



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



FACULTAD DE GEOGRAFÍA

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS
DE REMOCIÓN EN MASA EN LA ZONA NOR-ORIENTE
DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO
SIERRA MORELOS

TESÍS

PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

Y

ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

PRESENTAN:

LUISA CASTILLO MANJARREZ

ÁNGEL FEDERICO SANTANA DÍAZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. LUIS MIGUEL ESPINOSA RODRÍGUEZ

REVISORES

PROF. ARMANDO REYES ENRÍQUEZ

MTRA. ANAID PÉREZ PÉREZ

TOLUCA MEXICO OCTUBRE 2018.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

Dedicatorias

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

Dedicamos especialmente este trabajo
a los compañeros de INEGI

Por la colaboración en la realización de este trabajo:

Mtro. Juan José Villavicencio Velázquez

Mtra. Edith Gómez Rocha

Mtro. Isaías Moreno, por sus importantes comentarios y aportaciones a la
cartografía

Agradecimientos

¡¡A **Dios**, por la vida!!



A mi **Mami** Alicia Manjarrez, por enseñarme a ser fuerte y nunca rendirme

A mis **hermanos** Silvia, Odilón, David, Paty, Elena y todos los que me brindaron su valioso apoyo, ejemplo y consejos, para seguir adelante.

A **Ángel** por la ayuda en la realización de este trabajo

A Emanuel, Gabriel y Rafita, por ser mi principal motivación.

Luisa Castillo Manjarrez

A mis padres

Clemente Santana y Francisca Díaz

por su incondicional apoyo, y por mostrarme el camino
hacia la superación, agradezco con creces su valioso esfuerzo.

A mis hermanos

Juan Humberto y Cecilia Verónica Santana

por su motivación para concluir con este trabajo.

A mis hijos

Salvador, Alejandro y Rafael

que son mi orgullo y mi fortaleza

para seguir superándome cada día más

y así luchar para que la vida nos depara un futuro mejor.

A todos y cada uno de mis seres queridos

Gracias por su apoyo incondicional.

Ángel Federico Santana Díaz.

Índice

Introducción	09
Planteamiento del problema	12
Justificación	14
Tipos de investigación	16
Variables	17
Hipótesis	18
Objetivos	18
Metodología	19
Antecedentes	21

Capítulo I

Marco Teórico Conceptual

1.1 Riesgo	24
1.2 Peligro	25
1.3 Vulnerabilidad	27
1.4 Remoción en masa	28
1.4.1 Factores que influyen en el proceso de remoción en masa	29
1.4.2 Tipos de remoción en masa	35
1.4.2.1 Caída	35
1.4.2.2 Deslizamiento	37
1.4.2.3 Flujos	39

Capítulo II

Zona de estudio, condiciones del espacio y desarrollo urbano-social

2.1. Ubicación de la zona de estudio	42
2.2. Características del cerro "El Tanamato" Santiago Miltepec	46
2.3 Precipitación	50
2.4 Agresividad climática	52
2.5 Geomorfología	54
2.6 Litología	56
2.7 Estratigrafía	58
2.8 Geología estructural	60
2.9 Uso de suelo	62
2.10 Desarrollo urbano y social	65

2.11 Análisis demográfico de Santiago Miltepec	70
2.12 Análisis demográfico de Rancho la Mora	73
2.13 Análisis demográfico de la Colonia Los Ángeles	76
2.14 Análisis económico de la zona de estudio	78

Capítulo III

Metodología para la generación de mapas de vulnerabilidad por procesos de remoción en masa

3.1. Esquema metodológico	82
3.1.1 Fase preliminar	84
3.1.2 Fase de generación de la información	84
3.1.3 Fase análisis	86
3.1.4 Fase de descripción del uso del método utilizado de evaluación multicriterio	87
3.1.4.1 Fase de la generación de la información	89
3.1.4.2 Elaboración de mapas temático-digitales	90
3.1.4.3 Modelo de elevación digital (DEM)	93
3.1.4.4 Pendientes	94
3.1.4.5 Información litológica	97
3.1.4.6 Información de geología estructural	98
3.1.4.7 Información de climas	99
3.1.4.8 Información geomorfológica	100
3.1.4.9 Información de uso de suelo	101
3.1.5 Valoración y normalización de los mapas generados	101
3.2 Modelado cartográfico	108
3.2.1 <i>Model Builder</i>	110
3.2.2 Características del <i>Model Builder</i>	110
3.2.3 Elementos de un modelo	111
3.2.4 Procedimiento para el desarrollo de modelo cartográfico	113

Capítulo IV

Análisis de resultados

4.1 Definición de áreas de vulnerabilidad por remoción en masa	120
Conclusiones	138
Recomendaciones	140
Bibliografía	141
Anexos	145

Introducción

Un desastre natural puede definirse como el resultado del impacto de un proceso natural extremo o intenso sobre un sistema social, que causa serios daños o perjuicios que exceden la capacidad de los afectados de hacer frente al impacto (Tobin and Montz, 1997). Desde una perspectiva económica, puede ser definido como un evento natural que causa una perturbación en el funcionamiento del sistema económico, con un impacto negativo significativo sobre los bienes, factores productivos, empleo y consumo (Hallegatte and Przylusky, 2010). Para (Zhang, 2005) significa una variación de orden natural que excede cierto nivel y resulta en algún daño al desarrollo humano y socioeconómico.

El Centro de Investigación sobre la epidemiología de los desastres (Bruselas, 1973), (CRED, por las siglas en inglés) lo define como una situación o evento que sobrepasa la capacidad local, al grado de necesitar ayuda a nivel nacional o internacional; es un suceso imprevisto y repentino que a menudo causa daños, destrucción y sufrimiento humano.

La presencia de desastres originados por procesos naturales, por ejemplo, huracanes, sismos y procesos de remoción en masa, representa un retraso en el desarrollo de las poblaciones afectadas y una carga económica importante para los gobiernos que respaldan a estas comunidades. Esta condición es agravada por la vulnerabilidad de países o regiones con un nivel económico limitado, el cual dificulta la rápida recuperación e incluso la preparación adecuada para afrontar el desastre mismo.

En la naturaleza existen diversos procesos, algunos de ellos considerados como, peligros naturales (sismos, erupciones volcánicas, huracanes, entre otros), que por las características de intensidad y frecuencia causan daños a la estructura social de la zona en la que se presentan.

De ahí que los procesos geológicos son manifestaciones naturales recurrentes, que tienen su origen en la dinámica interna y externa de la tierra, las manifestaciones naturales son inevitables, por lo que es importante aprender a convivir con ellas, sin

embargo, es necesario minimizar los efectos en la ocurrencia de estos eventos y en algunos casos evitar el daño a las vidas humanas, sus bienes y su entorno, (Borja y Alcántara, 2004).

Dentro de esta gama de eventos se integran los procesos de remoción en masa, que definidos desde un punto de vista geomorfológico (Alcántara, 2000) son procesos que involucran el movimiento del material formador de las laderas por influencia de la gravedad.

A lo anterior se suma la presencia cada vez mayor de asentamientos humanos en lugares inestables, lo cual está condicionado por la nula planeación del crecimiento urbano y por las características socioeconómicas de la población, combinación que aumenta los riesgos por procesos de remoción.

La importancia del estudio de los procesos de remoción en masa radica en el interés de evitar la afectación de tales procesos en la sociedad, en esencia, los procesos gravitacionales ocurren cuando una ladera se vuelve inestable.

Los factores que favorecen la presencia de los procesos de remoción en masa se pueden resumir en la geología (con la presencia de materiales débiles y estructuras con fracturas) los procesos físicos (principalmente la precipitación, sismicidad y erupciones volcánicas); la morfología (en especial las pendientes resultado de la tectónica y la erosión) y la actividad antrópica (como consecuencia de los cambios en el relieve y del uso de suelo tomando en cuenta sus elementos), todos ellos ocasionan el rompimiento del equilibrio entre las fuerzas internas y externas que determinan la estabilidad de las laderas (Alcántara, 2000).

Para que un proceso pueda generarse en el terreno es necesaria la influencia de diversos agentes, sin embargo, existen factores que por sí solos pueden ocasionar la detonación de los procesos, tal es el caso de la variación del régimen pluvial, que puede manifestarse a través de lluvias intensas durante un período corto de tiempo,

o bien lluvias extraordinarias esto a su vez también genera problemas de inundaciones.

El presente proyecto aborda el análisis por vulnerabilidad por el proceso de remoción en masa que se genera en la Zona Nor-Oriente de la Ciudad de Toluca área comprendida geomorfológicamente por el Sierra Morelos conformada geológicamente por andesitas y dacitas.

La zona de estudio es un espacio ubicado muy cerca del centro de la ciudad, rodeada, en su mayoría por estribaciones del extremo oriente de la Sierra Morelos, con un crecimiento urbano significativo que ha ocupado zonas de laderas, reducido la cobertura vegetal y espacios de recarga, y modificado la red de drenaje natural.

Por lo anterior, se hace relevante el estudio detallado de estas variables en un espacio concreto como el que integra el Pueblo de Santiago Miltepec y las Colonias La Mora y los Ángeles, donde se combinan condiciones ambientales y antrópicas que la hacen vulnerable por procesos de remoción en masa.

Por esta razón de dichos procesos, se plantea determinar la susceptibilidad de la zona a los movimientos con base en la zonificación del peligro.

Planteamiento del problema

A lo largo de la historia, los seres humanos se han visto afectados por una serie de procesos naturales que han cambiado su entorno, los movimientos en masa han sido un problema que ha afectado de manera grave las zonas de ladera donde la acción de procesos erosivos es común.

La susceptibilidad por movimientos en masa no sólo depende de los procesos erosivos sino también de otros factores como la acción de las lluvias que modifican los atributos físicos de los terrenos en general, las actividades humanas especialmente las prácticas forestales y el cambio de uso de suelo, también son aspectos de suma importancia.

Los diferentes procesos naturales, socio-espaciales, económicos y culturales explican la superposición de formas y rasgos espaciales que dan cuenta de distintos tipos de crecimiento urbano en los espacios territoriales dependiendo de sus características planimétricas y altimétricas fundamentales de los deslizamientos de remoción en masa o caídas, en las zonas urbanas.

En cada ciudad se combinan los tipos de crecimiento y la adopción de un tipo de desarrollo dependiendo de las posibilidades o limitaciones de los paisajes naturales, de su historia particular y de un sistema de relaciones espaciales en donde inciden:

- a) la actividad económica
- b) la cantidad y densidad de la población
- c) vías de comunicación
- d) la segregación socio-espacial de sus habitantes.

De acuerdo con lo anterior, en la siguiente investigación se realiza un estudio de vulnerabilidad de riesgo por remoción en masa que se genera en la Zona Nor-Oriente del complejo geomorfológico Sierra Morelos que se localiza en el municipio

de Toluca Estado de México, cabe recalcar que solo se tomara en cuenta las tres localidades ubicadas en la zona, que son Santiago Miltepec, Rancho la Mora y Colonia los Ángeles.

Por lo que haremos énfasis en el concepto de remoción en masa, sus principales tipos, basados en los principios básicos de la Geomorfología (Pedraza, 1996).

De esta manera lograr un entendimiento del riesgo, el peligro y la vulnerabilidad que tiene la población, que se ubica en la zona de estudio.

Utilizando herramientas modernas nos apoyamos en los Sistemas de información Geográfica (SIG), debido a que estas son capaces de separar información en diferentes capas y a su vez almacenarlas independientemente, permitiendo al usuario realizar estudios detallados de temas de interés

Los datos obtenidos que se analizaran en un SIG, mediante un análisis de multicriterio (álgebra de mapas), consiste en la creación de una base de datos mediante la selección y cartografiado de los factores del terreno condicionantes de la inestabilidad y de ahí obtener la cartografía de los lugares con mayor vulnerabilidad por procesos de remoción en masa.

En este estudio se han considerado el clima, la geología, geomorfología, uso de suelo, precipitación y población que existe en la zona.

Justificación

Los movimientos en masa han sido un problema que ha afectado de manera grave las zonas de ladera donde la acción de procesos erosivos es común.

La susceptibilidad por movimientos en masa no sólo depende de los procesos erosivos sino también de otros factores como la acción de las lluvias que modifican los atributos físicos de los terrenos en general y sobre todo las actividades humanas.

Tomando en cuenta que la población ha crecido aceleradamente en los últimos años teniendo en Santiago Miltepec un total de 13,749 habitantes de los cuales 6,509 son hombres y 7,225 son mujeres, en la Colonia la Mora existe un total de 3,541 habitantes; 1,605 hombres y 1,936 mujeres, sin embargo en la colonia los Ángeles se tiene un total de población de 2,451 habitantes siendo 1,134 hombres y de 1,304 mujeres según el Censo de Población del 2010 (INEGI) debido a que parte de esta población se ha asentado en lugares poco adecuados como son las laderas del Sierra Morelos, se pretende hacer notar el riesgo que podría sufrir la población observando que la mancha urbana se extiende ocupando lugares con pendientes no permitidas por desarrollo urbano y obras públicas.

