



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

“GEOSISTEMAS PERTURBADORES Y VULNERABILIDAD
ESPACIAL EN LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA
ZOLOTEPEC, ESTADO DE MÉXICO”

Para obtener el Título de Licenciado en Geografía

P R E S E N T A

JOSÉ LUIS SOLÓRZANO MAYA

ASESOR DE TESIS
DR. LUIS MIGUEL ESPINOSA RODRÍGUEZ

REVISORES
MTRA. DOLORES MAGAÑA LONA
DR. YERED GYBRAM CANCHOLA PANTOJA

TOLUCA DE LERDO, MÉXICO, NOVIEMBRE 2017

Índice general

	Página
Índice general	2
Agradecimientos	4
Resumen	5
Summary	5
Introducción	6
i.1 Introducción	6
i.2 Planteamiento del problema	9
i.3 Justificación	9
i.4 Hipótesis	11
i.5 Objetivos	11
i.5.1 Objetivo general	11
i.5.2 Objetivos particulares	12
i.6 Metodología	12
i.7 Antecedentes	15
i.7.1 Antecedentes de la zona de estudio	16
i.7.2 Trabajos de investigación	16
i.7.3 Desastres ocurridos en México y el mundo	21
i.7.4 Marco Legal	28
CAPÍTULO I	
EL ESTUDIO DEL RIESGO	36
1.1 Antecedentes generales	36
1.2 Análisis teórico conceptual para el estudio de los riesgos naturales	41
1.3 Lineamientos generales (Base teórica metodológica)	42
1.4 Principios generales del estudio de los riesgos naturales	44
1.4.1 Diagnóstico de riesgo	47
1.4.2 Geosistema perturbador	48
1.4.3 Tipología del geosistema perturbador	48
1.5 Características funcionales de los geosistemas	49
1.6 Estructura geosistémica	52
1.7 Expresión de peligrosidad	53
1.7.1 Fenomenología	54
1.7.2 Características y funcionamiento del proceso	54
CAPÍTULO II	
MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	64
2.1 Marco Tecto-Volcánico Regional	65
2.2 Evolución Estructural de la Región	67
2.3 Principales sistemas disyuntivos de la región	69
2.4 Marco geológico local	76

CAPÍTULO III		
GEOSISTEMAS PERTURBADORES Y		
VULNERABILIDAD POR ESPACIOS ESENCIALES		81
3.1	Estimación general de los Geosistemas perturbadores en la localidad	81
3.2	Génesis y comportamiento del geosistema perturbador	92
3.3	Características sistémicas	94
3.4	Análisis preventivo de las fases del desastre	97
3.5	Medio de desplazamiento, estado físico y movimiento de los materiales	96
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS		97
4.1	Vulnerabilidad por espacios esenciales	97
CAPÍTULO V		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		107
5.1	Conclusiones	107
5.2	Recomendaciones	108
BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA		110

Agradecimientos

Deseo manifestar mi agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que de alguna manera fueron partícipes e hicieron posible la realización de este trabajo y mi formación académica.

Agradecer a la UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MÉXICO (UAEMEX), por haber pertenecido a tan importante institución.

Mi agradecimiento profundo a la FACULTAD de GEOGRAFIA por haber contribuido en mi formación profesional como Lic. en GEOGRAFÍA Y ORDENACION DEL TERRITORIO

De manera muy especial quiero hacer patente mi agradecimiento al Dr. Luis Miguel Espinosa Rodríguez por su apoyo y su gran calidad humana hizo de mi instancia en la Facultad de Geografía un lugar de superación y formación profesional, por aceptar se parte de este trabajo y por las correcciones realizadas para la mejora.

Quiero agradecer su apoyo y de su valioso tiempo brindado a mi revisora la MTRA.DOLORES MAGAÑA LONA que con sus aportaciones ayudaron para que el trabajo sea de buena calidad.

Agradecer al DR. YERED GYBRAM CANCHOLA PANTOJA por sus importantes observaciones para que el trabajo fuera lo más profesional.

Al Mtro. Isaías Moreno por colaborar en la realización y edición de los mapas para esta investigación.

En especial a mis Padres

José Luis Solórzano Alvarado

Felicitas Elvira Maya Torres

Por todo el apoyo que me han otorgado, por sus consejos y confianza. Mi más eterno agradecimiento.

A mi hermano y mis sobrinas

Daniel Ángel Solórzano Maya, Rubí Esmeralda, Perla Guadalupe, Gema Daniela

Por compartir los grandes momentos de mi vida. Les dedico la presente.

GEOSISTEMAS PERTURBADORES Y VULNERABILIDAD ESPACIAL EN LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA ZOLOTEPEC, ESTADO DE MÉXICO

Resumen

La presente investigación se centra en caracterizar y realizar la cartografía de los principales geosistemas perturbadores del municipio de Xonacatlán y las áreas vulnerables. El estudio se enfocó en determinar las características físicas y espaciales de los procesos de remoción en masa y erosión presentes en el lugar. Asimismo, determina las condiciones de vulnerabilidad del espacio afectado ante la ocurrencia de los procesos citados.

El resultado de la investigación es un mapa de zonificación de los geosistemas perturbadores caracterizados a través de un sistema de matrices y cartografía de vulnerabilidad de espacios esenciales.

Palabras clave: Geosistemas perturbadores, Remoción en Masa, Erosión, Vulnerabilidad.

Summary

This research is focusing in the characterization and does the cartography of the principal hazard geosystems in the Xonacatlan district and the zones with vulnerability. The study was paying attention in the physic and spatial characteristics of the gravity processes and erosion in the place. In the same time, determinate the vulnerability conditions against the processes.

The principal result, it is a map with hazards geosystem characterized in a matricidal system and cartography of essential spaces.

Key words: Hazards geosystem, Gravity processes, Erosion, Vulnerability.

Introducción

i.1 Introducción

El conocimiento de la situación ambiental actual, el papel del hombre como parte del entorno natural, y principal agente modificador, son de interés para los geógrafos, especialistas y tomadores de decisiones debido al constante impacto del medio ambiente; por lo que surge la inquietud de profundizar en el conocimiento de las perturbaciones de origen natural, donde cada vez es más notoria la participación humana.

Un ejemplo de ello es el estudio de los riesgos, en donde las interacciones entre los procesos peligrosos y perturbadores de origen natural y la constante dinámica de las sociedades humanas en lugares donde se presentan con frecuencia situaciones de riesgo, son importantes en términos de prevención, mitigación y ordenamiento del territorio (Clark *et al.*, 1989).

Estos autores, consideran que el análisis multidimensional geosistémico, socioeconómico, ecodinámico y la configuración espacial de la peligrosidad del proceso, permite prever y mitigar los efectos destructivos para el hombre, tanto en el corto y largo plazo.

Los estudios de riesgo en el ámbito mundial y nacional han cobrado importancia debido a los efectos que generan sobre el medio ambiente, la economía y la sociedad; un ejemplo de ello es el tsunami ocurrido el pasado 26 de diciembre de 2004 en las costas de Asia, el cual dejó afectaciones económicas que ascienden a cientos de millones de dólares; 20 millones de personas afectadas y casi 221,000 personas fallecidas, el último evento ocurrido fue el pasado 11 de marzo de 2011; el sismo y tsunami de Fujoshima Japón dejó un número de víctimas superior a 4,134 muertos y aproximadamente 8,606 personas desaparecidas; y pérdidas económicas por más 21 mil millones de dólares (mexico.cnn.com, consultado en marzo de 2016).

Nuestro país ha estado y está expuesto a la ocurrencia de procesos naturales que perturban las condiciones comunes de vida de las poblaciones, muchas de las cuales presentan un crecimiento desordenado debido a factores de inercia histórico-económica, en los que el entorno natural no ha sido evaluado según la amenaza que presente para la vida humana y la infraestructura asociada.

Los estudios actuales de los ordenamientos territoriales tan solo consideran en forma conjunta y consistente los aspectos mencionados lo cual hace necesaria la implementación de instrumentos metodológicos que aborden al problema de forma integral sin dejar de considerar ningún elemento natural o socio económico involucrado. El problema de investigación adquiere importancia si se considera que en países con pocos recursos económicos y técnicos como el nuestro, y que el restablecimiento ante un proceso perturbador de origen natural es lento o incluso inexistente, por lo que la aplicación de medidas preventivas reduce la afectación y organiza las etapas de respuesta.

De manera particular la localidad de Santa María Zolotepec, Municipio de Xonacatlán, localizado en la parte centro de la Región I del Estado de México, presenta diferentes procesos de carácter natural tales como: inundaciones, caída de rocas, derrumbes, deslizamientos de suelo, erosión fluvial. Es así que la presente investigación se centra en determinar cuáles son los geosistemas perturbadores y la vulnerabilidad espacial, así como las zonas de riesgo de acuerdo con las condiciones físicas del municipio de Xonacatlán; en el ámbito social, cultural, y de la población así como aspectos que puedan determinar el grado de alteración del lugar.

Así también aportará información acerca de los procesos de remoción en masa, como caída de rocas y derrumbes, deslizamientos erosión fluvial. Estos procesos son los más importantes para determinar las zonas con mayor riesgo y realizar una proyección posible de afectación en zonas y sectores jerarquizados, para determinar el grado de afectación al medio ambiente, y al ámbito socioeconómico (sociosistema afectable).

Los resultados de la investigación se integran y representan en un mapa escala 1:10,000; en el cual plasma las diferentes zonas de riesgo. Dicho estudio, pondrá los resultados al alcance de la población y de las autoridades municipales, con el fin de que conozcan y entiendan la problemática de los Geosistemas perturbadores y puedan tomar medidas de mitigación, de las zonas de vulnerabilidad (ver Figura 1).

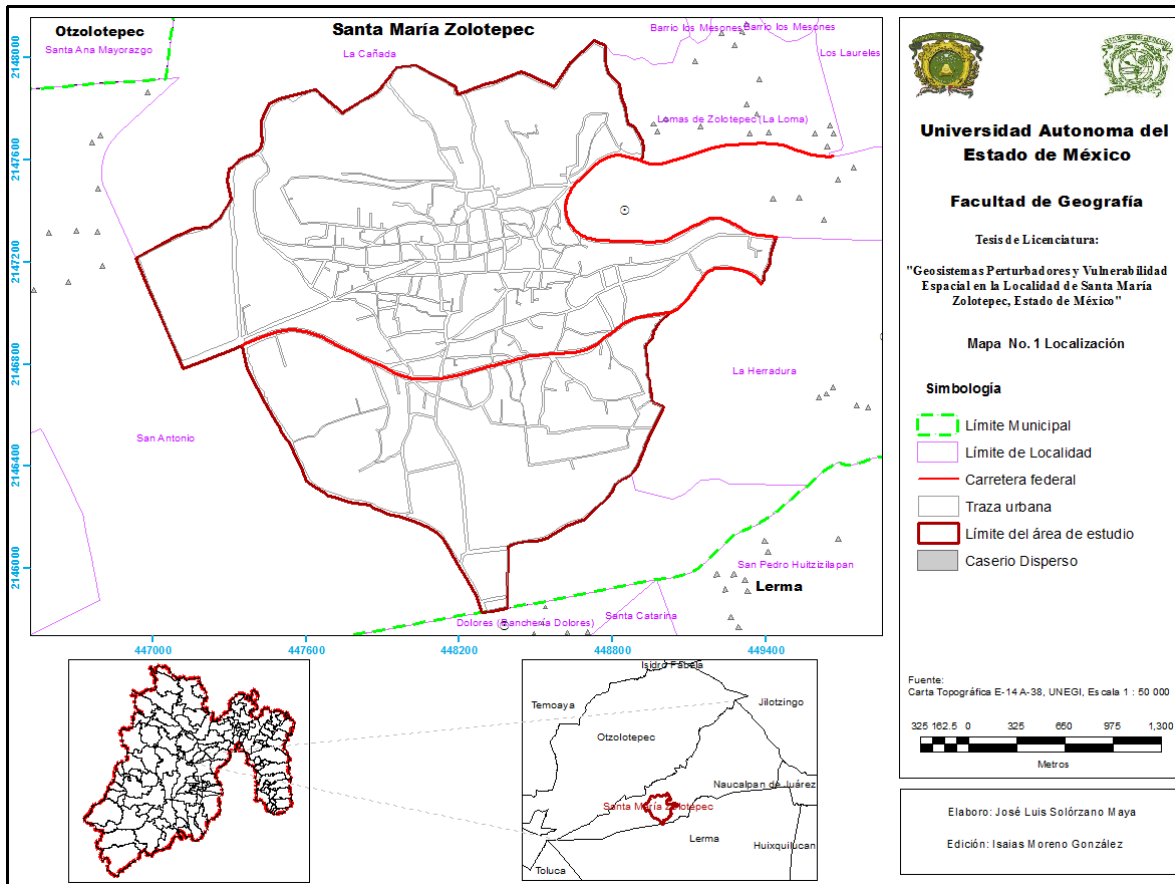


Figura i.1 Localización de la localidad de Santa María Zolotepec, Municipio de Xonacatlán. Fuente: Base cartográfica Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI. 2000).

i.2 Planteamiento del problema

El problema de la investigación se centra en el estudio de los Geosistemas perturbadores que se presentan en la localidad de Santa María Zolotepec, Municipio de Xonacatlán, con el fin de prever y mitigar los efectos destructivos, desde un punto de vista geográfico.

Los cuales se caracterizan por tener una doble funcionalidad, la primera se circunscribe a la ocurrencia de un proceso de manera independiente, y la segunda al proceso de encadenamiento. Dichos elementos se abordan en la investigación con el análisis de los procesos de remoción en masa representados por deslizamientos y reptación; así como por la erosión hídrica manifestada en la forma pluvial y fluvial.

En este sentido el aparente desconocimiento de los procesos en la zona de estudio, es conveniente analizar los impactos en las condiciones de vida de los pobladores, donde desde un punto de vista geosistémico se pueda identificar el nivel de riesgo para evitar un desastre, mediante el análisis temporal y espacial expresado en cartografía temática especializada de los lugares susceptibles que pueden ser afectados por algún proceso.

i.3 Justificación

Es importante hacer mención que la zona de estudio no ha presentado incidente alguno en los últimos años, por lo cual se considera prioritario estudiar los posibles impactos derivados de estos procesos geosistémicos perturbadores, estos se clasifican de acuerdo con las principales geoformas, como en la llanura donde es común la presencia de inundaciones; mientras que en pie de monte y laderas se desarrollan procesos de caída de rocas, deslizamientos, erosión hídrica observada desde la formación de regueros hasta la formación de cárcavas, desde el punto de vista de la geografía el estudio se sustenta en los riesgos naturales y la vulnerabilidad, de la organización del espacio humano ante la ocurrencia de estos.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo en el cual un grupo de viviendas fueron afectadas por un deslizamiento local.



Figura i.2 Deslizamiento ocurrido en septiembre de 2009 en el Barrio Los Laureles.
Fuente: trabajo de campo en el año 2009.

La aportación de la investigación radica en que por primera vez en el territorio de la localidad se realiza un estudio que describa y genere cartografía a detalle de los procesos presentes, lo cual se considera trascendente debido a que la información generada puede servir de soporte para la toma de decisiones por parte de diferentes actores tales como autoridades municipales relacionadas con desarrollo urbano y Protección civil.

Asimismo la utilidad de la información producto de esta investigación podrá ser tomada en cuenta para la generación de planes y programas de prevención coordinados con la población y las autoridades para la toma de decisiones de manera eficiente, para propiciar un proceso de concienciación entre sociedad gobierno que permita realizar actividades y tomar decisiones coherente en la problemática detectada.

La información aquí vertida, puede ser base para futuras investigaciones en la zona que aborden problemáticas tales como el impacto ambiental, la evaluación de riesgos, el ordenamiento territorial y la planificación del territorio, en donde, la holística de la geografía permite la integración de las variables físicas, sociales y económicas en aras de un mejor uso y utilización del territorio y ser un fundamento para que desde la perspectiva geográfica se desarrolle un sistema de alerta temprana así como de uno de prevención ante la ocurrencia de geosistemas perturbadores.

i.4 Hipótesis

Si se determinan las características de los geosistemas perturbadores relacionados con la remoción en masa y se correlacionan con los espacios esenciales de la localidad del municipio, entonces se podrán conocer los escenarios del espacio geográfico a fin de elaborar la cartografía temática donde se identifiquen las principales amenazas que puedan generar situaciones de riesgo y ayuden a la toma de decisiones para evitar desastres.

i.5 Objetivos

i.5.1 Objetivo general

Analizar el comportamiento de los geosistemas perturbadores y áreas vulnerables de la localidad de Santa María Zolotepec, municipio de Xonacatlán en el Estado de México, mediante la identificación de los procesos perturbadores geosistémicos plasmados en cartografía temática, con el propósito de ofrecer información a los habitantes y autoridades, referente a los peligros y situaciones de riesgo a los que está expuesta la población.

i.5.2 Objetivos particulares

1. Caracterizar los geosistemas perturbadores a través de los factores y elementos físicos y geográficos de la localidad de Santa María Zolotepec, en el municipio de Xonacatlán, Estado de México.
2. Determinar las características socioeconómicas que afectan las condiciones de vida actuales de la población mediante la utilización de métodos cuantitativos en las variables identificadas.
3. Elaborar la cartografía de los geosistemas perturbadores para determinar los espacios más vulnerables, en condiciones de riesgos.

i.6 Metodología

Para cumplir con los objetivos de la presente investigación, se procedió a recopilar información a través de entrevistas a personas mayores de edad; ya que éste grupo social recuerda los eventos catastróficos ocurridos en la localidad. En ésta se abordaron los puntos que refieren a la presencia de eventos pasados y desastres ocurridos en la zona de estudio como remoción en masa, erosión, inundación y caída de materiales (Figura 3).

Las preguntas que guiaron la entrevista fueron las siguientes:

1. ¿En qué años fueron más frecuentes las inundaciones?
2. ¿Con que frecuencia se repiten cada uno de los procesos?
3. ¿Cómo han afectado a la población la presencia de los procesos?

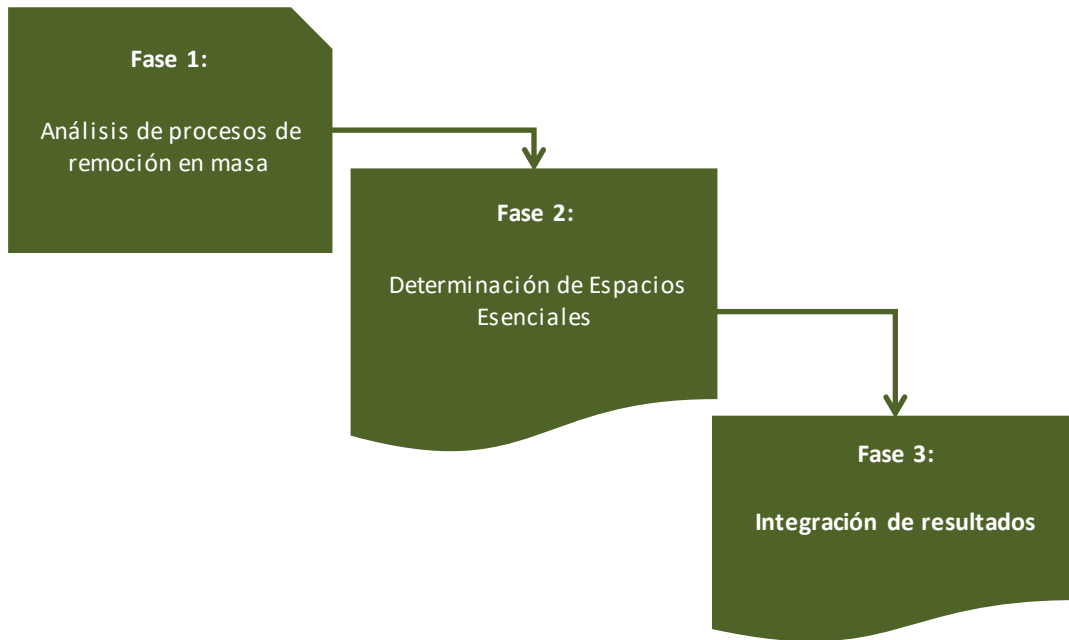


Figura i.3 Marco general metodológico.

Con las cartas topográfica, geológica, edáfica y de uso de suelo escala 1:50,000 editadas por el Instituto Nacional Estadística Geografía e Informática (INEGI), se pudo determinar la presencia de fallas geológicas, el tipo de suelo que más predomina en el área, y el uso de suelo presente y la información del Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México (IFOMEGEM).

En trabajo de campo se realizaron observaciones, mediciones y se obtuvieron fotografías digitales que permitieron con base en la literatura, realizar la descripción de los procesos geomorfológicos, geológicos hidrogeológicos y la vegetación existente, y determinar cuáles son las zonas de depósito, de erosión, e inundación.

Con la digitalización de las ortofotos a escala 1:50,000 editadas por el IGCEM, se realizó la cartografía de las zonas que presentan riesgo de inundación, remoción en masa, erosión y caída de rocas. También se pudo definir las áreas no urbanas con altos niveles de riesgo en donde la presencia de los procesos mencionados se presentan con mayor intensidad.

Asimismo, los procesos referidos se clasificaron de acuerdo con la propuesta de De

Pedraza (1997) con el propósito de especificar características de aleatoriedad, velocidad y particularidades generales de los mismos.

Para determinar las condiciones de vulnerabilidad en el territorio, se utilizó la metodología que evalúa la vulnerabilidad por espacios de riesgo en el medio urbano propuesta por el *Instituto de Recherche Pour le Developpement* de Francia (IRD) en el año de 1999, con la cual se contestaron las siguientes preguntas:

- ¿Cómo identificar la vulnerabilidad de los espacios que se manejan y reducir los riesgos?
- ¿cómo orientar las prioridades?
- ¿cómo optimizar los gastos de prevención?

La metodología aplicada consiste en determinar los elementos y lugares esenciales a través de la definición y de la evaluación del riesgo, del análisis de la amenaza versus vulnerabilidad en un segundo término establece qué posición ocupa la amenaza en el procedimiento propuesto para la evaluación y la reducción de los riesgos en un territorio; y por último define cuáles son los elementos esenciales del funcionamiento en tres campos:

- El primero concierne en la población de la ciudad y las necesidades intrínsecas
- El segundo se articula en torno a las cuestiones económicas y de manejo de la ciudad
- El tercero la ciudad no podría funcionar sin ciertas cantidades de redes y de infraestructura indispensables: las infraestructuras viales, las telecomunicaciones, el abastecimiento de agua, de energía eléctrica, de combustibles y de alimentos.

Por último, y para determinar la vulnerabilidad en la localidad de Santa María Zolotepec se construyó una tabla con los siguientes apartados: número de manzanas, tipo y número de elementos, elementos específicos (servicios particulares), lineales (carretas y ríos), zonales, función de cada elemento, relación jerárquica de cada elemento, importancia del elemento. Se ordenaron los elementos esenciales colocando una variable para cada uno y se le asignó un valor utilizando los siguientes números: 5 para los elementos más representativos, el 3 para aquellos de un nivel medio, y el 1 para los del nivel más bajo.

Para obtener la relación jerárquica se construyó otra tabla que contiene los siguientes apartados: número de manzana, elementos esenciales, media ponderada, y rangos de muy alto, alto, bajo, muy bajo; y con los elementos de cada manzana se obtuvo la media ponderada. Con el resultado obtenido en la media ponderada se establecieron los siguientes rangos: muy alto, alto, bajo, muy bajo, que ayudaron a clasificar el grado de vulnerabilidad.

i.7 Antecedentes

Los antecedentes encontrados para la realización del presente trabajo se dividen en los siguientes apartados:

- Antecedentes de la zona de estudio
- Trabajos de investigación
- Desastres ocurridos en México y el mundo
- Marco Legal

i.7.1 Antecedentes de la zona de estudio

Para obtener información acerca de la localidad se realizó el acopio de información oficial o de trabajos desarrollados y se llevaron a cabo visitas a las oficinas de Protección Civil Municipal y Estatal para recabar información de los procesos presentes en el lugar.

