vivienda digna y decorosa y derecho a un ambiente sano, además de que debe contar con los servicios necesarios, estos servicios y la vivienda en teoría la ley se debería de encargar de que se cumpla para todos los habitantes del país.

Ley General de Asentamientos Humanos: En el Capítulo en sus artículos 4 y 5, menciona a los principios que deben apegarse las políticas públicas para crear legislaciones de asentamientos humanos, centros de población y ordenamiento territorial.

Ley General de Asentamientos Humanos, Desarrollo Territorial y Desarrollo Urbano en su artículo 2 menciona que todas las personas sin importar sexo, raza, etnia, edad, limitación física, orientación sexual, tienen derecho a vivir y disfrutar de ciudades y asentamientos humanos en condiciones sustentables, resiliente, saludables, productivos, equitativos, justos, incluyentes, democráticos y seguros.

El instrumento más importante en cuestión de regulación de viviendas en el país es la Ley de vivienda publicada el 27 de junio de 2006, por Vicente Fox Quesada y que tuvo su última modificación en mayo de 2019, en dicha Ley están plasmados los reglamentos que se deben tomar en cuenta para lograr que todos los habitantes dispongan de una vivienda digna.

Para el caso de este estudio se va a utilizar distintos tipos de capas cartográficas las cuales servirán para mostrar las características de nuestra área de estudio y poder identificar los diversos indicadores para medir nuestros índices de vulnerabilidad y de habitabilidad, la cartografía a utilizar en este trabajo será la siguiente:

- ❖ Carta de Uso de suelo y vegetación: Esta capa se utilizará para describir el tipo de uso de suelo y la vegetación con el que cuenta la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, además se hará una comparación de distintas ediciones de la capa para observar cómo ha sido la tendencia de crecimiento de la mancha urbana y como ha sido modificada la vegetación y los distintos usos de suelo.

- ❖ Clima: Se utilizará para conocer el tipo de clima con el que cuenta la ciudad.

- ❖ Orografía: Esta capa nos ayudara a conocer los elementos del relieve en donde se encuentra la ciudad.

- ❖ AGEB's Urbanos: Con esta capa conoceremos los AGEB's que han sufrido más afectaciones por parte de las inundaciones.

1.3.8 Calculo de precipitación media de una cuenca.

La determinación del volumen de agua precipitado sobre un área dada es de constante aplicación en hidrología y dicho volumen puede determinarse para una tormenta o para una sucesión de tormentas caídas en un período de duración fija. En todos los casos lo que se

calcula es la precipitación media y para ello se utilizan comúnmente tres métodos: Media Aritmética, Polígonos de Thiessen e Isoyetas.

- **Método de la media aritmética:** Consiste en realizar la suma del valor registrado en cada una de las estaciones pluviométricas y/o pluviográficas ubicadas dentro del área en estudio y dividirla por el número total de estaciones, siendo el valor hallado la precipitación media. Se trata de un método de resolución rápida y conlleva un grado de precisión muy relativo, el cual depende: del número de estaciones pluviométricas y/o pluviográficas, de la ubicación de las mismas en la cuenca y de la distribución de la lluvia estudiada.

Es el único método que no requiere de un conocimiento previo de la ubicación de cada estación. El valor buscado se calcula con la siguiente formula:

$$\tilde{p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Siendo:

\tilde{P} Precipitación media sobre la cuenca.

P_i Precipitación observada en la estación i .

n Número de estaciones.

- **Método de los polígonos de Thiessen:** Requiere el conocimiento de la ubicación de cada estación dentro o en la periferia de la cuenca para proceder a su aplicación, identificando el área de influencia de cada pluviómetro y/o pluviógrafo.

Así se van formando triángulos entre las estaciones más cercanas uniéndolas con segmentos rectos sin que éstos se corten entre sí y tratando que los triángulos sean lo más equiláteros posibles. A partir de allí se trazan líneas bisectoras perpendiculares a todos los lados de los triángulos, las que al unirse en un punto común dentro de cada triángulo conforma una serie de polígonos que delimitan el área de influencia de cada estación.

El área de influencia de cada estación considerada polígono está comprendida exclusivamente dentro de la cuenca. La precipitación media es:

$$\tilde{P} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i * A_i)}{A} = \sum_{i=1}^n (P_i * \frac{A_i}{A})$$

Siendo:

\tilde{P} Precipitación media sobre la cuenca.

P_i Precipitación observada en la estación i .

A_i Área del polígono correspondiente a la Estación i .

A Área total de una cuenca.

n Número de estaciones pluviométricas y/o pluviográficas con influencia en la cuenca.

- **Método de las curvas isoyetas:** Para aplicar este criterio se debe contar con un plano de curvas isoyetas de la tormenta en estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación y para trazarlas se requiere un conocimiento general del tipo de tormentas que se producen en las zonas. Primeramente, se utilizan los mismos segmentos que unen las estaciones en estudio, según Thiessen; y para cada uno de ellos, en función de los montos

pluviométricos de dichas estaciones, se van marcando sobre los mismos, los mismos valores de precipitación con el cual se irán formando las isoyetas, de manera proporcional entre la distancia y la diferencia de precipitación de las dos estaciones unidas por cada segmento.

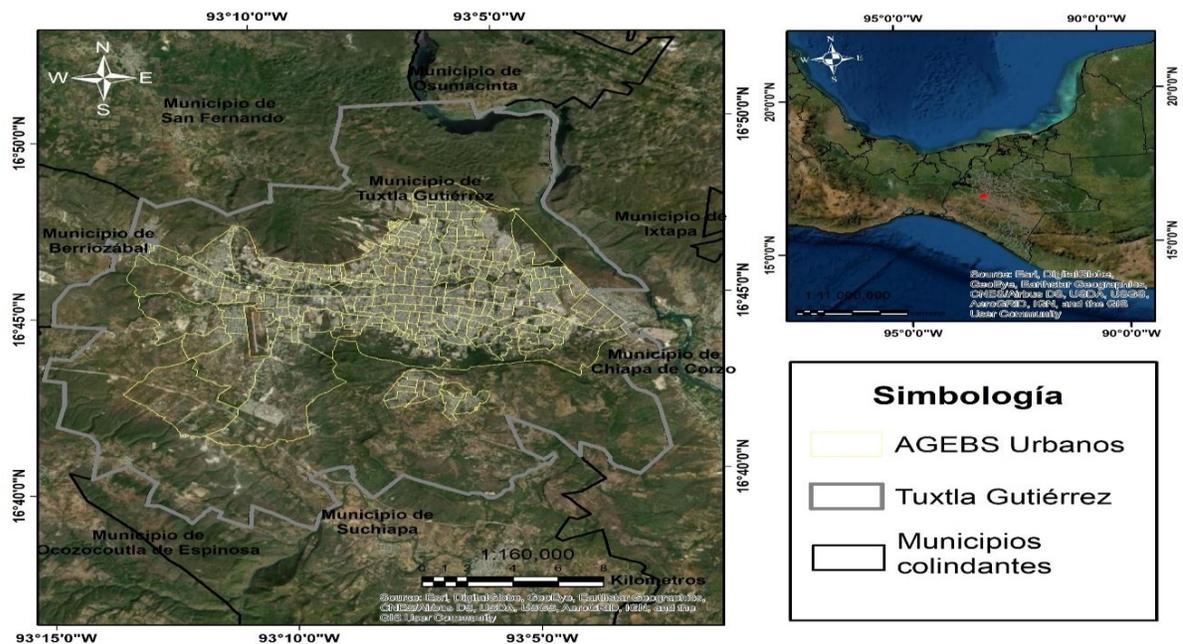
Una vez que las isoyetas se han volcado sobre el plano de la cuenca procede a determinar la superficie encerrada entre curvas, para multiplicarla por la precipitación de esa faja, que es la media entre las dos isoyetas que delimitan la faja, actuando con procedimiento similar al aplicado para curvas de nivel. La sumatoria de tantos términos así calculados como fajas entre isoyetas haya, dividida por el área de la cuenca, nos da el valor de la precipitación media.

CAPÍTULO 2. ZONA DE ESTUDIO

2.1 Aspectos geográficos

Tuxtla Gutiérrez se encuentra ubicada en las coordenadas 16°51' latitud norte, 93°02' longitud oeste, y se encuentra en la provincia fisiográfica Sierra de Chiapas y Guatemala, subprovincia altos de Chiapas, esta provincia incluye las sierras del noroeste y noreste de Chiapas, así como la altiplanicie sur del estado (ver figura 1).

Figura 1 Mapa de localización de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020).

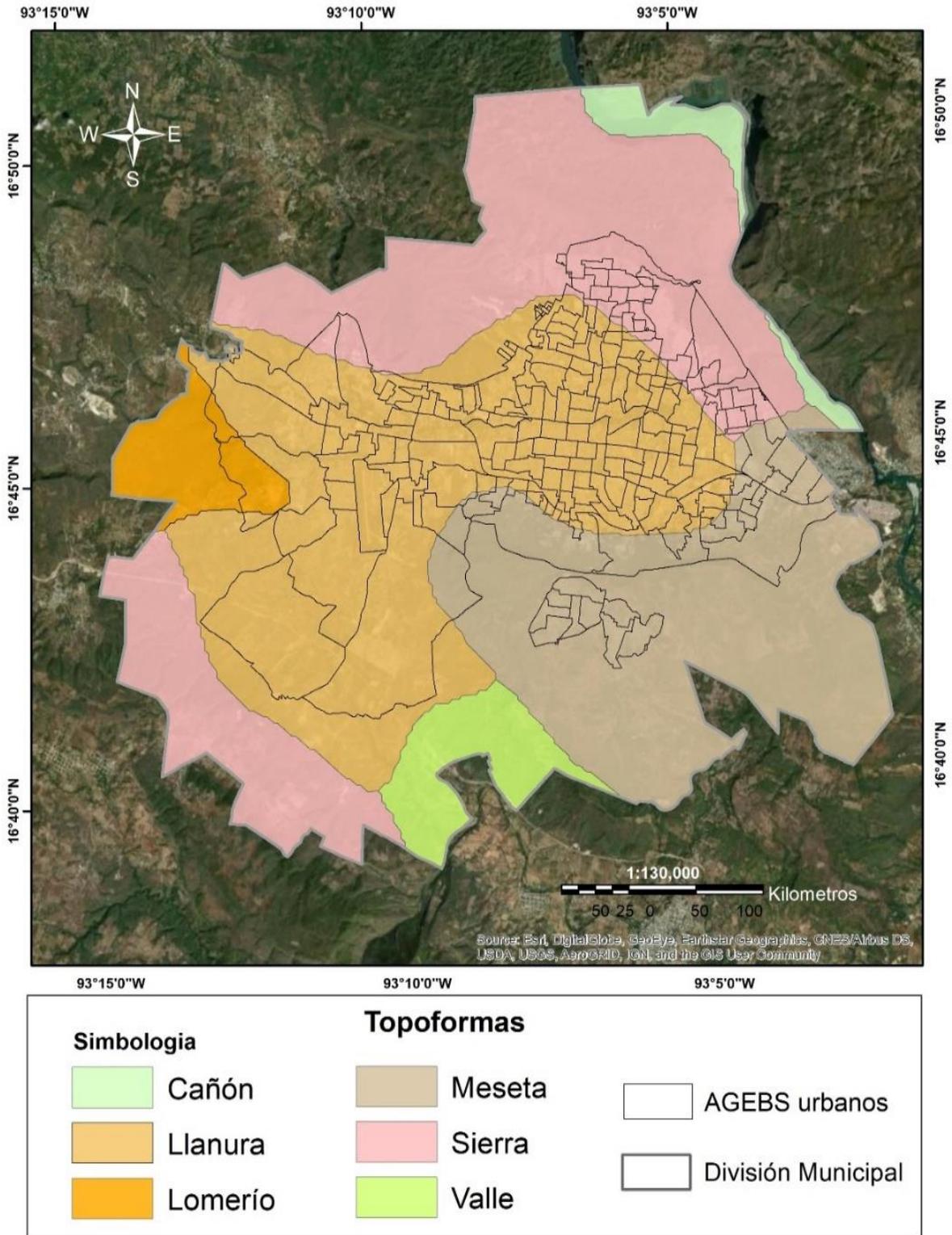
Dichas sierras están conformadas predominantemente por rocas de origen sedimentario, predominando las rocas calizas. Al noroeste se localiza el cañón del sumidero por el que fluye el río Grijalva y al centro- sur de la provincia se encuentra la depresión central. La altura del relieve varía entre los 300 m y los 1400 metros sobre el nivel del mar. (Protección Civil, 2015).

El relieve del municipio está conformado por el sistema de topoformas: Lomerío típico (3.4%), llanura aluvial con lomerío (34.9%), sierra alta de laderas tendidas (21.8%), cañón típico (2%), meseta típica (25.17%), valle de laderas tendidas (4.21%), sierra alta de laderas tendidas (7.8%). Las principales elevaciones en el municipio son Mactumaczá (1,160 msnm), Cerro Piculmú (920 msnm), Cerro Hueco (880 msnm), Las Lajas (880 msnm) al sureste y Tapongozoc (1,040 msnm al noreste, mientras que en el noroeste se encuentra ubicado el Cañón del Sumidero (ver figura 2).

2.1.1 Edafología

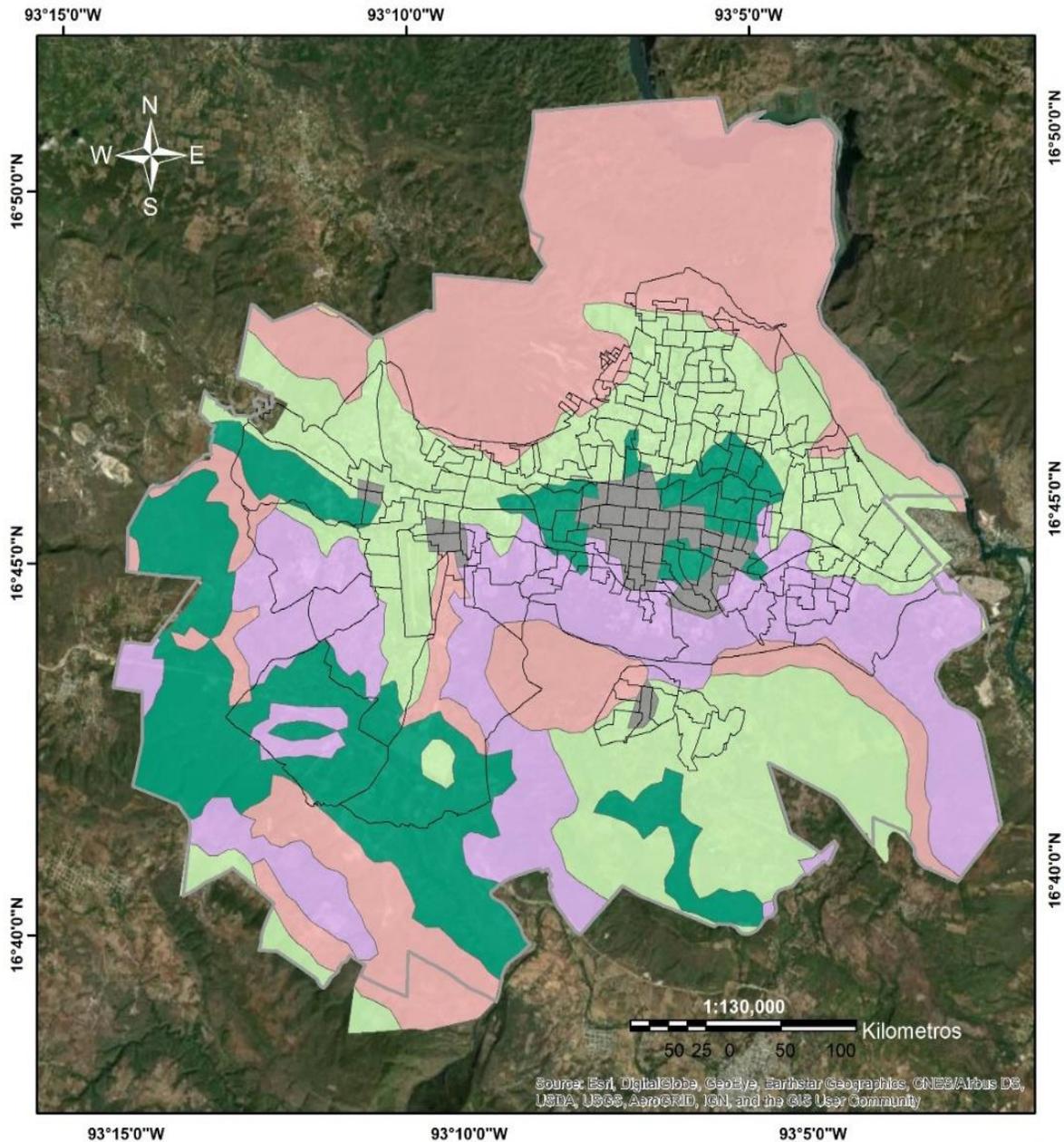
El municipio de Tuxtla Gutiérrez se encuentra conformado en un 29.5% de la superficie total por suelos del tipo de Litosol característicos por ser poco profundos, limitados por presencia de rocas, también sobresalen los suelos de tipo Vertisol, los cuales se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, los suelos Rebdzina son arcillosos y poco profundas, estos contienen un abundante material orgánico y muy fértil que descansa sobre la roca caliza o materiales ricos en cal, son moderadamente susceptible a la erosión. Los suelos Regosol constituyen un 20.6% del total del territorio municipal, se caracteriza por ser frecuentemente someros, tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí, además el 0.0027% de la superficie del municipio es ocupado por suelos Feozem, que se presentan en cualquier tipo de relieve y clima y de profundidades variables (ver figura 3).

Figura 2. Mapa de Topoformas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas



Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (2010).