Con este trabajo se puede constatar que en ciertas laderas no es conveniente edificar viviendas debido a que las pendientes son mayores a 30°.

Por otro lado, se debe tomar conciencia y entender que con el paso del tiempo se generan cambios en la superficie de la tierra, que, aunque son procesos lentos tarde o temprano ocurren y lo más importante es evitar que la población sufra algún tipo de pérdidas ya sea material o peor aún humanas.

Este caso, como otros similares, permite observar la falta de interés que existe entre la población y el Sistema Nacional de Protección Civil en sus diferentes niveles

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

organizativos, así como la falta de interés entre las distintas instancias gubernamentales que inciden en la organización del territorio y en la prevención de desastres.

Este tipo de trabajos sirve para proporcionar herramientas a las autoridades locales y municipales para la toma de decisiones, que eviten cualquier tipo de daño.

Tipo de investigación

La fuerte explosión demográfica que se experimenta mundialmente ha traído consigo la expansión de los asentamientos urbanos, hacia las zonas montañosas que rodean los valles.

En los últimos tiempos diversos autores han desarrollado en el mundo una serie de metodologías de “análisis multicriterio” en la que han utilizado diferentes herramientas que buscan evaluar los procesos de generación de remoción en masa.

Estos procesos han adquirido gran importancia dentro de los eventos naturales a nivel mundial. De manera general, estas metodologías tienen la característica de ser aplicables en zonas limitadas de estudio de acuerdo con las características geológicas, geotécnicas, geomorfológicas, climáticas, entre otras, que involucran el riesgo.

Por lo anterior, se hace relevante el estudio detallado de estas variables en un espacio concreto como el que integra el pueblo de Santiago Miltepec y las colonias La Mora y Los Ángeles, donde se combinan condiciones ambientales y antrópicas que la hacen vulnerable por procesos de remoción en masa.

Por esta razón de dichos procesos, se plantea determinar la susceptibilidad de la zona a los movimientos con base en la zonificación del peligro.

Usando estos métodos de “Análisis Multicriterio” con la herramienta espacial de ArcGIS y el análisis estadístico de estos factores determinaran la mayor o menor susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa.

Variables

Para el presente trabajo se tomarán en cuenta las siguientes variables; clima, geología, geomorfología, uso de suelo, precipitación y datos de censos de población.

Por lo anterior, se hace relevante el estudio detallado de estas variables en un espacio concreto como el que integra el pueblo de Santiago Miltepec y las Colonias La Mora y Los Ángeles, donde se combinan condiciones ambientales y antrópicas que la hacen vulnerable por procesos de remoción en masa.

Hipótesis

La zona de estudio comprendida por las localidades de Santiago Miltepec, Rancho la Mora y Colonia los Ángeles están expuestas a peligros por remoción en masa por ello se hace pertinente en realizar un estudio detallado para poder identificar que lugares son los más vulnerables a este peligro.

Por lo tanto, si se ha observado que en estas zonas tenemos deslizamientos que son perceptibles es necesario evidenciar con un producto palpable y comprobable que en un momento dado las construcciones que se realicen en dichas áreas pueden llegar a sufrir daños considerables en su estructura e incluso pérdidas económicas y daños a la salud humana según sea el evento que se manifieste.

Objetivos

General

- ❖ Identificar las zonas vulnerables por remoción en masa en la zona Nor-Oriente del complejo geomorfológico Sierra Morelos, así como los efectos generados en la población.

Específicos

- ❖ Caracterizar los procesos de remoción en masa de Santiago Miltepec Rancho La Mora y la Colonia Los Ángeles.
- ❖ Determinar la cantidad de población afectada por este proceso.
- ❖ Obtener una cartografía de la zona de estudio en escala 1: 12, 000

Metodología

Para poder cumplir con los objetivos planteados, se realizó la recopilación de información, como primer paso, se tuvo que caracterizar los procesos de remoción en masa, vulnerabilidad, riesgo y peligro obtenidos de libros, revistas, tesis y páginas de internet, de esta manera lograr un entendimiento de lo que es el riesgo el peligro y la vulnerabilidad que tiene la población, que se ubica en la zona de estudio.

Para poder delimitar la zona de estudio se utilizaron imágenes de satélite del año 2014-2015 (*Quic Bird 1 y 2*, de la empresa *Digital Globe*) así como analizar las variables que se encuentran en esta zona, es decir, la morfología, la edafología, el relieve, uso de suelo, la vegetación, y clima.

De la misma manera se pretende hacer un análisis demográfico de la zona de estudio, para saber cómo ha sido el crecimiento de la población en los últimos años abarcando de la década de los 70's hasta el año 2010, para lo cual es necesario recabar datos de los censos de población, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con ello poder observar cómo ha sido el crecimiento de la mancha urbana.

Para poder identificar las zonas con mayor riesgo de vulnerabilidad por remoción en masa, es necesario llevar acabo un recorrido por la zona de interés, se analizaron las áreas de mayor incidencia, de los procesos por deslizamiento, se tomó fotografías y se hizo las mediciones necesarias del lugar que dan evidencia de estos procesos.

Al término de este análisis se pretende obtener la cartografía de vulnerabilidad por riesgos de remoción en masa en la ladera Nor-oriental del complejo geomorfológico sierra Morelos haciendo énfasis y señalando los lugares con mayor peligro, y la posible población afectada, utilizando métodos estadísticos.

El uso de métodos estadísticos, generalmente más adecuados en estos casos, conlleva a un gran esfuerzo de recolección de datos. Dado, que el análisis de vulnerabilidad por el proceso de remoción en masa requiere del manejo simultáneo de gran cantidad de información de factores parcialmente interrelacionados, donde la modelación de estos suele llegar a ser complejo.

El empleo de los *SIG* constituye actualmente un sistema muy útil para resolver los modelos que permiten zonificar las amenazas o zonas vulnerables, dado que permite el almacenamiento y manipulación de la información referente a los diferentes factores del terreno como capas de datos.

Los valores contenidos en los mapas generados tienen diferentes significados y unidades de medida, por esta razón, y para poder compararlos se requiere estandarizar sus valores a una misma unidad y medida. En este caso se consideró conveniente emplear una escala numérica de 0 a 1, donde 0 representara la más baja potencialidad y 1 la más alta potencialidad del criterio a desarrollar movimientos en masa, las variables a utilizar son; la pendiente, la litología, la geomorfología, el uso de suelo y el clima.

En nuestro país no existe una cultura apropiada para la prevención de desastre y debido a eso se les da poca importancia a los riesgos por remoción en masa, se cree que son procesos poco probables de causar daños a la población. Por lo cual la población tiende a crecer hacia zonas no estables.

Actualmente, existen varias organizaciones cuya finalidad es realizar estudios de riesgos y dar propuestas de prevención y medidas de mitigación a la población entre ellas podemos mencionar a:

Dirección de Protección Civil

Centro Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED)

Grupo de investigación Interdisciplinaria sobre desastre

Antecedentes

Para el caso de nuestro país, fue hasta después de los sismos y el tsunami de 1985, cuando el gobierno Federal creó el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), para prevenir y mitigar desastres naturales y antrópicos (Toscano, 2006), y en 1988 con el propósito de apoyar a este organismo y coordinar acciones en los ámbitos municipal, estatal y federal fue creado el CENAPRED.

En particular, en México, entre 1980 y 1999 se registraron 75 desastres de magnitud considerable, diez mil muertos y cientos de miles de damnificados; daños económicos por más de 9 600 millones de dólares, sin contar los efectos indirectos como la interrupción de flujos de producción y servicios, lo que oscila por lo menos en 200 millones de dólares anuales.

Estos datos no incluyen los “desastres menores”, que suceden con mucha mayor frecuencia y aunque sus consecuencias no son espectaculares, si se sumaran las pérdidas que éstos arrojan, la cifra probablemente sería similar a la de los grandes desastres (Lavell y Argüello, 2001), entendiendo por “pequeños desastres” aquéllos que impactan en la escala local pero sus consecuencias no trascienden del ámbito municipal.

En los últimos 10 años se han incrementado los trabajos relacionados con remoción en masa, tomando en referencia el deslizamiento ocurrido en la ciudad de Teziutlán, Puebla en el año de 1999 elaborados tanto por instituciones y centros de investigación científica, así como por parte de las instituciones de los gobiernos locales y federales distribuidos en gran parte del país y dentro del Distrito Federal.

En el ámbito estatal se han creado diferentes direcciones generales de protección civil, las cuales definen la pertinencia como el conjunto de las acciones que dan respuesta a las demandas de seguridad colectiva ante la existencia o actualización de riesgos, es una actividad que integra a las dependencias, organismos y entidades del sector público en tres ámbitos: federal, estatal y municipal y a los

sectores social y privado en el objetivo común de proteger y salvaguardar a la comunidad.

Particularmente en el H. Ayuntamiento de Toluca, Edo. México, en convenio con la Facultad de Geografía de la U.A.E.M. (2003-2006), se llevó a cabo estudios geográficos, geológicos, geofísicos, geomorfológicos, edafológicos e hidrológicos para evaluar la problemática y definir el origen y distribución de remoción en masa; para elaborar mapas de microzonificación de riesgos, siendo el análisis geomorfológico el método utilizado para determinar las zonas de mayor peligrosidad.

La mayoría de esos problemas, en nuestro país, son el resultado de la interacción entre las condiciones climáticas y la vulnerabilidad de un gran número de asentamientos humanos.

Las zonas más susceptibles a este fenómeno, denominado remoción en masa, son aquellas en las que la población se asienta en terrenos de alta pendiente y con condiciones particulares de precipitación, litología, uso de suelo cobertura forestal e infraestructura, que las hacen vulnerable a estos fenómenos.

Por esta razón de dichos procesos, se plantea determinar la susceptibilidad de la zona a los movimientos con base en la zonificación del peligro.

Si bien es cierto que existe una serie de factores condicionantes para el desarrollo de los eventos que deben ser identificados y estudiados, es asimismo de crucial importancia identificar el factor que se encarga de desencadenarlo.

Se toma como punto de partida el evento ocurrido el 30 de junio de 2006 en la delegación Santiago Miltepec de la ciudad de Toluca, Estado de México, en el que, durante una intensa precipitación pluvial, grandes bloques de roca se desprendieron de las laderas del cerro "El Tanamato", y rodaron hasta el piedemonte del cerro, afectando algunas de las viviendas ahí construidas.

Capítulo I

Marco teórico - conceptual

1.1. Riesgo

El riesgo aparece cuando en un mismo territorio y en un mismo tiempo, coinciden eventos amenazantes que pueden ser de origen natural o creados por el hombre, con unas condiciones de vulnerabilidad dadas. Así, el riesgo es una situación derivada del proceso de desarrollo histórico de las comunidades que se han conducido a la construcción y ubicación de infraestructura pública o privada de forma inapropiada con relación a la oferta ambiental del territorio.

Teóricamente, el riesgo se estima como la magnitud esperada de un daño, que presenta un elemento o sistema, en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado. Se evalúa en términos de pérdidas y daños físicos, económicos, sociales y ambientales que podrían presentarse si ocurre el evento amenazante.

También se considera a aquellos elementos del medio físico y biológico nocivos para el hombre y causados por fuerzas ajenas a él, calificados los peligros del entorno físico como riesgos porque estos pueden dañar al hombre Burton y Kates (1964).

Para Turner (1977), es un evento concentrado en tiempo y espacio, el cual amenaza una sociedad con consecuencias mayores no deseadas como resultado del colapso de las precauciones culturalmente aceptadas como adecuadas.

Calvo (1984). Dice que es aquella situación concreta en el tiempo, de un determinado grupo humano frente a las condiciones de su medio.

El riesgo alude a una situación latente o potencial y por lo tanto es posible intervenirlo actuando sobre sus elementos constitutivos (conocidos como la Amenaza y la Vulnerabilidad), como se observa en la figura 1.1, con el fin de evitarlo o de reducir el nivel esperado de pérdidas y daños Cardona, (1993).

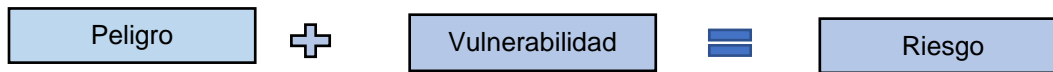


Figura 1.1. El Riesgo y sus variables. Fuente: Cardona (1993).

1.2. Peligro (amenaza)

De acuerdo con el último autor referido, la amenaza se define como “la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, con la capacidad de generar daños o pérdidas en un lugar y momento determinado”.

Mientras tanto, la peligrosidad estudia la agresividad del proceso en términos absolutos, es decir, la magnitud física, su ocurrencia y su cobertura espacial, sin considerar aun su afectación al entorno humano, físico y cultural.

Estas pueden ser:

Naturales, que hacen referencia a los fenómenos de formación y transformación del planeta y se caracterizan porque el ser humano no puede incidir ni en su ocurrencia ni en su magnitud, y teóricamente tampoco en su control.

Antrópicas, hacen referencia a desequilibrios generados por la actividad humana. Se refieren a la contaminación química, uso de tecnologías inadecuadas enfermedades infecciosas, accidentes industriales, etcétera.