Sin embargo, no existen referentes documentales específicos acerca de los procesos registrados en la localidad, ni metodologías que establezcan el estudio de algún tipo de peligro o vulnerabilidad; encontrándose tan sólo información genérica acerca de la altitud, superficie del municipio, geología, el tipo de suelo, el número de población, número de localidades, temperatura anual; y de forma somera datos sobre el grado de susceptibilidad a deslizamientos y la susceptibilidad a erosión.

i.7.2 Trabajos de investigación

Para esta investigación se encontraron algunos estudios de caso que abordan el problema de los riesgos naturales que resultaron importantes para el trabajo.

Destaca el documento de Romero (1993) titulado “El análisis geomorfológico de la distribución de los riesgos naturales en la Delegación de Cuajimalpa de Morelos del Distrito Federal”; investigación que aborda la problemática presente en la delegación referida en cuanto a procesos relacionados con el desarrollo de sistemas fluviales asociados a barrancos.

Por otra parte Palacio (1995), desarrolló una metodología que estudia los procesos en el medio ambiente físico y su afectación al medio ambiente socioeconómico, la investigación se titula “Ensayo Metodológico Geosistémico para el estudio de los riesgos naturales” aplicada en la ciudad de Celaya Guanajuato, en la cual desarrolla una aplicación metodológica de las variables de peligrosidad, valor y vulnerabilidad para obtener un referente asociado al riesgo por hundimientos en la ciudad guanajuatense.

En 2002, el IRAT de Francia desarrolló una base metodológica para la gestión y análisis de los riesgos naturales en el ámbito municipal, elaborado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación en Nicaragua, el trabajo presenta cierta similitud en aspectos teóricos y metodológicos con la presente investigación; donde se destacan estudios como inundaciones, torrentes, terrenos inestables, amenaza sísmica. Otro caso de estudio es el realizado por Peña (2003), quién hace mención de la problemática que generan las inundaciones en una ciudad de Veracruz y aborda el tema de remoción en masa en la zona de estudio.

Por lo que refiere a estudios de caso en el Estado de México se destacan trabajos desarrollados en la Universidad Autónoma del Estado de México; como es el de Mendiola (1998) titulado "Evaluación de peligros sísmicos en el Estado de México (1475-1996)" en el cual de aborda el tema de los sismos en la entidad considerando las concentraciones urbanas e industriales. Por otra parte, el trabajo realizado por Ruiz (1999); trata el problema de riesgo gravitacional en el Barrio de Guadalupe, Valle de Bravo México; se destaca el grado de afectación que tiene la población al encontrarse asentada sobre barrancos relacionando el grado de pendiente, el tipo de suelo, vegetación y la geología.

Los trabajos referidos se consideran importantes debido a que han aportado elementos teóricos y metodológicos que se aplicaron en la presente investigación, como ocurrió con el trabajo de Palacio (1995), que ha sustentado la mayor parte de la metodología de evaluación de los geosistemas perturbadores; mientras que los otros dieron cuenta de la forma en cómo se logra abordar y proponer medidas de control y prevención ante procesos de remoción en masa y erosión.

En 2015 Espinosa y Hernández desarrollaron la Ecuación General de Riesgo (EGR) que integra cinco variables básicas y se compone por 57 variables a evaluar:

EGR	=	Función del geosistema perturbador	+	Función de la componente humana	+	Función del Territorio	+	Función sistémica	+	Función de la gestión territorial
-----	---	------------------------------------	---	---------------------------------	---	------------------------	---	-------------------	---	-----------------------------------

De acuerdo con los autores referidos, la estructura general de la ecuación se caracteriza por:

“El origen, evolución, dinámica y distribución espacial de los procesos generadores del riesgo en cualquiera de los ámbitos de desempeño que le confieren; y de la relación que se establece con otros procesos que se asocian y encadenan con el primero; condición que provoca cambios en las condiciones “estables” de un lugar. A esta función se le ha denominado como el “Geosistema perturbador” acogiendo los principios elementales de la teoría sistémica y los conceptos establecidos por Palacio (1995).

La función más compleja para el análisis del riesgo es denominada como “componente humana”; la cual presenta elementos multinivelados que agrupan condiciones inherentes a la esencia y características que los hombres y las sociedades poseen; como es el pensamiento, la percepción, la preparación escolar, la educación, la estructura familiar y las condiciones generales de vida entre otras. A este componente algunos autores lo han llamado “vulnerabilidad”, sin embargo este término al generalizarse se ha transformado en una ambigüedad cualitativa.

El tercer componente se relaciona de forma necesaria con la expresión territorial en el sentido más amplio que esta tiene, es por ello que interviene en esta función de valoración cualitativa y cuantitativa de las superficies de afectación, los atributos y forma de transformación, transporte y acción de la materia y energía asociada con el geosistema perturbador y el grupo de procesos encadenados relacionados con este primero. En este caso, la valoración del espacio posee múltiples puntos de vista y connotaciones diversas a saber de la funcionalidad, la objetividad y la subjetividad

paramétrica de quien analiza, describe y califica el valor del espacio geográfico, es por ello que a ésta se le llama “función del territorio”.

En el ámbito de la función sistémica el proceso de feedback se constituye como un factor que permite evaluar en cada función descrita, el proceso de evolución o involución que se desarrolla a través del tiempo. Conforme sea el comportamiento de las variables y la relación que existe entre éstas, la retroalimentación califica la mecánica positiva o negativa de las tendencias del sistema en estudio, forma los espirales de cambio (bucles) descritos por Fielberman (1984) y Pigeon (información personal, 2012); todo ello bajo la perspectiva sistémica que integra razonamientos de equilibrio, entropía, negantropía, equifinalidad, holística, complejidad y caos.

La última función del riesgo se encuentra conformada por el grupo de procesos y acciones que se ciernen en torno a la comprensión cabal de las funciones antecedentes y la distribución espacial de éstas en el espacio geográfico, y al conjunto de trabajos encaminados hacia la toma consciente y razonada de decisiones. En éste apartado se destaca el concepto de la Gestión integral de riesgo local de desastre que se ha desarrollado bajo la perspectiva de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres (UNISDR) que se enfoca en la lucha contra eventos extraordinarios”.

Las variables que caracterizan a la EGR se exponen en una fórmula:

$$\left(\begin{array}{c} n+3 \\ \text{gE} \\ \text{GP (R + H)} \\ \text{(CR}_1\text{) (Res)} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} n+3 \\ \text{Pc} \\ \text{(Ps + Fe + Ac + As + Cs) (Fs)} \\ \text{MedE / MnE} \\ \text{(CR}_2\text{) (Res)} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} n+3 \\ \text{(Ex + Vt) (VCS) + Dg + Pgs + St} \\ \text{(EE)} \\ \text{(CR}_3\text{) (Res)} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{(Fg + Vp)} \\ \text{(Fd + En)} \\ \text{(GR + GI)} \end{array} \right)$$

Dónde:

n + 3	Factor multivariable de análisis potenciado
GP	Geosistema perturbador
R	Factor relieve
H	Factor de hemerobia
GE	Geosistema(s) encadenado(s)
Cr	Capacidad científica, tecnológica, social, gubernamental de respuesta
Res	Resiliencia
Pc	Percepción científica
PS	Percepción social y psicológica
Fe	Factor educación
FS	Factores socioeconómicos y políticos
MedE	Medidas estructurales
EF	Estructura familiar
Pg	Percepción del orden de gobierno
Vp	Voluntad política
Ac	Aceptación social del riesgo
Ad	Adaptación social del riesgo
Cs	Comunicación social del riesgo
MnE	Medidas no estructurales
Sf	Seguridad y valoración financiera
Ex	Exposición y susceptibilidad del territorio
Vt	Valor del territorio
VCS	Valor de construcción social
EE	Espacios esenciales
Dg	Diagnóstico
Pgs	Prognosis
St	Sintéresis
Fd	Proceso de retroalimentación (<i>feedback</i>)
Fs	Funciones sistémicas (Equifinalidad, entropía, negentropía, homeostasis)
GR	Gestión de riesgo
GI	Gestión integral de riesgo local de desastre
Ac	Aceptación social del riesgo
Ad	Adaptación social del riesgo
Cs	Comunicación social del riesgo
MnE	Medidas no estructurales
Sf	Seguridad y valoración financiera
Ex	Exposición y susceptibilidad del territorio
Vt	Valor del territorio
VCS	Valor de construcción social
EE	Espacios esenciales
Dg	Diagnóstico

Pgs	Prognosis
St	Sintéresis
Fd	Proceso de retroalimentación (<i>feedback</i>)
Fs	Funciones sistémicas (Equifinalidad, entropía, negentropía, homeostasis)
GR	Gestión de riesgo
GI	Gestión integral de riesgo local de desastre
Ac	Aceptación social del riesgo
Ad	Adaptación social del riesgo
Cs	Comunicación social del riesgo
MnE	Medidas no estructurales
Sf	Seguridad y valoración financiera

i.7.3 Desastres ocurridos en México y el mundo

A continuación se presenta un concentrado de información general de los principales desastres reportados en nuestro país y en el orbe mundial. Como preámbulo se muestra la Tabla 1, la cual explica que ante la ocurrencia de cualquier tipo de desastre o evento catastrófico, se generan situaciones nuevas a las que Espinosa y Hernández (2015) han denominado como geosistemas encadenados; y ello resulta importante debido a que casi en todos los ejemplos referidos, el costo económico, social y natural de los riesgos se incrementa de manera considerable.

Geosistemas perturbadores y sistemas de encadenamiento de origen natural			
Geosistema perturbador	Peligro encadenado		Ejemplos
	1	2	
Sismos	Rompimiento de tuberías de agua	Aumento de infecciones	Sismo del 19 y 20 de septiembre en la ciudad de México, 1985
Fallas Activas	Sismo	Caída de bloques de roca en zonas escarpadas	Movimiento de la falla de Acambay, Estado de México, 1912
Erupciones Volcánicas	Lluvias torrenciales	Desarrollo de fanglomerados	Erupción del volcán Santa Elena, 1980
Hundimientos y Agrietamientos	Rompimiento de tuberías de agua y gas	Explosiones	San Pedro Totoltepec, Estado de México, 1999
Sedimentación Acelerada	Sepultura de comunidades vegetales	Pérdida de biodiversidad	Llanuras de Tabasco, tiempo presente
Erosión Acelerada	Pérdida de territorio	Afloramiento de tuberías y estructuras de construcciones	Delta de los ríos Balsas y San Pedro en Michoacán y Tabasco respectivamente

Tabla 1. Geosistemas perturbadores y sistemas de encadenamiento de origen natural asociados a los riesgos. Fuente: Modificada de Espinosa (2010).

a. Desastres en México

El territorio nacional se encuentra sujeto a diferentes procesos que causan desastres. Por ser parte del llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, el país es afectado por una fuerte actividad sísmica y volcánica. Dos terceras partes del país tienen un riesgo sísmico significativo que se debe en el mayor número de los casos, a los terremotos que se generan en la costa del Océano Pacífico en conjunción de las placas tectónicas de Cocos y de Norte América CENAPRED (2001); así como por la Placa del Caribe, La Rivera y la Farallón.

La ubicación del país en una región intertropical, lo hace sujeto a los embates de huracanes que se generan, tanto en el Océano Pacífico como en el Atlántico. Los efectos de estos procesos, en términos de marejadas y vientos se resienten principalmente en las zonas costeras del Pacífico, del Golfo y del Caribe; las lluvias intensas que estos originan, pueden causar inundaciones y deslizamientos no sólo

en las costas, sino también en el interior del territorio. También se presentan lluvias intensas, con las consecuentes inundaciones y deslizamientos importantes, y con mucha frecuencia de manera independiente de la actividad ciclónica debido a las tormentas que se generan en la temporada de lluvias.

La escasa lluvia que se presenta cada año en la temporada de estiaje en diversas regiones y que se mantiene por periodos prolongados, da lugar a sequías que afectan la agricultura, la ganadería y la economía en general, también se asocian los incendios forestales y que en determinados años alcanzan proporciones extraordinarias, y ocasionan pérdidas de zonas boscosas y daños diversos.

Entre algunos eventos importantes relacionados con el desastre natural en México, se encuentran los sismos de 1985 que afectaron a la ciudad de México, la erupción del volcán Chichonal en 1982 y la constante actividad del Popocatepetl y el Volcán de Fuego de Colima; el huracán Paulina en 1997 y las inundaciones y deslizamientos que se presentaron en octubre de 1999 en los estados de Tabasco, Veracruz, Puebla e Hidalgo; los extensos incendios forestales de 1998 entre muchos otros. En la tabla siguiente se muestran los desastres ocurridos en la República Mexicana, donde sólo se hace mención a los más importantes, así como de los lugares en donde ocurrieron.

Desastres en la República Mexicana (1900-2010)			
Año	Mes	Desastre	Estado
1900	Septiembre	Incendio	Distrito Federal
1902	Enero	Explosión	Coahuila
1902	Septiembre	Incendio	Chihuahua
1905	Julio	Inundación	Guanajuato
1906	Octubre	Inundación	Jalisco
1909	Febrero	Incendio	Guerrero
1909	Septiembre	Inundación por huracán	Nuevo León
1912	Julio	Inundación	Querétaro
1919	Mayo	Incendio	Tamaulipas
1920	Enero	Sismo	Veracruz
1922	Agosto	Incendio	Tamaulipas
1926	Septiembre	Huracán	Veracruz, Yucatán
1927	Septiembre	Sismo	Baja California
1931	Enero	Sismo	Oaxaca y DF.
1932	Junio	Sismo	Colima, Jalisco
1933	Agosto	Huracán	Tamaulipas
1934	Junio	Inundación	Coahuila
1935	Junio	Lluvias	Distrito Federal
1937	Junio	Lluvias	Michoacán
1941	Abril	Sismo	Colima, Guerrero, Jalisco y Michoacán
1943	Febrero	Vulcanismo	Michoacán
1945	Febrero	Accidente ferroviario	Jalisco
1949	Enero	Inundación	Sinaloa y Sonora
1953	Septiembre	Huracán	Guerrero
1954	Octubre	Deslizamiento de tierra	Jalisco
1985	Septiembre	Sismos	Distrito Federal
1998	Octubre	Huracán Gilberto	Tabasco y Yucatán

Desastres en la República Mexicana (1900-2010)			
Año	Mes	Desastre	Estado
1999	Septiembre	Sismo	Oaxaca
2003	Junio y septiembre	Erupciones	México, Morelos
2006	Octubre	Huracán Wilma y Stan	Península de Yucatán, Chiapas y Oaxaca
2009	Septiembre	Inundación	Estado de México
2010	Febrero	Inundación	Estado de México
2010	Abril	Sismo	Mexicali, Baja California
2014	Septiembre	Huracán Odile	Baja California
2014	Julio	Sismo	Chiapas
2014	Julio	Inundaciones	Veracruz
2014	Abril Mayo	Sismo	Guerrero
2014	Julio	Incendio en Refinería	Tamaulipas
2015	Marzo	Derrame de grupo México	Sonora
2015	Noviembre	Deslizamiento	Cuajimalpa
2016	Mayo	Sismo	Zapopan
2016	Mayo	Desbordamiento de río	Huixquilucan
2016	Mayo	Explosión	Complejo pajaritos
2016	Abril	Incendio forestal	Chiapas

Tabla.2 Concentrado de algunos desastres ocurridos en nuestro país en el último y presente siglo (continuación).Fuente: modificado de CENAPRED (2010).

Por el carácter extraordinario y la liberación súbita de energía en el geosistema perturbador; y de los cuales se han realizado diferentes investigaciones se encuentran los huracanes Gilberto ocurrido en septiembre de 1988 y Roxana 16 de octubre de 1995, que afectaron la costa del Golfo de México y la del Pacífico de forma respectiva; Wilma ocurrido en las costas de la Península de Yucatán y el huracán Stan ocurrido en el Pacífico en octubre de 2005; la explosión en el Sector Reforma en Guadalajara en abril 1992 por fugas de combustible en el sistema de drenaje urbano; y el sismo ocurrido el 4 de Abril de 2010 en Mexicali Baja California Norte y; finalmente los huracanes Ingrid y Manuel ocurridos de forma simultánea en 2013.

De manera particular, el Estado de México presenta diferentes procesos perturbadores que han transformado y modifican las condiciones naturales del espacio, ocasionando conflictos de carácter ecológico, social y económico; destacan en la historia del territorio Estatal. Se destacan entre otros geosistemas perturbadores los siguientes:

1. Las erupciones del volcán Popocatepetl ocurridas el 20 de junio de 2003, y 21 de septiembre de 2003.
2. La explosión de San Juan Ixhuatepec ocurrida el 19 de septiembre de 1984.
3. Las inundaciones en los lugares cercanos al río Lerma ocurridas en 2006 y 2010 en San Mateo Atenco.
4. Las inundaciones ocurridas en Valle Dorado el 7 de septiembre de 2009.
5. Las inundaciones de Valle de Chalco el 18 de septiembre de 2009
6. Las inundaciones en los municipios de Valle de Chalco y Netzahualcóyotl por el desbordamiento del río La Compañía el pasado 12 de Febrero de 2010.

b. Desastres en el mundo

En cuanto a las estadísticas en el ámbito mundial, se ha seleccionado la información preparada por el comité Alemán para la Década Internacional para la Reducción de Desastres Naturales. A continuación se presenta un concentrado en el cual se muestran los desastres más importantes en el orbe mundial relacionados con el número de víctimas mortales, la región geográfica de ocurrencia y desarrollo, el tipo de desastre y el año en el cual ocurrieron dichos procesos.

Desastres naturales en el ámbito mundial (1990-1998)			
Año	Desastre	País	Víctimas
1928	Sequía	China	3,000,000
1943/44	Sequía/ Guerra	Bangladesh	3,000,000
1976	Sismo	Guatemala	22,778
1976	Sismo	Italia	978
1976	Sismo	China	242,000
1977	Huracán (dos)	India	20,000
1979	Huracán	Caribe/ EUA	1,400
1980	Sismo	Argelia	2,590
1984/85	Sequía/ Guerra	Etiopía, Sudan, Chad	Más de 500,000
1985	Sismo	México	10,000
1986	Sismo	El Salvador	1,000
1987	Monzón / Inundaciones (2 veces)	BanglaDesh	3,496
1988	Huracán	BanglaDesh	5,708
1988	Sismo	U Soviética/ América	25,000
1990	Sismo	Irán	36,000
1990	Sismo	Filipinas	1,660
1991	Huracán / Marea de tormenta	BanglaDesh	140,000
1991	Inundación	China	3,047
1992	Sequía / Guerra	Somalia	Más de 100,000
1993	Inundación	Región del Himalaya	4,300
1993	Inundación	India / Nepal	2,560
1994	Inundación	China	1,410
1994	Huracán	China	1,100

Tabla.3 Desastres ocurridos en las dos últimas décadas del siglo pasado CENAPRED (2010).

Desastres naturales en el ámbito mundial (1990-1998)			
Año	Desastre	País	Víctimas
1995	Sismo	Japón / Kobe	6,348
1995	Inundación	China	1,400
1996	Huracán	India	2,000
1997	Sismo	Irán	1,560
1997	Inundación	Burma	Más de 100,000
1998	Sismo	Afganistán	4,600
2009	Tsunami	Pacífico Sur Isla Samoa	119.00
2010	Terremoto	Haití	270.00
2010	Terremoto	Chile	580
2010	Terremoto	Isla de Sumatra	400
2011	Sismo y Tsunami	Japón	4,134
2012	Huracán 'Sandy'	Sur de Nueva Jersey	110
2012	Sismo de 7.4 grados	Guatemala	5,251
2013	Tifón Haiyán	Filipinas	6,000
2014	Terremoto	Chile	900,00
2014	Alud	Washington	8 fallecidos
2016	Dezlisamiento	Siri Lanca	346
2016	Terremoto	Ecuador	654

Tabla .3 Desastres ocurridos en las dos últimas décadas del siglo pasado. Fuente: CENAPRED, 2010.

i.8 Marco Legal

A continuación se presentan los puntos más importantes de la legislación vigente en materia de protección Civil según Carranza (2015):

Ley General de Protección Civil

El artículo 1 hace mención que la presente ley es de orden público e interés social y tiene por objeto establecer las bases de coordinación entre los tres órdenes de gobierno en materia de protección civil. Los sectores privado y social participarán en la consecución de los objetivos de esta Ley, en los términos y condiciones que la misma establece; en los Artículos del 4 al 30 hace mención de las

responsabilidades y obligaciones que den cumplir cada uno de los órdenes de gobierno así como dar a conocer en un comunicado a la población al presentarse un fenómeno perturbador para tomar las medidas de mitigación necesarias. Es necesario contar con un fondo de recursos ante cualquier desastre como lo estipula esta ley en los artículos 66 al 72 donde las personas encargadas serán primordiales para dar y recibir los apoyos de la gente para la gente.

Para tener un conocimiento específico de los fenómenos perturbadores en la región es importante contar con los atlas de riesgo, ya que son un instrumento que permitirán movilizar, reforzar, prevenir y mitigar dichos fenómenos por lo tanto el de carácter obligatorio que cada estado, municipio cuente con su propio atlas de riesgo como lo estipula la Ley General de Protección Civil en sus artículos del 82 al 90.

Reglamento de la Ley General de Protección Civil

En el Reglamento de la Ley General de Protección Civil, cuenta con los lineamientos que se deben de seguir para que la Ley General de Protección Civil sea aplicable; en el Artículo 1 menciona que el presente ordenamiento es de orden público e interés social, y de observancia obligatoria para las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, que en el ámbito de sus atribuciones, participen en coordinación con los tres órdenes de gobierno en materia de protección civil, así como para los sectores social y privado, en la consecución de los objetivos de la Ley; en los artículos del 4 al 13 y 51 al 58 se especifica las responsabilidades y obligaciones de cada uno de los órdenes de gobierno como para los sectores tanto públicos como de gobierno para trabajar conjuntamente para mitigar y dar solución a los problemas ocasionados por fenómenos perturbadores.

La Coordinación Nacional promoverá entre las Autoridades Locales que, durante la atención a una Emergencia, se otorgue prioridad a los grupos sociales vulnerables y de escasos recursos económicos, de igual forma se les otorgaran apoyos para mitigar la problemática existente, mencionados en el artículo 31.

En el Artículo 51. Se menciona que El Centro Nacional de Comunicación y Operación de Protección Civil se podrá coordinar con los Sistemas Estatales y Municipales de Protección Civil para la operación de la comunicación, alertamiento, información, apoyo permanente y enlace entre los integrantes del Sistema Nacional en las tareas de Preparación, Auxilio y Recuperación, así como en la integración de los instrumentos necesarios que permitan la oportuna y adecuada toma de decisiones. Toda la información para crear lo antes mencionado y generar una adecuada coordinación esta especificada en los Artículos 62, 64, 70, de igual forma es importante la elaboración de los programas especiales de Protección Civil establecidos en el Artículo 71, 72 y 74.

Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal promoverán el acceso a la información actualizada sobre los Peligros, Vulnerabilidades y Riesgos de origen natural y antropogénicos, a través de los medios de difusión que estén a su alcance así como los instrumentos financieros de gestión de riesgos de orden preventivo que fomentarán la actividad preventiva se establecen en los Artículos 93, 94, 104 y 105.

El análisis de Riesgos es un método ordenado y sistemático para identificar y evaluar los daños que pudieran resultar de los Riesgos y Peligros naturales y antropogénicos, así como las Vulnerabilidades de construcciones, edificaciones, infraestructura o asentamientos humanos, dentro del predio en estudio, en el entorno próximo y en su cuenca, en donde es necesario contar con el Atlas de Riesgos para mitigar estos fenómenos perturbadores que afectan a la población, establecidos en los Artículos 110 y 112.