Figura 3. Mapa edafológico de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas



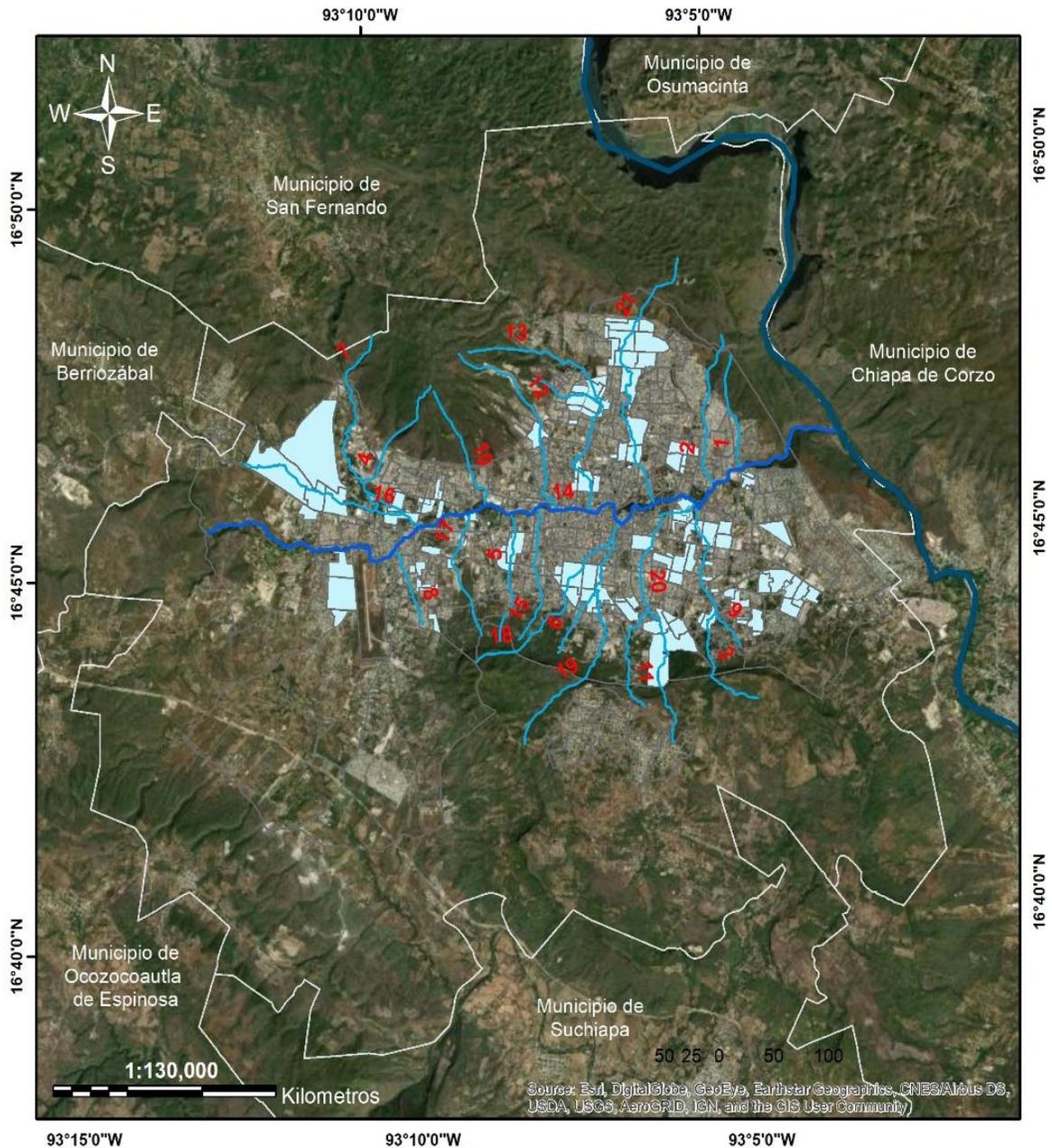
Simbología		
	Feozem Haplico	
	Feozem Luvico	
	Litosol	
		
		
		

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (2010).

2.1.2 Hidrografía

El municipio de Tuxtla Gutiérrez se encuentra dentro de la cuenca del Río Sabinal, que está inmersa dentro de la Región Hidrológica No. 30 Grijalva- Usumacinta. Su principal cauce es el Río Sabinal el cual atraviesa la ciudad, llamado así porque alrededor de los años 20 y 30 existían en sus orillas muchos árboles de la especie denominada Sabino; sus principales afluentes son los arroyos: San Agustín, La Chacona, Chapultepec, Ojo de Agua, Pomarrosa, Pistimbak, Potinaspak, Totoposte, Bambú, Arroyo Blanco, Lomas del Oriente, Cerro Hueco, Santa Ana, Poc-Poc, San Roque, El Zope, San Pascualito, El Cocal, Romeo Rincón, San Francisco Sabinal y La Laguna (ver figura 4). La subcuenca a la que pertenece el río Sabinal se ha visto afectada por: Descarga de drenajes, plagas, incendios, deforestación y sobrepoblación que han afectado a la población del valle de Tuxtla Gutiérrez. (Protección Civil, 2015).

Figura 4. Mapa de afluentes principales de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Simbología		Principales afluentes del Rio Sabinal											
	Rio Sabinal	N°	Afluente	Long (m)	N°	Afluente	Long (m)	N°	Afluente	Long (m)	N°	Afluente	Long (m)
	Afluentes principales	1	Arroyo Blanco	3029	6	El Zope	1909.8	11	Poc Poc	3012.2	16	San Agustin	5446.7
	Rio Grijalva	2	Bambu	4019.2	7	La Chacona	5261.2	12	Pomarrosa	5563.8	17	San Francisco Sabinal	3413.8
	Colonias Inundables	3	Cerro Hueco	3214.6	8	La Laguna	2066.5	13	Potinaspak	9887.6	18	San Pascualito	5334.7
	AGEBS Urbanos	4	Chapultepec	4730.1	9	Lomas del Oriente	4171.1	14	Rio Sabinal	20702.8	19	San Roque	7170.2
	División Municipal	5	El Cocal	3395.5	10	Ojo de Agua	3362.9	15	Romeo Rincon	3597.2	20	Santa Ana	7653.3
											21	Totoposte	7600.6

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (2010).

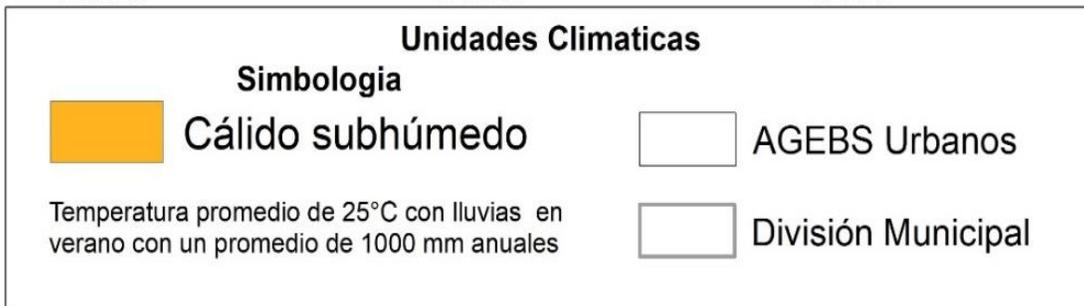
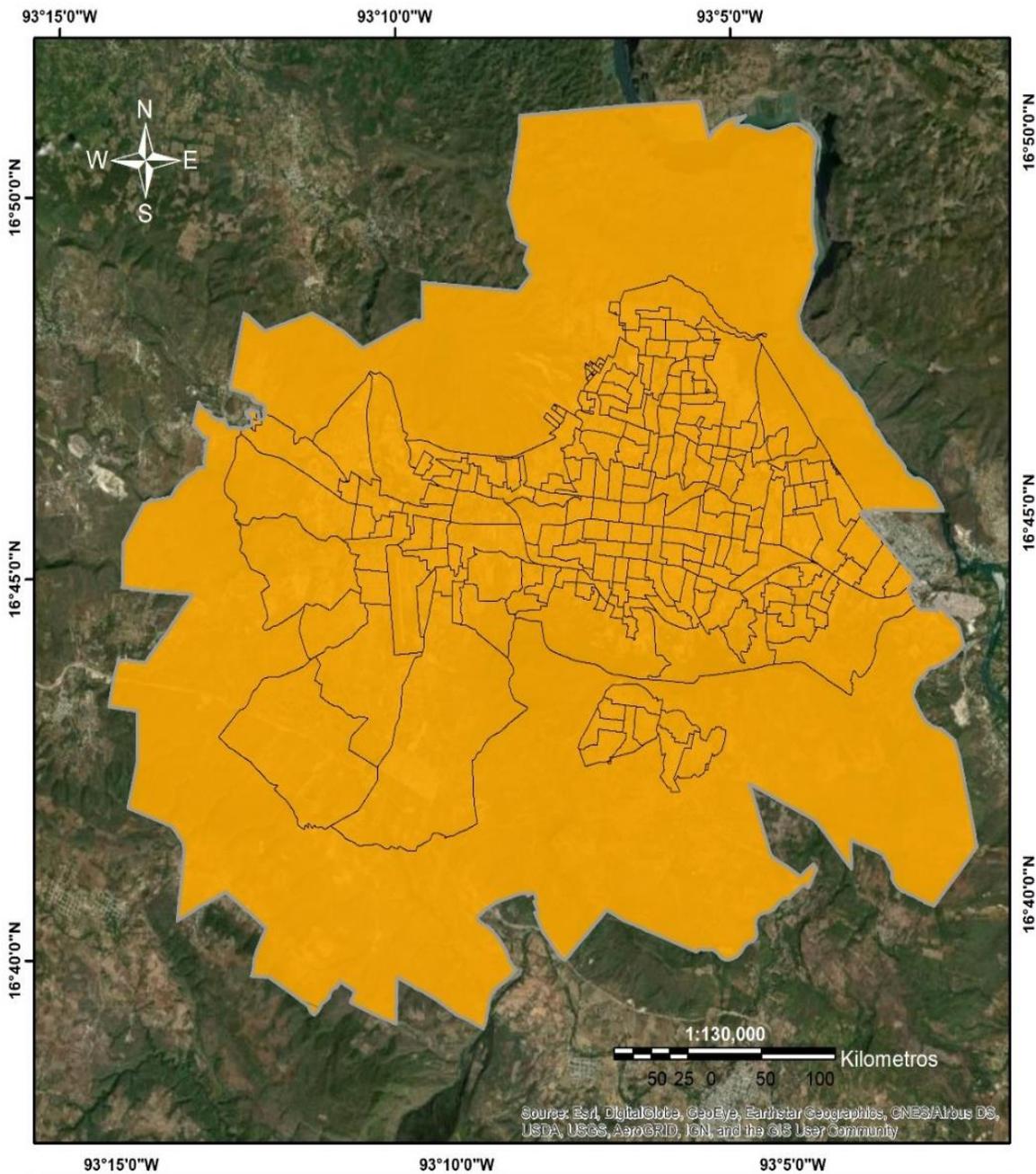
2.1.3 Clima

El clima se refiere al conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie de la tierra. En el municipio de Tuxtla Gutiérrez se presentan climas de los grupos cálidos y semicálidos, Predomina el cálido subhúmedo con lluvias de verano. En los meses de mayo a octubre, las temperaturas mínimas promedio son de 18 a 21° C.

En tanto las máximas promedio en este periodo son de 30 a 33° C. Por otro lado, durante los meses de noviembre a abril, las temperaturas mínimas promedio se distribuyen de 12 a 15° C.

Mientras que las máximas en este mismo periodo son de 24 a 27° C. De igual forma en los meses de mayo a octubre, la precipitación media fluctúa entre los 900 mm y 1,200 mm y en el periodo de noviembre a abril, la precipitación media va de 25 mm a 200 mm. (Protección civil, 2015).

Figura 5. Mapa de unidades climáticas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2010).

2.1.4 Uso de suelo y vegetación

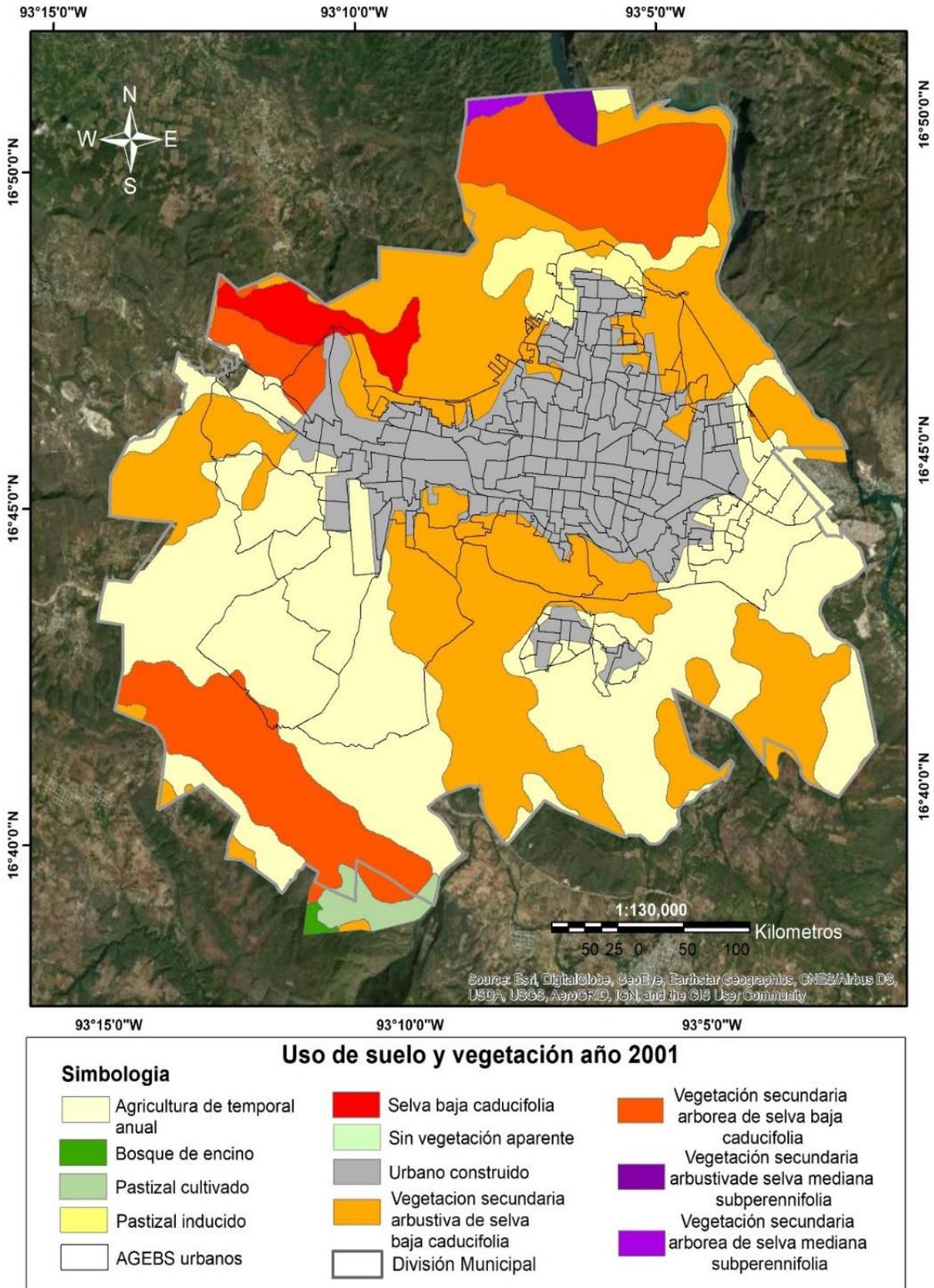
Mostrando la distribución de los usos de suelo y vegetación, siendo la vegetación predominante la vegetación secundaria de selva baja caducifolia, pastizal inducido. El pastizal aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia.

La vegetación secundaria se desarrolla cuando un tipo de vegetación es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales, aunque el uso de suelo predominante en el municipio es la zona urbana, además también se presenta la agricultura de temporal al tipo de agricultura en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua.

Al nororiente del municipio se encuentra la vegetación de tipo selva baja caducifolia; localizada sobre las laderas de cerros con suelo de buen drenaje, los componentes arbóreos de esta selva se presentan a baja altura (4 a 10 metros), al norte se representa la vegetación de tipo selva mediana subcaducifolia; que se localiza en pendientes moderadas, con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas.

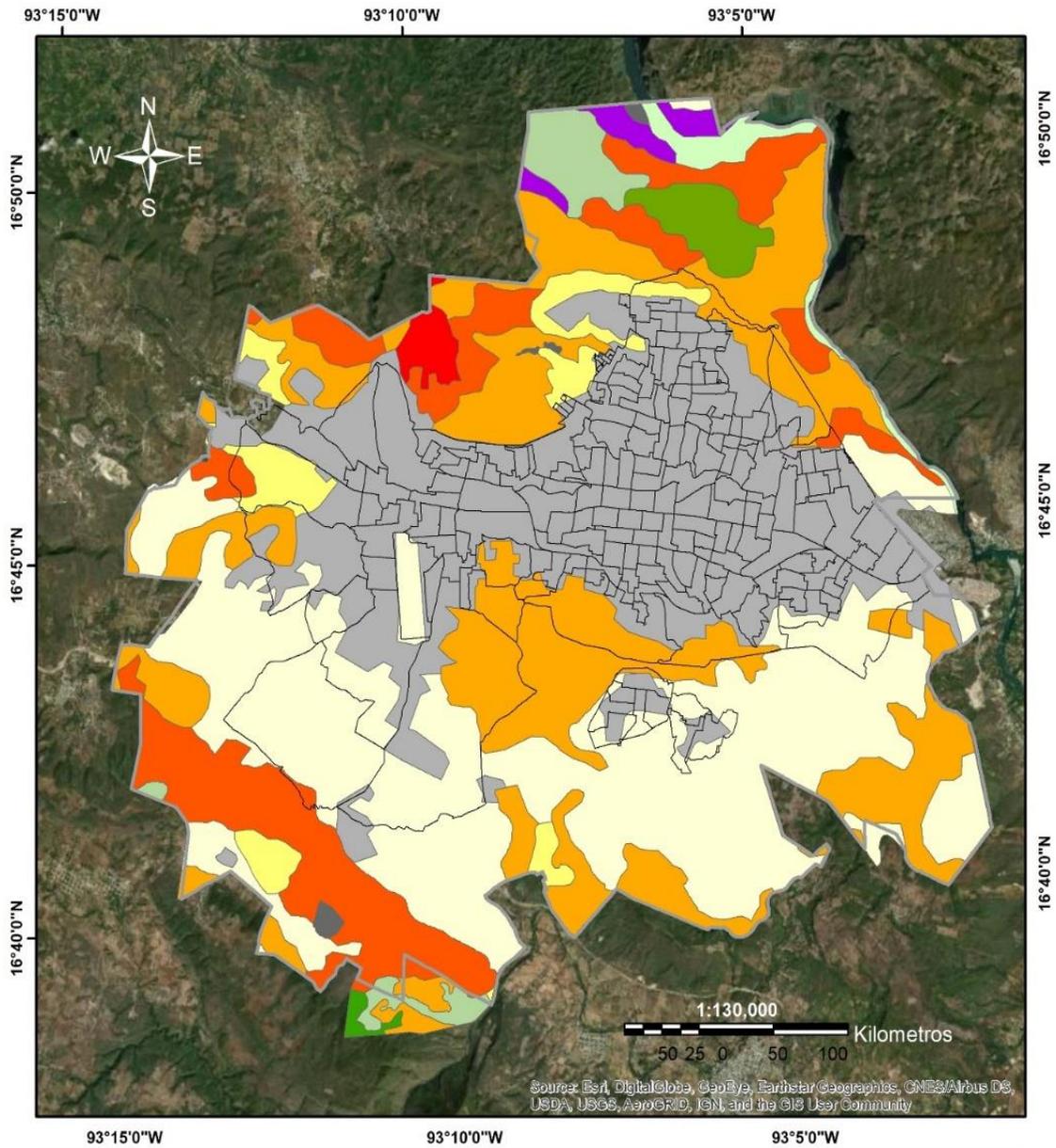
Al suroeste del municipio, se localiza la vegetación de tipo bosque de encinos. Estos bosques generalmente se encuentran como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas, el tamaño varía desde los 4 metros hasta los 30 de altura (ver figura 6 y 7).

Figura 6. Mapa de uso de suelo y vegetación de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, serie 2001.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2001).

Figura 7. Mapa de uso de suelo y vegetación de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, serie 2016.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2016).