Socio-naturales, hace referencia a fenómenos amenazantes derivados de la degradación ambiental, la cual actúa como catalizador de procesos naturales, haciendo que estos se presenten con mayor recurrencia o con mayor intensidad.

Por ejemplo, la deforestación generada por uso inadecuado del territorio (social) que junto con las lluvias incrementa el riesgo de deslizamientos.

Para dimensionar los efectos de una amenaza es necesario conocer:

Dónde surgen y cómo evolucionan: área de afectación, intensidad, duración, frecuencia o recurrencia, evento detonante y concatenación con otras amenazas.

Probabilidad de manifestarse y magnitud: periodos de retorno, severidad o magnitud, antecedentes históricos.

Mecanismos físicos de destrucción: efectos probables sobre la infraestructura y equipamientos, efectos sobre el medio ambiente.

Cuando un proceso natural o inducido por el hombre es de magnitud baja o moderada y representa una amenaza, la sociedad está en capacidad de intervenir para controlarlo mediante el uso de las técnicas de ingeniería como es el caso de las obras de estabilización de taludes y la canalización de corrientes que se construyen como obras de protección de una comunidad determinada.

Algunos autores han expuesto sus ideas acerca de lo que se considera como peligro, es así, que para algunos sociólogos como Luhmann (1998) o economistas como Posner (2004); los procesos naturales son solamente peligros, debido a que escapan de la toma de decisión, directamente relacionada con la idea de “arriesgar”. Mientras que, para otros científicos, entre ellos White (1974), Wiljkman y Timerlake (1984; cfr. Toscana, 2006), existe riesgo cuando hay posibilidad de que ese peligro cause daño, sobre todo a la población.

Por tanto “Peligro”, es el resultado de la interacción de los sistemas natural y social, donde el primero puede ser aprovechado como un recurso, pero también puede constituir un peligro al existir la probabilidad de daño o cuando los efectos de la relación se revierten en sentido negativo para la población.

1.3.Vulnerabilidad

Según la guía ambiental, (DNP, 2005) para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal el concepto de vulnerabilidad hace referencia tanto a la susceptibilidad de un sistema social de ser afectado por una amenaza, así como la capacidad del mismo sistema de sobreponerse luego de la afectación.

Para Wilches Chau, (1998), este concepto es relativo y es un proceso dinámico, y se debe analizar frente a las condiciones particulares de cada comunidad. “Ya que la vulnerabilidad es la condición en virtud de la cual la población queda expuesta o en peligro de resultar afectada por un proceso”.

Igualmente, está siempre se debe evaluar específicamente frente a cada amenaza específica, pues la vulnerabilidad no actúa de la misma manera para cada amenaza en particular.

La existencia de riesgos y la ocurrencia de desastres “no sólo está determinada por la amenaza de que se presente un fenómeno peligroso de origen natural o humano sino principalmente, por la existencia de condiciones sociales vulnerables en las poblaciones”, donde se presenta el proceso, (Wilches, 1998).

Por su parte Blaikie et. al., (1994) desarrolla un modelo de “precisión y descarga” para explicar la vulnerabilidad. Distingue tres niveles de causas: procesos económicos, políticos y demográficos que determinan la distribución y disponibilidad de recursos entre diferentes grupos de personas; crecimiento demográfico y urbano

acelerados, deforestación, migración campo-ciudad, desnutrición, ocupación de áreas peligrosas; y coordenadas espacio - temporales determinadas.

Autores como Bolin y Stanfrd (1999) consideran como causas: la localización de los asentamientos, el grado de exposición al peligro, la capacidad de la gente de adaptarse a su medio, preparación de la comunidad y la habilidad de las estructuras políticas para organizar y proveer recursos durante el desastre; mientras tanto, Nilsson, (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.

Por su parte Thomspson (1983), Cuny (1983) y Wiljkman y Timberlake (1984), notaron que la distribución de los desastres depende de la pobreza y desigualdad, de la degradación ambiental y del rápido crecimiento demográfico.

1.4.Remoción en masa

La remoción en masa es un proceso natural que sucede por las características del terreno como su topografía, pendientes demasiado empinadas, por su geología, en donde sus materiales no son lo suficientemente consolidados, y esto asociado a los efectos de la gravedad origina los movimientos en masa.

Para Bloom, (1982) son movimientos gravitacionales o cuesta debajo de los detritos rocosos meteorizados, por lo que se les conoce también como procesos gravitacionales.

El papel realmente significativo de la remoción en masa es la contribución poco perceptible que hace a la reducción lenta de las masas de tierra Thornbury, (1966).

Se identifican por ser movimientos de derrubios y suelo por las pendientes, presenta una gran variedad de formas. Algunos de estos procesos son lentos, imperceptibles a simple vista, pero continuos, otros son rápidos y bruscos movimientos de grandes masas seguidos de un largo periodo de quietud (Seco, 1982).

Uno de los criterios para evaluar la velocidad de este proceso y el área afectada en casos de riesgo natural, de acuerdo con Bolt y Mc. Donald, es la siguiente tabla 1.1


Velocidad de ocurrencia en los procesos		Extensión del área afectada
De segundos a minutos	Rápido	Área extensa
De minutos a horas	Intermedio	Área pequeña
De días a años	Lento	

Tabla 1.1 Velocidad y extensión del área afectada por los procesos de remoción en masa. Fuente: Bolt y Mc. Donald (1977), Rojas (1988).

1.4.1 Factores que influyen en el proceso de remoción en masa.

Hay factores detonantes tanto naturales como antrópicos que propician o aceleran los procesos en remoción en masa como se observa en el cuadro 1.1. Generalmente están relacionados con pendientes abruptas e inestables, pero también ocurren en terrenos casi llanos, si se dan las condiciones geológicas adecuadas.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

Factor	Descripción	Causas
<p data-bbox="541 337 873 370">Ángulo de la pendiente</p> 	<p data-bbox="1297 748 1608 886">Cambios en el ángulo de la pendiente acelera el deslizamiento</p>	<ul data-bbox="1686 659 1940 943" style="list-style-type: none">➤ Socavamiento por corrientes➤ Excavaciones para vías➤ Edificaciones en laderas

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

Intemperismo



El desgaste físico y químico de rocas facilita el desprendimiento y deslizamiento

- Clima
- Expansión y contracción térmica
- Actividad de los organismos

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

Cambios en la vegetación



La vegetación absorbe el agua y disminuye la saturación de humedad. Las raíces estabilizan la pendiente

- Procesos naturales
- Actividad Humana
- Incendios forestales

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

Sobrecarga



El peso adicional aumenta la presión del agua y reduce la fuerza de resistencia al corte

- Actividades humanas acumulaciones llenados, apilamiento de material.

Cuadro 1.1 Factores que influyen en el proceso de remoción en masa.
Fuente: Elaboración propia, trabajo de campo 2017. Castillo Luisa y Santana Ángel.

En los esquemas se presenta la forma en que pueden manifestarse los procesos de remoción en masa rápidos, comparando con las fotografías, se determina el alto grado de posibilidades para que el fenómeno se presente, en la primera es notoria la energía de la pendiente y la estructura del material por lo que es factible la caída de este; en la segunda el socavamiento del material menos resistente dejará sin soporte al que se encuentra arriba provocando un desprendimiento rápido.

En el esquema se presenta la forma en que pueden manifestarse los procesos de remoción en masa rápidos, se determina el alto grado de posibilidades para que el proceso se presente.

En la primera es notoria la energía de la pendiente y la estructura del material por lo que es factible la caída de este, en la segunda el socavamiento del material menos resistente dejará sin soporte al que se encuentra arriba provocando un desprendimiento rápido.

1.4.2. Tipos de remoción en masa

1.4.2.1. Caída


La caída de materiales cuadro 1.2, se relaciona con el sustrato rocoso que soporta a los escarpes sujetos al proceso de remoción, ya que el movimiento de materiales cuesta abajo por lo general se debe al fracturamiento de los escarpes y a la acción directa de la gravedad; no obstante, en algunos casos el sustrato juega un papel importante como plano de deslizamiento.

Las formas más comunes de caída observadas se relacionan con desplomes directos de material, denominados también como desprendimientos y desplome con vuelo.

Como resultado de este tipo de procesos, normalmente se presentan acumulaciones al pie de los escarpes presentando una distribución caótica de los materiales desplazados ladera abajo; encontrándose así bloques, cantos y material detrítico proveniente de las rocas diaclasas y fracturadas que conforman las paredes de caída.

Finalmente, es importante considerar que el volumen de material desplazado varía de lo inapreciable a cantidades muy importantes, es decir, la cuantificación del total de materiales desplazados tiende normalmente a ser subjetiva, dado que no existen métodos o procedimientos particulares que ayuden a resolver este problema.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

Cuadro 1. 2. Tipos de Remoción en masa por “Caída”		
Tipo	Características generales y variables de dinámica	Características morfológicas
<p>Caída</p> 	<p>La ocurrencia del proceso prácticamente es inmediata mientras que la aleatoriedad y la discontinuidad temporal en general tiende a ser de alta a muy alta.</p> <p>La conexión de este tipo de procesos con el sustrato es ligera o en ocasiones no tiene ninguna relación.</p> <p>Presenta estacionalmente una mayor dinámica durante la época de heladas, aunque la afectación por este tipo de meteoros por lo general tiende a ser irregular.</p> <p>La forma más común de caída se relaciona con el desplome, desprendimiento, desplome con vuelo (slab).</p>	<p>Se presentan acumulaciones al pie de los escarpes de tipo caótico de los materiales desplazados; se presentan bloques, cantos y material detrítico proveniente de las rocas diaclasadas y fracturadas que conforman las paredes de caída.</p> <p>El volumen de materia desplazada varía de lo inapreciable a cantidades más importantes.</p>

Fuente: Elaboración propia, trabajo de campo 2017. Castillo Luisa y Santana Ángel.

1.4.2.2. Deslizamiento

Por su parte, los deslizamientos cuadro 1. 3, pueden tener importantes diferencias en cuanto al tiempo que requieren para desarrollarse, de tal suerte que existen variaciones entre los muy rápidos y de rápidos a moderados.


Cuando se presenta el primer caso se desarrolla una morfología en forma de lengua, es decir, un depósito de suelos o detritos que se deslizan desde las partes altas de una ladera, formando una especie de corriente gravitacional constituida por los materiales detríticos, bloques o sedimentos finos que presentan en la parte frontal una forma semicircular denominada lóbulo.

Por su parte, cuando la velocidad del proceso tiende a ser de media a alta, se desarrollan formas de desgarre o cicatrices de deslizamiento, marcándose sobre las laderas de manera lineal; dicho proceso se encuentra asociado con la acumulación de bloques de diferente tamaño y ordenados de manera caótica.

Sin embargo, en ambos casos, por lo general el volumen de material removido es importante, siendo determinante el grado de relación que presentan con el tipo y frecuencia de heladas, así como de ciclos de máxima concentración de humedad presentándose casos de alta factibilidad en la ocurrencia de los fenómenos gravitacionales.

En el esquema siguiente se observa la forma en la que el deslizamiento se manifiesta, provocando una serie de fracturas perpendiculares a la pendiente y acumulando el material en forma lobular en su base.

Cuadro 3. Tipos de Remoción en masa por “Deslizamiento”

Deslizamiento		
Tipo	Características generales y variable de dinámica	Características morfológicas
	<p>Los deslizamientos normalmente presentan por lo general dos tipos de velocidad, una que es rápida a media y la segunda, muy rápida, sin embargo, en ambos casos la aleatoriedad en la ocurrencia del fenómeno siempre tiende a ser alta.</p> <p>Los factores que coadyuvan al desarrollo de este tipo de procesos se relacionan directamente con el tipo y frecuencia de heladas, así como de ciclos de humedad.</p>	<p>Se presentan acumulaciones al pie de los escarpes de tipo caótico de los materiales desplazados; se presentan bloques, cantos y material detrítico proveniente de las rocas diaclasas y fracturadas que conforman las paredes de caída.</p> <p>El volumen de materia desplazado varía de lo inapreciable a cantidades más importantes.</p>

Fuente: Elaboración propia, trabajo de campo 2017. Castillo Luisa y Santana Ángel.

1.4.2.3. Flujos

Los flujos son procesos que tienen como característica el desarrollo de una velocidad de ocurrencia y aleatoriedad normalmente lenta. Cuadro 1. 4.

Esto significa que el tiempo de desarrollo de un flujo puede ser variable, de tal forma que presentará etapas o estadios particulares. Debido a esta condición, es más probable definir la localización y posible ocurrencia del flujo, ya que este al comienzo de su desarrollo identifica las áreas posibles de afectación, así como la velocidad de este.


Para que se presente un flujo, la condición fundamental que debe prevalecer es la relación existente entre el suelo que se desplaza y el estrato adyacente que lo soporta, comportándose este último como un plano de deslizamiento que favorece el desarrollo de los flujos cuando éste se encuentra dispuesto a favor de la pendiente.