Ley de Protección Civil del Estado Libre y Soberano de México

Con respecto a esta ley es similar a la ley ya antes mencionada donde mencionan las características que debe cumplir los estados y los municipios cuanto a protección civil, como establece en el Artículo 1.- La presente Ley es de orden público e interés social. Sus disposiciones son de observancia general y obligatoria en el territorio del

Estado de México y tiene por objeto establecer las bases de coordinación de las actividades y programas en materia de protección civil.

El Sistema Estatal de Protección Civil, como parte integrante del Sistema Nacional, es el mecanismo de enlace entre la Administración Pública del Estado de México y de los Ayuntamientos de la entidad. Su objeto es la conjunción de esfuerzos, instancias, instrumentos, políticas públicas, servicios y acciones institucionales destinadas a la prevención, detección, mitigación, protección, cooperación, coordinación, comunicación, restauración y atención de las situaciones generadas por el impacto de siniestros o fenómenos destructivos en la población, sus bienes y entorno en su ámbito territorial establecidos en los Artículos 7, 8, 11, 16, 18, 19 y 22.

Los instrumentos de las políticas de protección civil del Estado están incluidas en los artículos 35, 37, 40, así como la difusión de toda la información existente ante los fenómenos perturbadores en el Estado, establecida en el Artículo 48.

Referente al Atlas Estatal de Riesgos y las características que este debe contener se encuentra en el Artículo 49; de igual forma el Estado debe de contener su Fondo para la prevención y atención de desastres como lo establece La Ley General de Protección Civil establecida en el Artículo 73.

Ley de Asentamientos Humanos

Esta ley es tomada en cuenta ya que la mayoría de la población se asienta en lugares irregulares y de riesgo por lo tanto es necesario hacer mención de los artículos que la población debe de acatar antes de establecerse en un lugar, estos Artículos son 3, 6, 9, 11, 15, 30 y 49. Donde la planeación y regulación del ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y del desarrollo urbano de los centros de población forman parte del Sistema Nacional de Planeación Democrática, como una política sectorial que coadyuva al logro de los objetivos de los planes nacionales, estatales y municipales de desarrollo.

Normatividad

NTC-RCDF. Los requisitos de estas Normas Técnicas Complementarias tienen como propósito obtener una seguridad adecuada tal que, bajo el sismo máximo probable, no habrá fallas estructurales mayores ni pérdidas de vidas, aunque pueden presentarse daños que lleguen a afectar el funcionamiento del edificio y requerir reparaciones importantes.

Normatividad Institucional

Uno de los requisitos básicos que debe cumplir una construcción es que tenga una seguridad adecuada contra posibles fallas estructurales. En muchas regiones, el aspecto más crítico a cuidar en ese sentido es la seguridad sísmica. Para lograr la seguridad estructural adecuada de una edificación deben cuidarse otros aspectos además de los propiamente relativos al diseño estructural. Los reglamentos de construcciones deben incluir, por tanto, disposiciones relativas a las características del proyecto arquitectónico que inciden en la seguridad, otras que conciernen a la organización del proceso de diseño y ejecución de las obras, otras que definen quienes deben ser responsables de los aspectos de seguridad estructural que aparecen en las distintas etapas, así como disposiciones relativas a la verificación de calidad de materiales y a la ejecución y a la documentación del proceso. Como ejemplo, para este se presentarán las disposiciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Artículo 172. Este título contiene los requisitos que deben cumplirse en el proyecto, ejecución y mantenimiento de una edificación para lograr un nivel de seguridad adecuado contra fallas estructurales, así como un comportamiento estructural aceptable en condiciones normales de operación.

La documentación requerida del proyecto estructural deberá cumplir con lo previsto en el artículo 56 de este Reglamento. En el libro de bitácora deberá anotarse, en lo relativo a los aspectos de seguridad estructural, la descripción de los procedimientos

de edificación utilizados, las fechas de las distintas operaciones, la interpretación y la forma en que se han resuelto detalles estructurales no contemplados en el proyecto estructural, así como cualquier modificación o adecuación que resulte necesaria al contenido de los mismos. Toda modificación, adición o interpretación de los planos estructurales deberá ser aprobada por el Director Responsable de Obra o por el Corresponsable en Seguridad Estructural, en su caso. Deberán elaborarse planos que incluyan las modificaciones significativas del proyecto estructural que se hayan aprobado y realizado.

Artículo 174. Para los efectos de este Título las construcciones se clasifican en los siguientes grupos:

Grupo A. Edificaciones cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales excepcionalmente altas, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como: hospitales, escuelas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones, estadios, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas; museos y edificios que alojen archivos y registros públicos de particular importancia, a juicio del Departamento; y

Grupo B. Edificaciones comunes destinadas a vivienda, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el Grupo A, las que se subdividen en:

a) Subgrupo B1. Edificaciones de más de 30 m de altura o con más de 6,000 m² de área total construida, ubicadas en las zonas I y II a que se alude en el artículo 175, y construcciones de más de 15 m de altura o 3,000 m² de área total construida, en zona III; en ambos casos las áreas se refieren a un sólo cuerpo de edificio que cuente con medios propios de desalojo, (acceso y escaleras), incluyen las áreas de anexos, como pueden ser los propios cuerpos de escaleras. El área de un cuerpo que no cuente con medios propios de desalojo se adicionará a la de aquél otro a

través del cual se desaloje. Además templos, salas de espectáculos y edificios que tengan salas de reunión que puedan alojar más de 200 personas.

b) Subgrupo 82. Las demás de este grupo.

Artículo 176. El proyecto arquitectónico de una edificación deberá permitir una estructuración eficiente para resistir las acciones que puedan afectar la estructura, con especial atención a los efectos sísmicos.

El proyecto arquitectónico de preferencia una estructuración regular que cumpla con los requisitos que se establezcan en las Normas Técnicas Complementarias de Diseño Sísmico.

Las Edificaciones que no cumplan con dichos requisitos de regularidad se diseñarán para condiciones sísmicas más severas, en la forma que se especifique en las Normas mencionadas.

Artículo 177. Toda edificación deberá separarse de sus linderos con predios vecinos a una distancia cuando menos igual a la que se señala en el artículo 211 de este Reglamento, el que regirá también las separaciones que deben dejarse en juntas de edificación entre cuerpos distintos de una misma edificación.

Artículo 178. Los acabados y recubrimientos cuyo desprendimiento pueda ocasionar daños a los ocupantes de la edificación o a los que transiten en su exterior, deberán fijarse mediante procedimientos aprobados por el Director Responsable de Obra y por el Corresponsable en Seguridad Estructural, en su caso. Particular atención deberá darse a los recubrimientos pétreos en fachadas y escaleras a las fachadas prefabricadas de concreto, así como a los plafones de elementos prefabricados de yeso y otros materiales pesados, en el artículo 181 se establecen las bases de una construcción regular.

Artículo 179. Los elementos no estructurales que puedan restringir las deformaciones de la estructura, o que tengan un peso considerable, muros

divisorios, de colindancia y de fachada, pretilos y otros elementos rígidos en fachadas, escaleras y equipos pesados, tanques, tinacos y casetas, deberán ser aprobados en sus características y en su forma de fijación por el Director Responsable de Obra y por el Corresponsable en Seguridad Estructural en obras en que éste sea requerido. El mobiliario, los equipos y otros elementos cuyo volteo o desprendimiento pueda ocasionar daños físicos o materiales, como libreros altos, anaqueles y tableros eléctricos o telefónicos, deben dejarse de tal manera que se eviten estos daños.

Dado el carácter federal de la República, los estados son autónomos y soberanos, y por lo tanto los reglamentos de construcciones deben ser elaborados por la correspondiente autoridad municipal o estatal. La falta de un reglamento nacional dificulta la homogenización de la calidad de las construcciones en el territorio. Mientras que algunas ciudades importantes como el Distrito Federal, Guadalajara, Monterrey, Cuernavaca y Puebla cuentan con un reglamento actualizado en esta materia, existen ciudades intermedias como Toluca y Morelia que no cuentan siquiera con un reglamento municipal.

CAPÍTULO I

EL ESTUDIO DEL RIESGO

1.1 Antecedentes generales

En el estudio de los riesgos naturales, existen diferentes posturas acerca de los conceptos que tienen esta temática, con base en esto, se hace mención de algunas definiciones importantes de diferentes autores para entender mejor el significado de riesgo.

De esta manera White (1978), perteneciente a la tendencia anglosajona americana plantea el riesgo como una conducta espacial de la población donde los geógrafos Burton y Kates (1978) coinciden en que los riesgos son situaciones resultantes de la población a un medio peligroso. Asimismo se interesan en conocer los procesos que en un momento dado pueden generar daños a la sociedad, así como localizar y determinar la distribución espacial de éstos, en un inicio los trabajos se enfocaban en conocer como la gente percibe un lugar peligroso y después de un desastre, seguido de análisis, psicológicos (motivaciones y personalidad) y los efectos de los sistemas de alerta, prevención y defensa.

Maskrey (1978), aborda al riesgo como la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias económicas sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado, el riesgo puede ser de origen natural geológico hidrológico, atmosférico, tecnológico o antrópico.

Por otro lado la tendencia francesa toma como aspecto principal la identificación de peligros, de tal manera que geógrafos franceses abordan los riesgos como un resultado de la relación estímulos y respuestas del medio social ante su medio físico responsables de los daños que estos causan (Tricart, 1982).

Foucher (1982 *cf.* Calvo, 1984), establece que la vulnerabilidad debe basarse en

dos aspectos fundamentales: la aprehensión histórica de las catástrofes acontecidas en un lugar basado en la localización del lugar afectado, la identificación de los eventos y el número de víctimas y daños económicos y en el análisis de los riesgos que incluye la definición de las zonas de riesgo, de acuerdo con la peligrosidad y las condiciones de poblamiento, que está determinada por el constante crecimiento demográfico que aumenta el número de víctimas, mientras que *Lacoste* (1982), afirma que la representación cartográfica en el estudio de riesgos responde a una necesidad de poder conocer los diferentes tipos de riesgo que se encuentran en ese lugar.

Durante el siglo XVII se presentaron cambios acerca de la concepción del relieve terrestre, lo que permitió la aparición de la Geomorfología del riesgo, conceptualizando al espacio como un producto de acción conjunta de procesos endógenos y exógenos toda vez que su dinámica es percibida en diferentes lapsos de tiempo (Verstappen, 1983).

El concepto de riesgos según la Real Academia Española (1992) implica la proximidad de un daño, desgracia o contratiempo que puede afectar la vida de los hombres. Este término, muy empleado en economía, política y medicina, ha extendido su uso a todas las ciencias; y es frecuente encontrar que el término riesgo se usa como sinónimo de peligro.

Anguita y Moreno (1993); así como Sanhueza y Vidal, (1996), definen que el riesgo es la capacidad de daño (personal y material) de un proceso con respecto al tiempo. Si este es muy grande (por ejemplo miles de años), el riesgo es despreciable si se compara con la duración de una civilización.

Por su parte Campos (1994), aborda el problema de la vulnerabilidad, y considera la metodología que se debe seguir, se considera el peligro como punto importante, el reconocimiento en campo de perfiles que deben hacerse, la medición de las pendientes y determinar cuáles son las orientaciones de cada estrato; la utilización de fotografías aéreas, la fotointerpretación y verificación en campo, análisis de la

cartografía tanto de la básica como de la temática y revisión de ortofotos.

La Oficina Nacional de Emergencias de México, 2000 (ONEMI), lo define como todas aquellas condiciones y acciones, factores y elementos agresivos en el ambiente que poseen la capacidad de provocar daño material y al ser humano, traducándose siempre en pérdidas económicas; mientras que la ONU (Organización de las Naciones Unidas) en 2000, establece que el riesgo es el producto de la probabilidad de ocurrencia de un desastre (peligrosidad) por la vulnerabilidad y la exposición del número de víctimas.

Esta institución entre otras metas tiene como objetivo identificar zonas peligrosas en el ambiente donde el uso de suelo y tierras, colocaría a las estructuras en peligro o riesgo de ser dañado o destruido.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO) 2000, define al riesgo como la estimación cualitativa y cuantitativa del daño potencial a la sociedad generado por un proceso peligroso de origen natural o humano en un contexto espacio temporal dado.

Es importante considerar que la expresión “riesgo natural”, se utiliza en contraposición a riesgo tecnológico, pero no implica que el riesgo sea consecuencia de un proceso exclusivamente natural o que el hombre no tenga nada que ver con él (UNESCO, 2000).

En 2002, se desarrolló una base metodológica para la gestión y análisis de los riesgos naturales en el ámbito municipal elaborado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación en Nicaragua. Este trabajo tiene cierta similitud en aspectos teóricos y metodológicos con la presente investigación; entre estos destacan estudios como inundaciones, torrentes, terrenos inestables, amenaza sísmica.

Una de las principales causas que dieron paso a la creación de estudios de riesgos

naturales donde se incluyó a la población como parte importante, fue el hecho de que las comunidades humanas persistían en ocupar un lugar que representaba un peligro eminente para la población; es por ello que los trabajos de investigación fueron realizados por autoridades encargadas de protección civil quienes se supone, poseen el conocimiento sobre los peligros; aunque se observa que la mayor parte de éstos se estructuraban de manera independiente hasta que de manera reciente incorporan diferentes variables de estudio.

Al presentarse esta problemática, se atrajo el interés de especialistas en distintas áreas teniendo diferentes enfoques que se centran en la distribución espacial de los asentamientos humanos y procesos que en este se presentan, debido a que el hombre desarrolla sus actividades construyendo viviendas, creando obras de infraestructura y explotando los recursos naturales para poder satisfacer sus necesidades; es por ello que la ocurrencia de riesgos se ha incrementado por las modificaciones antrópicas a la naturaleza y por la ubicación de asentamientos desarrollados en la cercanía de los ríos, laderas inestables, cabeceras de barrancos, zonas donde se presenta erosión entre otros.

Durante décadas la movilización que presentó la población rural hacia las metrópolis con el afán de mejorar las condiciones de vida, ha fomentado el crecimiento incontrolado hacia las periferias de las ciudades y provocando asentamientos irregulares, y en el mayor número de los casos se ubican en zonas que no son propias para el uso habitacional tales como fondos de valles, llanuras de inundación, laderas con pendientes altas y zonas susceptibles a colapsos y hundimientos, en lugares donde alguna vez hubo minas o socavones (Calvo, 1984).

Los primeros estudios realizados sobre los diferentes riesgos naturales fueron iniciados por White (Gares *et al.*, 1994); referidos al problema de las inundaciones. Los resultados de White fueron importantes debido a que el método de investigación utilizado para el análisis de los riesgos naturales propone cinco aspectos importantes.

1. Estimación de la extensión ocupada por población en lugares sujetos a riesgos naturales.
2. Determinación del rango de un posible ajuste por parte de los grupos sociales a procesos extraordinarios.
3. Análisis de cómo la población percibe los riesgos naturales.
4. Tomar en cuenta los diferentes procesos para la reducción de los daños.
5. Análisis de los efectos de las diferentes políticas públicas.

Con la aparición del método de White en 1994, se motivó el surgimiento de nuevos modelos para el estudio de los riesgos naturales que enriquecen la idea original, como fue el caso de Hewitt citado por Gares (1994), que durante la década de los ochentas, propone que los estudios de riesgos amplíen el análisis con el fin de comprender en qué forma los aspectos humanos, socio-económicos y políticos contribuyen en la aparición de desastres naturales.

Wadell y Watts (1978 en Gares *et al.*, 1994), ampliaron la visión de Hewitt, señalando que los riesgos naturales son provocados por el sistema económico-político, que es quien obliga a la población ocupar lugares en donde se tiene alta probabilidad de generarse riesgos.

En México, el Centro de Prevención de Desastres (CENAPRED) analiza los desastres como un resultado de la interacción de diferentes sistemas complejos relacionados entre sí, de los cuales toma en cuenta tres elementos principales:

1. Subsistemas perturbadores: Son los procesos que alteran el funcionamiento normal de los subsistemas afectables y pueden ser originados naturalmente o por el hombre.

2. Subsistemas afectables: son contribuidos por el hombre y su entorno físico, son aquellos donde se presentan los desastres al aparecer un agente perturbador.
3. Subsistemas reguladores: constituidos por acciones, programas y obras encaminadas a proteger a los subsistemas.

1.2 Análisis teórico conceptual para el estudio de los riesgos naturales

Existen dos enfoques de uso frecuente en riesgos naturales: El enfoque dominante enfatiza en los procesos geofísicos; éste asume que la tecnología puede resolver la mayoría de los problemas de peligro-desastre y el estudio del proceso siempre es prioritario.

El segundo, otorga mayor peso a la relación hombre-ambiente en los desastres naturales, se basa en la idea de que el riesgo natural sólo puede existir en la presencia de una comunidad humana vulnerable y un desastre natural es una característica, más que un carácter distintivo de las sociedades y los lugares cuando se refiere al desastre natural, como la concepción humana de daño ante la ocurrencia de un procesos natural destructivo (Still, 1992). La perspectiva geográfica que sustenta el estudio de los riesgos naturales parte de la integración de ambos aspectos en la expresión espacial, para explicar cómo es que la relación antes mencionada conduce a la elaboración de un concepto donde se consideran dos niveles de análisis: el perspectivo y el aplicado, ambos indisociables en la comprensión integral de una problemática geográfica que considera factores naturales susceptibles de ser estudiados objetivamente y factores humanos conformados a partir de la aplicación subjetiva de las comunidades afectadas.

Las teorías y modelos utilizados para abordar el estudio científico de los riesgos naturales, surgen en el marco de una concepción reduccionista, que analiza las partes en forma abstracta y aislada y con la teoría de sistemas surge la necesidad de cubrir vacíos teóricos en la investigación, sobre la naturaleza y el funcionamiento

global de los mismos.

En la geografía el enfoque geosistémico de uso frecuente en Eco geografía, surge de la integración de esta teoría al aparato conceptual y metodológico de la primera. Geógrafos como Troll, Sochava, Isachenco, Bucek, y Guerasimov (citados por Bolós, 1992) logran darle una dimensión territorial al enfoque sistémico.

1.3 Lineamientos generales (Base teórica metodológica)

Dentro de este apartado se considera pertinente en forma sintética la base teórica metodológica del análisis de los riesgos naturales.

Los lineamientos generales de la teoría de sistemas, se basa en utilizar dentro de un análisis geográfico de los riesgos naturales, principios de orden que respaldan la organización de los subsistemas componentes y elementos que integran el ensayo metodológico, finalmente todos son aplicados a los geosistemas como el modelo teórico del paisaje, ya que se encuentran todos y cada una de las características que se definen como propias de todo sistema.

Los principios más importantes en los cuales coinciden autores como Bertalanffy (1986), De Bolós (1992) y Mateo (1984) son:

1. El sistema es un modelo consistente en un conjunto de elementos interactuantes.
2. El sistema se conduce a los cambios de cada elemento dependen de todos los demás.
3. Los sistemas pueden ser de tres clases: Abiertos, cerrados y aislados.
 - a. Abiertos los que se produce una entrada de estímulos del exterior (materia y energía) que los mantienen a un determinado nivel de funcionamiento.
 - b. Cerrados si no existe ninguna aportación exterior de materia y el sistema

se desarrolla exclusivamente gracias al intercambio de energía.

- c. Aislados si no existe ningún intercambio de materia y energía con el exterior.
4. Las principales relaciones dentro de un sistema son: directas e indirectas.
- a. Las directas se manifiestan como la influencia unilateral de un elemento sobre otro, a su vez se subdivide en positivas cuando la modificación de un elemento causa la modificación de otro y negativas cuando el incremento de un elemento implica la disminución de otro o viceversa cuando la disminución de uno provoca el aumento de otros.
 - b. Las relaciones indirectas o inversas con acción de retorno son aquellas acciones de un elemento sobre otro que implican a su vez que este último actúe sobre el primero.

Las características del sistema en su conjunto pueden ser sumativas o consultivas. Las primeras se pueden presentar lo mismo dentro que fuera del sistema; se obtienen por la suma de características y comportamiento de elementos tal y como son conocidos de manera aislada. Las consultivas dependen de las relaciones específicas que se presentan dentro del sistema. Para entender tales características tienen que conocer no sólo las partes sino también las relaciones.

En el estado de totalidad, una perturbación del sistema conduce a la introducción de un equilibrio; cabe aclarar que aunque todos los sistemas naturales se autorregulen existen ciertos límites que son rebasados por la inserción del factor humano, retardando los tiempos de restablecimiento o incluso interrumpiéndolos de forma definitiva.

La autorregulación implica una reorganización interna del sistema, que se realiza en un periodo de recuperación. El equilibrio o estabilidad puede estar referido a unas zonas y excluir otras del mismo sistema.

1.4 Principios generales del estudio de los riesgos naturales

Para poder dar a conocer cuáles son los principios generales para los estudios de los riesgos naturales, se consideran los extremos en el comportamiento de los procesos naturales y la vulnerabilidad de la organización del espacio humano ante la ocurrencia de estos, se detectan algunas generalidades repetibles que marcan reacciones y comportamientos observados en el medio natural y la población. Cuando han ocurrido procesos destructivos, no significa que sean repetibles en forma exacta, sino que a partir de la frecuencia con que se ha presentado, en el pasado se puede inferir la ocurrencia de ciertas regularidades en eventos futuros.

Por ejemplo, los eventos geofísicos de importante magnitud tienden a ocurrir con baja frecuencia y los de poca magnitud son más numerosos en el tiempo, y la población tiende a sobreestimar los desastres sensacionales y subestimar los desastres frecuentes.

El incremento de la distancia física o emocional hacia el desastre, provoca la disminución del impacto psicológico, a no ser que la muerte, la destrucción o las pérdidas se incrementen proporcionalmente; esta es la ley de la magnitud inversa.

Ningún proceso natural de carácter destructivo se repite con las mismas características, por lo que la predicibilidad basada en esta premisa, no es de todo confiable, es necesario aclarar que la ocurrencia futura para algunos procesos, sólo se puede definir en función de la forma en que se han presentado en el pasado (Palacio 1995).

Los riesgos naturales resultan de la interacción de peligros creados por eventos geofísicos, la vulnerabilidad es resultado de la exposición del uso de la tierra por el hombre.

Lo que determina un desastre no es tanto el tamaño del evento físico sino de la capacidad de la comunidad afectada para absorberlo dentro de sus propiedades ya

sean construcciones o valores

Como resultado de la convivencia entre el entorno natural, ocasionalmente agresivo, y la organización territorial de los grupos humanos se genera una percepción específica de riesgo determinada por las diversas situaciones de peligro experimentadas en el pasado. Dependiendo de la percepción de las situaciones de peligro existen tres formas de adaptación:

1. Ocupación persistente del área de riesgo
 - a. Con medidas de protección (diques contra inundaciones, códigos para la construcción en zonas sísmicas).
 - b. Con planes de alerta y evacuación.
 - c. Sin ninguna medida de protección (estado de máxima vulnerabilidad).
2. Cohabitando con el daño causado por los desastres naturales causados en el pasado (estado de máxima inercia geográfica).
3. Abandonando asentamientos y estructuras dañadas o destruidas pero reubicándose dentro de la zona de riesgo.

Las formas de adaptación al peligro real y potencial muestran que mientras exista alguna forma de apropiación del espacio por el hombre, la percepción del riesgo variará en función directa de la carga de subjetividad involucrada.

Las superficies de percepción o zonas peligrosas en general y el proceso mismo deben ser consideradas equilibrando a nivel perceptivo las imágenes mentales para así encontrar en la práctica alternativas que permitan la adecuada ocupación del espacio.