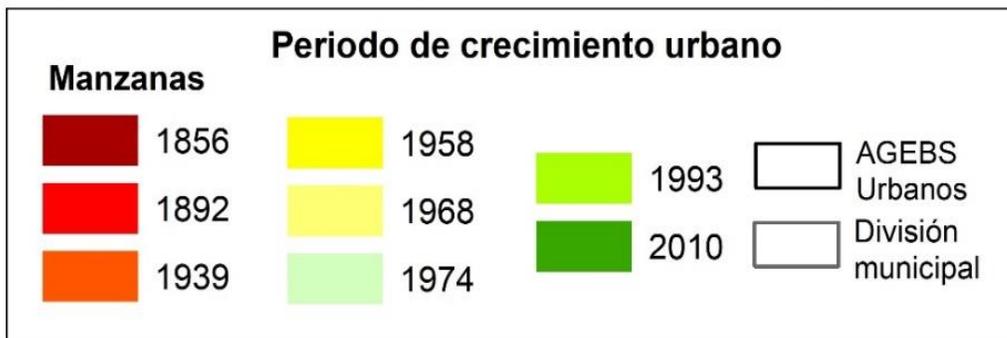
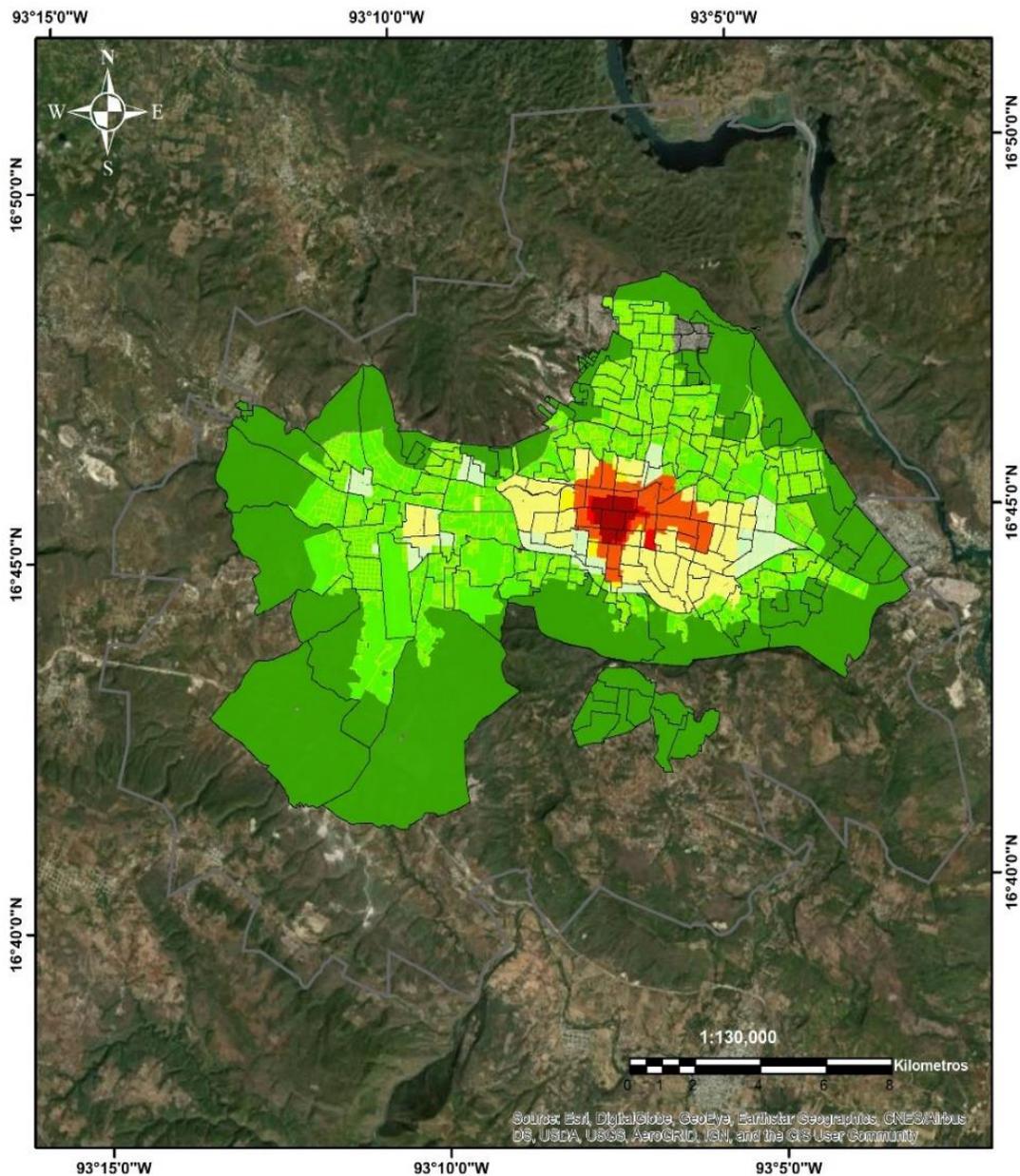
2.1.5 Proceso de urbanización

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez se integra por 115 localidades de las cuales 112 son rurales y tres urbanas, en conjunto las localidades rurales concentran apenas el 0.6% del total de la población municipal, por el contrario, la cabecera municipal cuenta con 537,102 habitantes, en donde se concentra aproximadamente el 97% de la población total en el año 2010.

La ciudad tuvo una tasa de anual de crecimiento de 2.4% en el periodo de 2000-2010, esta mostró una reducción de un 1.5% con respecto a la que se había tenido en el periodo de 1990 a 2000, sin embargo, a pesar de que la tasa de crecimiento anual se redujo considerablemente, la población tuvo un incremento de 27.5% y paso de 434,143 habitantes en el 2000, a 553,374 en el 2010, esto impulso el crecimiento de la mancha urbana que ha traído consigo cambios en el paisaje y la estructura física (ver figura 8).

En Tuxtla en el periodo de 1986 a 2014 el uso de suelo de tipo residencial aumento más de un 3% anualmente, esto señala que este tipo de uso de suelo aumento su tamaño 2.5 veces de la que se observaba en 1986, este incremento drástico ha propiciado que los nuevos desarrollos residenciales se ubiquen zonas de laderas con pendientes pronunciadas, también se han invadido zonas de escurrimiento natural y llanuras de inundación, lo que ha aumentado la cantidad de población que está expuesta al riesgo, por otro lado, el uso agropecuario disminuyo alrededor de 1% por año (5 mil hectáreas) y paso de cubrir un área de 23,955 a 18,371 hectáreas. (Silva, 2016).

Figura 8. Crecimiento urbano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, periodo 1856-2010.



Fuente: Elaboración propia con base INEGI en Censo de 1990 (2016).

2.1.6 Identificación de las zonas inundables a partir de 1990

A partir de fuentes hemerográficas se realizará una recaudación de datos de inundaciones de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez a partir del año de 1990 hasta el 2018, con la finalidad de identificar las zonas con mayor recurrencia a inundaciones, esto con la finalidad de obtener una base en donde se almacenen los datos y a partir de acá obtener un parámetro para ver que AGEB's son más vulnerables a sufrir inundaciones y prestar mayor atención en el estudio a estos (ver figura 9).

Las estaciones meteorológicas desde donde se tomará la captación de lluvia precipitada son:

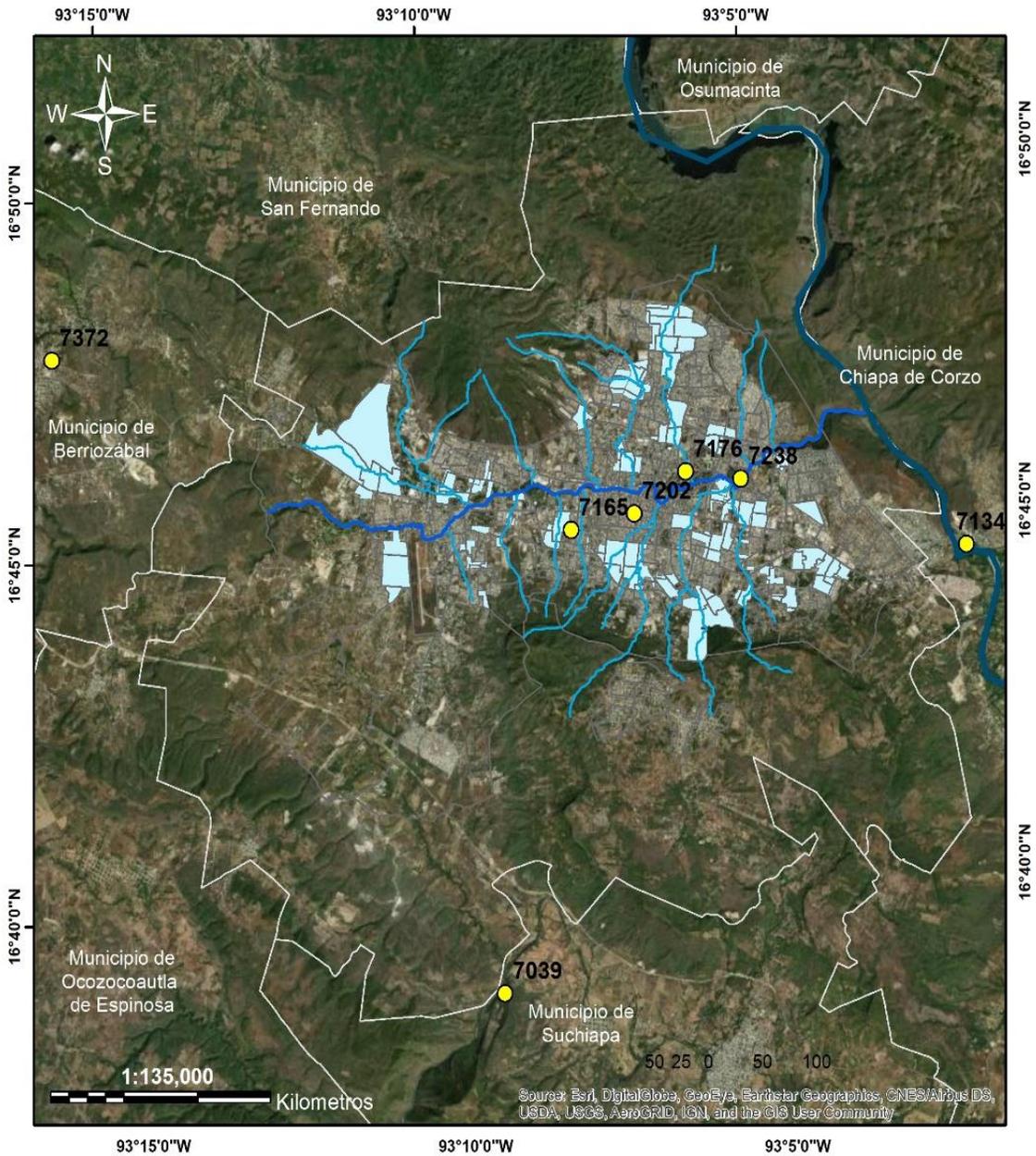
- ❖ El Boquerón: Se encuentra ubicada en la latitud $16^{\circ}444'$ norte y longitud $-93.157'$ oeste, a 500 metros sobre el nivel del mar y cuenta con datos registrados desde enero de 1951 a diciembre de 2017 y la clave de identificación con la que la estación cuenta es 7039.

- ❖ Puente Colgante: Se encuentra ubicada en la latitud $16^{\circ}071'$ norte y longitud $-93^{\circ}1'$ oeste, a 418 metros sobre el nivel del mar y cuenta con datos registrados desde enero de 1951 a julio 2017 y la clave de identificación con la que la estación cuenta es 7134.

- ❖ Tuxtla Gutiérrez (OBS): Se encuentra ubicada en la latitud $16^{\circ}750'$ norte y longitud $-93^{\circ}133'$ oeste a 570 metros sobre el nivel del mar y cuenta con datos registrados desde 1 de enero de 1942 a Julio de 2010 y la clave de identificación con la que la estación cuenta es 7165.

- ❖ Tuxtla Gutiérrez (CFE): Se encuentra ubicada en la latitud $16^{\circ}08'$ norte y longitud $-93^{\circ}01'$ oeste, a 532 metros sobre el nivel del mar y cuenta con datos desde julio de 1970 a junio 2016 y la clave de identificación con la que la estación cuenta es 7176.

Figura 9. Estaciones meteorológicas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Simbología		Estaciones Metereologicas			
	Rio Sabinal	Clave	Estación	Clave	Estación
	Afluentes principales	7039	El Boqueron	7202	Tuxtla Gutiérrez (DGE)
	Rio Grijalva	7134	Puente Colgante	7238	El Sabinal
	Colonias Inundables	7165	Tuxtla Gutiérrez (OBS)	7372	Berriozabal
	Estaciones Metereologicas	7176	Tuxtla Gutiérrez (CFE)		
	AGEBS Urbanos				
	División Municipal				

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2010).

❖ Tuxtla Gutiérrez (DGE): Se encuentra ubicada en la latitud $16^{\circ}08'$ norte y longitud $-93^{\circ}01'$ oeste, a 543 metros sobre el nivel del mar y cuenta con datos desde enero de 1951 a noviembre de 2016 y la clave de identificación con la que la estación cuenta es 7202.

❖ El Sabinal: Se encuentra ubicada en la latitud $16^{\circ}08'$ norte y longitud $-93^{\circ}01'$ oeste, a 498 metros sobre el nivel del mar y cuenta con datos desde junio de 1987 a noviembre de 2016 y la clave de identificación con la que la estación cuenta es 7238.

❖ Berriozábal: Se encuentra ubicada en la latitud $16^{\circ}796'$ norte y longitud $-93^{\circ}265'$ oeste, a 890 metros sobre el nivel del mar y cuenta con datos registrados desde septiembre de 1988 hasta enero de 2018 y clave de identificación con la que cuenta es 7372.

3. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología utilizada para el cálculo de los índices de habitabilidad y vulnerabilidad, cabe mencionar que ambas son de un carácter cuantitativo y cualitativa, ya que el origen de los resultados está basado en datos numéricos, pero para dar una mayor facilidad a la hora de interpretar los datos se expresaron de manera cualitativa.

El método utilizado para el cálculo de la vulnerabilidad a cambio climático, fue basado totalmente en la exposición a inundaciones este método consta de una dimensión y de seis variables, por otra parte, para el cálculo de la habitabilidad se revisaron diferentes estudios realizados y se adaptó uno para nuestro uso, esta parte del estudio consta de 6 dimensiones y 31 variables.

3.1 Índice de vulnerabilidad urbana a cambio climático

La vulnerabilidad urbana puede entenderse como aquel proceso de malestar en las ciudades producido por la combinación de múltiples dimensiones de desventaja, en el que toda esperanza de movilidad social ascendente, de superación de su condición social de exclusión o próxima a ella, es contemplada como extremadamente difícil de alcanzar (ONU, 2003).

El concepto de vulnerabilidad hace referencia de dos cuestiones:

- ❖ El incremento de las amenazas y los riesgos que afectan a las personas/ sociedades/ grupos sociales/ estados.
- ❖ El debilitamiento de los mecanismos para afrontar dichos riesgos y amenazas.

En la generación de indicadores de vulnerabilidad a exposición a cambio climático es importante seleccionar una cantidad pequeña, en la que se refleje la historia, el desarrollo y las proyecciones del fenómeno a analizar.

Entre mayor número de indicadores se escoja, mayor la incertidumbre, por lo que se puede priorizar al momento de ponderar las variables; el índice de vulnerabilidad contempla factores físicos, social y económico.

3.1.1 Indicadores de exposición.

En este actual trabajo el enfoque que tomara la vulnerabilidad es en torno a la exposición y riesgo a un determinado fenómeno estresor, que en este caso serán las inundaciones en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, por lo tanto, la selección de indicadores será enfocado totalmente

en cuanto a la dimensión ambiental, con indicadores biofísicos, estos indicadores biofísicos reflejaran los impactos inducidos de eventos extremos de la zona de estudio (ver tabla 2).

Para el cálculo de la vulnerabilidad por exposición de la zona de estudio se están considerando seis indicadores, estos asociados con las variables determinadas por la causalidad de eventos extremos de precipitación de la ciudad a nivel local y a nivel regional se utilizará la trayectoria de los ciclones con mayor cercanía a la zona de estudio.

Tabla 2. Variables para el índice de exposición a inundaciones.

Índice	Variable	Indicador	Escala
Exposición	Ciclones Tropicales	Ciclones Tropicales que han pasado a 10 km de la ciudad/ ciclones tropicales a 100 km.	Regional
	Probabilidad de eventos máximos en temporada de lluvias.	Eventos extremos totales en el año/ eventos extremos que ocurren en temporada de lluvias	Local
	Precipitación Extrema por periodo anual.	Total de eventos de precipitación extremos/ Número de años de registro en la estación	Local

	Precipitación promedio en periodo de lluvias.	Precipitación caída en periodo de lluvias/ Número de días con precipitación	Local
	Precipitación extrema diaria	(Precipitación máxima mensual/ Total de precipitación mensual) *100	Local
	Precipitación promedio mensual	Cantidad de precipitación en periodo de lluvias/Número de años de registro en la estación.	Local

Fuente: Elaboración propia.

La evaluación de los factores biofísicos se enfoca en los impactos físicos inducidos por los eventos extremos y cambios futuros sobre variables climáticas. De esta manera se determina el potencial con el que se presentan los eventos extremos en la zona de estudio.

La evaluación física se enfoca en los factores generados y causados por las amenazas del territorio, las condiciones internas de un fenómeno difieren en sus condiciones físicas. Estos indicadores fueron retomados con base en estudios llevados a cabo por García 2018 y Monterroso 2012, hicieron un análisis de las condiciones climáticas actuales, sin olvidar que estas son consecuencia de los procesos climáticos pasados, aunque estos han evolucionado debido a los cambios en el territorio por la intervención de las actividades humanas a nivel regional.

El cambio climático conlleva a presentar amenazas o peligros con mayor intensidad derivados en la estabilidad ecológica local, cualquier perturbación influye en el resto de las comunidades, induciendo etapas de estrés, las cuales se pueden presentar a corto o mediano plazo.

1. **Ciclones Tropicales:** Se considera el número de eventos ciclónicos que presentaron una trayectoria de 0 a 10 km en la zona de estudios entre los eventos ocurridos en una circunferencia de 0 a 100 km.

$$\frac{\text{Eventos ciclónicos con trayectoria de 0 a 10 km de la zona de estudio}}{\text{Eventos ciclónicos con trayectoria de 0 a 100 km de la zona de estudio}}$$

En este indicador se manifiesta la probabilidad de que un ciclón tropical presente una trayectoria de 0 a 10 km y de 0 a 100 km de cercanía con la zona de estudio, es importante conocer la distancia debido a que este tipo de fenómenos por su estructura física, la cual se presenta en tres momentos específicos:

a) Antes, es la llegada de las primeras bandas de nubosidad y viento previo al impacto del fenómeno e un lugar específico.

b) Durante, es el lapso de calma en la cual atraviesa el ojo del huracán por la zona de impacto.

c) Posterior, cuando las bandas de nubosidad cruzan en su totalidad y se alejan de la zona impactada.

El análisis de las trayectorias de los ciclones, así como el conocer las cercanías con nuestra zona de estudio nos permite hacer un análisis y relacionar un fenómeno extremo presentado en la ciudad con un ciclón tropical. Con esto se puede determinar si los eventos extremos que

se presentan en la ciudad están relacionados con algún fenómeno hidrometeorológicos o son de origen local.

2. **Probabilidad de eventos máximos en temporada de lluvias:** Para el cálculo de este indicador se consideran el total de eventos extremos totales en el año dividido en los eventos extremos que ocurren en periodo de lluvias.

$$= \frac{\textit{Eventos extremos totales en el año}}{\textit{Eventos extremos que ocurren en temporada de lluvias}}$$

Este indicador muestra la relación de eventos extremos ocurridos durante el año entre los que ocurren en el periodo de lluvias, esto para conocer qué tan variables son los eventos extremos en cada una de las estaciones de registro.