En el caso de los flujos, la discontinuidad temporal es baja, debido a las variaciones estacionales de humedad, favoreciendo los procesos de remoción solamente cuando alcanza niveles máximos, es decir la mayor concentración de humedad aunado a las pendientes son factores importantes que considerar en el análisis del problema.

La presencia de flujos es advertida y diferenciada por presentar una forma de lengua constituida generalmente de material fino y detrítico normalmente no muy consolidado y con poca permeabilidad.

Dicha geoforma se caracteriza por presentar en su parte frontal lóbulos de formación con geometría semicircular y transportar al mismo tiempo importantes volúmenes de suelo.

Cuadro 1.4. Tipos de Remoción en masa por “Flujos”

FLUJOS		
TIPO	Características generales y variables de dinámica	Características morfológicas
<p>FLUJOS</p> 	<p>Este tipo de proceso tiene como característica una velocidad de ocurrencia, aleatoria y de discontinuidad temporal normalmente lenta, sin embargo, la relación que guarda con el estrato es totalmente directa.</p> <p>La principal variación estacional que acelera el proceso se concentra en el grado de humedad ésta en altas concentraciones favoreciendo el desplazamiento de materiales.</p>	<p>Se diferencian por presentar una lengua de material fino y detrítico normalmente no muy consolidado y con poca permeabilidad. Dicha geoforma se caracteriza por presentar lóbulos de deformación con geometría semicircular y, transportar grandes volúmenes de suelo.</p> <p>De acuerdo con la dinámica de este proceso, se localiza al interior del movimiento y sobre la superficie sobre la cual éste se desarrolla, diferentes condiciones de deslizamiento, lo que provoca diferencias importantes en la velocidad del desplazamiento entre la superficie de rozadura, los extremos y el techo del flujo en movimiento logrando así la geometría discontinua de la forma resultante.</p>

Fuente: Elaboración propia, trabajo de campo 2017. Catillo Luisa y Santana Ángel.

Capítulo II

Zona de estudio, condiciones del espacio (Desarrollo urbano-social)

En el presente capítulo hablaremos sobre la ubicación de la zona de estudio además abordaremos sobre los aspectos físicos de la zona, es decir, el tipo de clima, edafología, litología, geomorfología y vegetación, uso de suelo considerando los cambios que ha tenido el crecimiento de la mancha urbana, así como algunos de los servicios básicos con los que cuentan las unidades territoriales.

2.1 Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio está conformada por 4 Unidades Territoriales de las 280 que comprende el municipio de Toluca ubicada en la parte Nor-oriental de la Ciudad de Toluca entre los 2600 y 2800 metros sobre el nivel medio del mar. Figura 2.1.

Las unidades territoriales que forman parte de la zona Nor-oriental de la ciudad de Toluca, son: Santiago Miltepec, Rancho la Mora y Los Ángeles, las cuales se localizan en las siguientes coordenadas.

Noroeste $19^{\circ}19'6.64''$ y $99^{\circ}39'35.20''$

Noreste entre los $19^{\circ}19'5.68''$ y $99^{\circ}38'33.49''$

Sureste $19^{\circ}17'51.72''$ y $99^{\circ}38'34.77''$

Suroeste entre los $19^{\circ}17'52.68''$ y $99^{\circ}39'36.74''$

La superficie del área de estudio es de 2.03 km².

Colinda hacia el Norte con Santa Cruz Atzacapotzaltongo, hacia el Sur con Zopilocalco y Lomas Altas, al Este con las colonias Hank González, Guadalupe y Tlacopa, al Oeste con las colonias Santa Barbara y San Luis Obispo. Figura 2.2.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
 EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

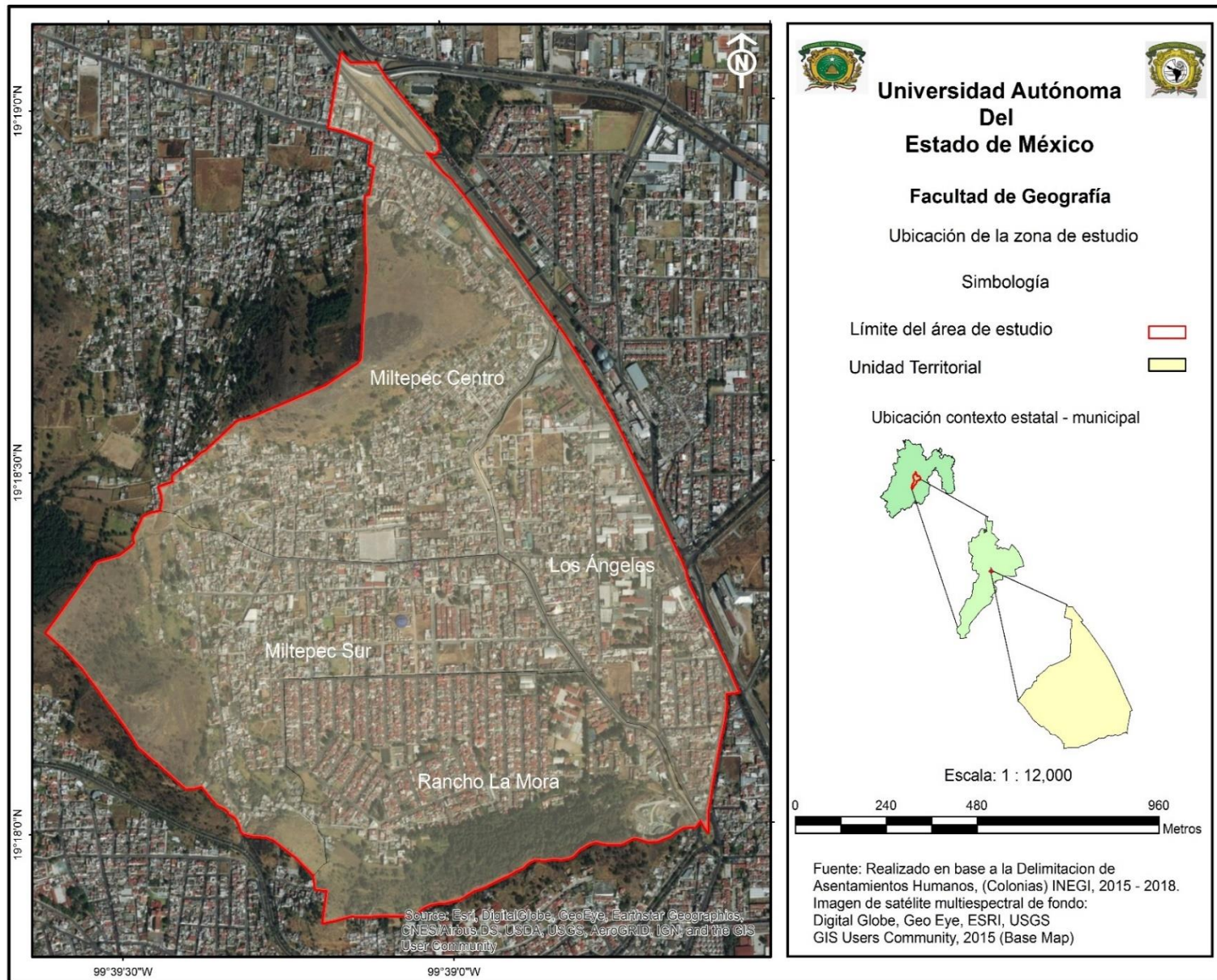


Figura 2.1. Zona de Estudio

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

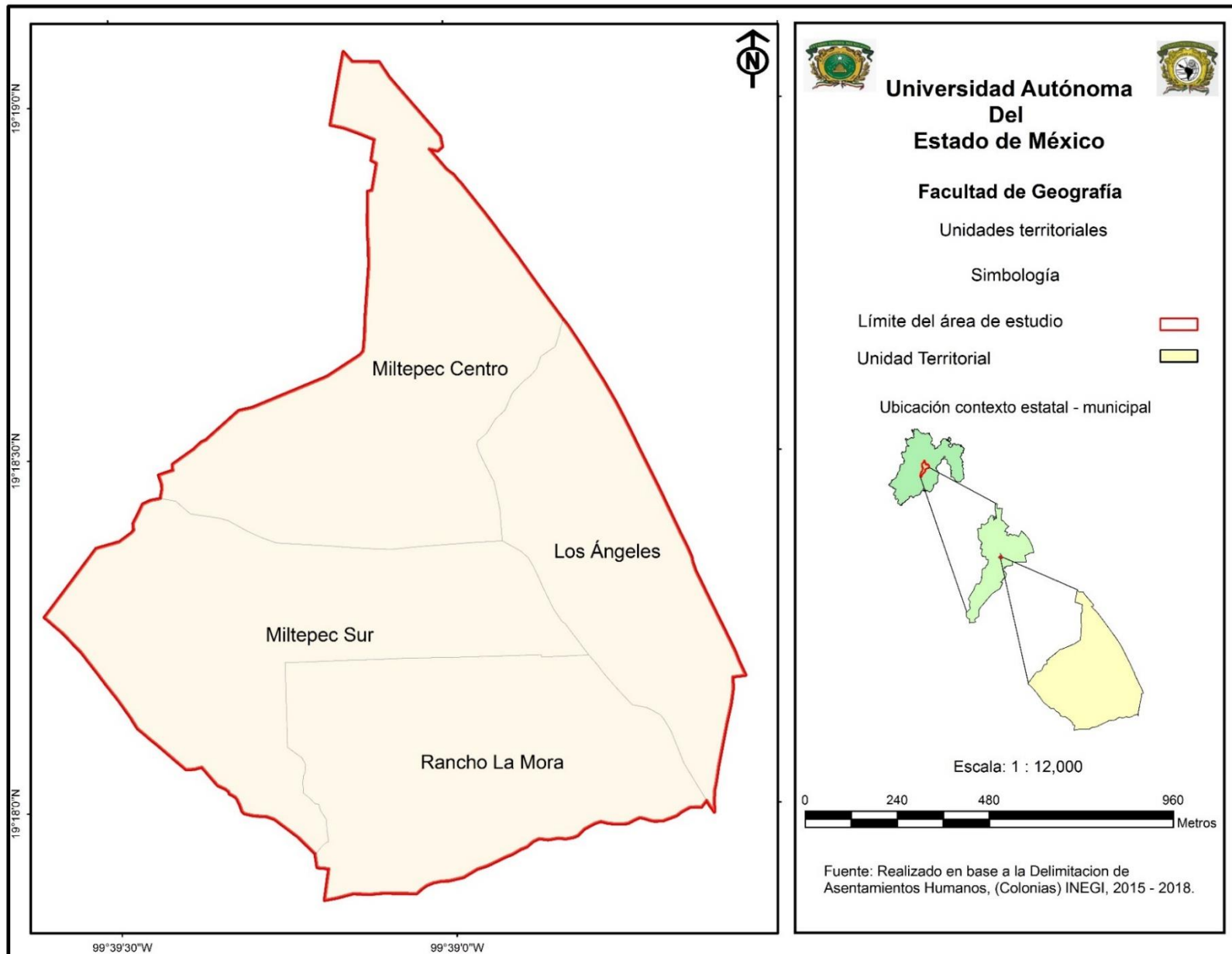


Figura 2.2. Unidades Territoriales de la zona de estudio

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

En el área de estudio predominan tres factores que influyen en el proceso de la remoción en masa y son:

Topográfico: Esta zona es montañosa y tiene pendientes muy inclinadas, además converge con la salida del río Verdiguél, utilizado como desagüe de aguas negras de la zona de estudio y de la ciudad de Toluca.

Antrópicos: La construcción de viviendas en áreas no adecuadas, que tienen pendientes mayores a los rangos establecidos por Protección civil y la Ley general de asentamientos urbanos.

Climáticos: Cuando caen fuertes precipitaciones provocan deslizamientos en la zona por una sobrecarga en el terreno que desestabilizan los bloques rocosos.

Además, los incendios forestales ocasionan una pérdida de agua generando grietas e inestabilidad en el terreno.

El agua que cae en época de lluvias sobrepasa la capacidad de del sistema de drenaje, provocando inundaciones y daños a las viviendas.

2.2 Características del cerro “El Tanamato” Santiago Miltepec

La base se encuentra formada por un conglomerado de roca volcánica compuesta por fragmentos y bloques de roca ígnea extrusiva y andesita, de bordes redondos en la mayoría son triangulares o puntiagudos. Imagen 2.1.

Comprende formas tabulares o estratos de espesor variables de finos a gruesos en la parte media y baja del cerro con inclinación hacia el Nor-este.

El conglomerado se encuentra afectado por fracturas, pliegues y una intensa erosión que lo disgrega en bloques pequeños y grandes, ocasionado por la acción del clima y las fuertes precipitaciones, esto hace que el suelo se debilite y las rocas se erosionen y pierdan su sitio desde las partes más altas, ya que el terreno sufre un cambio abruptamente con las pendientes que van desde los 30° hasta los 90°.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



Imagen 2.1. Cerro Tanamato Santiago Miltepec .Fuente: Elaboración propia, trabajo de campo 2017. Catillo Luisa y Santana Ángel.