Para poder llevar a cabo la investigación fue necesario conocer cuál es la estructura

del ensayo metodológico propuesto por Palacio (1995) donde retoma lineamientos de algunos autores que el menciona para el estudio de los riesgos naturales.

Tipología de riesgos		
Criterios de tipificación	Autores	Tipología
Origen o naturaleza	Burton y Kates (1964)	Origen-geofísico climáticos meteorológicos geológicos geomorfológicos. Biológico- florales- fáunicos
	Faugeres (1991)	Sistemas-natural geodinámica: interna, externa, ecodinámica. Socioeconómico actividades: primarias, industriales, servicios, transporte, otras.
	Secretaría de Gobernación Atlas Nacional de Riesgos (1991)	Agentes perturbadores: geológicos, hidrometeoro lógicos, químicos, sanitarios, socio organizativos.
Efectos y/o consecuencias	Alexander (1991)	Efectos: muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo. Consecuencias: directas encadenadas.
Frecuencia o tipo de ocurrencia	Alexander (1991)	Intensivos: perniciosos, azarosos, ocasionales, progresivos. Complejos: estacionales, poissonlanos, diurnos, irregulares.
Tiempo de advertencia	Lechat (1990)	Fases: anticipativa, de alarma, rescate, ayuda, rehabilitación.

Tabla 1.2 Clasificación de los tipos de riesgo de acuerdo con criterios disímiles. Fuente: Palacio (1995).

La complejidad de los procesos y la variedad implican riesgos naturales de los cuales han sido ordenados y clasificados, mediante diversos enfoques que destacan particularidades en los procesos.

García en (1993), agrupa distintos tipos de clasificaciones en tres categorías principales.

1. Clasificaciones generales: Consideraciones que abarcan el total de riesgos que afectan a la sociedad.

2. Clasificaciones específicas: Enfocados a conjuntos de riesgos que son afines a ciertos aspectos. Ejemplo: la clasificación de movimientos en masa de Bolt y McDonald (1977).
3. Clasificaciones adaptadas: Clasificación de los riesgos donde su máxima utilidad son estudios de caso, de los cuales sirven de base para la elaboración de clasificaciones de zonas específicas; de acuerdo con Lugo (1989), una clasificación es una guía que puede ser modificada o completada para ser adaptada al área en que se va a aplicar.

1.4.1 Diagnóstico de riesgo

Un requisito esencial para la puesta en práctica de las acciones de protección civil, es contar con un diagnóstico de riesgos, para poder conocer las características de los eventos que pueden tener consecuencias desastrosas (tanto procesos naturales como los generados por el hombre) y determinar la forma en que estos eventos inciden en los asentamientos humanos, la infraestructura y el entorno.

El proceso de diagnóstico, implica la determinación de los escenarios o eventos más desfavorables que pueden ocurrir, así como de la probabilidad asociada a la ocurrencia. Los escenarios deben incluir el otro componente del riesgo que consiste en los efectos que los distintos procesos tienen en asentamientos humanos y en infraestructura vulnerable a eventos.

El riesgo según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Tecnología UNESCO (2000) establece que se puede definir a través de una ecuación la cual es:

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

Donde el riesgo en un punto o en una zona se determina a partir de los valores

anteriores, aunque no necesariamente se calcula como producto de ambos.

La UNESCO define a la vulnerabilidad y al peligro como:

1. Peligro: definido como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.
2. Vulnerabilidad: como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total.

1.4.2 Geosistema perturbador

El medio natural está expuesto a perturbaciones naturales y antrópicas las perturbaciones naturales o auto genéticas son parte de la dinámica que tiende a renovar la fisonomía y el funcionamiento del paisaje en forma temporal o definitiva, por ello no representa una amenaza para los ambientes naturales.

El peligro existe como probabilidad de afectación al hombre; la perturbación generada por un proceso natural puede ser considerada o no una amenaza que afecte o alerte el orden establecido en el ecosistema afectable. Las perturbaciones antrópicas y alogénicas son en ocasiones condicionantes de comportamientos anómalos al alertar el estado medio de funcionamiento en los ambientes naturales, que pueden contribuir de forma considerable en la amplificación de los efectos destructivos de un proceso natural.

1.4.3 Tipología del geosistema perturbador

La tipología del geosistema perturbador utilizada para este estudio, se basa en las propuestas de Verstappen y Faugeres (1991). Los tipos de geosistema se establecen según su expresión espacial sobre la superficie y el sistema natural y/o antroponatural que les dio origen los cuales se dividen en tres grupos:

1. Origen endógeno: clasificado a su vez en magmático donde se contemplan las erupciones volcánicas de tipo efusivo y explosivo de origen tectónico donde se contemplan las fallas activas y los sismos.
2. Origen exógeno: se clasifican en morfológico, el cual contempla los hundimientos, agrietamientos, sedimentación acelerada, erosión acelerada, movimientos en masa, subsidencia, hidrológico dentro de los encontramos las inundaciones y las crecidas, atmosférico, sequías ciclones granizadas, nevadas, tornados cambio climático global, biológico, enfermedades y plagas ambas faunísticas y florales.
3. Origen mixto en él se muestran las combinaciones de todos los anteriores incluyendo los de origen antrópico.

1.5 Características funcionales de los geosistemas

Palacio (1995), establece que en las diferentes características funcionales de los geosistemas, encontramos que los diferentes procesos naturales tienen en su origen y desarrollo en una expresión territorial funcional, lo que significa que en la cobertura areal del geosistema existen zonas bien definidas por la dinámica del proceso; para poder caracterizar la dinámica espacial del proceso se han determinado tres tipos de geosistemas o subsistemas dentro del geosistema perturbador: geosistema de antecedente, el geosistema de tránsito y geosistema consecuente. En seguida se enumeran cada uno de los diferentes geosistemas y subsistemas que propone este último autor, dentro del geosistema perturbador donde cada uno de ellos tiene características generales o no según sea el proceso en cuestión y tiene distinta expresión de peligrosidad y categorías de impacto.

a. Geosistema de antecedente

El mismo autor define que dentro de este se genera el proceso, y su expresión territorial abarca todos los elementos del medio natural que favorece la incubación del mismo, tiene las mayores expresiones de energía (intensidad) y en transporte de volúmenes de materia, este geosistema es centro autónomo y dispersor de la energía los materiales involucrados en la dinámica del proceso, lo que condiciona el arreglo espacial de los geosistemas subsecuentes. Las condiciones de peligrosidad de mayor impacto sobre el sociosistema afectable, en su conformación geomorfológica, dominan las pendientes pronunciadas y regímenes geomorfológicos activos donde la actividad hidrogravitatorio presiona la estabilidad natural del medio ambiente.

b. Geosistema de tránsito

En este geosistema la energía y la materia se alojan temporalmente y sus efectos destructivos pueden ser transitorios de poca cobertura areal, dinámica de la transferencia de materiales, en este geosistema se presentan acumulaciones de carácter transitorios, los gradientes en las pendientes son en general poco pronunciados (mayor de 15°) y el potencial hidrogravitatorio pierde fuerza conforme se suavizan.

c. Geosistema consecuente

Es el geosistema que recibe la energía y la materia del proceso en su fase terminal, son sistemas subordinados al desarrollo de los procesos en los geosistemas antecedente y de tránsito; sus efectos destructivos son importantes y están asociados a procesos de sedimentación acelerada o captación de grandes volúmenes de líquidos acumulados en los geosistemas anteriores. Los procesos geomorfológicos disipan su energía y dispersan la materia en transporte, en las geoformas coincide en general con las planicies ya que son geosistemas receptores de actividad hidrogravitatoria, por ejemplo la correlación que existe entre la dinámica

geomorfológica de, un cono aluvial, los geosistemas en su característica funcional y agresividad o peligrosidad de ocurrencia de actividad aluvio- torrencial.

La peligrosidad alta del geosistema antecedente se ha diferenciado en dos expresiones espaciales:

1. Cuando es extrema y el canal activo concentra la energía y los materiales transportados por la ocurrencia fluvial, especialmente durante la época de lluvias.
2. Cuando la peligrosidad es alta pero con tendencia a dispersar la energía y los materiales que provienen de la zona de montaña, los materiales recién depositados sobre la estructura del cono se redistribuyen en forma espasmódica o explosiva.

Para el caso de geosistema de tránsito, la peligrosidad es baja debido a que la corriente fluvial pierde competencia y los volúmenes de agua y aluvión se redistribuyen sobre canales inactivos o sobre zonas con pendientes moderadas y posibilidades de dispersión extendida, un cono aluvial presenta como geosistema consecuentes, una peligrosidad media resultado de la pérdida gradual de potencial hidrogravitatorio, la corriente fluvial va perdiendo competencia pero acumula material en transporte nuevo y removilizado del mismo cono y aunque haya perdido fuerza de transporte, la sedimentación masiva es aún generadora de peligro.

Las fronteras de los geosistemas son límites restringidos a las zonas que involucran directamente el origen, dinámica y área de desplazamiento del proceso, establecidos en base a una explicación sistémico natural; en su mayoría se apoya en su morfología del relieve por ser la base de muchas interrelaciones en el medio ambiente, las unidades y subunidades geomorfológicas, al ser resultado de sistemas de transferencia y participar en la génesis y desarrollo de los paisajes naturales son la base para la delimitación de los geosistemas a nivel funcional.

1.6 Estructura geosistémica

Depende de la génesis de desarrollo del proceso y de la zona sobre la cual se desplaza, generalmente son arreglos internos en los geosistemas mencionados anteriormente; los más comunes se basan en la organización espacial de las unidades locales del paisaje, las analogías establecidas según la base expuesta por Mateo, (1984), para los paisajes siendo estas:

Estructura geosistémica	
Estructura	Características generales
Difusa	Cuando es un proceso disperso territorial debido entre otras causas a la poca magnitud física y a la ausencia de factores que controlen la movilidad del proceso.
Mosaico	Cuando en el terreno existen condiciones más o menos específicas que definen formas de asimilación y respuesta sobre espacios bien delimitados, el arreglo en mosaico se presenta en zonas con diversidad geológica bien definida, con formas específicas de asimilación ante el avance de los materiales en transporte, el avance de una crecida sobre un relieve homogéneo de planicie donde existan rocas con distintos grados de permeabilidad, asimilación en infiltración y ritmos de sedimentación variará según los grados de permeabilidad.
Intermedia	Cuando no existe un patrón definido o esperado que delimite o condicione la distribución del procesos y sus efectos destructivos, la estructura se presenta generalmente en procesos de carácter extraordinario y ocurrencia súbita donde la expresión territorial es anárquica como las nubes ardientes cuya forma de dispersión sobre el territorio generalmente no encuentra obstáculos que condiciones o controlen su movilidad.
Parcial	Cuando a partir del núcleo generador se establecen círculos y semicírculos concéntricos de afectación, ejemplo las inundaciones sobre planicies lacustres siguen patrones anulares y algunos tipo de erupciones volcánicas.
Vectorial	Cuando el proceso de manifiesta al mismo tiempo con una dirección y fuerza definidos por su propia dinámica o por factores condicionantes del medio, como las erupciones volcánicas explosivas donde los colapsos parciales del edificio volcánico se concentran en las laderas de mayor pendiente proyectando las avalanchas de detritos con una fuerza y dirección específicas, o cuando se presentan columnas eruptivas donde la cenizas se incorporan a la circulación local y general de la atmósfera determinando una distribución de isopacas (líneas que unen puntos con igual espesor en los depósitos) acorde con la fuerza e intensidad de los vientos.

Tabla 1.4 Estructura geosistémica. Fuente: Mateo, 1984.

Si la estructura geosistémica de un proceso coincide con la estructura de otros procesos de peligrosidad, puede ser exponencial en el espacio pero no en los mismos tiempos por ejemplo una planicie fluvio-lacustre expuesta a inundaciones y a la subsidencia; expuesta a dos peligros dentro de un mismo espacio pero no en los mismos periodos de tiempo. La estructura geosistémica se mantiene en cierto rango de escalas medias (1:25,000-1:5,000), conforme aumenta la escala de las estructuras locales o del sitio se modifican sustancialmente en función al espacio.

1.7 Expresión de peligrosidad

Dentro de la estructura interna de los geosistemas existen distintas apreciaciones de peligrosidad que dependen tanto de la complejidad original del proceso y de la amenaza que éste represente y de las condiciones ambientales sobre las que se desarrolle. Según Palacio (1995) las expresiones generales de peligrosidad simple, compuesta y secundaria son:

Expresión de la peligrosidad	
Tipo de expresión	Características generales
Simple	Cuando el proceso en si es el único que representa amenaza o peligro para los territorios ocupados por el hombre ejemplo: un sismo.
Compuesta	Se presenta cuando el proceso generador del peligro se manifiesta asociado con otros procesos ejemplo: un sismo y un tsunami desencadenados por el original.
Secundaria	Es una peligrosidad derivada o posterior a los efectos destructivos simples o compuestos ejemplo: un deslizamiento posterior a un sismo.

Tabla 1.5 Expresión de la peligrosidad. Fuente: Palacio, 1995.

La expresión de peligrosidad se asocia con la amenaza del proceso, según su complejidad y el tipo de impacto que ocasionan.

1.7.1 Fenomenología

De acuerdo con las ideas del último autor para el estudio fenomenológico, se parte del principio de que los procesos se comportan en el presente o en el futuro de forma similar a como lo han hecho el pasado, dentro de ciertos de riesgos de variación. La única referencia para inferir el posible comportamiento futuro, es el reconocer las condiciones y procesos que se han dado en el pasado, para poder considerar la posibilidad de que se repitan.

La fenomenología comprende dentro de su estructuración espacial de la peligrosidad tres etapas:

1. Características y funcionamiento del proceso
2. Medio de desplazamiento
3. Estado y movimiento de los materiales

1.7.2 Características y funcionamiento del proceso

Génesis y comportamiento

El comportamiento de los procesos, mecanismos y factores generadores de un proceso permite definir las condiciones bajo las cuales se puede originar y repetir, ubicando las zonas en las que el proceso tiene su primera expresión espacial, los diferentes procesos se explican mediante una serie de fases, la forma en que funcionan y se relacionan los mecanismos que originan el proceso, los que a su vez son el resultado de una interacción de factores que al reconocerlos como componentes de una dinámica compleja es la base del análisis.

La diferencia entre los factores pasivos y activadores, es que los pasivos no presentan movimientos pero facilitan o inducen las condiciones para la movilidad del proceso.

Los activadores son los iniciadores del movimiento por, ejemplo aportes extraordinarios de agua, pérdida del soporte de las laderas. El conjunto de factores pueden ser; internos cuando presionan la dinámica del proceso desde el interior hacia la superficie o externos cuando la presión es desde fuera. Pueden ser de origen natural o antrópico, esto es, que cada vez es más frecuente la participación del hombre como factor condicionador y activador en la dinámica de un proceso originalmente natural, cuando el conjunto de procesos generadores interactúan para facilitar u obstaculizar el desarrollo o evolución del proceso donde existe o no susceptibilidad ambiental, en esta existe una relación con el proceso perturbador y que determina la peligrosidad.

De acuerdo con Still (1992), todos los procesos manifiestan su impacto sobre la superficie y sus comportamientos pueden variar dependiendo de la ubicación vertical del lugar de origen, todo ello referido a si el proceso es generado en:

1. El interior de la Tierra (sismos y volcanes)
2. La superficie de la Tierra (deslizamiento y derrumbes)
3. Sobre la superficie (ciclones, sequías, etcétera)
4. De dos orígenes (peligros de interface)

Cuando se conocen los procesos y mecanismos que dieron origen al proceso, se da un seguimiento al desarrollo y avance, es necesario considerar la dinámica del proceso y la manera en que el territorio lo asimila y modifica, acelera, desacelera, amplifica, inhibe. Los procesos presentan un seguimiento evolutivo particular desde que se inician hasta que se disipan, algunos incrementan energía a medida que avanza por el territorio y el seguimiento evolutivo sobre el territorio se considera dentro del concepto complementario de estabilidad inherente a los geosistemas.

En los geosistemas inestables en los que dominan comportamientos extremos en sus componentes ambientales y geosistemas estables donde presentan

comportamientos medios con perturbaciones ocasionales poco importantes, se puede definir en qué momento los procesos perturbadores se pueden amplificar, relacionado con la retroalimentación referida a la retroalimentación positiva o de disminuir con el mismo parámetro de retro alimentación sólo que negativa.

Cada vez es más frecuente la influencia humana como el factor generador de inestabilidad, por lo que es posible diferenciar donde se mantienen las tendencias naturales y donde han sido alteradas por la acción antrópica.

Magnitud física

Referida al tamaño del evento o el proceso manifestado a través de su cobertura areal, el tamaño es una expresión de la carga energética y su capacidad para dispersar los materiales en transporte de acuerdo a estos criterios, los procesos se presentan de dos tipos: Magnitud amplia y reducida, mismas a su vez pueden ser de ocurrencia ordinaria y extraordinaria, ambos tamaños se determinan por indicadores o vestigios obtenidos de la observación directa o mediante la aplicación de medios indirectos. El concepto de magnitud es consecuencia de una serie de relaciones complejas y puede ser modificado según las características de cada proceso (Palacio, 1995).

Este último autor, define que los procesos de magnitud amplia cubren grandes extensiones territoriales, para que pueda ser posible, es necesario que en un proceso de génesis y desarrollo existan grandes cantidades de materia y energía que permitan formas amplias de dispersión, como ya se mencionó, la magnitud puede ser ordinaria o extraordinaria, calificando al mismo tiempo tamaño y temporalidad.

Los ordinarios tienen una temporalidad definida, estacionales, anuales y su comportamiento se basa en indicadores de ocurrencia repetibles y pueden ser más o menos predecibles como las inundaciones, en algunas regiones son estacionales y afectan periódicamente las mismas zonas en mayor y menor grado.

Los procesos extraordinarios son poco frecuentes en el tiempo e involucran con frecuencia el transporte de grandes cantidades de materia (sólidos, líquidos y gases) importantes potenciales energéticos y un alto grado de incertidumbre en susceptibilidad, pueden ser de ocurrencia súbita, en que difícilmente se pueden esperar fases evolutivas de crecimiento en tamaño para tomar medidas preventivas en un lugar y tiempo determinado; pueden ser procesos ordinarios que por condicionantes favorables concentradas en tiempo y espacio, vean amplificadas en términos extraordinarios su capacidad destructiva. Los procesos de magnitud reducida tienen poca cobertura areal, no quiere decir que sus efectos sean pocos, estos son el resultado de largos procesos de acumulación de energía y materia bajo condiciones muy localizadas (deslizamientos rotacionales, subsidencia), actividades por algún mecanismo poco repetible o extraño.

Intensidad

Es el grado de actividad o potencia de un proceso, de sus distintos grados en fuerza y agresividad; existe una relación inversamente proporcional entre la distancia del núcleo u origen y el grado de actividad o potencia del proceso, que conforme se incrementa la distancia de la zona en donde se originó, la intensidad disminuye, aunque puede suceder que por factores externos, asociados o concatenados, el proceso incrementa su potencia a medida que avanza por el territorio por ejemplo, las crecidas.

La carga energética es fundamental en la dispersión del proceso y la expresión y estructuración espacial de la intensidad, es por ello que procesos violentos como los ciclones y las erupciones volcánicas explosivas, tienen amplias coberturas territoriales y manifiestan varios gradientes de intensidad. La intensidad no necesariamente se relaciona con la movilidad espacial de los procesos, pueden ser más o menos intensos y tener alta o baja movilidad; por ejemplo, el desnivel entre los bloques de una falla, puede ser muy importante en temporales, la falla cómo tal puede no experimentar desplazamientos horizontales importantes que expresen una movilidad apreciable.

Los grados de intensidad son referidos a los comportamientos observados con anterioridad, es porque los parámetros de comparación, siempre se basan en los eventos extremos registrados hasta el momento en que se realice el análisis fenomenológico; es importante precisar las diferencias entre magnitudes e intensidad, un proceso de magnitud definida (amplia o reducida) puede expresarse en el terreno con distinto grado de intensidad.

Análisis temporal

De acuerdo con Palacio (1995), el comportamiento temporal del proceso, se orienta a los tiempos humanos de respuesta y los tipos de intervención ante la ocurrencia del mismo, se presentan dos etapas y cuatro fases sucesivas:

Respuesta	Tipo de intervención
Protección Prevención reducción del riesgo	Formulación del plan, Construcciones resistentes, Monitoreo, Inventario, Otras
Mitigación reducción del riesgo basada en restricciones y formulación del plan	Énfasis sobre las medidas de planeación, Zonificación, Reubicación, Otras
Restablecimiento Respuesta a salvar vidas antes que la propiedad Formulación	Énfasis sobre los sistemas preventivos, - Alerta temprana, entrenamiento, reservas estratégicas, etcétera. Asistencia: Evaluación, Comida, Refugios, Medicinas, Otras
Recuperación	Reconstrucción y mejoramiento del sociosistema afectable

Tabla 1.7 Etapas de respuesta ante la presencia de un proceso perturbador. Fuente: Modificado de Palacio, 1995

La metodología anterior ubica tres fases de protección, las cuales incluyen dos etapas:

- a. La preventiva: es prever y reducir o eliminar en la medida de lo posible, los mecanismos y los efectos destructivos generados por y dentro del geosistema perturbador, mediante la instrumentación de medidas técnicas que impidan la ocurrencia de desastres.

- b. La mitigación se aplica como conjunto de medidas complementarias, orientadas hacia la planeación y ordenamiento del territorio, con el fin de aminorar los daños probables al ecosistema afectado.

La fase de restablecimiento; cuenta con dos etapas:

La respuesta se refiere al rescate de vidas, mediante la aplicación de sistemas preventivos planificados, la rehabilitación de servicios de soporte de vida y la asistencia.

La recuperación, que contempla la reconstrucción y mejoramiento en capacidad de respuesta por parte del socio sistema afectado.

La utilidad concreta en la metodología dentro de la etapa de protección, es la determinación de la ocurrencia de los procesos perturbadores, como parte del pronóstico como instrumento para la planeación, que permiten establecer distintos grados de sistemas de alerta, que conducen al diseño de estrategias para ordenar los usos de suelo, en un territorio determinado; la elaboración de pronósticos se realiza mediante dos procedimientos básicos:

1. Consultas a expertos especialistas en el estudio del proceso en cuestión.
2. El diseño de modelos que se acerquen a la reproducción de la realidad, basándose en la observación y procedimiento de los comportamientos registrados en el pasado.

Para la frecuencia con que se repiten los procesos, se establecen tres tipos de pronóstico:

1. Corto plazo: información sobre la ocurrencia próxima (horas, días) del proceso, se basan en la búsqueda e interpretación de señales o eventos premonitorios.

2. Mediano plazo: ocurrencia en semanas o meses, brindan información probabilística de los parámetros de un proceso esperado (Gelman y Macías, 1982).
3. Largo plazo: ocurrencia en los siguientes años, evalúa la probabilidad de ocurrencia de eventos poco repetibles (Germán y Macías, 1982).

Para el análisis temporal, objetivo de este apartado, existen dos maneras de abordarlo:

1. El tiempo de duración del proceso perturbador.
2. La recurrencia en el tiempo.

La diferencia entre estos tiempos, radica en la manera de observar el proceso, la recurrencia del mismo en el tiempo; establecen periodos variables, que depende de los tiempos en que las condiciones de desarrollo se repitan, algunos procesos se inician y desarrollan en poco tiempo (avalanchas) y son resultado de acumulación de energía y materia (sismos, erupciones explosivas), para su frecuencia y tipo de ocurrencia existen dos variables:

1. Cíclicos
2. Diacrónicos

Los cíclicos tienen periodos regulares de recurrencia que se pueden definir dentro de ciertos rangos de variación; por ejemplo los ciclones.

Los diacrónicos son totalmente anómalos en sus tiempos de ocurrencia; por ejemplo sismos. Los cíclicos representan mayor peligrosidad que los diacrónicos, debido a la estabilidad de la recurrencia en los primeros y a la incertidumbre de la frecuencia en los segundos.