3. **Precipitación extrema por periodo anual:** Se consideran el total de eventos máximos registrados en la estación entre el número de años de registro con el que cuentan con el que cuentan las estaciones meteorológicas.

$$\frac{\textit{Total de eventos extremos registrados en la estación}}{\textit{Nº de años de registro en la estacion}}$$

Es importante conocer que según la Organización Meteorológica Mundial define a las lluvias intensas o torrenciales cuando la caída de agua es mayor a 60 mm en el transcurso de una hora.

Conociendo el número de eventos extremos que se presentaron en la estación durante el tiempo de registro, se obtiene el promedio de cuantos eventos extremos se presentan por año en la zona de estudio.

4. **Precipitación promedio en periodo de lluvias:** Precipitación total caída en periodo de lluvias dividido entre el número de días con precipitación.

$$\frac{\textit{Precipitación en periodo de lluvias}}{\textit{Nº de dias con precipitación}}$$

El resultado obtenido de este indicador nos ayudara a conocer cómo sería el comportamiento de la lluvia total captada en el periodo de lluvias, si esta fuera uniforme en los días que se capta precipitación, esto para conocer las variaciones de la cantidad de lluvias en cada una de las estaciones que se utilizaron para el estudio.

5. **Precipitación extrema diaria:** Precipitación máxima en el mes dividido entre Precipitación total mensual multiplicado por 100, esto debido a que el valor obtenido en este indicador, será de manera porcentual.

$$\left(\frac{\textit{Precipitacion maxima mensual}}{\textit{Precipitacion Total mensual}} \right) * 100$$

Los eventos máximos presentados en la ciudad no siempre superan los 60 mm sin embargo estas lluvias también son importantes debido a que estas colaboran con la saturación de los mantos freáticos que provocan que cuando una lluvia extrema se presenta la filtración de esta ya no se permite.

Por eso es relevante tomar en cuenta los eventos máximos presentados en el mes durante la temporada de lluvias, como el nombre del indicador lo indica para la obtención de este indicador la selección de datos solo se lleva a cabo durante la temporada de lluvias que para la zona de estudio regularmente inicia a finales de mayo y termina en octubre.

Para el cálculo se tomará la precipitación máxima durante el mes para después dividirlo entre la cantidad de lluvia total de los días con lluvia en el mes, esto con la intención de obtener el porcentaje de lluvia que precipito el evento extremo con respecto a la total caída durante el mes.

6. **Precipitación promedio anual:** Cantidad de precipitación en periodo de lluvias dividido entre el número de años de registro en la estación.

$$\frac{\textit{Precipitacion captada en periodo de lluvias}}{\textit{Cantidad de años de registro en la estación}}$$

Para el cálculo de este indicador se necesita obtener la suma total de la lluvia registrada durante el periodo de lluvias en cada una de las estaciones de registro, una vez obtenido este dato dividirlo entre los años de registro de datos con la que cuente cada una de las estaciones, esto con la intención de obtener un promedio de lluvias anual de lluvia y poder realizar un análisis de la variabilidad de precipitación en cada una de ellas.

3.1.2 Fuentes de Información

Para la construcción tanto de la vulnerabilidad por exposición a cambio climático se requiere de insumos obtenidos desde distintas fuentes de información que nos permiten conocer las

características de la zona de estudio, a continuación se hace una descripción de las fuentes de información, así como que datos se obtuvieron de ellas y la parte del proceso en que serán utilizadas, así también se describirán ciertos Softwares que nos sirvieron para el procesamiento y obtención de información relevante para el estudio realizado.

- El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en México. Este depende de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Los objetivos se concentran en la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas. Este también realiza el acopio de la información climatología nacional, además de proporcionar al público información meteorológica y climatológica.

Del Servicio Meteorológico Nacional se obtuvieron los datos climatológicos de la ciudad para poder calcular los indicadores de la vulnerabilidad, antes de realizar los cálculos primero se realizó la revisión de las estaciones cercanas a la ciudad, en segundo lugar se hizo una depuración de estas dependiendo de la cercanía que tenían estas con la zona de estudios, debido a que entre mayor distancia haya el rango de varianza que hay en los datos es mayor por lo que podría alterar mucho los resultados por lo tanto el ultimo filtro que pasaron las estaciones fue el tiempo de registro con el que contaban, debido a que en literaturas revisadas indican que para trabajar los indicadores de manera correcta, estas debían de tener por lo menos 30 años de registro (ver tabla 3), fue así como después de hacer toda esta depuración las estaciones seleccionadas son las siguientes:

Tabla 3. Claves y nombres de las estaciones.

Clave de Estación	Nombre de la estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Periodo de Registro
7039	El Boquerón	16°444'	-93°157'	500	1951-2017
7134	Puente Colgante	16°741'	-093°099'	418	1951-2017
7165	Tuxtla Gutiérrez OBS	16°750'	-93°133'	570	1942-2010
7176	Tuxtla Gutiérrez CFE	16°762'	-93°10'	532	1970-2017
7202	Tuxtla Gutiérrez DGE	16°753'	-93°117'	543	1951-2016
7238	El Sabinal	16°759'	-93°089'	498	1987-2018
7372	Berriozábal	16°796'	93°265'	890	1988-2018

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2020.

- El Centro Nacional de Desastres tiene como responsabilidad en apoyar al Sistema Nacional de Protección Civil en los requerimientos técnicos que su operación demanda. Realiza actividades de investigación, capacitación, instrumentación y difusión acerca de fenómenos naturales y antropogénicos que pueden originar situaciones de desastre, así como acciones para reducir y mitigar efectos negativos de tales fenómenos, para coadyuvar a una mejor preparación de la población para enfrentarlos.

De la base de datos del CENAPRED se obtuvo una aplicación llamada “Busca Ciclones” la cual nos da la opción de ingresar datos de nuestro interés como pueden ser la fecha, el nombre del fenómeno hidrometeorológicos o el lugar de origen, podemos conocer las trayectorias de

huracanes en la zona de interés, con estos datos se adjuntó las trayectorias de los ciclones más cercanos a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en formato Shapefile para trabajar con ello en el sistema de información geográfica, para la obtención del indicador de “Ciclones a 10 km de la ciudad”.

3.1.3 Cálculo del índice de vulnerabilidad urbana por exposición a cambio climático.

La construcción de metodologías para el estudio del riesgo y la vulnerabilidad se han diversificado a medida que los enfoques se han actualizado en las problemáticas cada vez más complejas como es el cambio climático, representa un problema multidimensional que se deriva a falta de sustentabilidad ambiental. (Bhattarai y Conway, 2010).

Para las evaluaciones de vulnerabilidad a cambio climático se basan en un estudio previo de las condiciones ambientales como son la temperatura, inundaciones, cambio de uso del suelo y deterioro de vegetación (Meyer, 1999, Landa y otros, 2008, Isbele y otros, 2009 y Jabarren, 2012).

Para la construcción del Índice de Vulnerabilidad Urbana por inundaciones a cambio climático, el procesamiento de indicadores que fueron construidos a través de los datos es explicado a continuación:

- Construcción de una base de datos basado exclusivamente en el índice de exposición y de las cuales surgieron 6 indicadores (ver tabla 4). A continuación, se presenta el nombre de la variable y la fórmula utilizada para el cálculo de esta.

Tabla 4. Variables y fórmulas para el cálculo de vulnerabilidad.

Variable	Formula
Ciclones Tropicales	$\frac{\text{Eventos ciclonicos con trayectoria de 0 a 10 km de la zona de estudio}}{\text{Eventos ciclonicos con trayectoria de 0 a 100 km de la zona de estudio}}$
Probabilidad de eventos máximos en temporada de lluvias.	$\frac{\text{Eventos extremos totales en el año}}{\text{Eventos extremos que ocurren en temporada de lluvias}}$
Precipitación Extrema por periodo anual.	$\frac{\text{Total de eventos extremos registrados en la estación}}{\text{Nº de años de registro en la estación}}$
Precipitación promedio en periodo de lluvias.	$\frac{\text{Precipitación en periodo de lluvias}}{\text{Nº de días con precipitación}}$
Precipitación extrema diaria	$\left(\frac{\text{Precipitación máxima mensual}}{\text{Precipitación Total mensual}} \right) * 100$
Precipitación promedio mensual	$\frac{\text{Precipitación captada en periodo de lluvias}}{\text{Cantidad de años de registro en la estación}}$

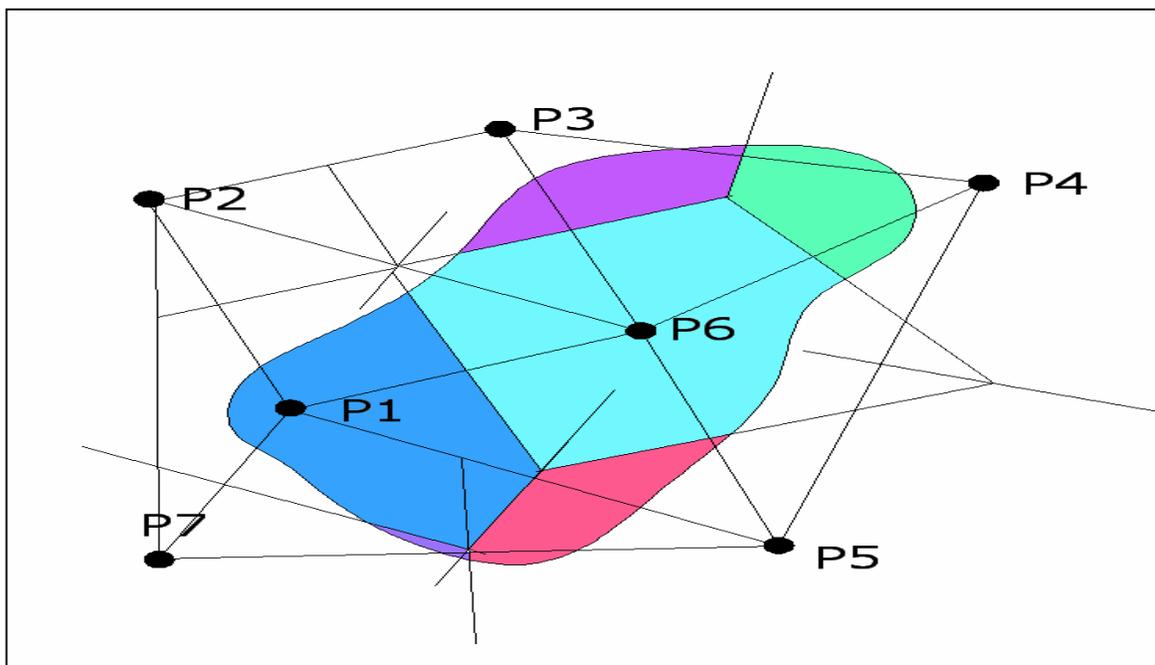
Fuente: Elaboración propia

- Las estaciones meteorológicas fueron seleccionadas de acuerdo a la cercanía que tuvieran estas con la ciudad, una vez seleccionadas se hizo una depuración de los datos para que nos

quedaran únicamente los que se consideran útiles para el cálculo de las variables, en este caso las variables únicamente requieren de los datos de lluvia.

- Polígonos de Thiessen: Requiere el conocimiento de la ubicación de cada estación dentro o en la periferia de la cuenca para proceder a su aplicación, identificando el área de influencia de cada pluviómetro y/o pluviógrafo (ver figura 10).

Figura 10. Ejemplo de polígonos de Thiessen



Fuente: Allen Bateman, 2007.

Así se van formando triángulos entre las estaciones más cercanas uniéndolas con segmentos rectos sin que éstos se corten entre sí y tratando que los triángulos sean lo más equiláteros posibles. A partir de allí se trazan líneas bisectoras perpendiculares a todos los lados de los triángulos, las que al unirse en un punto común dentro de cada triángulo conforma una serie de polígonos que delimitan el área de influencia de cada estación.

El área de influencia de cada estación considerada polígono está comprendida exclusivamente dentro de la cuenca. La precipitación media es:

$$\tilde{P} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i * A_i)}{A} = \sum_{i=1}^n (P_i * \frac{A_i}{A})$$

Donde:

\tilde{P} Precipitación media sobre la cuenca.

P_i Precipitación observada en la estación i.

A_i Área del polígono correspondiente a la Estación i.

A Área total de una cuenca.

n Número de estaciones pluviométricas y/o pluviográficas con influencia en la cuenca.

Sin embargo, para este caso no se utilizó la fórmula para el cálculo de la precipitación media de la cuenca, solo se realizó el proceso de polígonos de Thiessen para ver el área de influencia de cada una de las estaciones, y con esto pudimos dividir a la ciudad en secciones y ver cuáles eran en los AGEB's en los que tenía influencia cada estación.

3.2 Índice de Habitabilidad.

La habitabilidad en el espacio urbano como una condición habitacional donde la vivienda está integrada físicamente a la ciudad, con buena accesibilidad a servicios y equipamientos, rodeada de un espacio público de calidad, y se carece de ésta cuando la vivienda aun estando

en buenas condiciones se encuentra emplazada en un área vulnerable, marginal y de difícil acceso (Alcalá, 2007).

Desde el punto de vista habitacional es necesario analizar las políticas urbanas que podrían tener un impacto directo en la mejora de las condiciones habitacionales, como menciona la Constitución Mexicana en el artículo 4° “Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa”.

La habitabilidad de la vivienda incluye, desde luego, el tamaño y los materiales con los que se construyó, el lugar donde se ubica, los servicios, etc., pero sin dejar a un lado ciertos factores subjetivos.

Al hablar de necesidades para una vivienda digna se establecen cinco categorías. Se muestran en una escala ascendente y organizada en dos bloques que van de lo objetivo a lo subjetivo. Estas categorías se observan a continuación en la pirámide de Maslow (ver figura 11).

- 1) Las necesidades fisiológicas: Son las necesidades más básicas que precisan de elementos materiales para su satisfacción, y su ausencia amenaza la propia supervivencia humana. Vista desde el punto de vista habitacional se estaría hablando de una vivienda que tenga la infraestructura mínima para realizar actividades fisiológicas básicas dentro de un espacio.

2) Necesidades de seguridad y salud. En este caso podríamos decir que, una vez adquirida la vivienda, esta debe ser capaz de brindar salubridad y seguridad a los residentes y estar situada en un entorno apto para ser habitado, sin poner en riesgo la vida de estos.

3) Necesidades sociales: Esta se refiere al ambiente urbano que debe posibilitar el contacto, la relación social, amistad y la asociación.

Figura 11. Pirámide de Maslow



Fuente: Maslow, 1975.

Cuando se cumplen las dos primeras existe la necesidad de conformar redes sociales con las personas que habitan su mismo entorno para procurar el mantenimiento de las necesidades logradas o bien pugnar para que aquellas existan con el fin de mejorar y aumentar su grado

de habitabilidad, lo que a su vez genera en las personas la necesidad de pertenecer al lugar que habitan.

La habitabilidad está determinada por la relación y adecuación entre el hombre y su entorno, y se refiere a cómo cada una de las escalas territoriales es evaluada según su capacidad de satisfacer las necesidades humanas.

Dicho así se concluye que habitabilidad y calidad de vida son lo mismo, y están estrechamente vinculadas al aspecto urbano, es decir, a la manera en que los usuarios disfrutan los espacios del entorno urbano donde se ubica la vivienda, por tal motivo es considerada como un concepto que recae en los aspectos que se pueden medir objetivamente mediante la valoración del espacio.

Encino (2005) identifica cuatro enfoques aplicados, aunque poco desarrollados de la habitabilidad:

a) El primero plantea a la habitabilidad en una condición de intangible, como cualitativa, que se relaciona con el ser hombre. De acuerdo con esto, la existencia del hombre es espacial y tiene un sistema de relaciones con el entorno construido que generalmente son íntimas, por lo tanto, es un enfoque que desde nuestro punto de vista no es aplicable.

b) El segundo supone que la habitabilidad es una acción cuantitativa relacionada directamente con la calidad de vida, por lo tanto, es cuantificable, y más aún, controlable por

el diseño, cuya obligación es proporcionar las mejores condiciones espaciales a partir de estándares determinados para que funcionen.

c) El tercero pretende utilizar la habitabilidad en términos de confortabilidad post- ocupacional, como un instrumento de evaluación de las condiciones en que se habita; el equívoco surge cuando los resultados pretenden ser aplicados en una aplicación generalizada.

d) El último enfoque sugiere que la habitabilidad se puede entender como el acto perceptivo que implica una interpretación de la expresión de la interrelación entre el mundo psico filosófico, con ciertas prácticas sociales del que habita, y la propuesta formal del objeto habitable.

3.2.1 Dimensiones e Indicadores de habitabilidad.

El estudio realizado está basado en el segundo enfoque ya que para el cálculo de la habitabilidad se utilizaran datos cuantitativos obtenidos del XIII Censo de Población y Vivienda del INEGI 2010 y datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2018, se seleccionaron los indicadores que se utilizaron conforme a estudios que se realizaron con anterioridad, para mayor detalle de la información se utilizaron como unidades de análisis las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB), cada uno de estos contiene información socioeconómica y característica de la vivienda. Se eligieron 6 dimensiones y 31 variables.

I) **Dimensión educativa:** Esta dimensión contiene 3 variables, que nos indican el nivel educativo con el que cuenta cada AGEB, las variables son la población con asistencia escolar, población que cuenta con educación media superior y la población analfabeta (ver tabla 5).

Tabla 5. Variables de indicadores de la dimensión educativa de habitabilidad

Dimensión	Variable	Indicadores	Fuentes de Información	Autores
Educativa	Población Asistencia escolar	Población de 6 a 11 años que asiste a la escuela/ Población total del AGEB	INEGI	Emilia Lara Galindo,
	Población Educación Superior	Población de con más de 25 años con al menos un grado de educación superior/ Población total del AGEB	INEGI	Ángel David Flores Domínguez
	Población Analfabeta	Población de más de 15 años y más analfabeta por AGEB/Población total del AGEB	INEGI	y María Laura Zulaica

Fuente: Elaboración propia.

II) **Dimensión socioeconómica:** Las variables contenidas en esta dimensión son 7, las cuales nos arrojarán las características socioeconómicas con las que cuenta cada AGEB urbano, los indicadores que se utilizarán se muestran en la siguiente tabla 6:

Tabla 6. Variables e indicadores de la dimensión socioeconómica de habitabilidad.

Dimensión	Variable	Indicadores	Fuentes de Información	Autores
Socioeconómica	Ocupación	PEA/población total del AGEB	INEGI	Emilia Lara Galindo, Ángel David Flores Domínguez y María Laura Zulaica
	Población Ocupada con EMS	POEMS/ Población Total del AGEB	INEGI	
	Jefatura femenina	Hogares con jefatura femenina/Total de hogares	INEGI	
	Derechohabientes de salud	Población con derechohabientes de salud/ Población total del AGEB	INEGI	
	Desempleo	Tasa de desempleo	INEGI	

	Marginación	Índice de marginación urbana	CONAPO/CONABIO	
	Dependencia potencial	Índice de dependencia potencial	INEGI	

Fuente: Elaboración propia

III) **Dimensión de características de la vivienda:** En esta dimensión serán manifestadas principalmente los servicios públicos con los que cuenta cada hogar por AGEB urbano, las variables utilizadas en esta son 4 y cuenta con la misma cantidad de indicadores (ver tabla 7).