Como ya se mencionó el agua es uno de los factores que pueden ayudar a darle al material rocoso, la posibilidad de desencadenar una remoción en masa, por el efecto lubricante, ya que las rocas y suelo pierden adherencia debido al sobre peso por la acumulación e infiltración de agua provocada por las lluvias. Las zonas con posibilidades de remoción en masa y con posibilidades de vulnerabilidad son las que presentan la mayor concentración de humedad, la causa que dependen fundamentalmente de la gravedad y el proceso que se desencadena cuando los materiales de las laderas se desplazan pendiente abajo. Imagen 2.2.

Ello depende de algunos factores como pueden ser la pendiente, velocidad, el contenido del agua y el estado físico de las rocas.

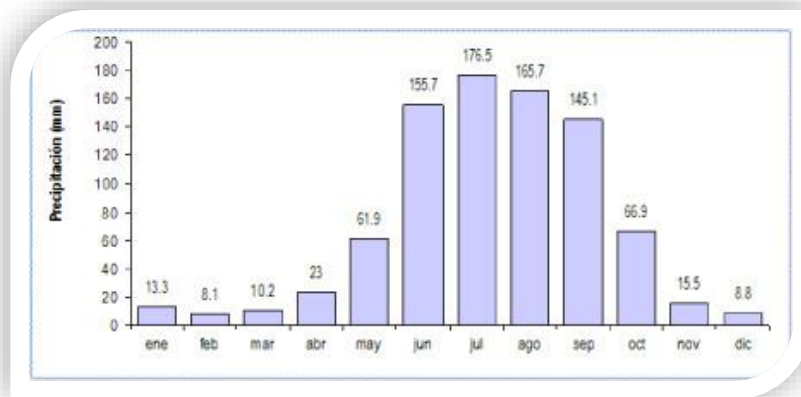
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



Imagen 2.2. Factores que desencadenan el proceso de remoción en masa, en las localidades de Santiago Miltepec, Rancho la Mora y colonia Los Ángeles. Fuente: Elaboración propia con base en la imagen de satélite de año 2010. Google Earth.

2.3 Precipitación

La precipitación media anual en el Estado de México se estima en 850.6 mm (1971-2000), superior a la media nacional de 759.6 mm. La forma de las distribuciones es semejante, aunque los valores absolutos de la precipitación durante la época de lluvias (junio-septiembre) son mayores en el Estado de México, (tabla 2.1), en tanto que durante el estiaje (octubre-mayo), la precipitación en el estado es inferior a la nacional.



Grafica 2.1. Distribución de la precipitación en el Estado de México,
Fuente: Conagua. Estadísticas del Agua en México, edición 2008.

La precipitación media anual en el territorio estatal es muy variable. Las mayores precipitaciones se presentan en las subregiones Medio Balsas y Alto Lerma, donde los valores medios anuales en el periodo de 1982-2006, superan los 1,200 mm, Figura 2.4.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

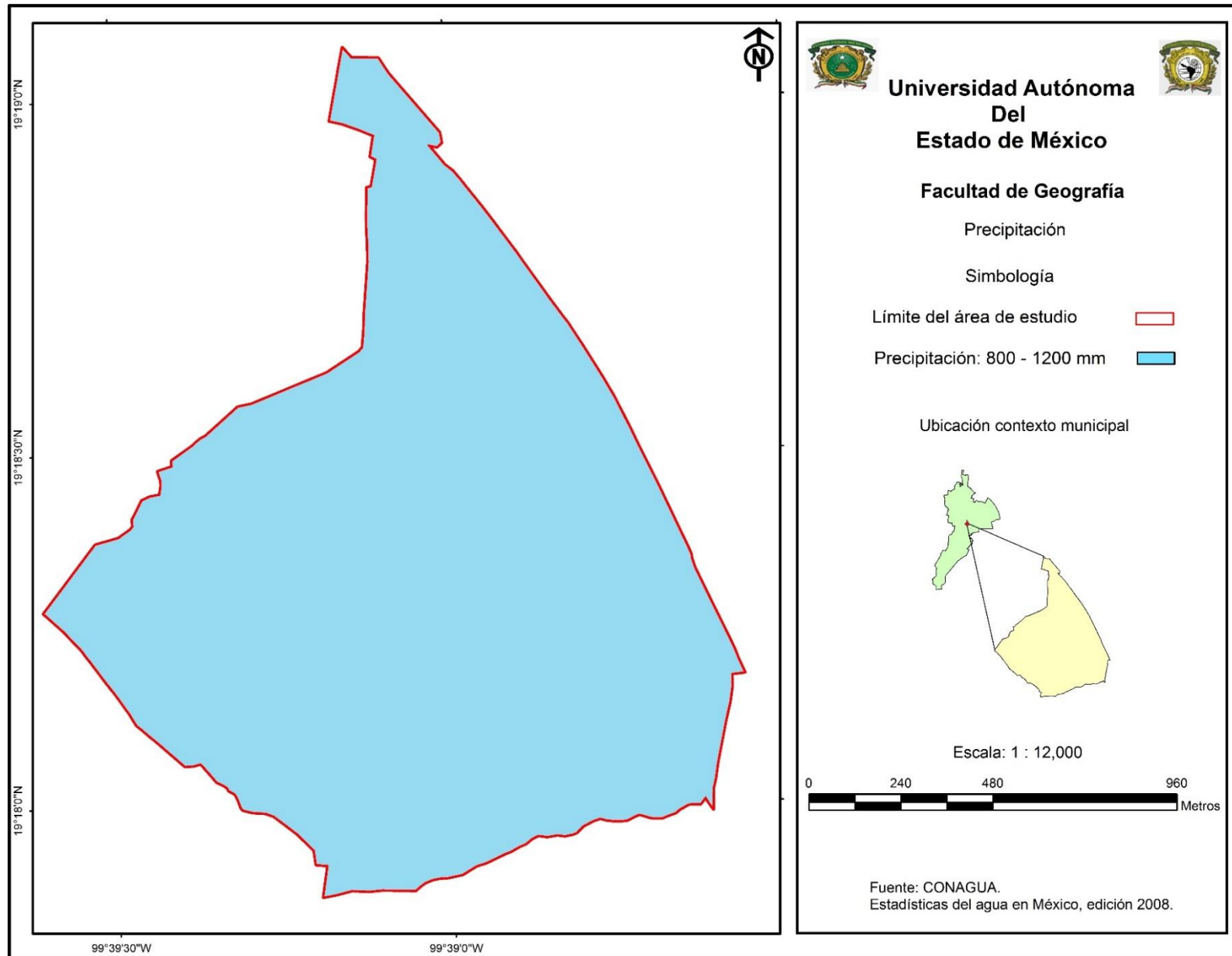


Figura 2.5. Mapa de Precipitación de la zona de estudio

2.4 Agresividad climática

Los parámetros locales referentes a la agresividad climática en la zona de estudio predominan valores de muy altos, altos y moderados.

Por otro lado, observar el impacto de los elementos climáticos en conjunto en un área determinada, a través de la denominada agresividad climática, se considera también un aspecto más a contemplar en la determinación de peligro, sobre todo de remoción.

La agresividad expresada como índice, representa de manera concreta la susceptibilidad del terreno a que sea impactado por elementos climáticos como temperatura y precipitación.

En virtud de lo anterior, identificar las áreas entre ciertos rangos de índice de agresividad, alta, moderada y baja, denotará aquellas que requieren, de alguna manera, mayor atención en la prevención. Figura 2.6.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

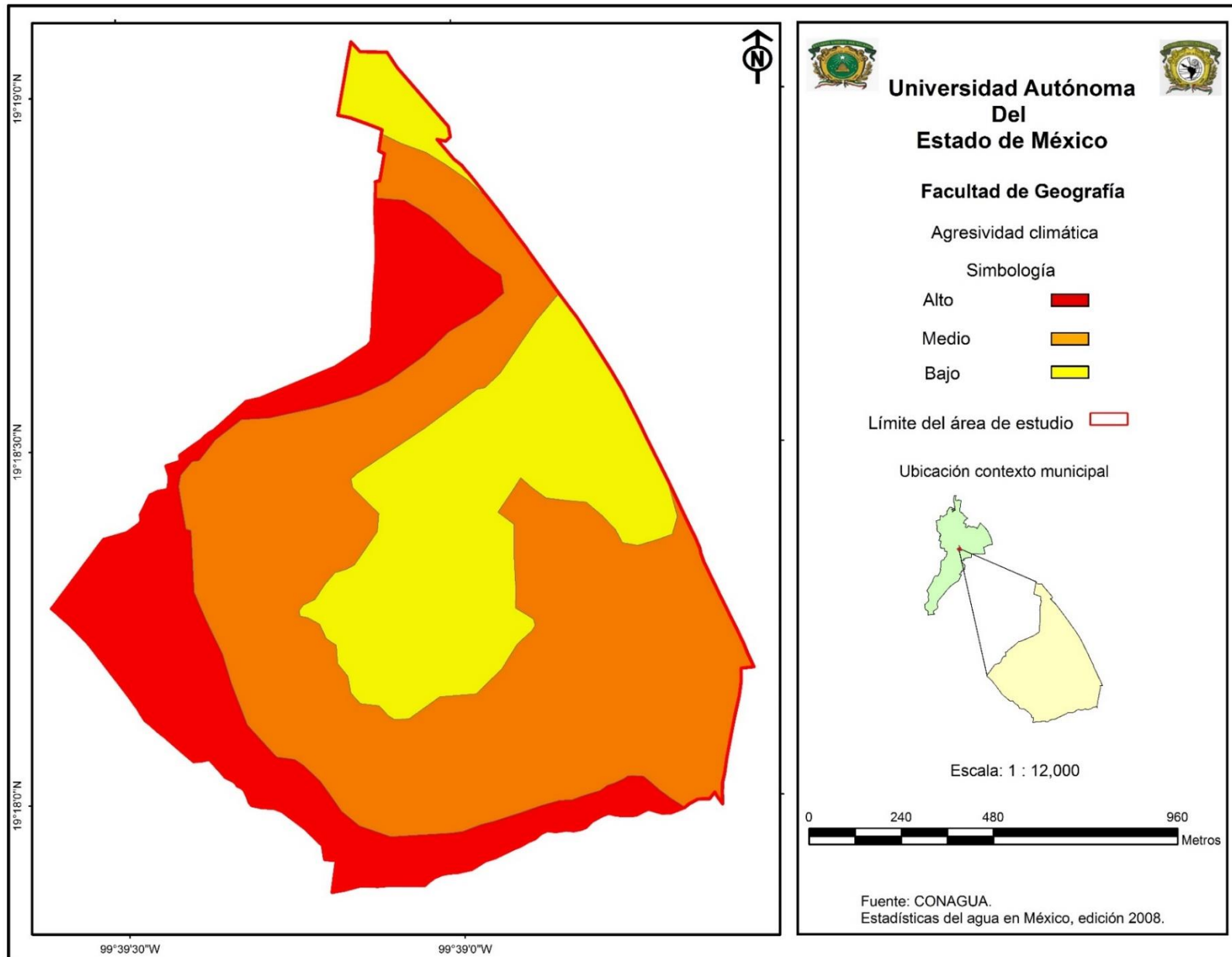


Figura 2.6. Mapa de Agresividad Climática de la zona de estudio

2.5 Geomorfología

La geoforma de nuestra área de estudio queda comprendida por el sistema volcánico mexicano.

Región que se caracteriza por un típico paisaje volcánico, donde coexisten mesetas formadas por coladas de lava, aparatos volcánicos y valles inter montanos, cuya altitud oscilan entre 2000 y 3280 m, Figura 2.7.