La frecuencia de recurrencia depende de la elasticidad temporal, en la repetición de

los procesos, tomando en cuenta tres tipos de frecuencia.

c. Medio de desplazamiento y estado físico y movimiento de los materiales.

Los materiales en transporte y el tipo de superficie sobre la que avanza el proceso, son básicos para poder entender su comportamiento y su afectación.

Tipo de vulnerabilidad	Características
De origen	Mala construcción, consideraciones de construcción inadecuadas
Progresiva	Falta de mantenimiento de infraestructura existente
Física o localizacional	Selección de un medio físico inadecuado
Económica	Escasez de recursos económicos de la población
Social	Mala o nula organización social
Política	Falta o inadecuada toma de decisiones
Cultural	Costumbres de arraigo
Ideológica	Mala percepción del riesgo
Educacional	Grado de preparación y conocimientos de la población
Religiosa	Creencias que influyen en la permanencia de un grupo de individuos
Técnica	Construcción de edificios y viviendas
Institucional	Leyes obsoletas

Tabla 1.8 Tipos de vulnerabilidad según Wilches y Caliux (1972).

Cada proceso se caracteriza por el estado físico de los materiales que se involucran en su transporte. La agresividad de los geosistemas se puede medir según el volumen, rapidez y fuerza con que se desplazan los materiales, el saber si los materiales son sólidos (caladas de lava, flujos de lodo), líquidos (crecidas, inundaciones) o gaseosos (erupciones, explosivas, tornados.) para poder tener conocimiento de la cobertura areal y su afectación.

Las características de algunos procesos sobre el terreno, es que se desplazan y son determinantes en la dinámica y para otros es un factor secundario o de poca participación por ejemplo: procesos de gran magnitud y agresividad como las nubes

ardientes; en caso de los ciclones el desplazamiento sobre superficies acuáticas cálidas, es fundamental en la retroalimentación energética de los mecanismos generadores, al entrar al continente pierden energía que les da vida.

El tipo y calidad de los elementos ambientales, donde se ubican zonas con diferentes grados de asimilación o distintas formas de amplificar o disminuir los efectos destructivos del proceso; para cada tipo de proceso, es necesario ponderar por áreas, los componentes ambientales que hagan más o menos vulnerable una zona susceptibles de ser afectada.

Para el estudio de vulnerabilidad ambiental, se usa el término de susceptibilidad del territorio referido al funcionamiento, fragilidad y capacidad del ambiente físico ante la ocurrencia de un proceso perturbador, los componentes básicos para un análisis.

Por último, este autor propone el uso de diferentes escalas de análisis para el estudio de los riesgos naturales, en las cuales se logra advertir el nivel de detalle y la fuente de obtención de información de acuerdo con diferentes objetivos de estudio.

Para la vulnerabilidad se encuentran propuestas sistemáticas, en las que intentan desglosar elementos que influyen en el grado de vulnerabilidad, en los contextos de los países en vías de desarrollo (citado en Toscana, 2006), entre ellas se encuentran:

1. Wilches-Chaux (1993), trata de definir diferentes ángulos: física, técnica, económica, social, cultural, política, institucional, educativa e ideológica; para facilitar su identificación y estudio.
2. Maskrey (1994), distingue variables económicas, sociales, culturales e institucionales para medir el nivel de vulnerabilidad.
3. Oliver-Smith (1999) y Bankoff (2003, 2004) rescatan el valor del conocimiento del espacio que con el tiempo se va acumulando y las

consecuencias que aparecen cuando se carece de este conocimiento y se subestima o ignora el potencial peligroso del espacio.

4. Alexander (2000), explica un círculo vicioso, en el que interactúan procesos de diferentes tipos y escalas, en especial políticos (corrupción y negligencia) relacionados con la localización de los asentamientos.
5. Nilsson *et al;* (2001), considera que la vulnerabilidad es la suma o resultado del riesgo y la habilidad de la comunidad para superar las situaciones emergentes, internas y externas, así como para controlar las situaciones extremas que produce en un tiempo dado.
6. Di John (2001) ha observado que las deficiencias institucionales en los procesos de urbanización, producen un aumento de la vulnerabilidad ante los desastres, proporcional a sus efectos devastadores.

CAPÍTULO II

MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La zona de estudio se encuentra conformada por llanuras compuestas por sedimentos volcanoclásticos que constituyen a la fosa de Ixtlahuaca-Toluca. Esta se encuentra bordeada por el Graben de Acambay al N; el Volcán Jocotitlán, la Sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces al E; el Volcán Nevado de Toluca al Sur y al W por la sierra Mazahua y el Cerro San Antonio.

Las unidades morfológicas encuentran su origen dentro de la dinámica del Sistema Volcánico Transversal, sobre el cual, presenta una diversidad de ideas y contradicciones en función del mismo. En este orden de ideas (Mooser y Maldonado, 1961; Demant, 1978), explican en el proceso evolutivo los efectos del comportamiento de las Placas del Caribe, Cocos y la Norte americana por medio de diferentes ciclos que se relacionan con esfuerzos tectónicos regionales relacionados con la presencia de importantes estrato volcanes.

El último de estos ciclos explica para la formación del ciclo referido una relación entre la actividad del Golfo de California y la Placa del Caribe, cuya asociación interfirió en el proceso de subducción de la placa del Pacífico (Silva, 1979, *cfr*; Espinosa *et al* 2001).

Estos autores establecen que el Sistema Volcánico Transversal se encuentra asociado, desde el punto de vista genético, a importantes sistemas de fallas que han dado paso a la formación de emplazamientos y estructuras escalonadas; así mismo se le ha ligado con proceso de distensión, provocados por el procesos de subducción de las placas oceánicas que afectan a nuestro país y por los rompimientos internos de tipo "Rift".

Con base a lo anterior, *Aguayo et al* (1989) afirma que el proceso de formación del sistema aún no ha concluido en su totalidad, ya que ha mostrado diferentes etapas

de génesis, en las cuales las zonas de debilidad de la corteza han permitido la emanación de materiales volcánicos, fluidos y piroclásticos; así diversos autores coinciden en que el Sistema Volcánico Transversal se origina por diversos procesos tectónicos en los cuales denominan esfuerzos divergentes y convergentes de la corteza que a su paso dieron pie a la formación de mega estructuras como horst y grabenes los cuales se distribuyen desde la porción más occidental hasta la zona central del Sistema Volcánico.

Al mismo tiempo establecen que la actividad Tecto-Volcánica no ha sido del todo homogénea desde el punto de vista de la intensidad y el tiempo de duración; Mc Dowell y Clabaugh (1972), y Venegas (1985), con sus estudios determinaron series petroquímicas en las cuales se observan correlaciones que permiten ubicar a las rocas más antiguas durante el Pleistoceno; y es donde otros autores como Pasquere (1978) y Aceves (1997), indican que es el punto de partida en las cuales se da comienzo a la actividad con la formación de sistemas escalonados de fallas localizados al occidente, asociadas con el Golfo de California; con el basculamiento de bloques en la parte central del mismo, y con la generación de los sistemas de fracturas en las cuales se emplazarían los estrato volcanes más representativos (Aguayo, *et al* 1989).

2.1 Marco Tecto-Volcánico Regional

Los rasgos estructurales principales de la región, se encuentran conformados por megabloques de tipo graben y horst así como por importantes estratovolcanes que son evidencia de la actividad tecto-volcánica del Sistema Volcánico en la porción central; dentro del primer grupo se distinguen entre los más importantes de la fosa de Ixtlahuaca y Toluca en la parte central; mientras que los que forman pilares además de construir el parte aguas de la cuenca alta del Río Lerma, se encuentran representados por megabloques que componen a la Sierra de Monte Alto y la Sierra de Las Cruces al oriente; así como la Sierra Mazahua al poniente, por lo que respecta a los volcanes se encuentran el Jocotitlán, Nevado de Toluca y Cerro San

Antonio; aunque el primero de estos se encuentra fuera de los límites políticos establecidos para la región en cuestión, la génesis y la actividad se relaciona con el proceso morfo genético de la misma.

De manera general, las estructuras se encuentran controladas por sistemas de fallas y fracturas de orientaciones típicas para el desarrollo del Sistema Volcánico Transversal, así el patrón general corresponde a direcciones NW-SE, NNW-SSE, N-S y E-W siendo las ultimas las que registran la actividad más reciente del sistema en la parte central (Espinosa *et al.* 2001).

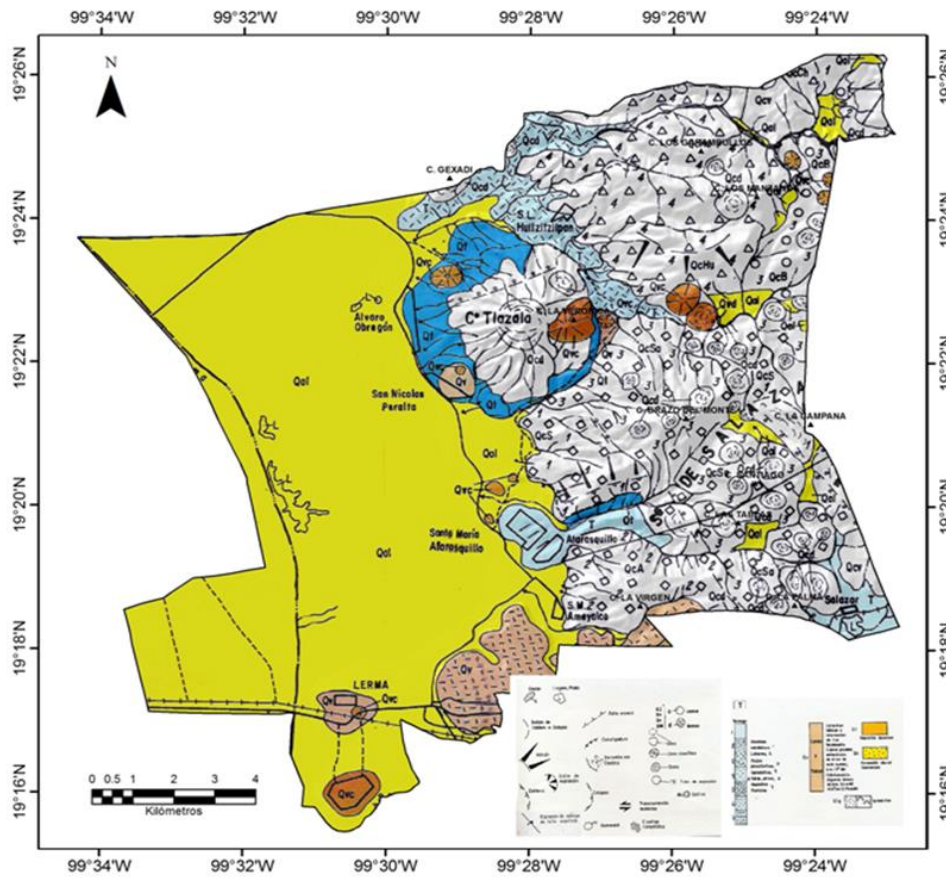


Figura 2.1 Geología regional. Fuente Mooser *et al.*, 1996.

2.2 Evolución Estructural de la Región

Los espejos tectónicos encontrados en el afloramiento volcánico en el lado levantado en la falla Perales, pueden sugerir la fase de deformación de *Basin and Range Province* como conjunto de horts y fosas; para poder justificar la suposición anterior, se necesita el fechamiento de dicho afloramiento, la primera bien establecida fase de deformación, que influyó en la región de estudio ocurrió entre el Oligoceno Tardío y Mioceno Temprano-Medio afectando la base del Sistema Volcánico Transversal. En este periodo fueron formadas las estructuras orientadas de *Basin and Range Province* del Sur de los Estados Unidos y Norte de México, el eje O 1 vertical y el O 3 horizontal con orientación NE dominaron el campo de esfuerzos, en este periodo fueron formadas las fallas normales de orientación NNW-SSE con el lado Este hundido (García, *et al. s/f*).

Durante esta fase fue formado el sistema de fallas de Taxco-Querétaro, que domina el borde occidental de la región de estudio y se manifiesta como alongamiento de la Sierra de las Cruces; es posible que en este periodo empezó el movimiento que a través del tiempo y fases de deformación posteriores, resultó en el levantamiento mayor del lado SW de las fallas que pertenecen al lineamiento de Taxco-Querétaro (falla Perales y fallas bajo el Cerro de San Antonio y Nevado de Toluca).

Los testigos de este desnivel, son los afloramientos de esquistos de basamento, que se encuentran a lo largo del borde Oeste del área de estudio y que por el lado contrario quedan más de 2 mil metros por debajo de la cuenca de México (Espinosa, 2001).

De acuerdo con los mismos autores, la segunda fase de deformación ocurrió en el Mioceno Medio bajo un campo de esfuerzos compresivos ó1 y ó3 horizontales y orientadas NNE-SSW y WNW-ESE respectivamente, esta fase provocó el movimiento izquierdo del sistema de fallas San Antonio, y reactivó el sistema Taxco-Querétaro causando movimiento derecho a lo largo de las fallas orientadas NNW-SSE (García, *et al.s/f*). Estos autores establecen que durante el periodo del Mioceno

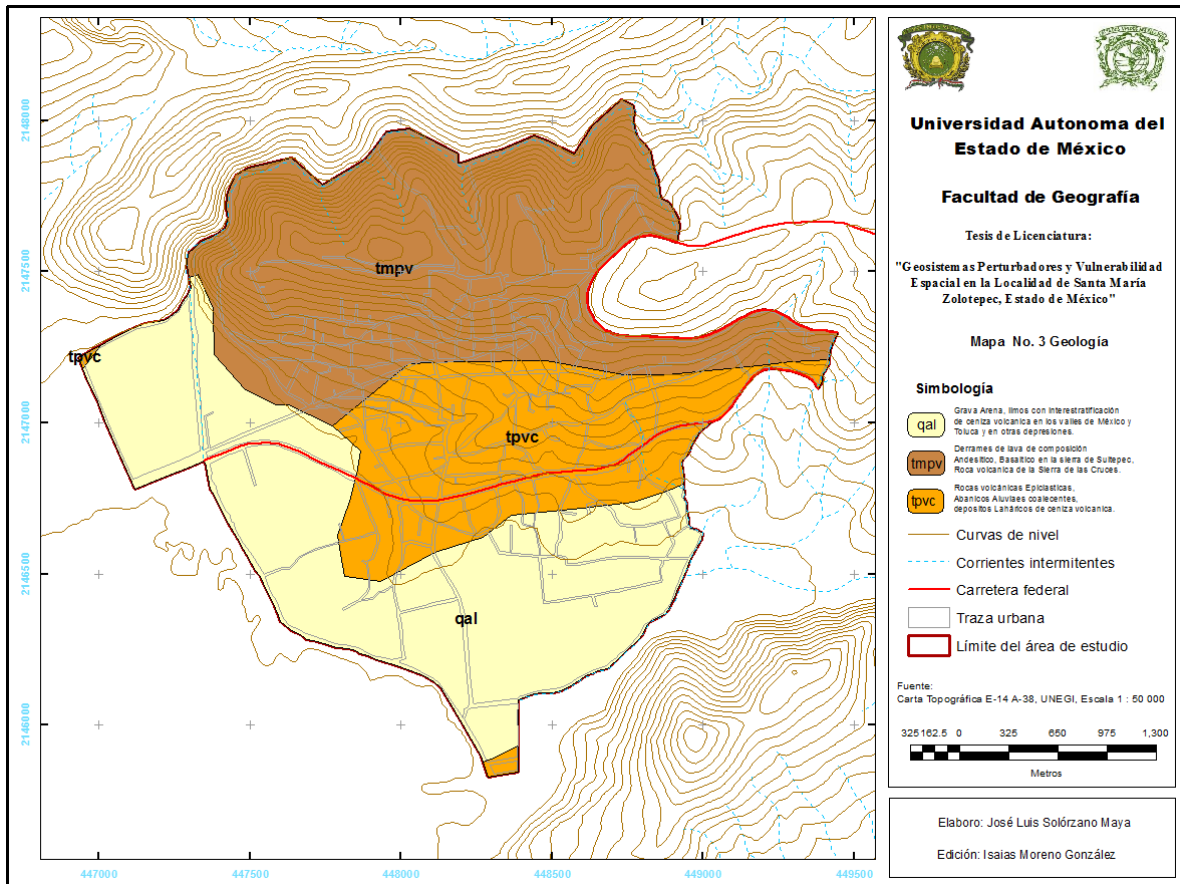
Tardío fueron emplazadas y cortadas rocas volcánicas de la secuencia San Antonio que forma el cerro de San Antonio, durante el Plioceno el campo de esfuerzos provocó la reactivación de fallas anteriores. Primero el eje O 1 estaba orientado NNW, el eje O 3 ENE fallas en *echelon*, orientadas 30° del sistema San Antonio fueron activadas otra vez con el movimiento izquierdo, esta fase provocó extrusión del complejo de domos y conos que se encuentra a lo largo del sistema San Antonio.

Así el eje O c se movió posteriormente con orientación E-W y el O 1 tomó la orientación vertical, generando la reacción de las fallas del sistema Taxco-Querétaro como fallas normales, esta fase resultó con emplazamiento de rocas volcánicas que forman la Sierra de las Cruces.

Durante el Plioceno tardío, el campo de esfuerzos otra vez fue comprensivo, con el eje O 1 orientado NW-SW produciendo movimientos derecho en el *echelon* del Sistema Tenango, mientras que en el Pleistoceno Holoceno empezó la fase extensiva con orientación del eje ó1 N-S, que aún se encuentra activo, esta fase provocó movimiento normal del sistema Tenango la aparición del sistema escalonado orientado W-E, la extrusión de lava basáltica del Holoceno y sismicidad reciente (García, *et al.*, s/f).

Quizá durante esta fase ocurrió la continuación de movimiento normal a lo largo de la falla Perales, dejando la presente distribución de bloques basculados en el lado NE e inclinación de mesas basálticas en el lado SW de la falla, el cese de dicho movimiento normal a lo largo de dicha falla tal vez tuvo lugar antes del Holoceno.

Según con los autores, Mooser, et al (1996) y Espinosa, (2001). La zona de estudio presenta la siguiente geología como se muestra en el Mapa 3.



Mapa 3

2.3 Principales sistemas disyuntivos de la región

De acuerdo con Espinosa *et al.* (2001), en la región se encuentran tres principales sistemas disyuntivos, que a continuación se describen en orden cronológico

a. Sistema Taxco- Querétaro

El sistema Taxco Querétaro forma el borde W de la región de estudio; de acuerdo con (García *et al.*, s/f), dicho sistema sufrió tres principales fases de deformación, las cuales se reconocen a través de un fallamiento normal que ocurrió durante el Oligoceno Tardío y Mioceno Temprano, que se reconoce a través de un eje de extensión con orientación NE-SW; el cual es seguido por un fallamiento transcurrente diestral durante el Mioceno Medio, y por la reacción del fallamiento

normal durante el Plioceno.

Este sistema encuentra manifestaciones como la falla Perales, al W y NW de Ixtlauaca de Rayón; en la Sierra de la Cruces, la cual está elongada en sentido NNW-SSW y en la región el cerro de San Antonio-Nevado de Toluca como alineación de estos volcanes y como el conjunto de horst y fosas orientadas NW-SW y NNW-SSE en la ladera S y SE del Nevado de Toluca.

La falla Perales tiene la mejor expresión en la parte N entre la presa Tepetitlán y el pueblo de San Isidro Boxipe, donde el trazo de falla es casi recto y forma escarpes pronunciados; la orientación de dicha falla en este lugar es de 140° hacia el SSE, el rasgo de esta tiende a perder continuidad y a presentar fallamientos menores que dividen bloques basculados, el espejo de la misma se encuentra de manera parcial cubierto por derrumbes.

En el lado Sur Occidental de la falla afloran rocas metamórficas de basamento, clasificadas dentro del Jurásico-Cretácico temprano, las cuales se encuentran asociadas con un domo de rocas volcánicas ácidas de edad Terciario cortado por la falla, en el bloque levantado aparecen dos sistemas de espejos tectónicos, las orientaciones de estos son: $166/77^{\circ}$ S izquierdo y $103/86^{\circ}$ N derecho, con piches entre 5° y 35° hacia el N.

De acuerdo con lo anterior ambos sistemas indican el fallamiento casi horizontal, con ligero componente inverso. Dichos sistemas de espejos son conjugados indicando cizalla pura, con ángulo de $O = 65^{\circ}$ y eje $1 = 135^{\circ}$ subparalela a la orientación de la falla.

Las rocas volcánicas ácidas se encuentran por debajo de basaltos intercalados con depósitos piroclásticos, en el lado positivo de la falla forman mesas y volcanes poco erosivos, mucho más recientes. La orientación de contactos entre basaltos y depósitos piroclásticos, muy fina y visible en fotos aéreas, indica el basculamiento de dichas rocas hacia el S con el rumbo 120° .

A lo largo del escarpe de falla afloran depósitos de pómez, éstos parecen cubrir partes levantadas del talud de fallas y está inclinado al NE en el sentido de la ladera del escarpe de falla que sugiera su depositación al cese de la actividad. En el lado hundido NE de la falla, aparecen bloques basculados en forma escalonada, donde en el lado levantado afloran basaltos y piroclastos; dichos bloques están formados por rocas basálticas, las mismas que aparecen en el lado levantado de la falla, y al pie del escarpe de falla.

El rumbo de basculamiento de dichos bloques sigue la orientación del trazo de la falla y al pie del escarpe de la falla entre los bloques basculados en los alrededores de la presa Tepetitlán aparecen sedimentos lacustre que fueron cortados por pequeñas fallas normales de orientación $120-135/85^{\circ}$ S. Estos sedimentos muestran inclinación ligera hacia el NE, dicho fallamiento parece ser antitetal con respecto al trazo principal de la falla y corresponde a la fase de movimiento normal de dicha falla.

En los alrededores del pueblo de San Isidro Boxipe, los sistemas de talud, que cubren el bloque hundido, están cortados por fallas con orientaciones $90/70^{\circ}$ S, $137/70^{\circ}$ S y $170/68^{\circ}$ S y piches de 800 hasta 900, lo anterior indica fallamiento normal antitetal con respecto a la falla principal, del mismo tipo que aparecen en sedimentos lacustres.

El sistema de lineamientos en la Sierra de Las Cruces está orientado en el sentido NNW-SSE. Según investigaciones recientes la edad de las rocas, que forman esta sierra corresponde al Plioceno (Complejo Las Cruces, que aparece en la parte norte y central). A partir de esta observación y el hecho de que el vulcanismo intenso aparece en regiones de distensión se puede suponer que dicha sierra fue formada a lo largo de fallas antiguas que pertenecen al sistema Taxco-Querétaro y en el mismo periodo de tiempo y bajo el mismo campo de esfuerzos que reactivó dicho sistema en el Plioceno. La sierra tiene también rasgos de deformaciones posteriores.

En la parte Norte de la sierra aparecen fallas verticales de orientación NNW-SSE (promedio 160°). El sentido de dichas fallas no fue posible establecerlos por falta de marcadores cinemáticos, aunque de manera aparente los escarpes de falla indican el lado hundido se encuentra al SW. Fallas asociadas con esta tienen orientación $12/36^{\circ}$ W y parecen ser normales.

Por otro lado en la parte central de la sierra aparecen estratos inclinados en el sentido $15/30^{\circ}$ E y, tomando en cuenta que en los escarpes de fallas NNW-SSE están casi en su totalidad sepultados por depósitos de talud y la ausencia de expresiones volcánicas más recientes el Plioceno, se puede suponer que la actividad de las mismas permaneció solo poco después del emplazamiento de lavas intermedias Pliocénicas, que forman la Sierra de las Cruces.