Tabla 7. Variables e indicadores de la dimensión de características de la vivienda de habitabilidad

Dimensión	Variable	Indicadores	Fuentes de Información	Autores
Características de la vivienda	Energía eléctrica	Viviendas que disponen de con luz eléctrica/ total de viviendas	INEGI	
	Drenaje	Viviendas que disponen de drenaje	INEGI	

				Omar Ávila Flores
	Acceso a agua	Ocupantes particulares con acceso a agua entubada en el ámbito de vivienda	INEGI	
	Excusado	Viviendas particulares que disponen de servicio de drenaje o fosa séptica	INEGI	Emilia Lara Galindo, Ángel Domínguez y María Zulaica

Fuente: Elaboración propia

IV) **Dimensión de bienes de la vivienda:** Se obtendrá la cantidad de bienes con los que cuenta cada AGEB, esta dimensión es la más extensa, ya que cuenta con 8 variables, las cuales serán presentadas en la siguiente tabla 8:

Tabla 8. Variables e indicadores de la dimensión bienes de la vivienda de habitabilidad

Dimensión	Variable	Indicadores	Fuentes de Información	Autores
Bienes de la vivienda	Computadora	Viviendas particulares habitadas con computadora/ Total de viviendas	INEGI	Emilia Lara Galindo, Ángel David Flores Domínguez y María Laura Zulaica
	Celulares	Cantidad de teléfonos celulares por vivienda/ Total de viviendas	INEGI	
	Lavadora	Viviendas que cuentan con lavadora/ Total de viviendas	INEGI	
	Refrigerador	Viviendas que disponen de refrigeradores/ Total de viviendas	INEGI	
	Televisión	Viviendas que disponen con televisiones/ Total de viviendas	INEGI	
	Materiales en piso	Viviendas con piso de tierra/ Total de viviendas	INEGI	

	Internet	Viviendas que disponen de servicio de Internet/ Total de viviendas	INEGI	
	Teléfono	Viviendas que disponen con Teléfono/ Total de viviendas	INEGI	

Fuente: Elaboración propia.

V) **Dimensión de accesibilidad:** La dimensión de accesibilidad nos indica la cercanía con diversos centros de atención para atender las necesidades básicas de los habitantes de los AGEB´s urbanos, las variables utilizadas para el cálculo de la accesibilidad son 6, las cuales son obtenidas del Directorio Nacional de Unidades Económicas (ver tabla 9).

Tabla 9. Variables e indicadores de la dimensión accesibilidad de habitabilidad

Dimensión	Variable	Indicadores	Fuentes de Información	Autores
Accesibilidad	Carros particulares	Viviendas particulares que disponen de automóviles	INEGI	

	Recreación	Numero de espacios recreativos	DNUE	Omar Ávila Flores
	Centros de salud	Centros de salud	DNUE	
	Empleo	Cercanía a fuentes de empleo	DNUE	
	Farmacias	Cercanía a farmacias	DNUE	
	Mercados	Cercanía a mercados	DNUE	
	Áreas verdes	cercanía a áreas verdes	DNUE	

Fuente: Elaboración propia.

VI) **Dimensión de legalidad de las viviendas:** En esta se presenta si las viviendas en las que habitan los pobladores, son rentadas o son dueños de su patrimonio, esta dimensión contiene dos variables y dos indicadores (ver tabla 10).

Tabla 10. Variables e indicadores de la dimensión legalidad de las viviendas de habitabilidad.

Dimensión	Variable	Indicadores	Fuentes de Información	Autores
Legalidad de las viviendas	Viviendas Rentadas	Casas rentadas por AGEB/ Total de viviendas por AGEB	INEGI	Omar Ávila Flores

	Viviendas propias	Número de viviendas propias por AGEB/ Total de viviendas por AGEB	INEGI	
--	----------------------	---	-------	--

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Fuentes de Información para la obtención del índice de habitabilidad.

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) es un organismo autónomo encargado de normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, así como de captar y difundir información de México en cuanto al territorio, los recursos, la población y la economía que permita conocer las características del país y ayudar a la toma de decisiones.

De INEGI se obtuvo el censo de población y vivienda del año 2010, es un proyecto que permite dar cuenta de la situación del país en materia demográfica y mostrar las principales características socioeconómicas de sus habitantes, la información censal obtenida permite evaluar las características demográficas y socioeconómicas, e identificar la distribución en el territorio nacional, en este caso para el estudio a realizar la información se obtuvo a escala de AGEB urbano, para mayor detalle al momento de realizar los cálculos.

El Directorio Nacional de Unidades Económicas (DNUE, 2014) es una herramienta extra del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, que proporciona datos que permiten identificar a las unidades económicas por el nombre comercial, el tipo de organización jurídica, por su actividad económica y por su tamaño de; así como ubicarlas en el territorio mexicano por regiones, localidades, manzanas y calles.

3.2.3 Cálculo del Índice de Habitabilidad en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Para el cálculo de la habitabilidad en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se realizó una recopilación de información estadística con base en los datos del censo de población de 2010. Además de las variables del entorno urbano de las viviendas (Transporte público, áreas de recreación, centros de salud, escuelas, comercio y áreas legislativas) del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DNUE, 2014).

Esta investigación es de tipo cuantitativa ya que para su realización se usan bases de datos censales y del directorio estadístico nacional de unidades económicas y fueron tratadas como herramientas en el campo de la estadística.

Construcción de la base de datos: La construcción de la base de datos consto de dos partes.

La primera parte se llevó a cabo la recopilación de datos de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en específico de los censos de población y vivienda de 2010, enseguida se hizo una depuración de esta, para que quedara conformada únicamente con los datos que serían de nuestra utilidad.

La base de datos de INEGI, está integrada en una tabla con 190 indicadores, que se generaron con el siguiente nivel de desagregación:

- **Entidad**
- **Municipio**
- **AGEB**

Los indicadores generados para población corresponden a: su estructura por sexo y edad, fecundidad y migración, lengua indígena, discapacidad, características educativas,

derechohabiencia a servicios de salud, situación conyugal y religión, en cuanto al tema de hogares la información está relacionada con el número de hogares y su población de acuerdo con la jefatura del hogar.

En lo que respecta a vivienda: Viviendas y ocupantes, material de pisos, numero de cuartos, servicios que disponen que disponen (Energía eléctrica, agua entubada, sanitario, drenaje) y bienes de la vivienda.

Por la parte del DENUÉ se obtuvieron datos como son transporte público, zonas de recreación, centros de salud, centros educativos, áreas legislativas, centros de comercio por AGEB´s urbanos.

Construcción de la base de datos: Para la construcción de la base de datos se tomaron en cuenta 31 indicadores, que fueron elegidos con respecto a estudios similares realizados en diversos estados de México, además se buscaron cuáles eran los que mejor podían adaptarse a la zona de estudio, una vez seleccionados los 31 indicadores, se dividió en 6 dimensiones según las características de estas.

Una vez dividido en dimensiones se obtuvo el porcentaje a cada valor de los indicadores se le saca el porcentaje que el valor dado representa, con respecto al total del AGEB:

$$P = \left(\frac{VI}{TA} \right) \times 100$$

Donde:

P = Porcentaje que representa.

VI = Valor del Indicador

TA = Total, del AGEB

Esta operación se realizó para la mayoría de los indicadores (los obtenidos de la base de datos de INEGI), para los datos que fueron obtenidos del Directorio Nacional de Unidades Económicas los datos se dejaron de la forma en que venían, debido a que la conversión a porcentaje no era conveniente para estos datos.

3.3 Método de Análisis Jerárquico de Saaty.

El análisis jerárquico está basado en comparaciones binarias de las variables, por otro lado, los llamados métodos de aproximación, basados en comparaciones binarias de las alternativas (Barba y Romero y Pomerol, 1997).

Aplicación del método de estandarización para la unificación de las unidades por subíndice. Este proceso es utilizado para ajustar, adaptar y homologar distintas formas o mediciones que se encuentran en distintas unidades.

La aplicación del método de ponderación por método Saaty, cuyo objetivo es llegar a expresar, en términos cuantitativos, la importancia de los distintos elementos; se considera

este proceso como un método que crea controversia por la asignación sin un criterio definido en dichos pesos (Barredo, 1996).

La escala de Saaty es una herramienta propuesta para establecer la importancia o preferencia de criterios o alternativas en la matriz de comparaciones a pares. Es una escala de prioridades como forma de independizarse de las diferentes escalas que existen; de esta forma, se entrega homogeneidad y cierto grado de certeza a las comparaciones (Saaty, 1988).

Es una técnica multidisciplinar en la cual se unifican criterios de fuentes distintas que permiten delinear el impacto de los factores, aunque las variables no se encuentren en las mismas unidades métricas. Para aplicar este proceso se aplica la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{\pi - \mu}{\sigma}$$

Donde:

Z= Dato estandarizado o normalizado.

π = Valor nominal del dato a estandarizar.

μ = Media aritméticas.

σ = Desviación estándar.

Jerarquización o ponderación, descompone las estructuras complejas en componentes, ordenando estos componentes o variables en una estructura jerárquica y obtiene valores numéricos para generar juicios de preferencia y además sintetiza o determina las variables

que tienen más alta prioridad (Cadena y campos, 2012, Ávila, 2016). Para llevar a cabo este proceso se aplica la siguiente ecuación.

$$\frac{1}{N} + E1/N$$

Donde:

1= Valor ponderador

N=Numero de Jerarquización según indicador

E1= Indicador a ponderar.

Los principios fundamentales de este proceso son:

a) **Construcción de jerarquías:** Los sistemas complejos pueden ser mejor comprendidos mediante su descomposición, la estructuración de dichos elementos jerárquicamente, y la composición de los juicios, de acuerdo con la importancia relativa de los elementos de cada nivel de jerarquía. La jerarquización representa la descomposición del problema en las partes que lo componen.

b) **Establecimiento de prioridades:** Los seres humanos perciben relaciones entre los elementos que describen una situación, pueden realizar comparaciones a pares entre ellos con respecto a un criterio y de esta manera expresar la preferencia de uno sobre otro.

La escala Saaty es una herramienta propuesta para establecer la importancia o preferencia de criterios o alternativas en la matriz de comparaciones a pares. Es una escala de prioridades como forma de independizarse de las diferentes escalas que existen.

c) **Consistencia lógica:** Se debe realizar un ordenamiento jerárquico para los elementos.

Para el cálculo tanto de la vulnerabilidad como de la habitabilidad se aplicaron las fórmulas descritas anteriormente y por último se aplicó la ecuación para la obtención de los subíndices de indicadores a nivel de AGEB's urbanos cuando se trató de la habitabilidad y a sección por medio de la división según los polígonos de Thiessen cuando se trató de la parte de la vulnerabilidad.

El proceso se realizó de la siguiente manera:

$$IV = \frac{I1 + I2 + I3 + I4 + I5 + I6}{6}$$

Para el caso de la vulnerabilidad al solo tener una dimensión el proceso solo se realizó una ocasión y se obtuvo directamente el resultado, pero para la parte de habitabilidad que son más dimensiones del proceso varia.

$$D = \frac{\sum I}{TI}$$

Donde:

D = Dimensión

$\sum I$ = Sumatoria de indicadores

TI = Total de indicadores

Esta operación se llevó a cabo para cada una de las dimensiones que en este caso fueron 6 y los datos varían según la cantidad de indicadores que sean por dimensión.

$$IH = \frac{\sum D}{TD}$$

D = Índice de habitabilidad.

$\sum I$ = Sumatoria de dimensiones.

TI = Total de dimensiones.

Al integrar los subíndices mediante la aplicación de cálculos aritméticos.

3.4 Método de Semaforización.

Para realizar el método de semaforización cada dimensión debe desglosarse en pilares, temas, subtemas e indicadores, respectivamente. El ejercicio de semáforos involucra dos de estos elementos: los indicadores (con sus valores de referencia) y los temas.

El proceso de semaforización inicia con la asignación de un color de semáforo para cada indicador. Esto se realiza a partir de los datos obtenidos de los indicadores y los rangos de los valores de referencia establecidos para cada uno de ellos. Los valores de referencia se agrupan en tres rangos, a los cuales se le asigna un color de acuerdo con los siguientes criterios:

- I) Verde: Cuando el indicador está dentro de los parámetros indicados.
- II) Amarillo: Si el indicador presenta rezagos.
- III) Rojo: Si el indicador señala una situación crítica.

Ubicar el valor estimado para cada indicador dentro de estos rangos nos permite obtener un color de semáforo (verde, amarillo o rojo) para los indicadores, sin embargo, cabe resaltar

que aparte de los tres colores sugeridos entre estos puede haber colores de transición, para ser más específico o tener límites más cortos entre indicador e indicador.

Los colores de transición pueden ser una tonalidad de verde más claro, entre el verde y el amarillo, y una tonalidad de naranja entre el amarillo y el rojo, esta transición da lugar a que se tenga una idea más clara de cerca está el valor encontrado.

Una vez identificado los semáforos de los indicadores, se procede a determinar el color para cada tema. Dado que un tema está compuesto por varios indicadores, la evaluación final del color a asignar a cada tema surge de analizar los semáforos obtenidos para todos los indicadores incluidos en el mismo tema.

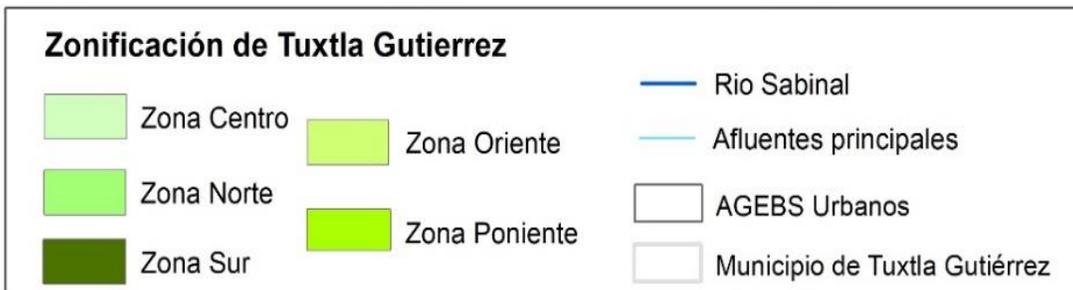
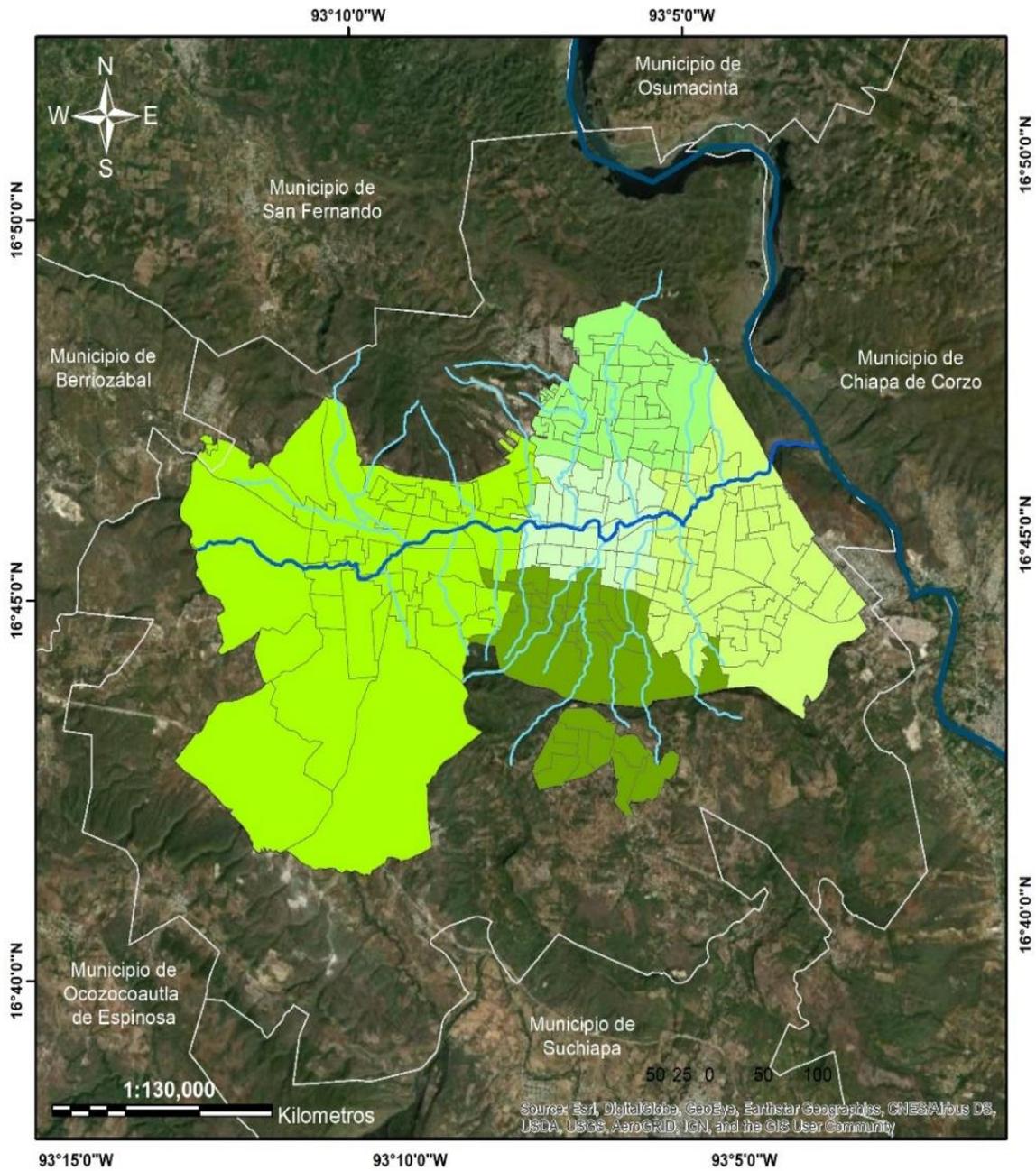
Los valores de referencia se basan en promedios regionales, estándares internacionales, aportes de especialistas sectoriales regionales, comparaciones de grandes y medianas ciudades de la región y análisis de datos recabados en relación con las ciudades elegibles para hacer Indicadores de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) (Banco Interamericano del Desarrollo, 2016).

CAPITULO IV: RESULTADOS

En el actual capítulo se exponen los resultados obtenidos después de haber aplicado la metodología correspondiente para cada uno de los índices, los resultados tanto de habitabilidad como de vulnerabilidad están expresados de manera cartográfica y cualitativa, con la intención poder observar cuales son las zonas de la ciudad en donde es más visible los fenómenos a estudiar.

Cabe destacar que, para mejor comprensión de los resultados, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez fue zonificada en 5 zonas, las cuales fueron: Zona Centro, Zona Sur, Zona Norte, Zona Oriente y Zona Poniente (Ver figura 12).

Figura 12 Mapa de zonificación de Tuxtla Gutiérrez



Fuente: Elaboración Propia

Como podemos ver en el cuadro anterior las 5 zonas en las que se dividió la ciudad se distribuyó de la siguiente manera: Zona Centro con 25 AGEB's totales, zona norte 47, zona sur 31, zona poniente 54, zona oriente 54, cabe recalcar que dicha división fue totalmente basada en la ubicación geográfica de los AGEB's (Ver tabla 11).