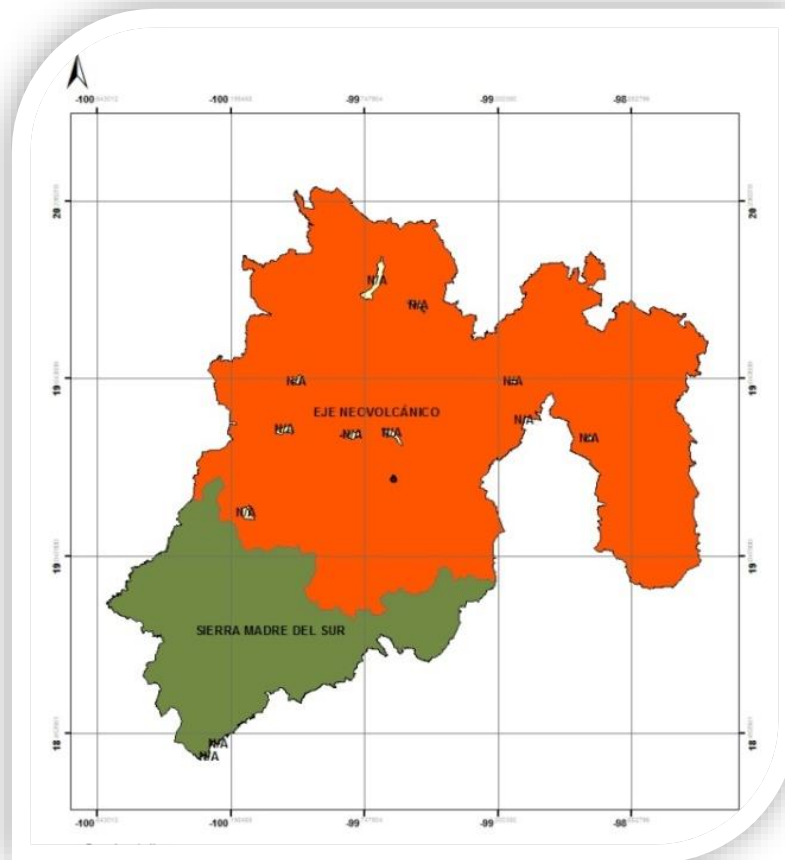


Figura 2.7. Geomorfología del Estado de México

Localmente la zona de estudio está conformada por una sierra montañosa llamada sierra Morelos, que se caracteriza por presentar laderas y pie de montes con diferentes rangos de erosión, Figura 2.8.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

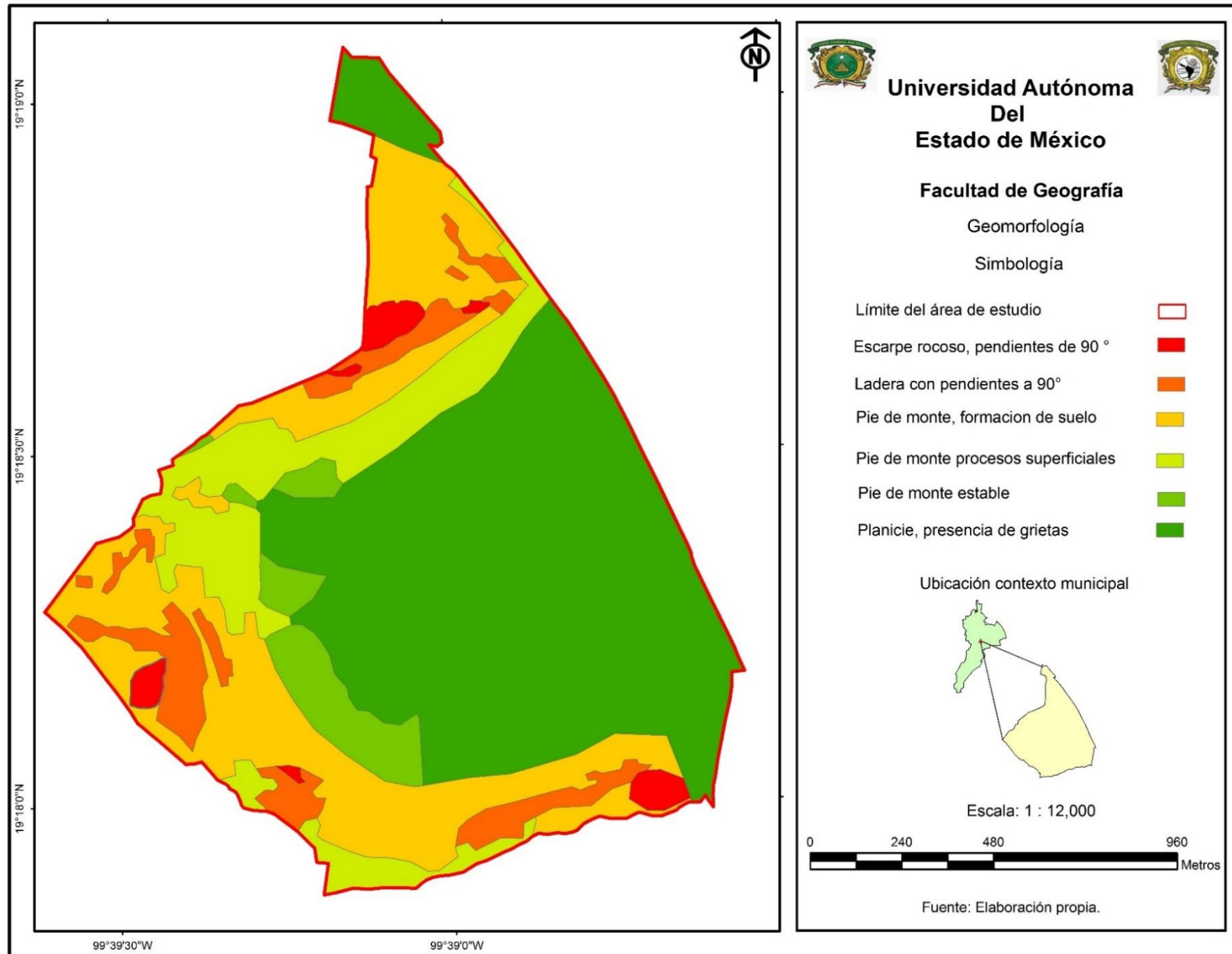


Figura 2.8. Mapa Geomorfología de la zona de estudio.

2.6 Litología

La secuencia litológica está constituida por varios tipos de rocas volcánicas del Terciario, fundamentalmente basaltos y andesitas, así como materiales piroclásticos y brechas, así como sedimentos lacustres y aluviales que se encuentran intercalados con materiales clásticos de origen volcánico.

A estos depósitos se les asigna una edad correspondiente al Plioceno Tardío Cuaternario. Honorio y Hernández, 1982 y Herrera y Sánchez, 1994.

En la zona de estudio afloran rocas ígneas (andesitas y dacitas), hay presencia de conglomerados resultado de la erosión de las rocas ígneas y por último depósitos recientes como el aluvial. Figura 2.10

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

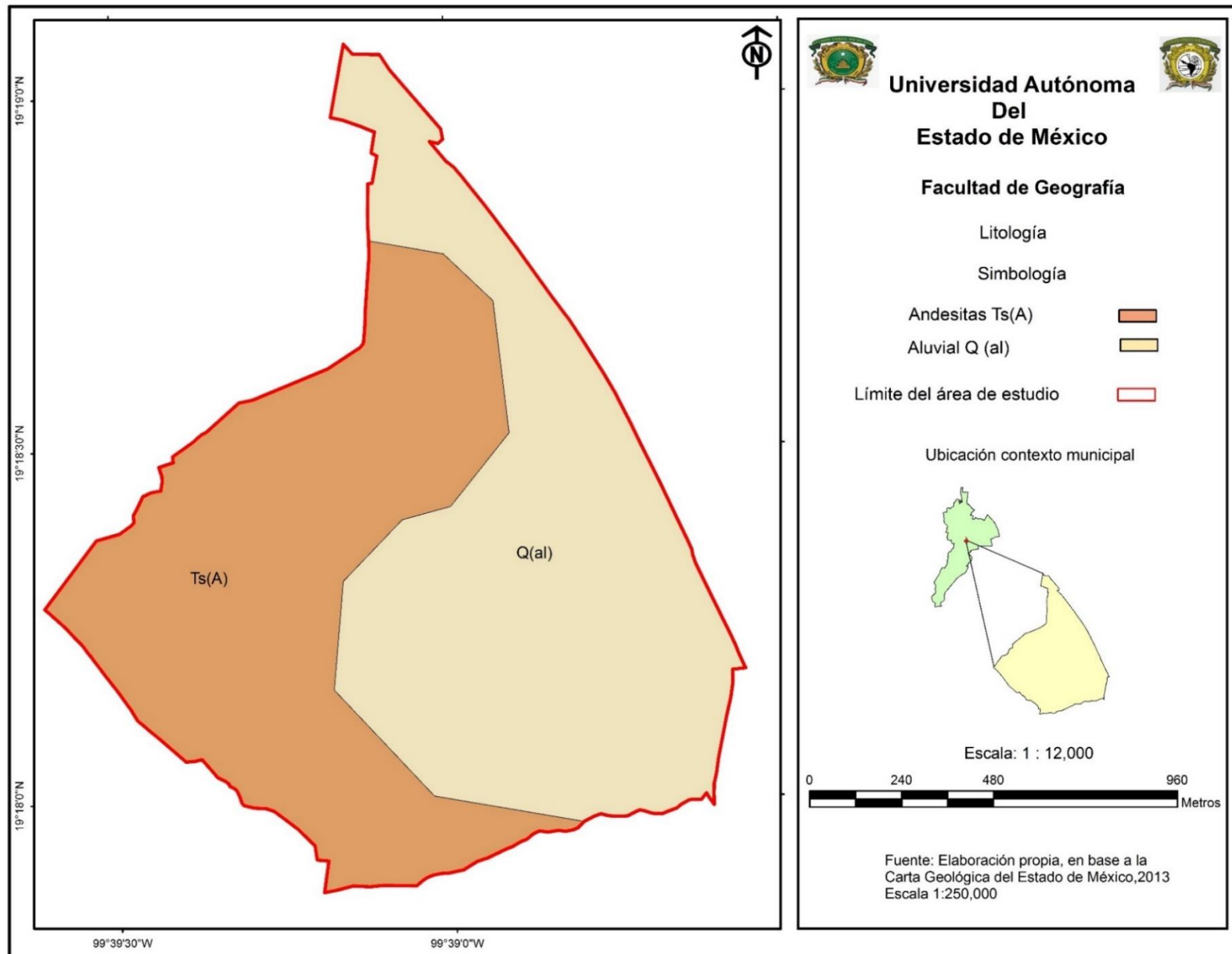


Figura 2.10. Mapa Litológico de la zona de estudio

2.7 Estratigrafía

Carta Geológica del Estado de México, escala 1: 250,000 (G.E.M.). La descripción se hace de las unidades geológicas más antiguas a las más recientes, como se puede apreciar en la Figura 2.9.

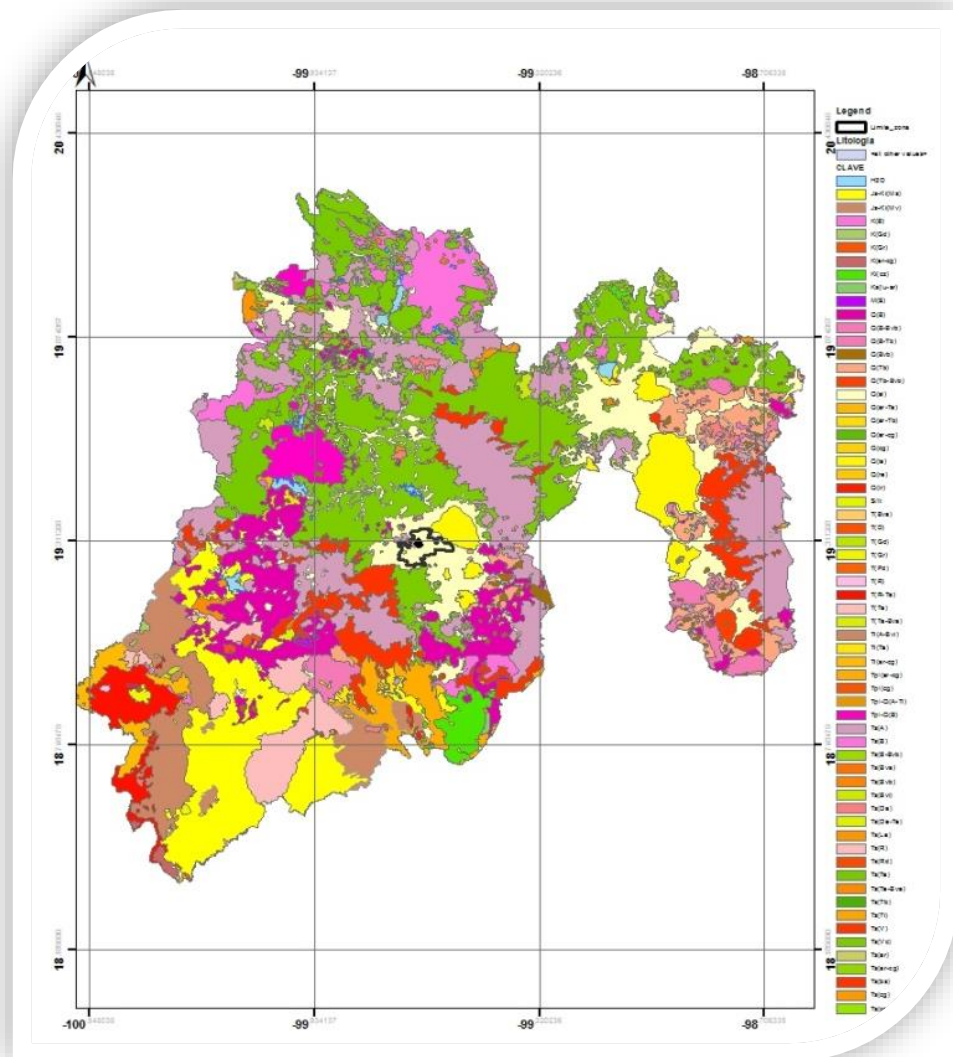


Figura 2.9. Carta Geológica del Estado de México

Unidad TVM (Terciario Mioceno Volcánico), Incluye lavas basálticas y andesíticas indiferenciadas en la Sierra de Angangueo, limítrofe con el Estado de México; dacita del área de Santiago del Monte; andesita del área Toluca-Calixtlahuaca; andesita y dacita de las áreas de Chapa de Mota, de Yondeje-Atacomulco, de las Sierras de Guadalupe, Patlachique y Tepotzotlán; rocas del Grupo San Juan.