Por último, al NNW del Cerro de San Antonio, dentro de los afloramientos de roca volcánicas intermedias del Terciario en el Cerro Colorado, afloran esquistos de basamento; dicho afloramiento fue causado por la actividad del sistema Taxco Querétaro, ya que aparece dentro del bloque levantado de este Sistema.

b. Sistema San Antonio

Este sistema tiene orientación NE-SW y pertenece a la zona de Cizallamiento Tenochtitlán (De Cserna, *et al.* 1998). El sistema sufrió varias fases de deformación diferenciada a través de un fallamiento izquierdo orientado NE-SW hasta ENE-WSW y el echelon orientado $N 30^{\circ}$ E, de la edad Mioceno Medio, reactivado con el mismo sentido del movimiento durante el Plioceno; el cual antecedió a un fallamiento normal orientado NE-SW, quizá conectado con la fase extensiva de orientación N-S, reciente en el desarrollo del Sistema Volcánico Transversal (García, *et al.* s/f).

Por lo que respecta a los volcanes Cerro San Antonio y Nevado de Toluca, esta región se encuentra sobre el cruce de los tres sistemas de fallas. Por tal motivo las direcciones estructurales se superponen y aparecen en cartas, fotos aéreas y en campo como patrones compuestos por fallas de diferentes edades y sentidos de

movimiento, con la orientación de $145^{\circ}/179^{\circ}$ predominantes.

En los perfiles sísmicos de la cuenca de México, De Cserna, *et al.* (1998), observó que dichas fallas cortan depósitos lacustres posteriores a la formación Tarango (fechadas en 60,000 años). También se liga a este proceso la aparición de conos monogenéticos de la formación Chichinautzin (40,000 años), que bordea la cuenca de México en el sur y forma la parte Meridional de la Sierra de las Cruces. Estos se encuentran alineados en sentido NE-SW (en este caso la edad de la fallas se reduce a 40 mil años).

La orientación del Sistema San Antonio, coincide con la dirección de líneas que bordean parte de la Sierra de Las Cruces de diferente edad. Una posible rotación de la parte N de dicha Sierra (9° en el sentido contrario a las manecillas del reloj) se efectuó a lo largo de la mayor concentración de fallas orientadas NE- SW en el flanco oriental de la Sierra.

En la parte N aparecen fallas de orientación general de 55° . Éstas fallas pertenecen al sistema San Antonio, mientras que en la parte central, en el pueblo de Piedra Grande las que tienen orientación NE-SW que se encuentran entre los volcanes Cerro de San Antonio y Nevado de Toluca.

Se considera que las fallas NE-SW se extienden debajo de los sedimentos lacustres de la cuenca de Toluca. Esta formados por fallas orientadas NE-SW hasta ENE-WSW. Las fallas principales de este sistema son: San Antonio, San Miguel y Zacango. Entre las dos primeras se encuentra el graben San Miguel, ocupados por el complejo de domos y conos del plioceno asociadas a fallas de echelon orientadas NEN-SWS (García, *et al.* s/f).

El sistema San Antonio aparece también en la ladera norte del cerro San Antonio donde se encuentra junto con las fallas del Sistema Taxco- Querétaro. La investigación de campo de este lugar indica que las direcciones de 65° , tanto datos de campo, como interpretación de cartas geológicas y fotos aéreas permiten

constatar que dentro del sistema San Antonio aparecen dos principales orientacionales de fallas, que son: 30° y 70° con mayor dominio en dirección 70° .

c. Sistema Tenango

Es el más reciente del área y se considera como un sistema activo, que pertenece a la zona de fallamiento Chapala-Tula y/o Morelia-Acambay (García, *et al.*, s/f); según estos autores el sistema sufrió dos fases de deformación comprendidas por una fase inicial comprensiva con aparición de fallas transcurrentes en echelon, que indican movimiento no diferenciado en cuanto a la dirección, de edad Pliocénica tardía (Jonson y Harrison, 1989), y por una segunda etapa extensiva ocurrida dentro del Pleistoceno-Holoceno en la cual aparecen en consecuencia de la dinámica endógena manifestaciones de vulcanismo intenso durante este periodo, asociándose con el grupo Chichinahutzin.

La falla Lerma Victoria, sobre la cual se encuentran alineadas las presas Antonio Alzate e Ignacio Ramírez, fue inferida por Ortiz (1989), como un lineamiento de conos basálticos dentro de la cuenca de Toluca al N de la ciudad de Toluca y en el flanco E del Nevado de Toluca (falla Tenango y otras). En este lugar, el sistema controla extrusiones de lavas basálticas del área de Tenango y se continua hacia el E formando lineamientos de conos basálticos del campo monogenético de Xalatalaco (parte occidental del grupo Chichinahutzin) en la parte S de la Sierra de la Cruces.

Los planos de estas fallas por lo general están inclinados hacia el N, con estrías de cerca de 89° - 90° que indica movimiento vertical con ligero componente derecho o izquierdo. Por tal motivo forman escalones orientados E-W con el bloque septentrional hundido y meridional levantado. Esto se invierte en el caso de la falla Lerma-Victoria, gracias a que se forma un puente estructural (horst) entre la Sierra Mazahua y la Sierra de las Cruces (Ortiz, 1998).

Por otra parte se propone el nombre falla Ixtlahuaca para el sistema de fallas W-E, que bordean al N el horst entre la Sierra Mazahua y la Sierra de Las Cruces. Dichas fallas estaban consideradas como la parte E de la falla Perales, pero a partir del hecho de que tiene orientación y edades diferentes, se clasifica como falla del sistema W-E (Sistema Tenango) con el nombre de la falla Ixtlahuaca. Se trata de la falla tipo normal, orientada entre 90° y 115° e inclinada hacia el N, con el lado levantado hacia el S. el trazo de la falla es irregular y discontinuo. El desnivel morfológico en la parte occidental alcanza 100m, en este lugar la falla corta fallas del sistema Perales. Otra falla de la misma orientación aparece en el lado levantado de la misma falla más al N.

La falla corta sedimentos lacustres intercalados con depósitos de caída libre, ricos en pómez de color amarillo claro, lavas y brechas basálticas; los estratos por lo general no están inclinados. Las fallas presentan dos orientaciones entre 90° y 110° , con la primera dominante. Al nivel de mesofallas aparece inversión en el sentido del hundimiento y fallas de tipo rotacional, toda vez que en la porción oriental, próxima al contacto con la Sierra de las Cruces, se observa un sentido de movimiento opuesto con el lado levantado al N (Elías Herrera, *et al.* 1993).

Por último la falla Lerma-Victoria fue inferida por Ortiz (1989), a partir del hecho que los sedimentos lacustres están levantados en el lado septentrional de la falla. El desnivel fue estimado en 75m, sin duda la zona elongada en sentido W-E, entre la Sierra Mazahua y la Sierra de las Cruces presenta una densidad de drenaje mucho mayor que en las zona circundantes. También cabe mencionar, que los arroyos drenan de manera perpendicular a la falla. El trazo de la falla, está cubierto por depósitos lacustres y fue aprovechada para la construcción de la presa de Villa Victoria, Ignacio Ramírez y Antonio Alzate, las cuales están elongadas en sentido W-E, por lo anterior no es posible estimar la edad de la falla (Ortiz, 1989). El horst entre la Sierra Mazahua y la Sierra de las Cruces, los mismos autores consideran como zona de levantamiento más reciente la parte N del área de estudio.

En otro orden de ideas, las rocas volcánicas del Mioceno Medio afloran en pequeñas

cantidades y forman parte de la formación Tepozotlán comprendida de lahares masivos de composición intermedia (García, *et al.*, s/f). De acuerdo con el mismo autor las rocas volcánicas del Mioceno Superior forman el edificio volcánico del Cerro de San Antonio, las cuales fueron denominadas como la secuencia volcánica San Antonio comprendido de flujos lávicos y piroclásticos. En el lado suroccidental del Nevado de Toluca aflora una secuencia máfica de edad micénica de flujos de basalto y brecha basáltica; mientras que las andesitas que se encuentran en las inmediaciones de Toluca son de edad miocénica también (Elías, *et al.*, 1993).

Las rocas volcánicas intermedias del Plioceno Medio y Superior, denominadas formación Las Cruces, formando el sistema montano que lleva ese mismo nombre, observándose la migración de la actividad volcánica hacia el S. Las manifestaciones, más antiguas aparecen en el extremo N de dicha Sierra en la parte meridional donde la formación. Las Cruces está cubierta por la formación del Ajusco, la primera pertenece al Plioceno Superior-Pleistoceno inferior.

Los conjuntos volcánicos forman amplias aéreas de piedemonte rodeando la Sierra de las Cruces y otras sierras mayores. Este complejo muy variable se conoce como la formación Tarango y se compone de abanicos proluviales coalescentes (Ortiz, 1987).

2.4 Marco geológico local

La zona de estudio forma parte de la cuenca del Alto Lerma y la de Toluca, la cual a su vez se localiza en la parte central del Sistema Volcánico Transversal. Mooser, *et al.* (1996), describe que dentro del mismo se encuentran inmersas las sierras mayores en la zona central, producto del fracturamiento en "Z" alargada de estas geoestructuras se reconocen cuatro sierras denominadas.

- a. Sierra Zinacantepetl
- b. Sierra de Las Cruces
- c. Sierra Nevada
- d. Sierra de La Malinche

Los fracturamientos en “Z”, son resultado de los esfuerzos tensionales del Arco Tarasco. Estos fracturamientos están en la base de la formación de las sierras Mayores, se desprenden de los lineamientos del Arco Tarasco y se introducen a la Sierra de las Cruces, a partir de la fosa Jocotitlán, y a la Sierra Nevada, partiendo de las inmediaciones del Cerro Chiconahutla (Mooser, *et al.*, 1996).

El mismo autor establece que las citadas fallas en “Z” son el resultado de un ajuste del Arco Tarasco al sistema de fallas profundas de Oligoceno. Una vez creadas las fallas en “Z”, por esfuerzos tensionales, se abrió el proceso al surgimiento de magmas que fueron creando cámaras magmáticas andesíticas. De manera subsecuente, estas cámaras produjeron los grandes estratos y escudo-volcanes que por suposición continua, construyeron los edificios de la Sierra Mayores. A continuación se presenta un concentrado en el cual se muestran los sierras mayores y complejos describen cada una de las Sierras Mayores, sus complejos y unidades (volcanes, domos, calderas o colapsos) que forma según sea el caso (Mooser, 1997).

Complejos y unidades de las grandes sierras		
Sierras Mayores	Complejos	Unidades
Zinacantepec	Nevado y Cerro San Antonio	Volcán Zinacanteptl, Volcán San Antonio, Volcán La Cascada, Volcán Zacactonal, Volcán Zacango, Colapso Grande, Colapso las Paloma
Sierra de las Cruces	El Rehilete	Rehilete Moderno, Rehilete antiguo, Cerro la Bufa, Cerro Malacota, Caldera Catedral y Volcán Jiquitepec
	Chimalpa	Volcán Monte Alto, Caldera Jilotzingo, Caldera Huitzilapan, Caldera Navajas, Caldera Mimiapan y Caldera Chimalpa
	Bobashi	Domo Bobashi, Caldera Chichicaspa, y Caldera San Francisco
	Salazar	Domos finales cerro Santiago, Caldera Acapulco y Caldera Exterior Salazar
	San Miguel Contreras y Tlalli Zempoala	Cráter de explosión San Miguel, Domo Ocotál, Volcán Tres Cruces, Caldera Doble Manantiales, Caldera Ocotál, Caldera Santa Rosa Cerro Judío, Caldera Hueyatla, Caldera Doble Contreras, Caldera de Explosión Zempoala, Volcán Zempoala. Volcán Talli y Caldera Chalchihuites
Sierra Nevada	TlalocTelapan	Volcán Xolotl, Volcán Tlaloc, Telapon, Volcán Huichi, Cráter Explosión Coatl, Volcán Papalotepetl, Colapso Atzompilas, Caldera Molacatepetl, Caldera Río Frió y Caldera Huehuetepetl
	Iztaccihuatl	Complejo Iztaccihuatl, Complejo Teyotl, Volcán Amalacaxco, Volcán Cuautupilco, Volcán Zacatalatlan, Caldera Tlahuapan, Caldera Nahualac Caldera Llano Grande, Caldera San Rafael, Caldera Venacho
	Popocatepetl	Volcán Popocatepetl, Volcán Nexpayantla, Volcán Apapaxco, Caldera Tlamocos Tlachalone, Complejo Tetetla y Caldera Yolconochitl
Malinche	Malinche	Complejo Filotepec, Colapso Malinche, Domo Cuazlatonale, Volcán Malitzin, Colapso Tlaxcala

Tabla 2.10 Complejos y unidades de las grandes sierras (Mooser, 1993).

El origen de estos fracturamientos, dirigidos siempre al SSE en la porción central, los cuales se encuentran curvados en sentido opuesto en sus extremos, deben estar ligados a la interacción entre lineamientos Plio-pleistosenicos del Arco Tarasco y los lineamientos de las fallas profundas del Arco Oligocénico; son el producto de

la integración de ambos.

Después de haber sido emplazadas las cámaras magmáticas que nutrieron la primera de las Sierras Mayores, las distintas unidades fueron obedeciendo al régimen tectónico específico que dominó en cada tiempo de su vida activa. Así algunos volcanes fueron controlados en su tiempo por fracturamientos dirigidos al ESE y otros más por último, al ENE y E que son los que corresponde al Arco Chichinahutzin.

Fue en el Pleistoceno que las Sierras Mayores, separan las cuencas de Toluca, Puebla y México, la Sierra de las Cruces y la Sierra Nevada y alcanzaron el máximo desarrollo, sin embargo sus inicios arrancan quizás del Plioceno Superior (Mooser, *et al.* 1996).

Este último autor define que los elementos más antiguos de las Sierras Mayores descansan primero sobre la Formación Tepozteco y en seguida de depósitos lacustres, importantes elementos descansan sobre conos de las Sierras Menores, así las primeras erupciones plinianas de la Sierra de Las Cruces cubren los flancos bajos de la Sierra de Guadalupe; también las erupciones más antiguas de flujos piroclásticos, que descendieron de la Sierra de Las Cruces a Ciudad Satélite, chocan contra la porción sur poniente de la Sierra de Guadalupe; y alude que una característica de Las Sierras Mayores es la formación de extensos abanicos volcánicos a sus pies, estos están compuestos por flujos piroclásticos de composición intermedia o ácida, capas de pómez, depósitos fluviales y paleosuelos. La abundancia de agua en las erupciones que dieron lugar a la formación Tarango es un indicio de la posición somera de las cámaras magmáticas que dieron origen a las sierras mayores.

En cuanto a las estructuras de las Sierras Mayores, los estudios demuestran que no son capilares, como antes se creía (Mooser, 1965; Erffa, *et al.*, 1977), sino más

bien un conjunto de pequeñas fosas dominadas por las fallas en “Z” y dirigidas al SSE, como queda evidenciado por la fosa Salazar en la Sierra de las Cruces.

CAPÍTULO III

GEOSISTEMAS PERTURBADORES Y

VULNERABILIDAD POR ESPACIOS ESENCIALES

El presente capítulo contiene en la primera parte la caracterización de los geosistemas perturbadores: remoción en masa y erosión; y en la segunda etapa, la vulnerabilidad encontrada al aplicar la metodología de los espacios esenciales.

3.1 Estimación general de los Geosistemas perturbadores en la localidad

Como se ha establecido en la introducción del trabajo, los dos geosistemas perturbadores que dominan en la zona de estudio son la remoción en masa y la erosión hídrica (pluvial y fluvial). De acuerdo con lo anterior, en la figura 3.1 y en la 3.2 se muestra un esquema general de la dinámica e impacto que generan los geosistemas perturbadores asociados a diferentes peligros encadenados en la localidad.

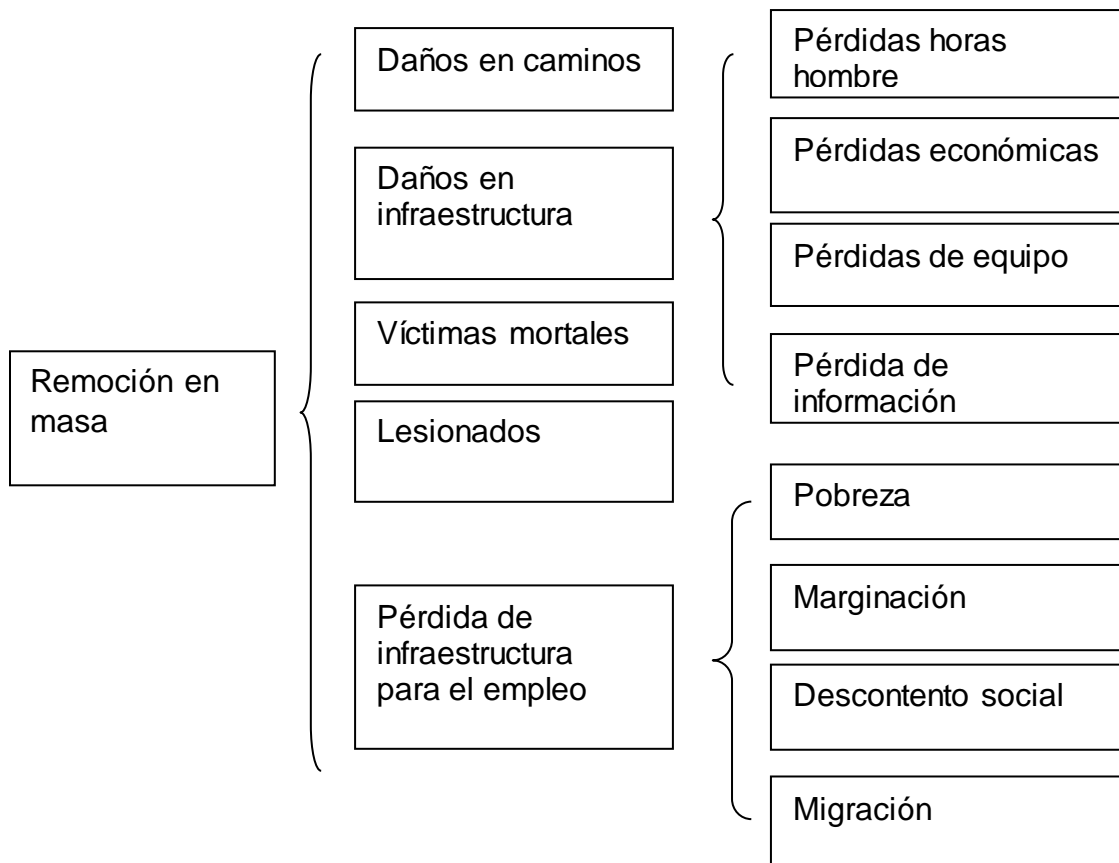


Figura 3.1 Geosistemas perturbadores y sistemas de encadenamiento de origen natural asociados a los riesgos gravitacionales en la localidad de Santa María Zolotepec. Fuente: Modificado de Espinosa, (2010).

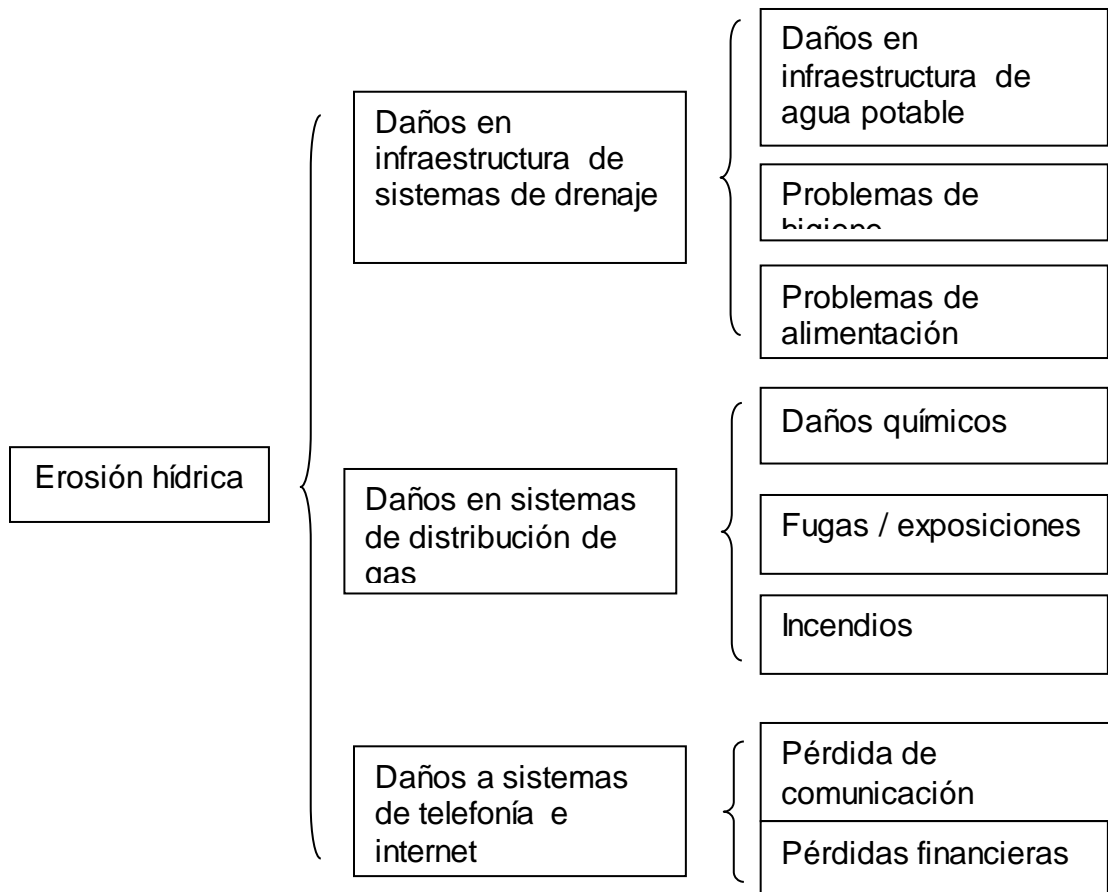


Figura 3.2 Geosistemas perturbadores y sistemas de encadenamiento de origen natural asociados a los la erosión hídrica en la localidad de Santa María Zolotepec. Fuente: Modificado de Espinosa, (2010).

El proceso de remoción en masa se manifiesta a través de la reptación o *creep*, de deslizamientos y de desprendimientos y volcaduras.

La reptación representa el movimiento subsuperficial del suelo y en la localidad se exhibe a través de las siguientes evidencias:

- Sinuosidad en el terreno
- Vegetación densa en la estación seca del año.

- Inclinación de árboles y postes de luz.
- Grietas en continuo aumento sobre carreteras y en obras.

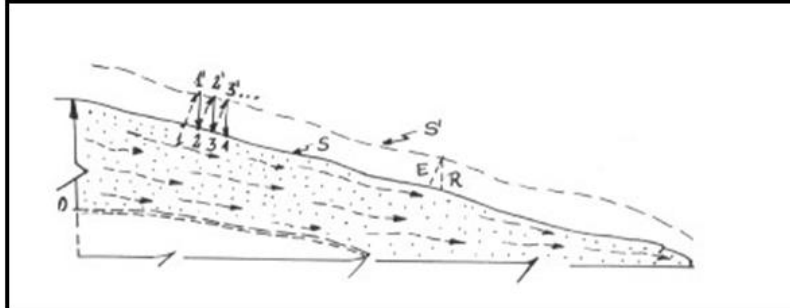


Figura 3.3 Modelo teórico de la reptación. Fuente: Pedraza, (1996).

Las principales características del proceso se definen por un desplazamiento lento y continuo de las partículas del suelo generado por cambios en la humedad, temperatura registrando en pendientes que oscilan entre 10 y 35 grados según Lugo (1988).