Tabla 11. Zonificación de los AGEBS en la ciudad Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Zona	Total AGEB's	Área que ocupa (km2)
Norte	47	13.94
Sur	31	26.91
Centro	25	9.61
Poniente	54	71.17
Oriente	57	18.44

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la figura 8, la ciudad ha crecido desde el centro del valle hacia los extremos, lo que ha provocado diversas variaciones que no son benéficas para ella. Estas variaciones podemos observarlas principalmente en las zonas Sur y Norte de la ciudad, en donde la transformación de zonas con una inclinación pronunciada ha traído consigo el crecimiento de la población que está expuesta a algún tipo de fenómeno el cual pueda afectar su patrimonio.

4.1 Vulnerabilidad.

Las inundaciones en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez es el fenómeno de origen natural que se presenta con mayor frecuencia, a pesar de no ser lluvias extraordinarias están causan diversos inconvenientes en la ciudad, derivado de la aplicación metodológica se identificaron las zonas de la ciudad más expuestas a presentar eventos de inundación.

La exposición de Tuxtla Gutiérrez está compuesta por las condiciones ambientales del entorno en el cual se presentas los fenómenos, así como los factores que actúan para que las lluvias afecten de manera consecuente a la población que vive en los cauces tanto del rio Sabinal como de los afluentes de este.

En la tabla 11 se puede observar en la columna principal las zonas de la ciudad, así como el grado de vulnerabilidad que componen estas zonas y cuantos AGEB's hay incluida en ellas.

Tabla 12. Grado de vulnerabilidad por exposición a inundaciones en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Zona	Total AGEB's	Grado de vulnerabilidad				
		Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Norte	47	44	0	3	0	0
Sur	31	19	0	1	0	11
Centro	25	23	0	0	0	2

Poniente	54	1	0	1	0	52
Oriente	57	3	5	49	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Zona Norte: A esta le corresponden 47 AGEB's de los cuales 44 caben en la categoría de vulnerabilidad muy alta y tres en niveles medio.

Zona Sur: En la zona sur de la ciudad se encuentra ubicados 31 AGEB's de los cuales 19 caben en la categoría de muy alto, un AGEB en nivel medio y 11 con nivel muy bajo.

Zona Centro: La zona está conformada por 25 AGEB's de los cuales 23 corresponden una vulnerabilidad muy alta y 2 muy bajo.

Zona Poniente: En esta zona de la ciudad se concentran la mayor parte de los niveles más bajos de vulnerabilidad que presenta la ciudad, ya que acá se concentra el 80% de estos, de los 54 AGEB's con que cuenta esta zona, 52 caben en la categoría de niveles muy bajos de vulnerabilidad, 1 con nivel medio y el restante le corresponde al nivel muy alto.

Zona Oriente: Esta zona se identifica por ser la que mayor número de AGEB's concentra, en ella se encuentran inmiscuidas 57 AGEB's, de los cuales 3 corresponden a niveles muy altos de vulnerabilidad, 5 a niveles altos y 49 a nivel medio.

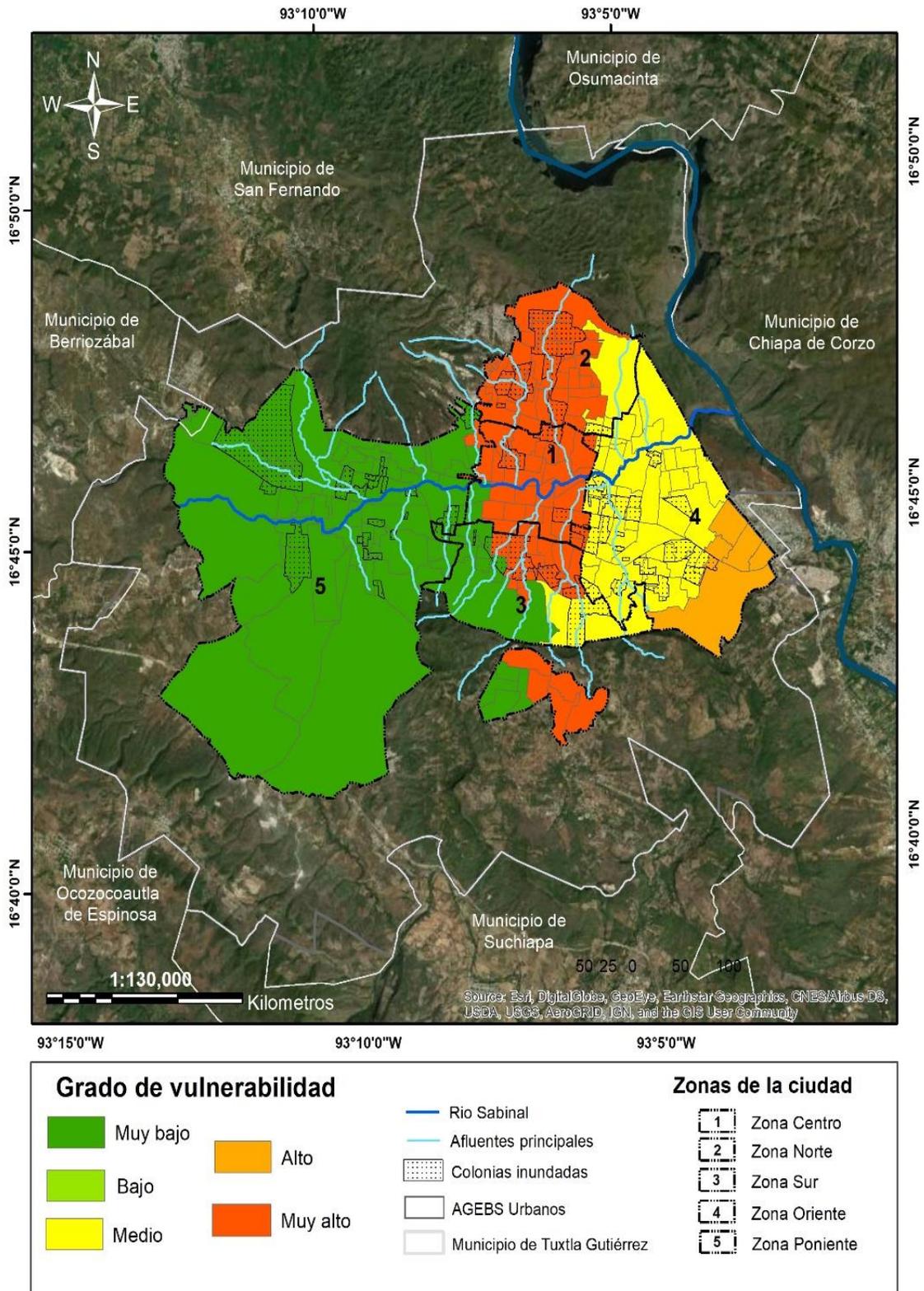
De acuerdo con los 214 AGEB's que componen la ciudad 90 AGEB, se presentan una vulnerabilidad muy alta en el 42% de todos los que se tomaron en cuenta, el nivel alto de vulnerabilidad apenas lo presentan 5 AGEB's y representa solo 2.33% de los AGEB's totales, en el nivel medio se encuentran 54, teniendo una representación del 25.23% del total, para finalizar el nivel de vulnerabilidad muy bajo representa en 30.37% de los tomados en cuenta, en este último hay 65 AGEB's (ver figura 13).

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez en los últimos años las inundaciones han sido de mayor recurrencia, debido a su forma tan desorganizada crecimiento, este crecimiento ha provocado la deforestación y la alteración de los cauces originales de los arroyos que desembocan en el cauce del río Sabinal.

La alteración de las zonas de la ciudad ha provocado que el desfogue de los cauces hacia el río Sabinal sea más brusco, por otra parte, el recubrimiento de las calles con concreto y la ya antes mencionada deforestación, no permiten que el agua de las lluvias se filtre hacia el subsuelo y haya una merma en la descarga, si no que toda la lluvia que cae en la zona, es descargada directa y velozmente.

Como se refleja en el mapa, las zonas de vulnerabilidad alta están representadas en la mayoría en las zonas altas de la ciudad, además de que abarca la parte céntrica debido a que el trayecto del cauce se encuentra en esta y hay una mayor concentración de población en esta, los reportes más recurrentes de inundación en cuanto la revisión hemerográficas se encuentra en estas zonas.

Figura 13 Vulnerabilidad en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez



Fuente: Elaboración propia.

El grado de vulnerabilidad medio disminuye conforme avanza el cauce debido a que conforme la confluencia de población disminuye a los lados tanto oriente como poniente de la ciudad, esta da paso a que el caudal del río sea más amplio, lo que permite extenderse, lo que da lugar a que la vulnerabilidad de esa población sea menor. La zona de vulnerabilidad baja a pesar de que en los reportes de inundaciones también hay colonias ahí, la recurrencia es mucho menor que en las otras zonas, esto debido a que la concentración de población es menor y otra característica de esa zona es que es plana por lo que los cauces desembocan hacia el río Sabinal de manera gradual.

Es importante destacar, según la interpretación visual del mapa en cuanto a territorio ocupado por cada categoría de vulnerabilidad, refleja que el nivel muy bajo representa mayor parte, en cuanto a espacio geográfico reflejado, sin embargo, el nivel muy alto de vulnerabilidad es en donde mayor número de AGEBS hay concentrados.

Esta investigación contribuye a dimensionar parte del sistema vulnerable el cual sirve para identificar la población expuesta y así enfocar políticas públicas que sirvan para ayudar a esa población a ser resiliente ante los efectos de futuros eventos, además con esta se pudo identificar el prácticamente nulo control de crecimiento urbano de la ciudad.

Con esto podemos obtener que para el control de la vulnerabilidad se requiere de un esfuerzo multidisciplinar para el trabajo en conjunto de los expertos en los temas que sean afines a la problemática, además de incluir a la población que es afectada por este fenómeno y por su puesto a los tomadores de decisiones, ya que ellos tendrían que ser los primeros en actuar ante las situaciones que se presenten.

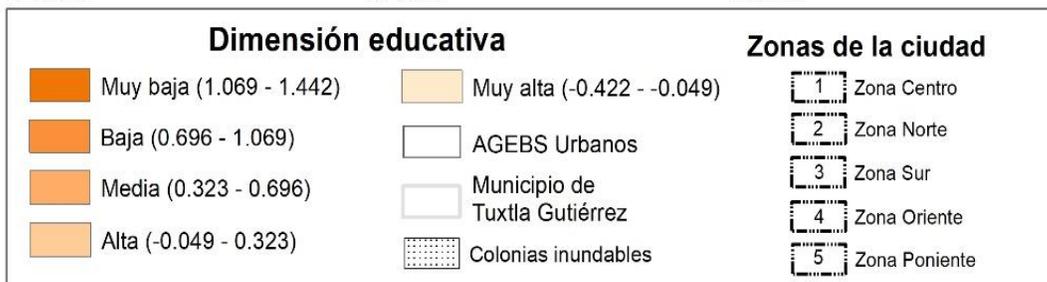
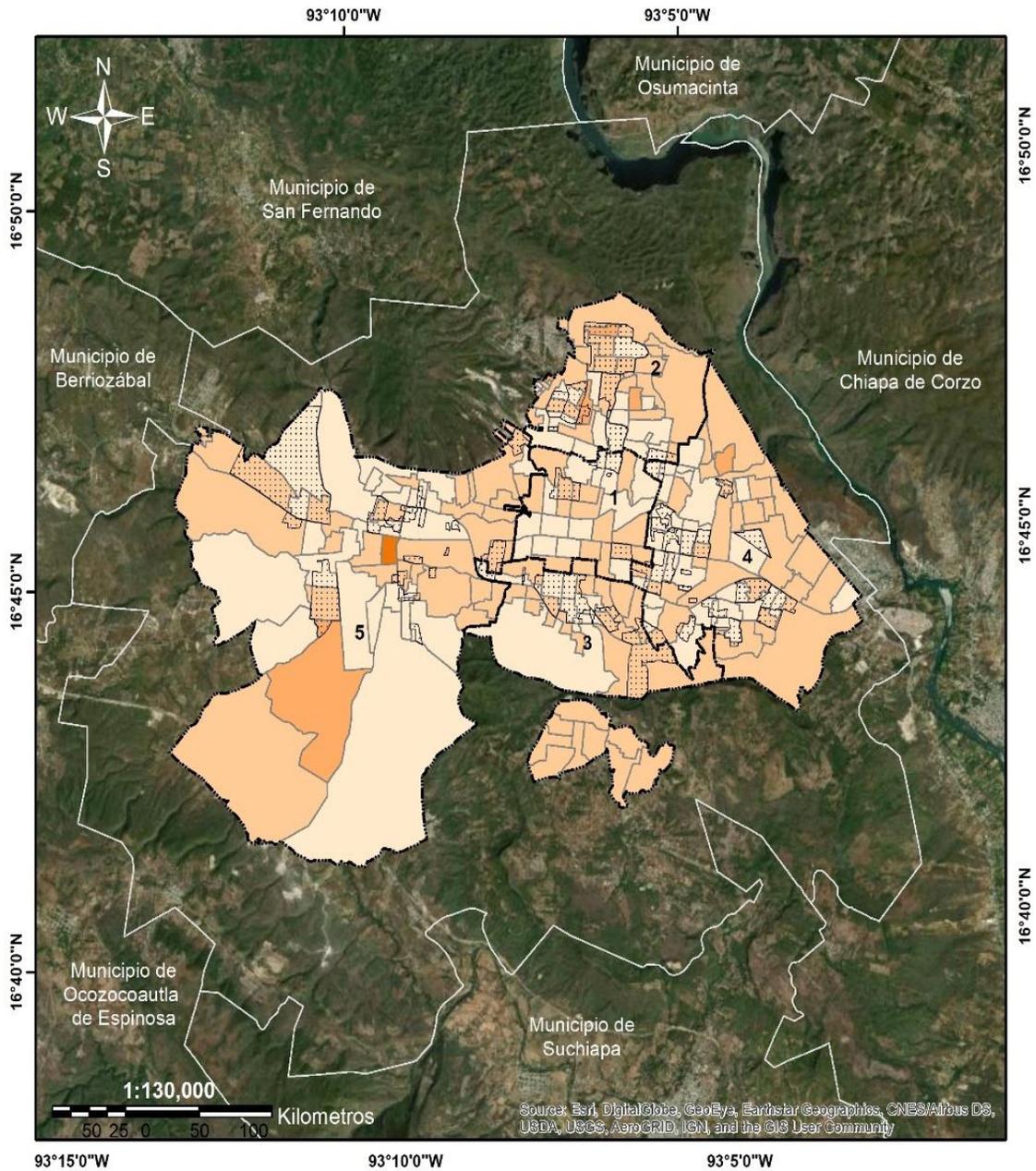
Si bien es prácticamente imposible erradicar la vulnerabilidad de manera total, por lo menos proponer estrategias para la adaptación y mejora de ciertas características de la ciudad para reducir la vulnerabilidad hasta donde se pueda.

4.2 Habitabilidad.

Para que a evaluación de la habitabilidad de las viviendas a nivel de AGEB's urbanos se llevara a cabo en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se tomaron en cuenta 6 dimensiones y 30 variables: Dimensión educativa, dimensión socioeconómica, dimensión de características de la vivienda, dimensión bienes de la vivienda, dimensión accesibilidad y dimensión legalidad de las viviendas.

- **Dimensión educación:** Se conforma de tres variables, las cuales son población con asistencia escolar, población con educación superior y población analfabeta, en esta dimensión podemos observar que el 42% de los AGEB's de la ciudad cuentan con un nivel educativo muy alto, el 48% con un nivel alto, el 8% con un nivel medio y tan solo el .46% cuenta con un nivel educativo muy bajo, por lo que, de manera general, se puede resumir que la ciudad cuenta con un nivel educativo bastante alto (ver figura 14).

Figura 14 Dimensión educativa de la habitabilidad.

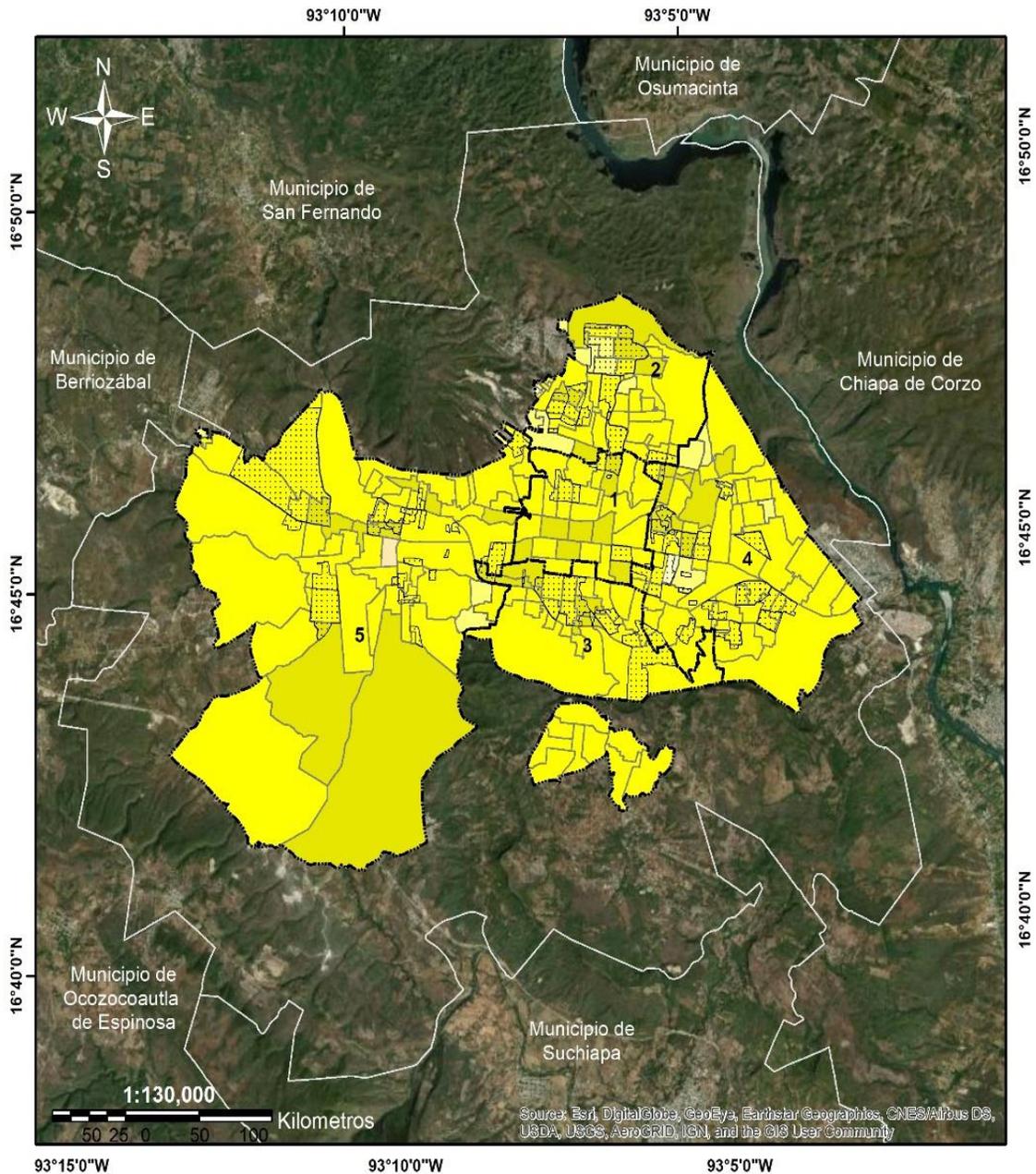


Fuente: Elaboración propia

- **Dimensión social:** Esta dimensión está conformada por 7 variables, las cuales son: Ocupación de la población, población ocupada con estudios medios superiores, índice de hogares con jefatura femenina, personas que tienen seguro médico, tasa de desempleo, índice de marginación urbana e índice de dependencia potencial, de los cuales los AGEB's se distribuyeron de la siguiente manera, 1.40% de los AGEB's, cabe en la categoría de muy bajo, .93% con bajo, 14.01% medio, 68.22% alto y el 15.42% muy alto (ver figura 15).