Unidad QPV (Cuaternario Pleistoceno Volcánico) Derrames de lava de composición esencialmente basáltica y andesítica con depósitos cineríticos, aglomerado y brecha de derrame asociados, en los volcanes Nevado de Toluca, Iztaccíhuatl y Popocatepetl, predominan andesitas y dacitas. Incluye Rocas del grupo Chichinautzin.

Unidad QPVC (Cuaternario Pleistoceno Volcanoclástico) lahar y depósitos volcanoclásticos, menor cantidad de depósitos fluviales interestratificados; incluye a la formación Zinacantepec, que consiste esencialmente de lahar y pómez, estando estos estrechamente relacionados con la historia eruptiva del Nevado de Toluca, e inclusive los horizontes laháricos, de pómez y paleosuelos están intercalados.

En la zona de estudio, estratigráficamente afloran las siguientes unidades: Unidad TplA-Da1, representada por tobas andesíticas y andesitas del Plioceno. Unidad Qhoal, representada por depósitos recientes conformado por gravas, arenas, cenizas y arcillas, su espesor varía de 30 a 300m.

2.8 Geología estructural

La región es parte del sistema volcánico transversal (Faja Volcánica Transmexicana) y está constituida por una serie de depresiones dispuestas de norte a sur (desde Acambay hasta Toluca), flanqueadas por un sistema de fallas con rumbos generales al NNW-SSE y E-W. Este sistema se enmarca perfectamente en el esquema disyuntivo en bloques, que dan origen a la formación de cuencas endorreicas. De Cerna (1974)

Un conjunto de sierras y aparatos volcánicos, formados por rocas de diversos tipos, ácidas, intermedias y básicas y edades desde pliocénicas a cuaternarias. El rasgo distintivo de la zona en estudio son las planicies, ocupadas por sistemas lacustres en el cuaternario. Posteriormente, fueron desecadas por probables cambios climáticos, desagüe por fallamiento y un sin número de explosiones volcánicas (depósitos de cineritas lacustres) que obliteraron (llenaron) el piso de las fosas, todo lo cual permitió el curso divagante del río Lerma y sus tributarios. De ello quedan evidencias (amplios paleo cauces, terrazas acumulativas y erosivas), muy claras en las fotos aéreas y en el campo, que permite suponer una importante actividad fluvial, que trajo consigo sedimentos lacustres y vulcano-lacustres.

Localmente en la zona de estudio se identificaron fracturas con diferentes direcciones que van de los 75° NE, siendo este el cual contempla mayor magnitud, un segundo grupo de fracturas con dirección media de 65° NE, mientras que los grupos con menor número de fracturas presenta una distribución media orientada de 05° NE y 55° NE, como se puede apreciar en la Figura 2.11.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

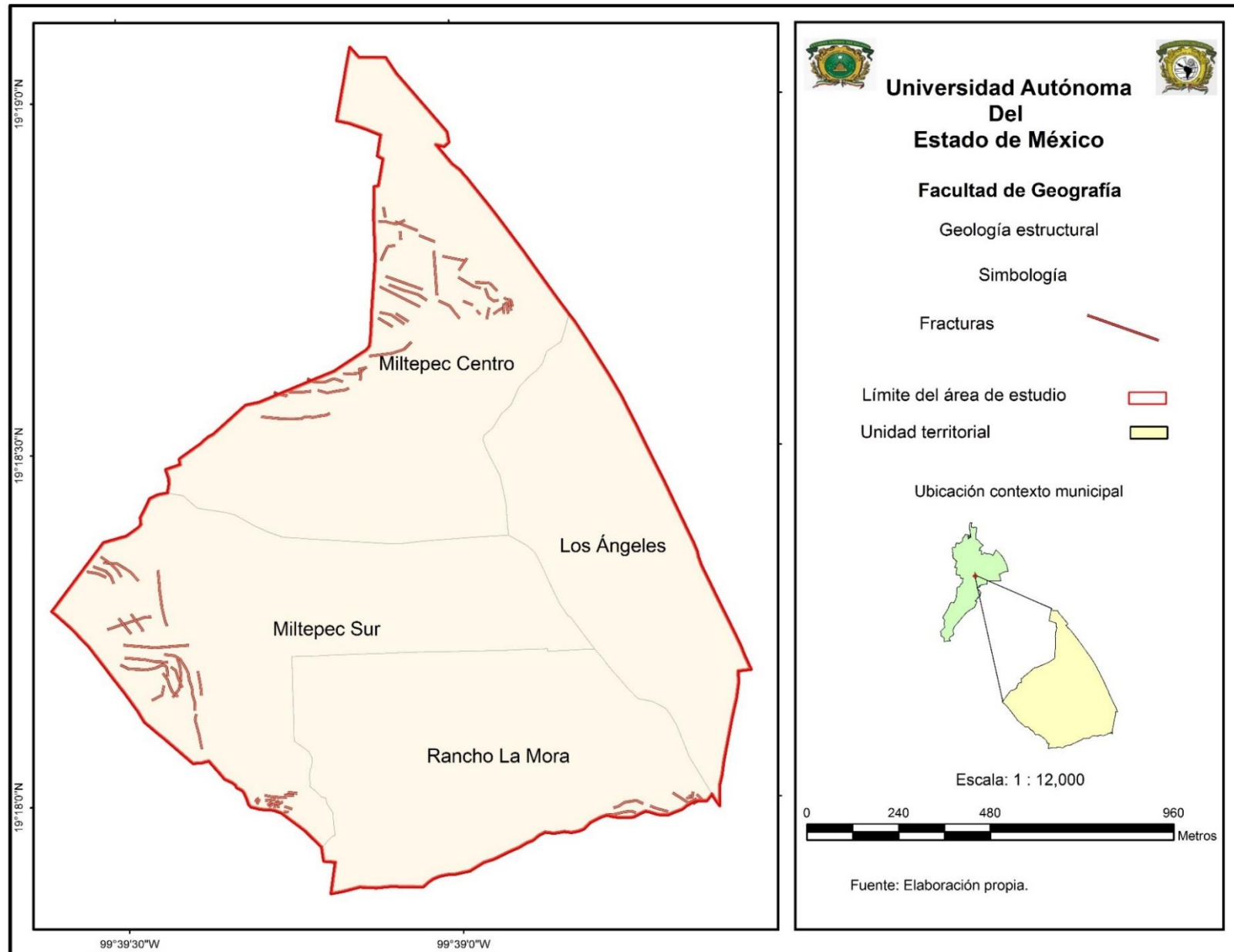


Figura 2.11. Mapa de Geología Estructural

2.9 Uso de suelo

Con base en el crecimiento económico y la dinámica demográfica que ha presentado el municipio de Toluca en el contexto regional y subregional, y por el papel que desempeña en el esquema de ciudades y prestación de servicios urbanos, es considerado actualmente como un centro de población con servicios de nivel regional. La planeación territorial en Toluca ha tenido 3 ejes rectores desde 1985, a pesar de ello, el crecimiento urbano ha tenido como principal problema la dispersión, que dificulta la dotación de servicios públicos y deteriora la imagen urbana de las áreas de nuevo crecimiento.

Derivado del impulso inmobiliario generado en el municipio, se modifica la dinámica de crecimiento social y territorial, Es decir, el comportamiento poblacional fue el reflejo de la aparición de fraccionamientos habitacionales de interés social, principalmente en la zona oriente los cuales presentan una alta densidad habitacional e impactan directamente en la estructura poblacional.

Por otro lado, apareció el crecimiento no inducido, es decir, el crecimiento que no fue planeado. El desarrollo del área urbana en este sentido fue dado de manera horizontal disperso, en conclusión, el proceso de ocupación del suelo de la ciudad de Toluca y sus delegaciones urbanas responden al planteamiento de urbanización realizado en el Plan de Centro de Población Estratégico de 1985 1993 y 1996, en los cuales se delimitaron las áreas de crecimiento urbano, que en suma ofertaron una superficie total de 22,044 hectáreas como suelo urbanizable.

Esta apertura modificó significativamente la estructura de los usos de suelo y los patrones de ocupación del suelo ya que, al no programar el esquema de ocupación del suelo y la definición de una normatividad de ocupación de acuerdo con los procesos actuales, generó la significativa dispersión de los asentamientos humanos, registrando un total de 6,032 hectáreas, con densidades de ocupación bajas y carencia de servicios básicos, siendo que se establecieron altas densidades de ocupación.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

Básicamente la Zona de estudio que está conformada por la Colonia Los Ángeles Santiago Miltepec y Rancho la Mora, los tres tipos de Uso de suelo que se consideraron para esta fueron los siguientes de los cuales el mayor porcentaje se encuentra en el uso de Zona Urbana con el 76.46% del total de la superficie de la zona de estudio. Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Tipos y superficie de Uso de Suelo

Uso de Suelo	Área m ²	% de Superficie
Pastizal	215405	10.65
Uso Forestal	260679	12.89
Zona Urbana	1546095	76.46
Sup. Total, m2	2031987	

Gráficamente se puede apreciar la distribución del Uso de Suelo en la Zona de Estudio. Figura 2.13.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

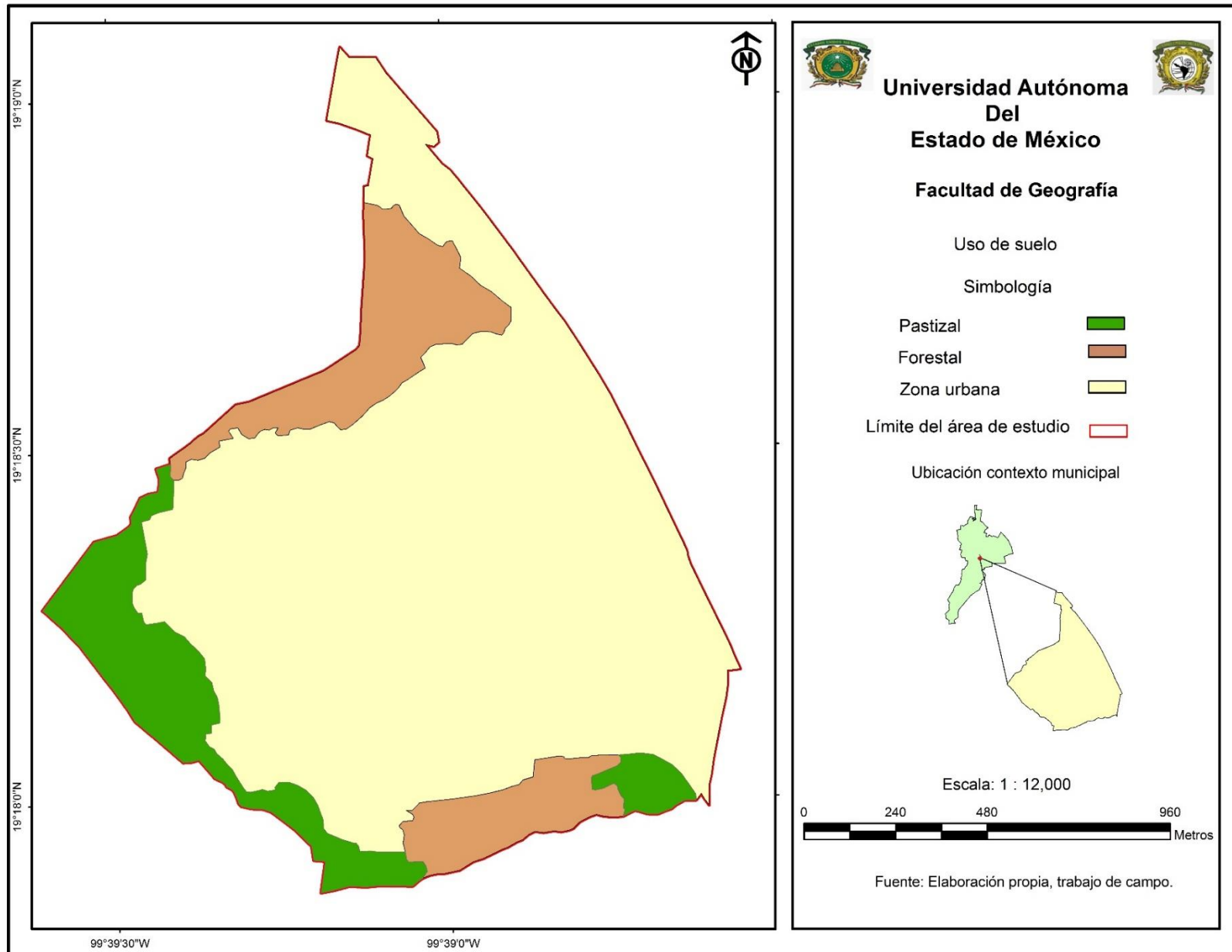


Figura 2.13. Mapa de Uso de Suelo de la zona de estudio

2.10 Desarrollo urbano y social

Antecedentes

La importancia de Toluca data desde la época prehispánica, ya que desde el siglo VII, grupos Matlazincas y Otomíes se asentaron en esta región, habiendo fundado pueblos en Toluca, Calixtlahuaca y Tecaxic.