La figura 3.4 da cuenta del proceso de reptación y de la erosión a través de las cárcavas desarrolladas sobre laderas y el piedemonte de la localidad.



Figura 3.4 Evidencias del proceso de *creep* en Santa María Zolotepec. Los árboles y la morfología del terreno evidencian el proceso subsuperficial.

En el caso de los deslizamientos, las zonas encontradas en la localidad presentan evidencias del proceso se caracterizan por presentar hundimientos perpendiculares

a la pendiente, agrietamiento en la cimentación de construcciones, desniveles y cambios en la topografía del terreno, acumulación de rocas a pie de superficies casi planas, levantamiento continuos del terreno e inclinación de árboles.

En la figura 3.5, se observa un corte esquemático de un deslizamiento en donde se muestran los cambios en la topografía del terreno y la formación del frente lobular.

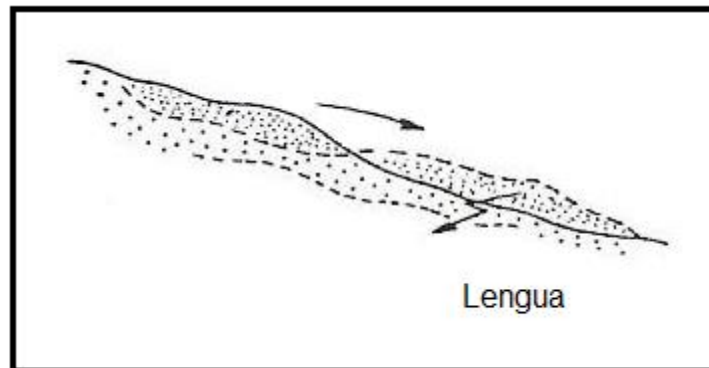


Figura 3.5 Esquema teórico general de un deslizamiento Fuente: Pedraza, (1996).

La mayor parte de los deslizamientos, se desarrollan sobre pendientes iguales o mayores a 15° que son influenciados por la deforestación y la infiltración de agua que al combinarse con superficies rocosas y/o arcillosas de deslizamiento disminuyen la fricción y provocan el movimiento del suelo pendiente abajo.

La mayor parte de los deslizamientos como se observan en la figura 3.6 presentan dimensiones que varían de decenas a cientos de metros cúbicos y son favorecidos por cortes antrópicos de la pendiente de las laderas y el piedemonte, formando terrazas de deslizamiento.



Figura 3.6 Deslizamientos de serie única y terrazas de deslizamiento en diferentes sectores de la localidad de Santa María Zolotepec.

La mayor parte de los deslizamientos son de serie única, es decir, se forman en una sola ladera; sin embargo pueden desarrollarse sobre rocas homogéneas sin estratificación o sobre varias estratos de roca; es decir, asecentes y cortantes respectivamente.

La caída libre de rocas y detritos representados por volcaduras y desprendimientos se caracteriza por presentar evidencias en campo como rocas que han caído desde laderas arriba en el área de estudio y por tanto, el consecuente depósito de rocas ladera abajo.

Asimismo aparecen rocas aisladas y se exponen nuevas; toda vez que existen partes más altas donde hay más rocas a punto de desprenderse con grietas (figura 3.7).

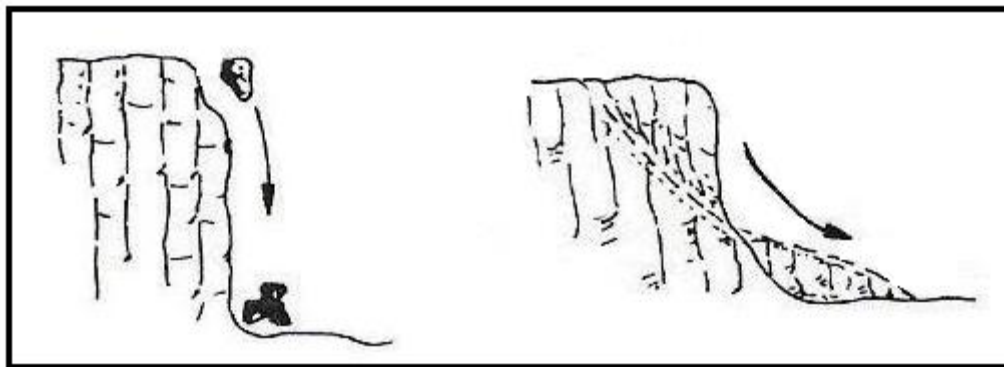


Figura 3.7 Procesos de volcadura o caída de rocas y detritos. Fuente: Pedraza, (1996).

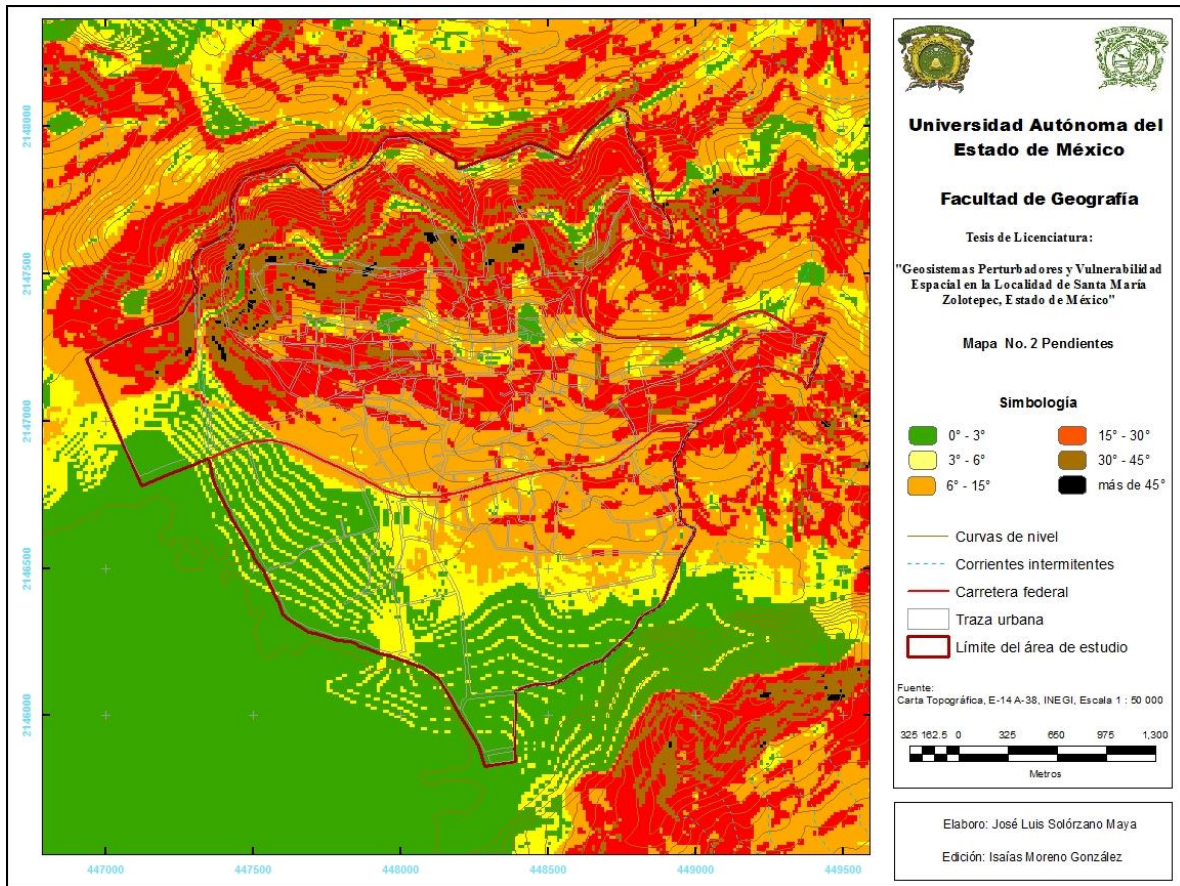
Los procesos de caída o volcadura de rocas, se encuentran sobre pendientes que sobrepasan los 30° de pendiente general. Es común que las zonas de desprendimiento presenten un alto grado de fracturamiento de las rocas así como intemperismo.

Como puede observarse en la figura 3.8, las zonas de depósito muestran la acumulación de rocas y detritos heterométricos, mal clasificados, sin pulimiento; y en el caso de la fotografía de la derecha, se advierte la presencia de un surco de rodamiento sobre el cual se transportó el material detrítico.



Figura 3.8 Campos de detritos formados por procesos de caída o volcadura.

Para el estudio de los riesgos naturales la zona en su topografía presenta áreas con diferente grado de pendiente como se muestra en el figura 2.



Por lo que se refiere a los procesos de erosión hídrica en la localidad se encuentran todas las modalidades típicas del proceso, es decir, existe:

- a. Erosión laminar
- b. Escorrentía difusa
- c. Escorrentía concentrada
- d. Erosión por cárcavas

La erosión laminar se presenta por medio del movimiento de agua sobre la superficie en forma de mantos o mantillos que transportan las partículas de suelo desprendidas por el efecto de *splasho* salpicamiento en las superficies desprovistas de cobertura vegetal. Este proceso es común en prácticamente toda la localidad y

se considera como el proceso más destructivo debido a que rompe la estructura del suelo.

Las características más comunes del proceso se hacen evidentes en Zolotepec a través del desprendimiento de partículas de suelo por acción del agua, el brote de avenamientos y el consecuente transporte de material con partículas a través de éstos como se observa en la figura 3.9.



Figura 3.9 Modelado de la superficie inicial y la reducción del material sobre un mogote desarrollado por cárcavas.

Por su parte, de forma ligada al proceso anterior y a la pendiente general del terreno, se presenta la escorrentía difusa, en la cual el movimiento de agua comienza a trazar diferentes regueros que comienzan a profundizar de manera somera y concentrada.

La escorrentía difusa, de manera particular, se presenta por el mal manejo del suelo y la escasa vegetación, ocasionando así la pérdida de suelo toda vez que el agua se ordena en sistemas de desagüe, formando redes ramificadas de cauces definidos que de forma progresiva se alargan y se desarrollan de manera paralela como se observa en la figura siguiente.



Figura 3.10 Vista aérea de un sistema de escorrentía en la localidad de Santa María Zolotepec.

Por su parte, la erosión por cárcavas o *badlands*, representan una geoforma común en Zolotepec, desarrollándose en zonas desprovistas de vegetación con alto intemperismo y material deleznable, que permite a la escorrentía profundizar y aumentar la disección en superficies con pendientes variables.

En la figura 3.11 se observan tres parajes diferentes en los cuales se denota el desarrollo de sistemas de cárcavas en donde la pérdida del suelo ha sido total mientras que el desarrollo de la morfogénesis aumenta de manera progresiva.

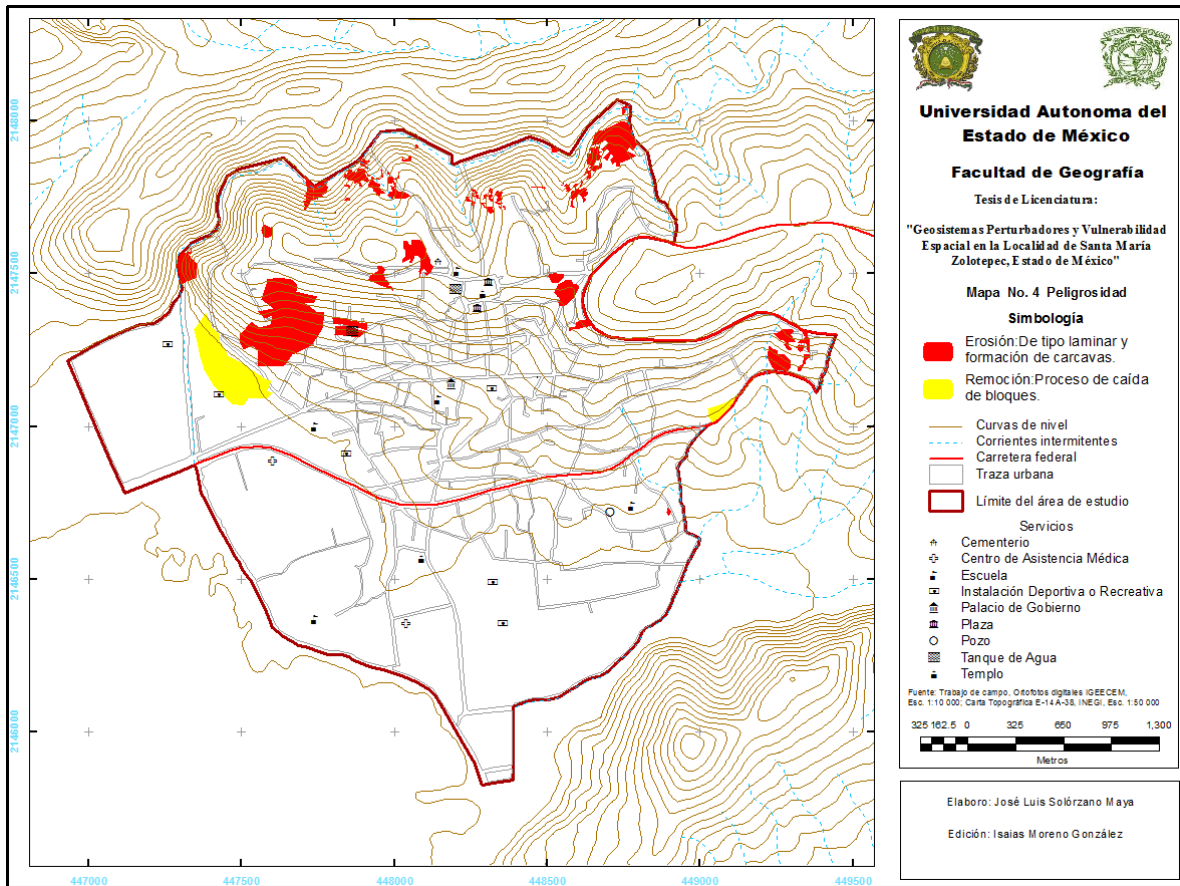


Figura 3.11 desarrollo de sistemas de cárcavas en la localidad.

A continuación se presenta el mapa de los geosistemas perturbadores de la localidad:

En el Mapa 4 se observan los siguientes elementos principales que tienen que ver con los geosistemas perturbadores:

- a. La remoción en masa
- b. La erosión
- c. La distribución espacial de la remoción
- d. la falta de vegetación
- e. La concentración de población



Mapa 4. Geosistemas perturbadores

Por último, se presentan a continuación las características generales de los geosistemas perturbadores de la localidad de Zolotepec.

3.2 Génesis y comportamiento del geosistema perturbador

Entre las variables que activan el origen de los geosistemas perturbadores, se encuentran la deforestación, que contribuye en la presencia de la erosión, el constante cambio de uso de suelo de forestal a uso habitacional, aunado a ello la acumulación de agua en los meses más lluviosos de la zona entre julio y septiembre.

La manifestación espacial de los procesos se presenta de distintas maneras, para el caso de la erosión se presenta de forma regular en áreas con pendientes irregulares desprovistas de vegetación, la caída se presenta en forma vertical, y los deslizamientos en pendientes ligeramente pronunciadas.

El desarrollo y forma de manifestarse de los procesos está en función de agentes que ayudan a la detonación del proceso, ejemplo la acumulación de agua en el sustrato y las pendientes irregulares del lugar ayudan a la presencia de erosión, deslizamiento de suelo y caída de rocas.

La magnitud de un proceso puede generar sistemas encadenados, que pueden dar paso a otro, tal es el caso de la erosión que deja al descubierto la red de drenaje y agua potable, estas al verse afectadas generan fugas de agua, las cuales contribuyen al aporte del líquido al suelo y roca, retroalimentando el proceso de remoción en masa.

La duración de los procesos no se puede estimar, debido a que pueden ser repentinos y la duración puede ser muy corta o tener periodos muy largos de trabajo como es el caso de la reptación.

Por lo que se refiere a los posibles patrones de incidencia del proceso, perturbador a través del análisis de los riesgos de ocurrencia y de las temporadas de presencia de elementos activadores, se establece que la caída de rocas se presenta de forma aleatoria, es decir, que no existen patrones de comportamiento establecidos o cíclicos.

Por su parte, el caso de los deslizamientos, de manera preferencial en la zona de estudio se presentan sólo en la temporada de lluvias, lo que le permite al suelo en una primera instancia, saturarse de agua y así favorecer al proceso de desarrollo gravitacional de laderas.

En cuanto a la erosión pluvial y fluvial manifestada, se advierte que se intensifica durante la temporada de lluvias y en las extraordinarias como ocurre en los meses de Junio y Agosto ocasionadas por los huracanes y en periodos extraordinarios como ocurrió en febrero de 2010,

Por otra parte, se reconoce que de manera general, el periodo de duración de cada uno de los geosistemas perturbadores es variable; toda vez que las superficies de ocupación varían de acuerdo con el proceso, de tal manera que la erosión acelerada cubre una extensión aproximada de 3 hectáreas, mientras que los deslizamientos ocupan de forma desmembrada una superficie aproximada de 500 metros cuadrados, destacándose éstos sobre la ladera SE y superficies paralelas a la carretera Toluca Naucalpan en el paraje de la Herradura.

3.3 Características sistémicas

La zona de estudio presenta tres tipos de características Geosistémica, que enseguida se enumeran y se explica en qué consiste cada una de ellas, se hace una clasificación en función a la energía, clasificada en media, alta, muy alta el mismo procedimiento para baja.

1. Zona de emisión referida al tipo de material transportado de los cuales destacan las rocas en bloques, suelo en estado semifluido, la clasificación de energía se encuentra en media alta, muy alta.
2. Zona de transporte esta zona se describe como el medio donde se desplaza el material, que puede ser roca en proceso de fragmentación o suelos semifluido haciendo una clasificación de media alta y alta.
3. Recepción se entiende como el lugar en donde el material transportado es depositado y que se clasifica como media alta y alta.

3.4 Análisis preventivo de las fases del desastre

El comportamiento temporal de los procesos se orienta en los tiempos humanos de respuesta los tipos de intervención ante la ocurrencia del mismo; en seguida se presenta un análisis preventivo de las siguientes fases sucesivas:

1. La protección tiene como finalidad la prevención y reducción del riesgo, con la elaboración de mapas de los procesos que se presentan en la zona, la formulación de un plan preventivo, elaboración de construcciones resistentes con ingeniería, monitoreo de los procesos con aparatos y personal capacitado que resultaría costoso, elaborar un inventario de la infraestructura y construcciones en el lugar.
2. Mitigación y reducción del riesgo, basada en restricciones con la formulación de planes con autoridades al frente de Protección Civil y personal encargado de planeación, buscando zonas seguras para una posible reubicación.
3. El restablecimiento consta en realizar un desarrollo de sistemas preventivos de alerta temprana y de poder salvaguardar vidas y bienes de propiedad, y poder prestar asistencia en refugios.
4. La recuperación tiene como finalidad la asistencia en medicamentos y en la reconstrucción y mejoramiento de la infraestructura.
5. La retroalimentación se ve reflejada en la educación en la prevención de un desastre, en los principales centros de enseñanza, áreas de trabajo y edificios públicos.

3.5 Medio de desplazamiento, estado físico y movimiento de los materiales

El principal material transportado en la zona de estudio, es el suelo y rocas, la superficie donde se presentan con más intensidad los procesos son en áreas deforestadas y con pendientes mayores a 15° , el estado físico de los materiales es sólido y suelos líquidos, la afectación es en viviendas, vías de comunicación, el volumen de los materiales desplazados es mayor a 2 metros de diámetro y grandes proporciones de suelo que se acumula en las partes bajas, la rapidez y fuerza de desplazamiento está en función a la intensidad de la precipitación y el grado de pendiente del lugar.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Este capítulo contiene el mapa de resultados de la vulnerabilidad encontrada al aplicar la metodología de espacios esenciales.

4.1 Vulnerabilidad por espacios esenciales

Con el propósito de obtener información acerca de los espacios esenciales de la localidad de Santa María Zolotepec, se realizó una clasificación funcional de los espacios y servicios que se encuentran en ésta; destacándose la función que representan en el territorio y hacia la población.

Con base en la metodología utilizada para determinar el grado de vulnerabilidad en la comunidad de Santa María Zolotepec, se realizó el conteo de la infraestructura y los elementos más representativos que hay en cada manzana.

Los criterios empleados para llevar a cabo esta tarea fueron los siguientes:

- Número de casas
- Principales vías de acceso
- Los elementos específicos más representativos de los cuales destacan: (tiendas, consultorios médicos, escuelas entre otros).
- Las manzanas se clasificaron y ordenaron utilizando variables y valores de acuerdo con la importancia de cada una, estas sirvieron para obtener la media ponderada que ayudó en la clasificación de los rangos; enseguida se asignaron colores, que determinan el grado de vulnerabilidad. De esta manera el rojo representa las manzanas en condiciones muy altas, el tono amarillo muestra las

áreas con un valor alto, las áreas que tienen tonalidad verde son las manzanas de baja y muy baja vulnerabilidad (figura 4.1).

Simbología del mapa de vulnerabilidad	
Color empleado	Tipo de vulnerabilidad
	Muy alta
	Alta
	Baja y muy baja

Figura 4.1. Colores empleados en la simbología del mapa de vulnerabilidad.

En la tabla 4.1 Se presenta los espacios y la funcionalidad de los mismos en la localidad.

Espacios esenciales	
Espacio	Función
Servicios educativos (kínder, primaria, secundaria, CBT)	Brindar formación académica a los niños y jóvenes de la localidad
Centro de salud y consultorios médicos.	Prestar el servicio médico a gente de la población que así lo requiera
Servicios administrativos (Delegaciones y Módulos de Seguridad Pública)	Brindar seguridad y atender los problemas presentes en la localidad
Vías de acceso (Carretera Federal, Calles, callejones, veredas)	Principal vía de comunicación de la localidad con otros municipios
Comercio básico (tiendas de abarrotes, farmacias, carnicería, tortillería, panadería, papelería, tlapalería, pollería)	Abastecimiento de artículos de primera necesidad a la población
Bombas de abastecimiento de agua.	Dotar de agua a las familias de la población
Iglesias y templos religiosos	Rendir culto de acuerdo a la religión que profese la gente
Bibliotecas y auditorios	La realización de eventos, centros de investigación
Parques recreativos, campos deportivos y panteones	Brindar espacios de esparcimiento y recreación, como un lugar donde poder depositar restos de personas fallecidas
Granjas	Vender productos a otras localidades y municipios

Tabla 4.1 Espacios y la funcionalidad de los mismos en la localidad en estudio. A continuación se presentan con base en el tipo de espacio esencial y la función que éstos tienen, los valores asignados a cada uno de ellos y la tipología empleada para representarlas.

Las variables que se consideraron fueron las siguientes:

Valor, clasificación y tipo de variable		
Tipo de Variable	Clasificación de la variable	Valor asignado a la variable
Servicios educativos	A	5
Centro de salud y consultorios médicos	B	5
Servicios administrativos	C	5
Vías de acceso	D	5
Comercio básico	E	3
Bombas de abastecimiento de agua	F	3
Iglesias y templos religiosos	G	1
Biblioteca y auditorio	H	1
Parques recreativos, campos deportivos	I	1
Granjas	J	1

Tabla 4.2 Valor, clasificación y tipos de variable empleados de los espacios esenciales.

Con el censo realizado en cada una de las manzanas de la localidad, se establecieron rangos para clasificar a los espacios esenciales y elementos representativos de cada una de ellas obtenidos a través del valor establecido en la tabla 4.2 y la media ponderada.

De acuerdo con lo anterior, en la tabla 4.3 se observan los resultados encontrados en cada una de las manzanas de la localidad.