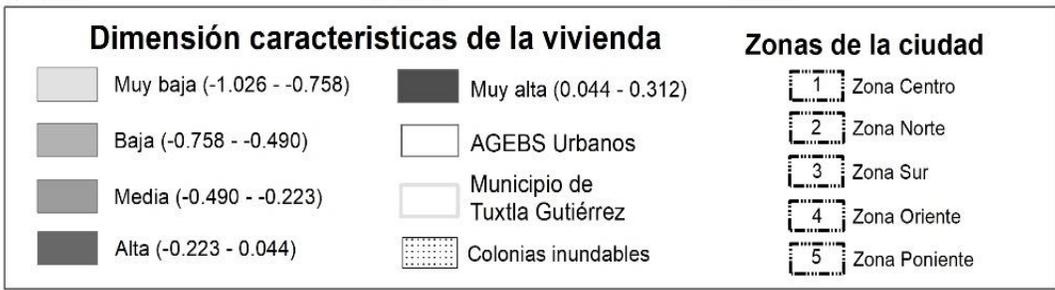
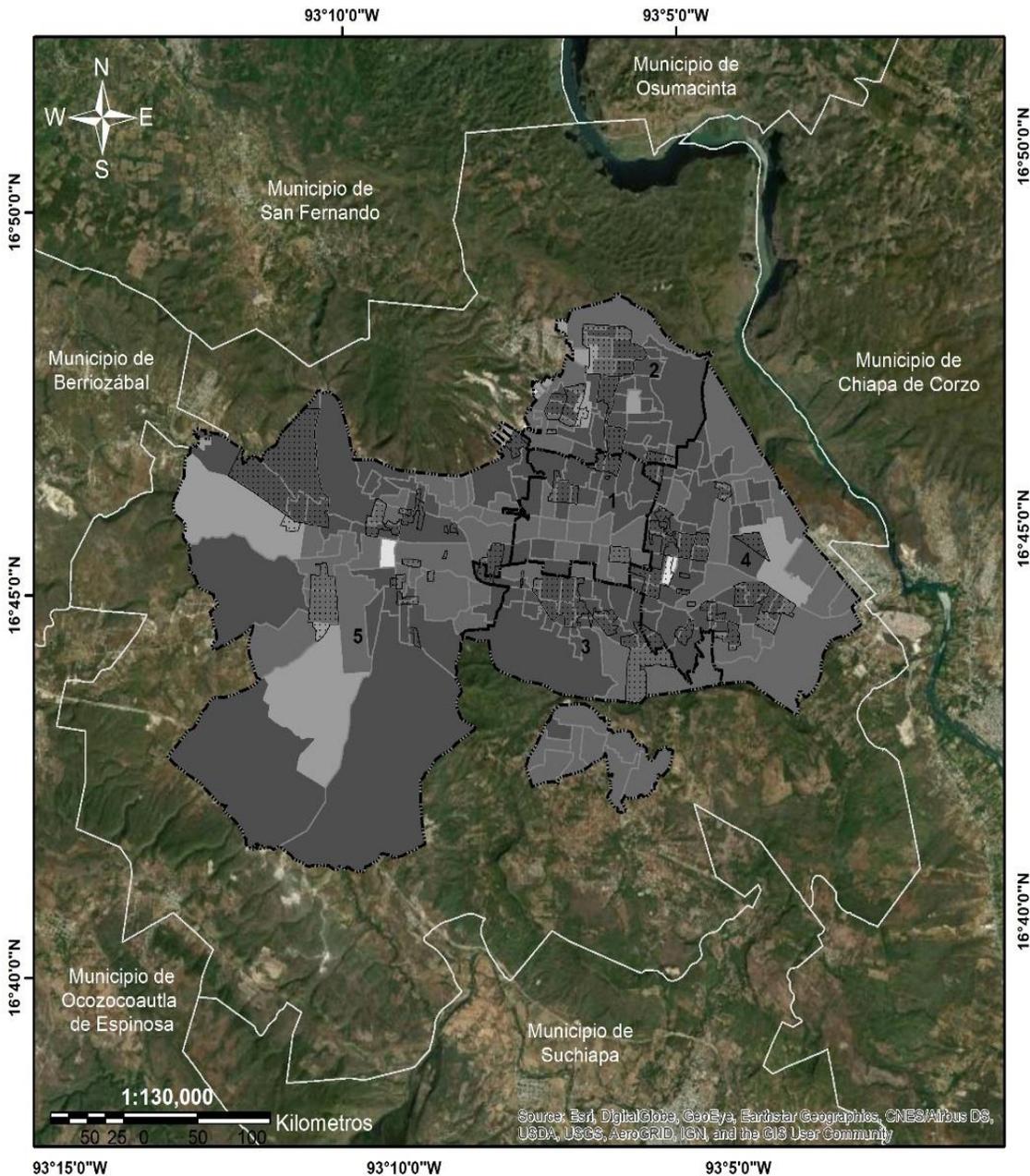
- **Dimensión característica de la vivienda:** Aquí podremos ver representados los servicios públicos con los que cuenta la vivienda entre los que podemos encontrar variables como la energía eléctrica, drenaje, acceso a agua potable y excusados, de las cuales 2.33% corresponden a un nivel muy bajo, 14.01% a un nivel medio, 27.57% a un nivel alto y 56.07 % a un nivel muy alto de habitabilidad (ver figura 16).

Figura 15 Dimensión social de la habitabilidad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Dimensión características de la vivienda de habitabilidad.



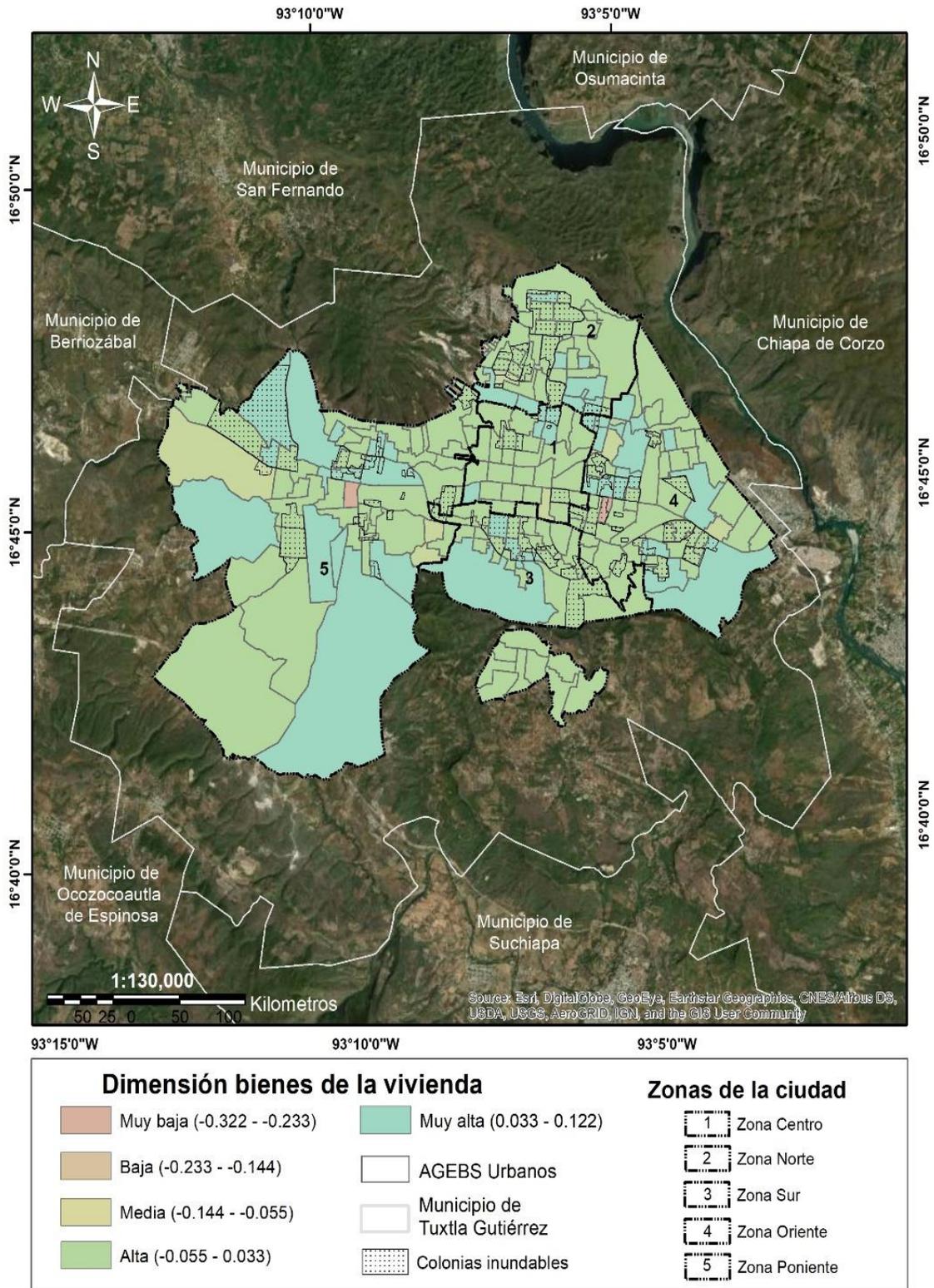
Fuente: Elaboración propia.

- **Dimensión bienes de la vivienda:** A continuación, se representa la dimensión bienes de la vivienda, en la cuales serán expuestos los bienes físicos con los que cuentan los hogares de los AGEB's de la ciudad, cabe destacar que esta dimensión es la que cuenta con el mayor número de variables, ya que era necesario para el mejor análisis de la información.

Esta dimensión cuenta con 8 variables, las cuales son: Viviendas particulares habitadas con computadora, Viviendas que cuentan con teléfonos celulares, viviendas que cuentan con lavadora, viviendas que cuentan con refrigeradores, televisión por vivienda, el material del que estuvieran hecho los pisos de la vivienda y la necesidad primordial del siglo XXI, internet en las viviendas.

A partir de la información recaudada se obtuvo que 1.86% de los AGEB's contaban con un nivel muy bajo en cuanto a sus bienes, el 42% con un nivel medio, el nivel alto de las características de la vivienda le correspondía el 32.71% y 23.36% un nivel muy alto (ver figura 17).

Figura 17 Dimensión bienes de la vivienda de habitabilidad.



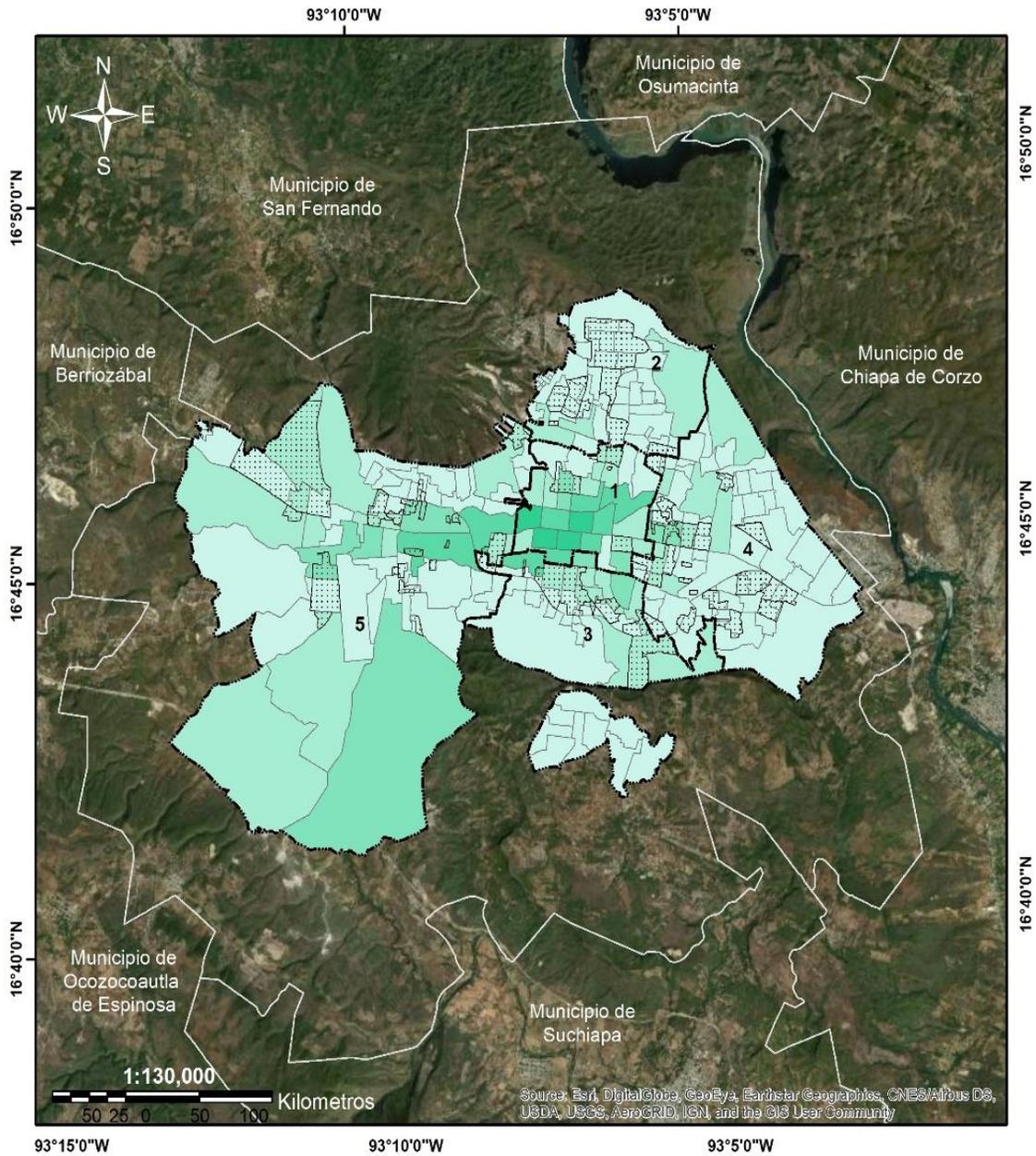
Fuente: Elaboración propia.

- **Dimensión accesibilidad:** La dimensión de accesibilidad cuenta con 7 variables las cuales representan el acceso que tienen los AGEB's a servicios de primera mano o primordiales para el desarrollo correcto de la vida diaria, esta información a diferencia del resto que fue obtenida del censo de población del INEGI, fue extraída del Directorio Nacional de Unidades Económicas.

Entre las variables utilizadas para obtener la dimensión de accesibilidad podemos encontrar los hogares por AGEB que contaban con carros particulares, centros recreativos con los que cuenta el AGEB, espacios para atender cosas relacionadas con la salud pública, fuentes de empleo, farmacias, mercados y áreas verdes.

Esta información se puede ver representada en la siguiente imagen en la cual se observa que el nivel muy bajo de accesibilidad representa el 68.69% de la cantidad de AGEB's totales, 19.15% representa un nivel bajo de accesibilidad, el 6.07% un nivel medio, 3.73% un nivel alto y un 2.33% un nivel muy alto de accesibilidad (ver figura 18).

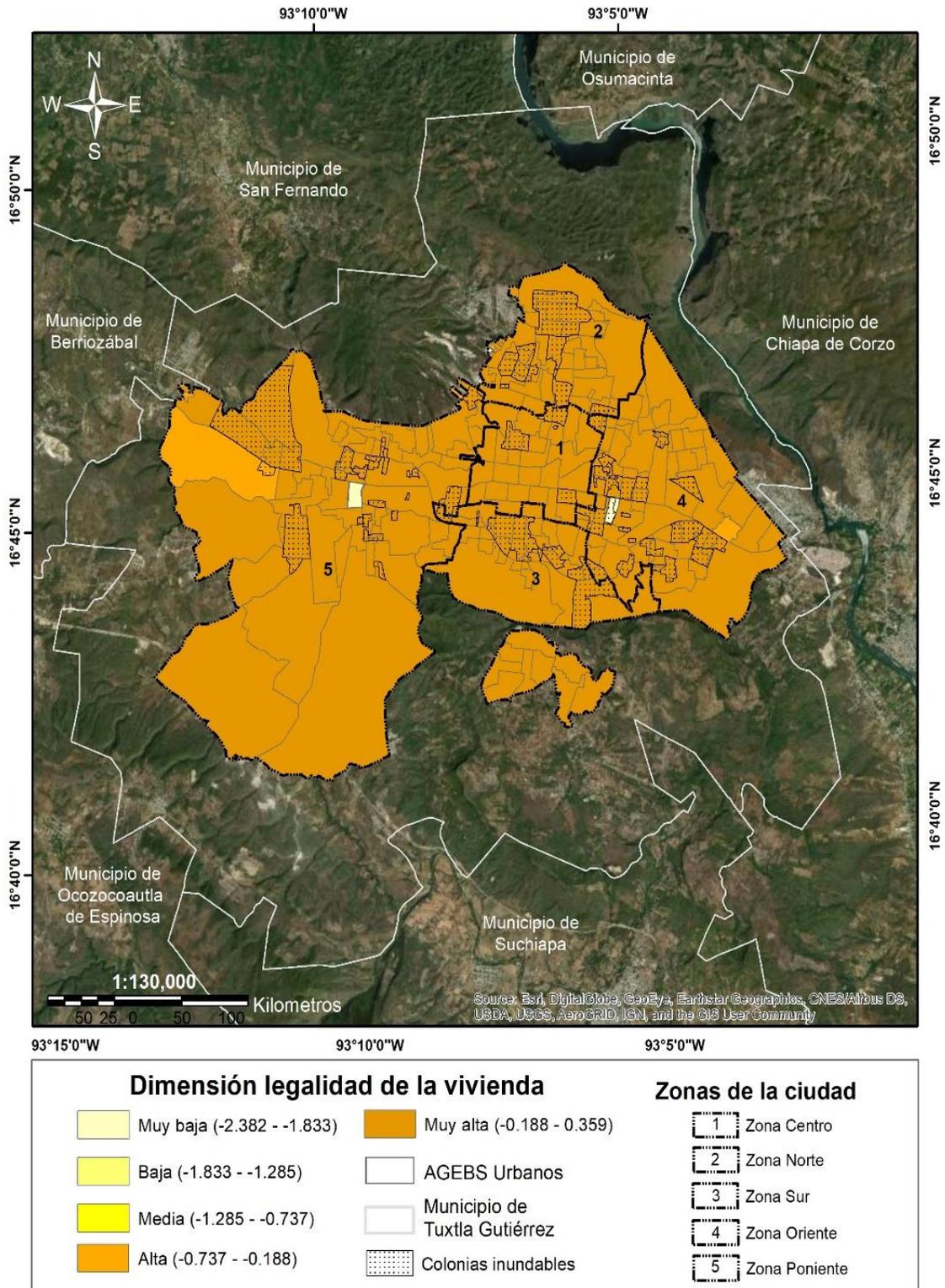
Figura 18 Dimensión accesibilidad de habitabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

- **Dimensión legalidad de las viviendas:** La dimensión presentada es la que cuenta con menos variables cuenta, debido a que en ella simplemente se expresan si las viviendas de los AGEB's son propias o son rentadas, en las variables antes mencionadas se puede observar en el mapa los resultados adquiridos, los cuales están representados de la siguiente manera, 1.86% es un nivel muy bajo, 2.80% representa el nivel alto y el 95.31% está representado por un nivel muy alto de legalidad de las viviendas (ver figura 19).