Relación jerárquica

Manzana	Elementos esenciales	Media ponderada	Rangos
1	A, B, C	5	Muy Alto
2	D, E	4.8	Muy Alto
3	D, E, F	3.9	Alto
4	D	5	Muy Alto
5	D, E	4.2	Alto
6	D, E	4.2	Alto
7	D	5	Muy Alto
8	D	5	Muy Alto
9	D, E	4.2	Alto
10	D, E	4.2	Alto
11	D, E	4.2	Alto
12	D, E	4.2	Alto
13	D, E	4.2	Alto
14	B, E, D	4.5	Muy alto
15	D, E	4.2	Alto
16	D	5	Muy alto
17	D, E	4.2	Alto
18	A, F, J	3.8	Alto
19	D, E	4.2	Alto
20	D	5	Muy Alto
21	D	5	Muy Alto
22	D	5	Muy Alto
23	E, H	2.5	Bajo
24	D, E, J	3.8	Alto
25	D, E, J	3.8	Alto
26	D, E	4.2	Alto
27	D	5	Muy Alto
28	D, E	4.2	Alto
29	D, E	4.2	Alto
30	D, E	4.2	Alto
31	D, C	5	Muy Alto
32	D	5	Muy Alto

Relación jerárquica			
Manzana	Elementos esenciales	Media ponderada	Rangos
33	D, B, E	4.5	Muy Alto
34	D, E	4.2	Alto
35	D	5	Muy Alto
36	D, E	4.2	Alto
37	D	5	Muy Alto
38	D	5	Muy Alto
39	D	5	Muy Alto
40	D	5	Muy Alto
41	D, I	4.3	Muy Alto
42	D, E	4.2	Alto
43	D	5	Muy Alto
44	D, E	4.2	Alto
45	B, E	4.2	Alto
46	D, E	4.2	Alto
47	D, E, I	3.8	Alto
48	A, D	5	Muy Alto
49	D, F, I	3.8	Alto
50	G	1	Muy bajo
51	D	5	Muy Alto
52	D	5	Muy Alto
53	D, E	4.2	Alto
54	D, E	4.2	Alto
55	D, E	4.2	Alto
56	D, E	4.2	Alto
57	D	5	Muy Alto
58	D	5	Muy Alto
59	D	5	Muy Alto
60	D, E	4.2	Alto
61	D, E	4.2	Alto
62	D, E	4.2	Alto
63	D, E	4.2	Alto

Relación jerárquica			
Manzana	Elementos esenciales	Media ponderada	Rangos
64	D	5	Muy Alto
65	D, E	4.2	Alto
66	D, E	4.2	Alto
67	D, E	4.2	Alto
68	D, E	4.2	Alto
69	A, D, E, I	4.2	Alto
70	D, H, E	3.8	Alto
71	D	5	Muy Alto
72	D, E	4.2	Alto
73	D	5	Muy Alto
74	D	5	Muy Alto
75	D, E	4.2	Alto
76	D	5	Muy Alto
77	B, E, D	4.5	Alto
78	D, E	4.2	Alto
79	D, E	4.2	Alto
80	D	5	Muy Alto
81	B, E, D	4.5	Muy Alto
82	D, E	4.2	Alto
83	D, E	4.2	Alto
84	B, G, E, J	3.6	Alto
85	D	5	Muy Alto
86	D, E	4.2	Alto

Tabla 4.3 Resultados encontrados de espacios esenciales en cada una de las manzanas de la localidad.

A continuación se presenta la Figura 4.1 en la cual se representa la distribución espacial y la clasificación de los espacios esenciales de la localidad.

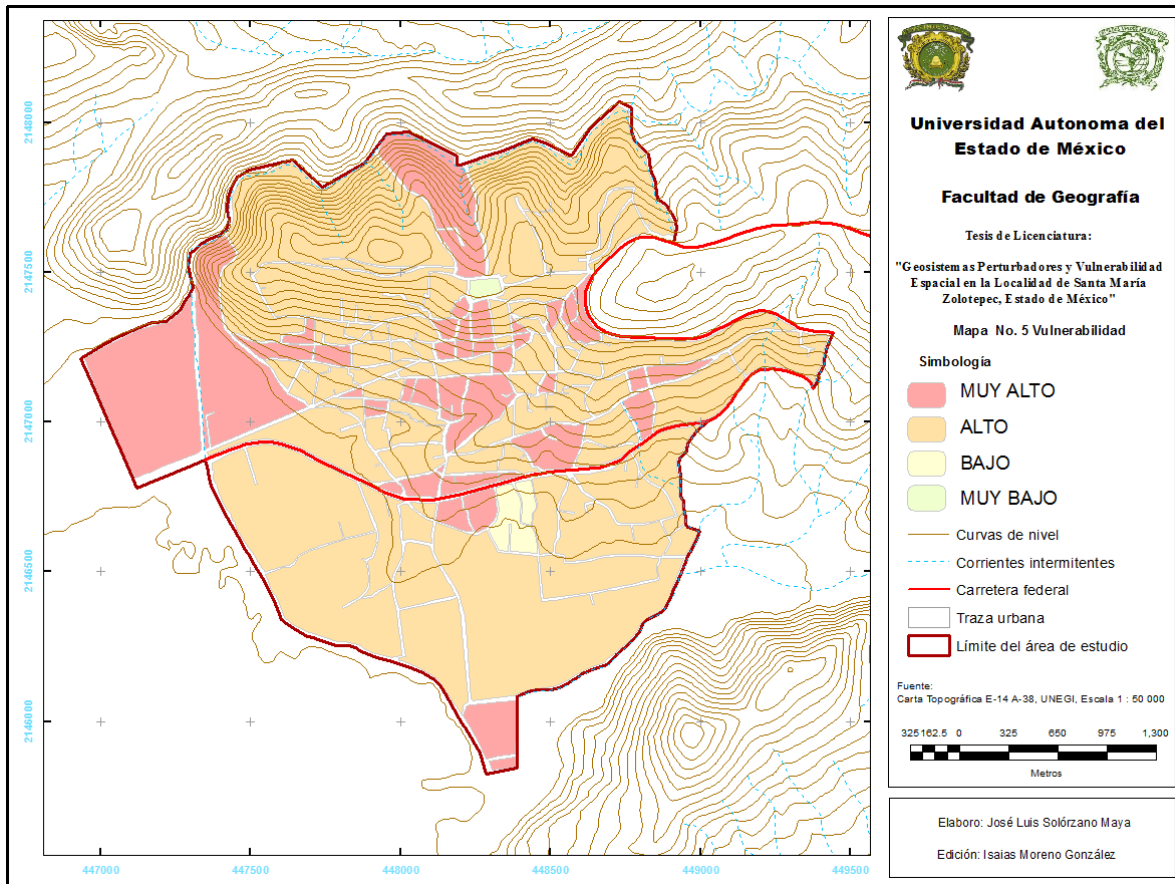
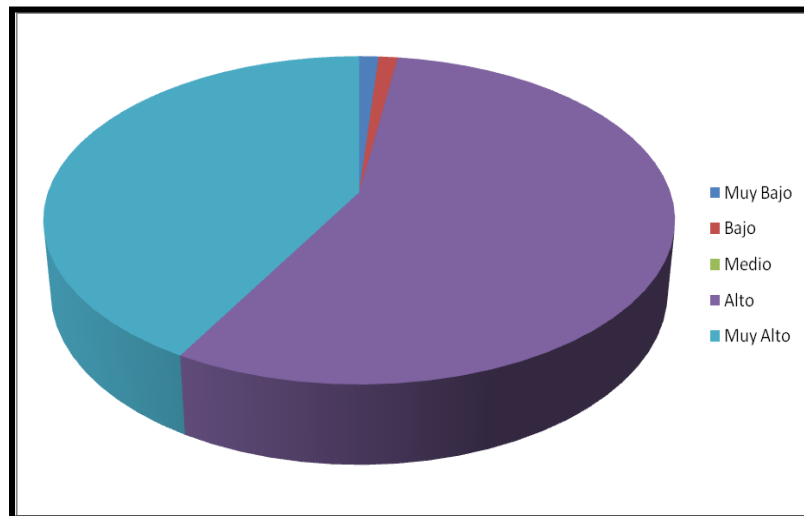


Figura 4.1 Vulnerabilidad

Con los datos del mapa anterior, el cuadro 4.4 presenta la información integrada de los resultados, en donde se obtiene la clasificación de vulnerabilidad de espacios esenciales por manzana y la gráfica 4.1 el proceso de distribución del tipo de manzanas de acuerdo con el rango asignado de espacios esenciales.

Clasificación de vulnerabilidad de espacios esenciales por manzana			
Rangos	Tipo	Numero de Manzanas	Total de Manzanas
1- 1.8	Muy Bajo	50	1
1.9-2.6	Bajo	23	1
2.7-3.4	Medio	0	0
3.5-4.2	Alto	3,5,6,9,10,11,12,13,15,17,18,19,24,25,26,28,29,30,34,36,42,44,45,46,47,49,53,54,55,56,60,61,62,63,65,66,67,68,69,70,72,77,78,79,82,83,84,86.	48
4.3-5	Muy Alto	1,2,4,7,8,14,16,20,21,22,27,31,32,33,35,37,38,39,40,41,43,48,50,51,52,57,58,59,64,71,73,74,76,80,81,85.	36

Tabla 4.4 Clasificación de vulnerabilidad de espacios esenciales por manzana.



Gráfica 4.1 Distribución del tipo de manzanas de acuerdo con el rango de espacios esenciales.



Figura 4.2 Afectación de un espacio esencial ocupado por una casa. El geosistema es un deslizamiento ocurrido en casa habitación que afectó la entrada y patio de la vivienda en el barrio La Garita.

De acuerdo con la información del tipo de manzanas y la distribución de los espacios esenciales se observa lo siguiente:

1. Si bien la mancha urbana y una gran parte de la ocupación territorial para uso habitacional se encuentra pavimentada, y los procesos como la erosión y remoción son aparentemente sepultados, existen evidencias de los mismos a través del rompimiento de obras de infraestructura, acumulación de agua y corrimientos de suelo observados en árboles, bardas y banquetas.
2. El 41% de las manzanas representa una condición de alta diversidad de espacios esenciales en la localidad, mientras que el 55% exhiben valores muy altos; lo que en conjunto indica un alto valor sumado un total de 96%.
3. Este valor representa, que tan sólo el 4% de las manzanas son pobres en

cuanto elementos urbanos trascendentes en cuanto a la funcionalidad se refieren.

4. La aparente homogeneidad de espacios esenciales en la localidad, representa una alta y muy alta condición de exposición a los geosistemas perturbadores.
5. El mayor número de elementos esenciales vulnerables concentra los siguientes rubros: servicios educativos, de salud, administrativos y vías de acceso; mientras que las condiciones de muy bajo y bajo son áreas que dentro de ellas no existen muchos elementos que puedan ser afectados.
6. El crecimiento de la mancha urbana tiende a ser anómala aunque siga una dirección predominante hacia el Este, en donde se localizan pendientes con grados que varían desde 6 hasta 45, en donde el proceso de erosión se intensifica.
7. Se observa que las tendencias principales de crecimiento de la población, tienden a ocupar y modificar las áreas inestables que tienen la presencia de por lo menos un geosistema perturbador.
8. La falta de información por parte de las autoridades encargadas de protección civil, es un factor importante para que el factor humano siga realizando construcciones en lugares con la presencia de agentes de perturbación del sistema.
9. Una carencia importante advertida, es que la localidad no cuenta con un ordenamiento territorial que ayude en la distribución de casas e infraestructura.
10. Los elementos esenciales que podrían sufrir afectación, son las vías de acceso que dejarían incomunicadas a viviendas, centros educativos, oficinas de servicios administrativos y comercios.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se planteó en la investigación que los geosistemas perturbadores poseen una doble funcionalidad, la primera se circunscribe a la ocurrencia de un proceso de manera independiente, y la segunda al proceso de encadenamiento, y ésta condición se ha observado de manera fehaciente cuando la erosión esta encadenada al proceso de remoción en masa causando daños sobre la infraestructura y las viviendas, esto genera que se presenten pérdidas materiales o humanas.

Se establece que la información generada será de utilidad para la población de Santa María Zolotepec en primer término para generar concientización que permita realizar actividades y poder tomar decisiones de un uso correcto del territorio, en segundo término se podrá soportar investigaciones en la zona dirigidas a la gente, donde se aborden problemáticas tales como el impacto ambiental, la evaluación de riesgos, el ordenamiento territorial y la planificación del territorio, en donde, la holística de la geografía permite la integración de las variables físicas, sociales y económicas en aras de un mejor uso y utilización del territorio.

Por otro lado, el presente trabajo propondrá el fundamento para que desde la perspectiva geográfica se desarrolle un sistema de alerta temprana así como de uno de prevención ante la ocurrencia de geosistemas perturbadores.

Para cumplir con los objetivos de la presente investigación, se desarrollaron diferentes actividades metodológicas de las cuales se consideran los siguientes puntos:

Ventajas	Desventajas
Se obtuvo información en tesis de riesgos y desastre naturales ocurridos en otros lugares.	No se encontró información de los riesgos en la localidad en las direcciones de protección civil estatal y municipal.

<p>Se dan a conocer cuáles son los principales Geosistemas perturbadores de la zona.</p> <p>Con base a una tabla realizada durante la investigación se dan a conocer los espacios esenciales del lugar.</p> <p>Con la investigación realizada se podrá dar a conocer cuáles son las zonas que presentan riesgos.</p> <p>Se puede determinar cuáles son las causas de los asentamientos irregulares en zonas de riesgo.</p>	<p>La escala de las cartas realizadas por el INEGI no muestra la información exacta del lugar.</p> <p>En el plan de desarrollo urbano municipal no contempla la regulación de los asentamientos humanos en zonas de riesgo.</p> <p>No se cuenta con un atlas de riesgo municipal.</p>
--	---

Tabla 5.1 comparación entre ventajas y desventajas que se obtuvieron en la investigación.

Para el desarrollo de la investigación se encontraron algunos estudios de caso que abordan el problema de los riesgos naturales que resultaron importantes para el trabajo, los cuales ayudaron a identificar zonas con presencia de algún tipo de geosistema perturbador, y los factores detonantes que dan paso a un proceso que pueden causar daños sobre la infraestructura e incluso pueden generar pérdidas humanas.

Por último podemos establecer que en la localidad se observa un aumento considerable en los asentamientos humanos que ocupan lugares con presencia de riesgos, donde se realizan obras de infraestructura y construcción de viviendas.

5.2 Recomendaciones

Para evitar posibles sucesos catastróficos se recomienda para la zona de estudio realizar un atlas de riesgo donde se especifique cuáles son las áreas que representan un peligro para la sociedad, y evitar la construcción de viviendas.

Tomar en cuenta en los planes de desarrollo urbano las áreas de riesgo y tomar medidas que eviten construir en estas zonas.

Presentar los resultados de la investigación a la dirección de protección civil municipal para que se puedan tomar medidas ante la ocurrencia de un desastre, y

que se dé a conocer a la población la ubicación exacta de las áreas de riesgo.

Difusión a través de pláticas impartidas por personal encargado de protección civil para crear una cultura de prevención del desastre y para dar a conocer las zonas que presentan suelos inestables que no son aptos para la construcción.

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- Aceves F. 1997. Geología y Geomorfología del Volcán Nevado de Toluca, Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) 2002. Base metodológica para la gestión y análisis de los riesgos naturales en el ámbito municipal. En: eda.admin.ch/eda/es/tolos/search.encoded-smode.
- Aguayo J; Marín C., y Sánchez D., 1989. Evolución geológica de la cuenca de México, en; Memoria del Simposio sobre Tópicos Geológicos de la cuenca del Valle de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
- Alexander D. (2000). *Confronting Catastrophe. New Perspectives on Natural Disasters*. Oxford University Press. Oxford, Nueva York.
- Anguita, F. y Moreno, F., 1993: *Procesos Geológicos Externos y Geología Ambiental*. Editorial Rueda. Madrid.
- Bertalanffy Ludwig Von, 1986. Teoría General de Sistemas. Ciencia y Tecnología Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 311 P.
- Bolós M. 1992. Manual de ciencia del paisaje; Teoría, métodos y aplicaciones. Colección de Geografía. Masson, S.A. Barcelona, España. 273p.
- Burton y Kates, 1964. The perception of natural hazards in resource management. *Natural Resources Journal*. No. (3). Pp. 412-441.
- Campos R. (1994). *Protección Civil (Algunos aspectos de la organización de un plan de protección civil o defensa civil para casos de desastre natural)*. Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- Carranza I. (2015). "Vulnerabilidad socioeconómica ante un sismo en el municipio de Acambay" Tesis que para obtener el título de Licenciado en Geografía, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México
- Centro Nacional de Prevención de Desastres 2001 (CENAPRED). Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Riesgo, Serie Atlas Nacional de Riesgos, México, D.F.
- Clark, M. y H. Herington, 1989. The role of Environmental impact assessment in the planning process. Mansell Publishing Limited. Londres, New York.

De Cserna Z., De la Fuente M., Palacio H; Triay L; Mitre L. y Mota R; 1998. Estructura geológica, gravimetría, sismicidad y relaciones neotectónicas regionales de la cuenca de México, en Boletín 104, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Delgadillo Macías, J. (Coordinador). (1996). Desastres naturales, aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México. Universidad Nacional Autónoma de México, coordinación de humanidades, Instituto de Investigaciones Económicas, Centro de Ciencias de Sinaloa, Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Historia, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Sistema de Investigación del mar de Cortés. México.

Demant A., 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación, en Revista del Instituto de Geología, Universidad Autónoma de México, México D.F.

Di John J. (2001). An institutionalist political economy perspective of risk and vulnerability. Joint World Bank / Columbia University Workshop. Lamont Doherty Earth Observatory. New York.

Elías M. Lozano R y Villaseñor., Hidalgo J., Núñez A. (1993). Carta Tectónica del Estado de México con explicaciones: estratigrafía del Estado de México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Ermoliev Y., Ermolieva T., MacDonald G. y Norkin V. (2000). Catastrophic risk management and economic growth. Luxemburg International Institute for Applied Systems Analyses.

Espinosa L. 2010 propuesta metodológica para la evaluación de riesgos desde la perspectiva del ordenamiento del territorio. Revista del CESLA, UNIVERSIDAD DE VARSOVIA, N.13, T.2, 2010, pp.601-622.

Espinosa L. 2001. Geomorfología de la ladera del Noreste del Nevado de Toluca. Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México. D F.

Espinosa L. y Hernández J. 2015. Estudio del riesgo. Análisis multifactorial, multinivel y multitemporal. En: Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias. 6(14):1-27 ISSN: 2007-512X

Fothergrill A. (1996). "Gender, Risk and Disaster" en *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, Vol. 14, No. 1.

Foucher 1982 Programa de Geografía de los riesgos En: ffha.unsj.edu.ar/Geories/programa geografía de los riesgos

- Fournier M. (1979). Objectives of volcanic monitoring and prediction. *Journal of Geology Society*. Vol. 136. Great Britain, London.
- García de Miranda E., (1964) "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Gelman y Sierra (1985). "Antología sobre riesgos geológico-geomorfológicos" en Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. Compilación de lecturas, Diplomado en Riesgos Naturales, 1994. México.
- Hernández E. 2007. Procesos Geomorfológicos en las Vertientes del Municipio de Lerma, Tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Geografía de la Universidad del Estado de México, Toluca, México.
- IGEECEM, 1994. Ortofotos escala 1:5,000 del municipio de Xonacatlán, Estado de México.
- IGEECEM, 2000. Ortofotos escala 1:5,000 del municipio de Xonacatlán, Estado de México.
- INEGI, 1974. Carta de Uso de Suelo E14A38 Toluca, Escala 1:50,000.
- INEGI, 1974. Carta Edáfica E14A38 Toluca, Escala 1:50,000.
- INEGI, 1974. Carta Geológica E14A38 Toluca, Escala 1:50,000.
- INEGI, 1974. Carta Topográfica E14A38 Toluca, Escala 1:50,000.
- Lacoste 1984.
- Lugo 1989. Diccionario geomorfológico, Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México, D.F.
- Maskrey A. (compilador) 1993. Los desastres no son naturales. La RED (Red de estudios sociales), ITDG (intermediate Technology Development Group). Tercer mundo Editores, Colombia. Pp.166.
- Mc Dowell F. y Clabaugh S. 1972. Edades K/Ar de rocas volcánicas de la sierra madre Occidental al noreste de Mazatlán, México, en Memorias de la Convención Geológica Mexicana.
- Mendiola F., 1998 "Evaluación de peligros sísmico en el estado de México (1475-1996)". Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma del Estado de México.

- Mooser F. 1972. El eje Neovolcánico Mexicano, debilidad cortical prepaleozoica reactivada en el terciario, Sociedad Geológica Mexicana, convención Nacional, Resúmenes México.
- Palacio G., 1995, "Ensayo Metodológico Geosistémico para el Estudio de los Riesgos Naturales". Tesis de Maestría en Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México. D.F.
- Pasqueré G. Ferrari L. Perazzoll V. Truchett. 1978. Morphological and structural analysis of the central sector of transmexican volcanic Belt, en Geophysical International. No 26 México.
- Peña 2003. Riesgos por inundación en Tecolutla. Veracruz". Tesis de Licenciatura en Geografía, facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Real Academia Española 1992. Diccionario de la lengua española (DRAE). 22ª edición de 2001. Madrid.
- Romero P., 1993. Análisis geomorfológico de la distribución de los riesgos naturales en la Delegación de Cuajimalpa de Morelos del DF. Tesis de Licenciatura en Geografía Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México.
- Ruiz Y. (1999). Riesgo gravitacional en el Barrio de Guadalupe, Valle de Bravo, Estado de México, Tesis de Licenciatura en Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
- Sanhueza R. y C. Vidal, 1996. Análisis integrado de los riesgos naturales en la ciudad de Concepción. Tesis para optar por el título de Licenciado en Historia y Geografía. Pontificia Universidad de Chile.
- Sébastien Hardy. Vulnerabilidad territorial y gestión de riesgos en el medio urbano Caso Quito. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Institut de recherche pour le developpement.
- Still W. and Daniel H., 1992. Natural Hazards and Disasters in Latin America. En: Natural Hazards 6 No 2. Kluwer Academic Publishers. Natherlands. pp1311-159.
- Tricart J. (1969). *La epidermis de la tierra*. Labor. España. >Bibliografía de consulta
- Tricart J. (1982). "*Antología sobre riesgos geológico-geomorfológicos*" en Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. Compilación de lecturas, Diplomado en Riesgos Naturales, 1994. México.

UNDRO, "Natural Disasters and Vulnerability Analysis", Report of Experts Group Meeting, Geneva, July 1979.

UNDRO: "El Agua, Recurso y Peligro", Ginebra, 1983.

Unesco 2007. Peligros naturales. En: portal.unesco.org/science/es/ev.php-url-do.

Venegas S., Herrera J. y Maciel R. 1981. Algunas características de la faja Volcánica Transmexicana y de sus recursos geotérmicos. En: Geofísica Internacional, México.

Verstappen, H. 1992. Requerimientos de la información temática en la concientización de amenazas naturales y la mitigación de riesgos. En 1er Simposio internacional sobre sensores remotos y sistemas de información geográfica para el estudio de los riesgos naturales, Bogotá, Colombia. Pp 14.

Wadell y Watts 1978 Gareset *al.*, 1994. Ampliaron la visión de *Hewitt*, señalando que los riesgos naturales son provocados por el sistema económico-político, que es quien obliga a la gente ocupar lugares riesgosos.

White G. (1978;). "Antología sobre geológico-geomorfológicos" en Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. Compilación de lecturas, Diplomado en Riesgos Naturales, 1994. México.

Wilches-Chaux G. (1993). "La vulnerabilidad global" en Andrew Maskrey (com), *Los desastres no son naturales*. Tercer Mundo Editores. Colombia.

Wijkman A. y Timberlake LI. (1984) *Natural disasters acts of god or acts of man*. London and Washington: Earthscan.