Figura 19 Dimensión legalidad de las viviendas de habitabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

Para poder obtener el índice de habitabilidad, se usó el método de Saaty, dándole diferentes pesos a las dimensiones que se tomaron en cuenta para el estudio.

Tabla 13. Distribución de AGEB's en las zonas de la ciudad dependiendo del valor de habitabilidad.

Zona de la ciudad	Total AGEB's	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Norte	47	3	11	19	8	6
Sur	31	1	15	14	0	1
Centro	25	5	15	5	0	0
Poniente	54	3	21	22	5	3
Oriente	57	2	20	24	8	3

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13, se puede observar los resultados arrojados después de llevar a cabo el proceso, en esta se refleja las zonificaciones que se realizó de la ciudad con sus respectivos AGEB's que contienen y con qué índice de habitabilidad cuentan cada uno.

Zona Norte: La zona norte de la ciudad al contrario de la pasada es la zona en donde se presentan el mayor número de casos de habitabilidad muy baja de las zonas a estudiar. Con

niveles muy bajos de habitabilidad tenemos 6 AGEBS que representan el 12.76% del total de AGEBS de la zona, también se tienen 8 AGEBS con habitabilidad baja que representan el 17.02%, con grado medio se tienen 14 AGEBS, que representan el 29.78%, 11 AGEBS tienen el grado de habitabilidad alto, lo que tiene una representación de 23.40% y 3 AGEBS con valores muy altos que tiene una representación de 6.38%.

Zona Sur: Está compuesta por 31 AGEBS de los cuales el 3.22% tiene valores muy altos de habitabilidad, 15 valores altos, estos 15 representan el 48.38% del total de AGEBS que componen la zona, 14 con valores medios que representan el 45.16%, y el 3.22% restante se complementa con valores muy bajos de habitabilidad.

Zona Centro: En la zona centro de la ciudad, es la zona donde alberga la mayor parte de la población, como se puede ver en la figura 8, el crecimiento de la ciudad inicio desde las partes bajas del valle hacia las orillas, por lo que es lógico que en esta parte se concentre la mayor parte de comercios, población, centros de recreación y sea el lugar principal de giro económico.

Esta tendencia de la ciudad dio lugar a que en la zona centro no haya ningún AGEBS con niveles bajos, ni muy bajos de habitabilidad, al contrario, en esta es donde mayor número de concentración de AGEBS con valores muy altos de habitabilidad hay, en esta zona se encuentran 5 que representa el 20% del total de la zona, 15 con valor de alto que estadísticamente representa el 60% del total y 5 con valor medio, que representa el 20% restante para la zona.

Zona Poniente: Como se puede observar en el mapa (crecimiento urbano) en los últimos años registrados en esta zona de la ciudad es hacia donde mayor extensión ha tenido la ciudad, esto debido a que las condiciones geográficas así lo permiten.

La zona poniente se compone de 54 AGEB's de los cuales 3 tuvieron la asignación de valores muy altos de habitabilidad, estos tres AGEB's representan el 5.55% del total, con valores altos se tienen 21 AGEB's, los que tienen una representación de 38.88%, con valores medios se tienen 22 AGEB's que tienen una representación del 40.74%, 5 AGEB's contienen en valores bajos y 3 con valores muy bajos, lo que representa el 9.25% y 5.55% respectivamente.

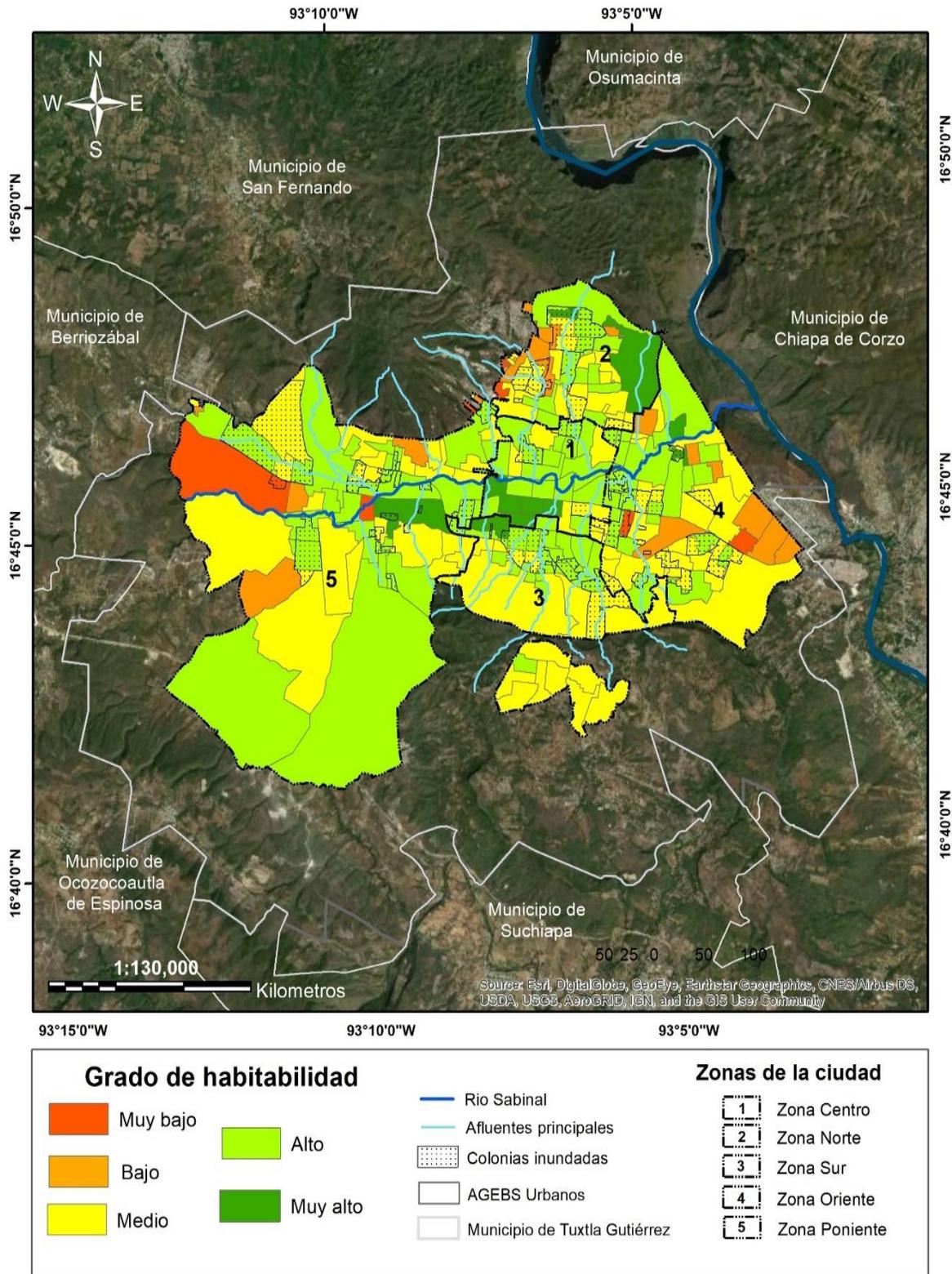
Zona Oriente: En esta zona de la ciudad es la que en los últimos años la tendencia de crecimiento ha dominado, por lo que esta tendencia se ve reflejado en los resultados obtenidos, a pesar de que hay lugares en donde se puede ver las zonas con baja y muy baja habitabilidad, la concentración de espacios recreativos y de confluencia pública en los últimos años se están encaminando hacia esta zona.

En la zona oriente se encuentran ubicados 57 AGEB's de las cuales 2 son de valores muy altos y representan el 3.50% del total de la zona, 20 con valores altos que tienen una representación del 35.08%, los valores medios que son el valor que predomina en esta parte de la ciudad, tienen una representación del 42.10% del total de la zona y equivalen a 24 AGEB's urbanos, por último, con 8 y 3 AGEB's están los valores de bajo y muy que representan el 14.03 y 5.26 respectivamente.

Las zonas críticas de habitabilidad en las viviendas son las consecuencias del crecimiento de la población, desarrollo económico y crecimiento urbanos desordenado de la ciudad. Esta investigación muestra claramente que las zonas de buena habitabilidad están concentradas en el centro de la ciudad y se pierde mientras se va alejando de esta.

Para el caso de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez aparte de la tendencia de centralización de la zona con habitabilidad alta, también se puede ver la ligera concentración de las zonas de habitabilidad alta en los márgenes del río Sabinal, lo que muestra que la ciudad de Tuxtla Gutiérrez busca el recurso hídrico como base para su crecimiento (ver figura 20).

Figura 20 Grado de habitabilidad de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en el presente estudio deben de plantar bases para planear y reordenar el crecimiento urbano mediante la evaluación de las condiciones de habitabilidad mostradas, para que con estas la población pueda mejorar las condiciones de sus viviendas, mejorar los servicios públicos para que todas las zonas tengan las mismas oportunidades, aparte de extender las zonas económicas para que salga confluencia de la zona centro y comience a haber una distribución equitativa en la ciudad y así poder mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

Además, este estudio puede ser un parteaguas para estudios futuros en la ciudad enfocados al mejoramiento urbano, ya que con respecto a esta temática hay poca información generada y con la problemática urbana que atraviesa la ciudad, el generar información de este tipo sería de gran importancia.

Retomando la hipótesis planteada al inicio del documento se puede manifestar que esta fue errónea, debido a que con los resultados obtenidos se comprobó que la vulnerabilidad y la habitabilidad son variables disociadas, esto se menciona debido a que en los resultados se esperaba que en zonas donde la habitabilidad fuera alta, la vulnerabilidad resultara baja y los resultados a pesar de que en ciertas zonas si había esta relación, en la mayoría de los casos no resultó así, en relación a esto podemos definir que la ciudad de Tuxtla ha crecido de forma desordenada y los nuevos asentamientos han sabido adaptarse al entorno que ha provocado que el estar expuestos a las inundaciones de manera recurrente no les impida el continuar con sus actividades cotidianas, esta situación no solo se presentan en los AGEB's que se encuentran en los márgenes del río, sino que ha migrado hacia los afluentes del cauce, en

donde la mayoría de los casos también se puede observar el mismo comportamiento.

Como valor agregado al estudio realizado podemos decir que por la parte de vulnerabilidad el nivel de detalle para la definición de las zonas de vulnerabilidad podría ser mayor, pero la información disponible en las estaciones meteorológicas usadas en algunos casos es inconclusa, por otra parte el nivel de AGEB's urbanos es una escala difícil de cubrir para lo general que se encuentra la información disponible, es por eso que si se obtuviera más estaciones dentro de la ciudad se obtendría un mejor análisis de datos y un detalle mayor en los resultados obtenidos.

Por la parte de la habitabilidad una de las actividades principales que se tenía contemplado, fue la aplicación de encuestas directamente a la población para recaudar datos de campo y comparar con los datos obtenidos directamente de INEGI, además de agregar algunos indicadores en las dimensiones, sin embargo nos topamos con el inicio de la pandemia de COVID-19, por lo que fue imposible realizarlas, esto habría dado un valor extra al trabajo, porque no solo sería de gabinete, sino que se tendría dos percepciones, la obtenida con base en la simulación y la información obtenida en campo.

Como se ha venido repitiendo a lo largo del estudio como principal recomendación sería el incluir estudios de habitabilidad en futuros proyectos de la ciudad, además este podría servir como guía para dirigir algunos programas de asistencia social a los lugares que realmente lo necesitan.

De la misma manera se recomienda que en un futuro sería conveniente realizar un estudio de

habitabilidad con una escala mayor (nivel de manzanas), ya que con eso se obtendría mejor detalle de la calidad de vida de las personas.

De igual forma sería conveniente buscar una metodología o realizar mediciones de precipitación en diferentes zonas de la ciudad para información más detallada de la distribución de lluvia de la ciudad, debido a que con el método de polígonos se volvió muy general el resultado.

BIBLIOGRAFIA.

Artiles López, Dora María; Sangrabriel, Alejandra Samantha, (2012).” Construyendo la vulnerabilidad: Un riesgo para todos”. *Arquitectura y Urbanismo*, 33, pp. 68-78.

Ávila Flores Omar, (2016). La Habitabilidad de las Viviendas en la Zona Metropolitana de Toluca. (Tesis de Doctorado), Universidad Autónoma Del Estado de México, Toluca, México.

Beraud Lozano, José Luis, Covantes Rodríguez, César, Beraud Martínez, Igor Piotr, **VULNERABILIDAD SOCIOAMBIENTAL EN MAZATLAN, MEXICO**. Cuadernos Geográficos [en línea] 2009, (Sin mes). [Fecha de consulta: 24 de enero de 2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17111905003>> ISSN 0210-5462.

Chávez López, S. (2018). El Concepto del Riesgo. *Recursos Naturales y Sociedad*, 4, 32-52.

CENAPRED. (2004). Inundaciones. En Serie: Fascículos (1-51). México: CENAPRED.

Colín Olivares, Orlando, Chimal Vázquez, Annie Eunice, Ihl, Thomas, Fenómenos hidrometeorológicos extremos en ciudades turísticas del norte de Quintana Roo. Teoría y Praxis [en línea] 2015, (marzo-Sin mes): [Fecha de consulta: 24 de enero de 2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456144904005>.

CONACYT, CONAGUA, IMTA. (2011). Estudio de Riesgos de Inundaciones en Zonas Urbanas de la República Mexicana. México: IMTA.

ESPINOSA RODRÍGUEZ, L. (2010). Propuesta metodológica para la evaluación del riesgo desde la perspectiva del ordenamiento del territorio. *Revista del CESLA*, 2 (13), 643-664.

Espinosa Rodríguez Luis Miguel, Torres Pardo Natalia Dinorah y Magaña Lona Dolores. (2017). Cálculo de la peligrosidad y vulnerabilidad por inundaciones en el municipio de San Mateo Atenco, Estado de México. *Revista Latinoamérica el Ambiente y las Ciencias*, 17, 20-39.

Estado de México. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca de Lerdo, Estado de México.

García Benítez Marcelino; Adame Martínez Salvador. (2017). Propuesta metodológica para evaluar la vulnerabilidad por ciclones tropicales en ciudades expuestas. *Quivera*, 2, 35-58. 24-01-2019, De <http://ri.uaemex.mx/> Base de datos.

García Benítez Marcelino, Adame Martínez Salvador, Alvarado Granados Alejandro. (2017). Urbanización e impacto de ciclones tropicales en la ciudad de Progreso de Castro, Yucatán. *Nova Scientia*, 9, 819-849.

García Benítez Marcelino (2018). Vulnerabilidad Urbana por Ciclones Tropicales en Dos Ciudades del Estado de Yucatán. (Tesis de Doctorado), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca de Lerdo, Estado de México.

Gabinete. (2019). Ciudades más habitables de México, 2019. 15/11/2020, de Gabinete de Comunicación estratégica Sitio web: www.gabinete.mx.

Gutiérrez Pérez F., Plata Rebollar J.L. Propuesta de atlas de riesgo y un diseño de sistema de alerta temprana por inundación para el municipio San Mateo Atenco, Estado de México (Licenciatura en Geoinformática), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, estado de México.

INEGI. (2009). Manual de Cartografía Geoestadística. México: INEGI.

Instituto Estatal del Agua. (2013). Plan de Gestión y manejo Integral de la cuenca del Rio Sabinal. México: Instituto Estatal del Agua.

Jordán García, M (2016). Vulnerabilidad ante inundaciones en el Municipio de Tenancingo, Estado de México. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

Loza Beltrán J. (2015). Visualizador web del índice de vulnerabilidad prevalente en asentamientos humanos ante el riesgo de inundación en el municipio de San Mateo Atenco.

Manrique González I. (2018). Vulnerabilidad y susceptibilidad ante inundaciones en la ciudad de Acapulco de Juárez, Guerrero, 2000 y 2010. (Tesis de Maestría), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca de Lerdo, Estado de México.

Maya Pérez Esther, Cervantes Borja Jorge. (2005). La producción de vivienda: Sector privado y su problemática en el municipio de Ixtapaluca. México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V.

Mendoza Mejía J. (2017). Evaluación de los factores de riesgo por inundación en asentamientos humanos de la zona metropolitana de Toluca. (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

Muciño López A. (2014). Índice de vulnerabilidad social para la zona metropolitana del Valle de México (Tesis de Licenciatura), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, estado de México.

Olín Fabela, L.A. (2017). Vulnerabilidad social por inundaciones (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca estado de México.

Osorio J.C., Orejuela J.P. (3 septiembre 2018). El proceso de análisis jerárquico y la toma de decisiones multicriterio. *Scientia et Technica*, XIV, 247-252.

Páramo Pablo, Burbano Andrea, Fernández Diana. (2016). Estructura de indicadores de habitabilidad del espacio público en ciudades latinoamericanas. *Revista de Arquitectura*, 18, 6-26.

Protección Civil. (2015). Atlas de Riesgos Tuxtla Gutiérrez. Tuxtla Gutiérrez. Protección Civil.

Protección Civil (2015, diciembre). Fenómenos Hidrometeorológicos. Recuperado el 13 marzo, 2019, de <https://seprosicamp.wordpress.com/fenomenos-hidrometeorologicos/>.

Robert, Hardy, Sebastien, Metzger, Pascale y Robert Jeremy. (2009). Vulnerabilidades urbanas en los países andinos. Bulletin de l'Institut français d'études andines, 38, 401-410.

Ruiz Naxhelli. (2012). La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo. Investigaciones Geográficas, Boletín, 77, 63-74.

Salas M.A., Jiménez M. (2004). INUNDACIONES. México: CENAPRED.

Sánchez Martínez Francisco Javier. (2008). Cálculo de la precipitación áreal mediante sistemas de información geográfica. En Recursos hídricos (2-28). México: EOI.

SEMARNAT. (2013). Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. México: Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas.

Silva Moisés, García Antonio y Hernando Ana. (diciembre 2015). Crecimiento de la mancha urbana en la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez. Quehacer Científico en Chiapas, 10, 35-41.

Talavera Sánchez, G (2018). Riesgo y vulnerabilidad por inundaciones. Caso de estudio: Conjunto urbano de San Andrés, municipio de Calimaya. (Tesis de Licenciatura). Universidad autónoma del estado de México, Toluca estado de México.

UNESCO. (2012). Gestión para la Reducción del Riesgo de Desastres y Sistemas de Alerta Temprana. Costa Rica: Orellana.

Valdivia, Camilo, ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD SOBRE EL FONDO HABITACIONAL. *Arquitectura y Urbanismo* [en línea] 2008, XXIX [Fecha de consulta: 24 de enero de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376839855010>> ISSN 0258-591X.

Vásquez Miguel, Espíritu Gloria, Morales Horacio, Montoya Guillermo, Navarrete Darío. (2009). Riesgo por inundaciones en la ciudad de Tapachula, Chiapas, México. En *La Gestión del Riesgo Urbano en América Latina: Recopilación de artículos* (143-158). Panamá: EIRD.