El primer asentamiento de la ciudad de Toluca se registra al norte, en las laderas del cerro de la Teresona.

Al erigirse el estado de México en 1824, Toluca se convierte en municipio iniciándose la transformación y remodelación de la ciudad, la cual se aceleró para 1830 al ser declarada capital de la entidad; es así como se realizaron importantes obras como la construcción de los Portales, palacios de Gobierno Municipal y de Justicia, el mercado y la introducción de agua potable y alumbrado público

Entre 1940 y 1960, la industrialización del país empieza a gestarse, teniendo implicaciones en el crecimiento de Toluca, donde se formó el corredor industrial de forma lineal al oriente de la ciudad, iniciándose la urbanización de las zonas periféricas al centro y la conurbación con poblados circundantes, como son Santa Ana Tlapaltitlán y Santa María Totoltepec. Imagen 2.3.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



SIGLO XX-015
ROLLO No. 4
NEGATIVO No. 22

XX-015-1950
aprox.

Imagen 2.3. Zona de estudio para el año de 1950

A partir de 1960 el auge industrial determina una acelerada expansión a lo largo del corredor Toluca-Lerma, considerando esta década como el inicio de una nueva etapa de desarrollo caracterizada por la transformación de la fisonomía y crecimiento de la economía de la ciudad. Imagen 2.4.



SIGLO XX-023
ROLLO No. 3
NEGATIVO No. 35

XX-023--1961

Imagen 2.4. Zona de estudio para el año de 1961

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

Toluca se muestra como un centro nodal a nivel regional y estatal, consolidándose la tendencia de metropolización con municipios aledaños. Imagen 2.5.



XX-027---1978

SIGLO XX-027
ROLLO No. 3
NEGATIVO No. 22

Figura 2.5. Zona de estudio para el año de 1978

La construcción de importantes vías de comunicación a nivel regional a partir de 1980 tiene efectos importantes en las tendencias de expansión de la ciudad, ya que se construyeron las vialidades que unen Toluca con Metepec, Zinacantepec, Naucalpan y Palmillas.

El comportamiento demográfico de Santiago Miltepec, Santa Cruz Atzacapotzaltongo y Santiago Tlaxomulco, inicia en la década de los 80, generando una integración física con la ciudad de Toluca. En el primer caso su detonante fue el fraccionamiento Rancho La Mora, el cual consolidó el área urbana de la delegación y presentó una modificación considerable en la estructura poblacional; en Santa Cruz; las ubicaciones de equipamientos de corte regional impulsaron la conformación del corredor urbano de la avenida Río Papaloapan y la expansión de las áreas habitacionales sobre este eje. Imagen 2.6.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



XX-029---1982

SIGLO XX-029
ROLLO No. 3
NEGATIVO No. 13

Imagen 2.6. Zona de estudio para el año de 1982

En 1985, Toluca se convierte en receptora importante de las emigraciones producto del terremoto de la ciudad de México, la cual se expande fuertemente hacia el norte y oriente de la cabecera municipal y en menor medida hacia el sur.

Así en los últimos años se consolida el proceso de metropolización, ya que el crecimiento económico, físico-espacial de Toluca absorbe localidades periféricas del propio municipio, así como de los colindantes, definiéndose la zona metropolitana de la ciudad de Toluca, que incorpora a los municipios de Lerma, Metepec, Ocoyoacac, San Mateo Atenco, Xonacatlán, Zinacantepec y Almoloya de Juárez. Imagen 2.7.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



XX-035---1988-1990

SIGLO XX-035
ROLO No. 3
NEGATIVO No. 28

Figura 2.7. Zona de estudio para el año de 1990

2.11 Análisis demográfico de Santiago Miltepec

El área de estudio cuenta con una superficie de 1.15 km² (1,152,864.59 m²), de acuerdo con datos del Censo de Población del 2010, en este territorio habita una población total de 13,749 habitantes, de los cuales la población masculina es de 6,509 habitantes y la población femenina de 7,225 habitantes, con una densidad demográfica proyectada de 11,925.94 habitantes por km², como se puede apreciar en la gráfica 2.1

De esta población, 12100 habitantes son nacidos en la entidad y 1,232 en otra entidad federativa.

Se cuenta con una población económicamente activa de 5,830 habitantes.

En cuanto a servicios de salud, la población sin servicios de salud es de 4,020 habitantes, la población con servicios de salud es de 9348 habitantes de los cuales la población derechohabiente del IMSS es de 4,662 habitantes, la población derechohabiente del ISSSTE es de 466 habitantes, la población derechohabiente del ISSSTE estatal es de 1,571 habitantes, la población derechohabiente del seguro popular o Seguro Médico para una Nueva Generación es de 2,206 habitantes.

Respecto al tema de viviendas, se cuenta con un total de viviendas igual a 3,687, en las cuales habitan 13,395 habitantes en viviendas particulares, con un promedio proyectado de 3.6 ocupantes por vivienda particular habitada.

De estas viviendas particulares habitadas, 3,137 disponen de luz eléctrica, 3,028 disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda, 3,116 disponen de drenaje, 3,077 con piso de material diferente de tierra (cemento o firme, madera, mosaico u otro material) y 62 con piso de tierra.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

Datos generales de la localidad de Santiago Miltepec

151060092 Santiago Miltepec						
Latitud	Longitud	Altitud	Carta topo	Entidad	Municipio	Tipo
19.307414	-99.652772	0000	E14A38	15	106	U

Áreas geoestadísticas que la integran

Cve_ent	Cve_mun	Cve_loc	Cve_ageb	Cve_mza
15	106	0001	0330	001,025,037,038,039,040,043,044,045,046
15	106	0001	0699	001
15	106	0001	0701	002,007,008,014,022,026,029,031,032,033,038,045
15	106	0001	0754	001,002,003,004,005,006,007,008,016,017,018,019,020, 024,025,027,028,030,032,033,034,035,036,037,038,039, 040,041,051,053,056,057,058,059,061,062,064,065,066, 067,068,069,070,071,072,073,074,075,076,077,078,079
15	106	0001	0769	014
15	106	0001	3104	041

Información demográfica de Santiago Miltepec

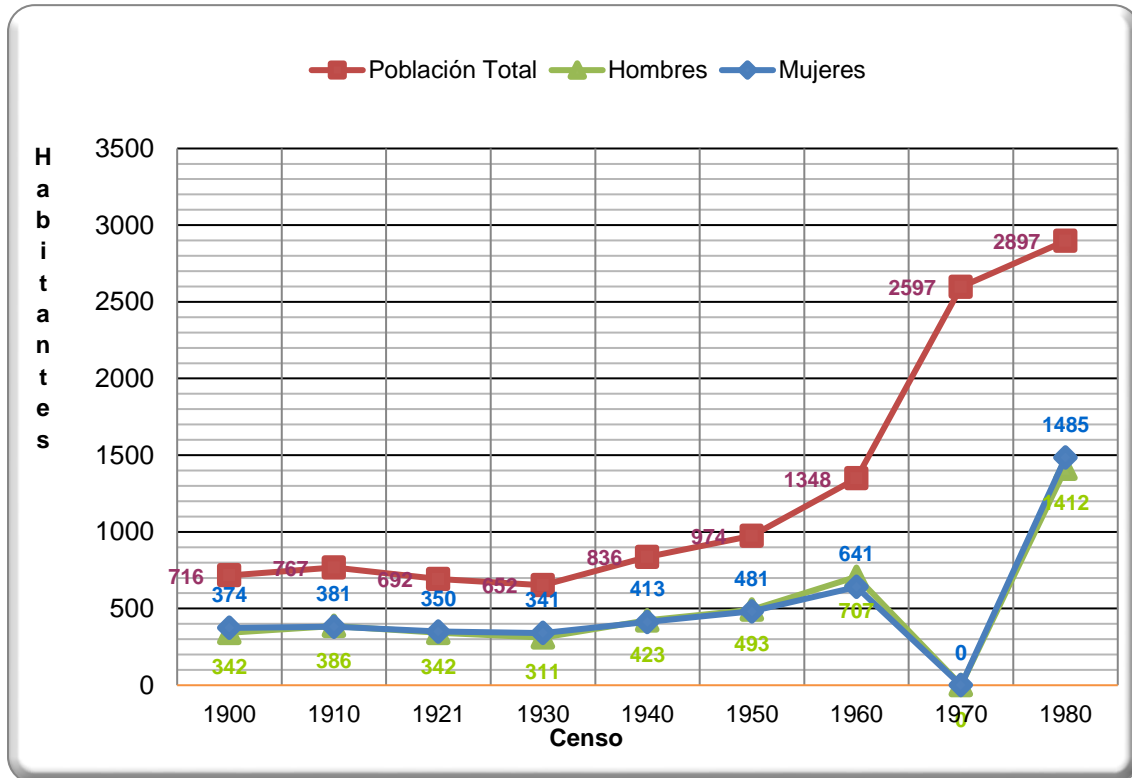
Índice	Cve_censal	Fuente	Tot_hab	Tot_hom	Tot_muj
01	1900	Censo	00000716	00000342	00000374
02	1910	Censo	00000767	00000386	00000381
03	1921	Censo	00000692	00000342	00000350
04	1930	Censo	00000652	00000311	00000341
05	1940	Censo	00000836	00000423	00000413
06	1950	Censo	00000974	00000493	00000481
07	1960	Censo	00001348	00000707	00000641
08	1970	Censo	00002597	00000000	00000000
09	1980	Censo	00002897	00001412	00001485

Categoría política de Santiago Miltepec

Índice	Nom_loc	Nom_mun	Cat_poli	Orig_modif
01	Miltepec Santiago	Toluca	Pueblo	Censo de 1900.
02	Santiago Miltepec	Toluca	Pueblo	Censo de 1910.
03				Cambio de nombre de la localidad.
04	Santiago Miltepec	Toluca	Pueblo	Censo de 1921.
05	Santiago Miltepec	Toluca	Pueblo	Censo de 1930.
06	Santiago Miltepec	Toluca	Pueblo	Censo de 1940.
07	Santiago Miltepec	Toluca	Pueblo	Censo de 1950.
08	Santiago Miltepec	Toluca	Pueblo	Censo de 1960.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

09	Santiago Miltepec	Toluca	Pueblo	Censo de 1970.
10	Santiago Miltepec	Toluca	Pueblo	Censo de 1980.
11	Santiago Miltepec	Toluca	Indefinida	Censo de 1990.
12				Baja de la localidad.
13				Conurbada a la localidad Toluca de Lerdo (0001).



Grafica 2.1. Análisis Demográfico Santiago Miltepec.

Fuente: Gráfico generado en Excel con datos del Censo de Población 2010, INEGI.

2.12 Análisis demográfico de Rancho la Mora

El área de estudio cuenta con una superficie de 0.49 km² (496,962.44 m²), de acuerdo con los datos del Censo de Población del 2010, en este territorio habita una población total de 3,541 habitantes, de los cuales la población masculina es de 1,605 habitantes y la población femenina de 1,936 habitantes, con una densidad demográfica proyectada de 7125.29 habitantes por km², como se puede apreciar en la gráfica 2.2

De esta población 2,716 habitantes son nacidos en la entidad y 694 en otra entidad federativa.

Se cuenta con una población económicamente activa de 1,652 habitantes.

En cuanto a Servicios de salud, la población sin derechohabiencia a servicios de salud es de 598 habitantes, la población derechohabiente a servicios de salud es de 2,830 habitantes de los cuales la población derechohabiente del IMSS es de 800 habitantes, la población derechohabiente del ISSSTE es de 233 habitantes, la población derechohabiente del ISSSTE estatal es de 1,565 habitantes, la población derechohabiente del seguro popular o Seguro Médico para una Nueva Generación es de 129 habitantes.

Respecto al tema de Viviendas, se cuenta con un Total de viviendas igual a 1,156, en las cuales habitan 3,433 habitantes en viviendas particulares, con un promedio proyectado de 2.9 ocupantes por vivienda particular habitada.

De estas viviendas particulares habitadas, 995 disponen de luz eléctrica, 994 disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda, 995 disponen de drenaje, 994 con piso de material diferente de tierra (cemento o firme, madera, mosaico u otro material) y 0 con piso de tierra.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

En 1900 contaba con 45 habitantes y ya para 1980 con 642 habitantes, sin embargo, el crecimiento demográfico más significativo se dio de 1980 a 2010 esta población se triplico pasando de 7,584 habitantes a 20,382 habitantes.

Datos generales de Rancho de la Mora (151060117)

Latitud	Longitud	Altitud	Carta_topo	Entidad	Municipio	Tipo
19.301042	-99.649634	0000	E14A38	15	106	R

. Áreas geoestadísticas que la integran la colonia Rancho la mora.

Cve_ent	Cve_mun	Cve_loc	Cve_ageb	Mza
15	106	0001	0330	013
15	106	0001	0769	001,002,003,004,005,007,008,009,010,011,012,013,015,016,017,018
15	106	0001	0773	001,002,003,006,007,008,010,011,012,015

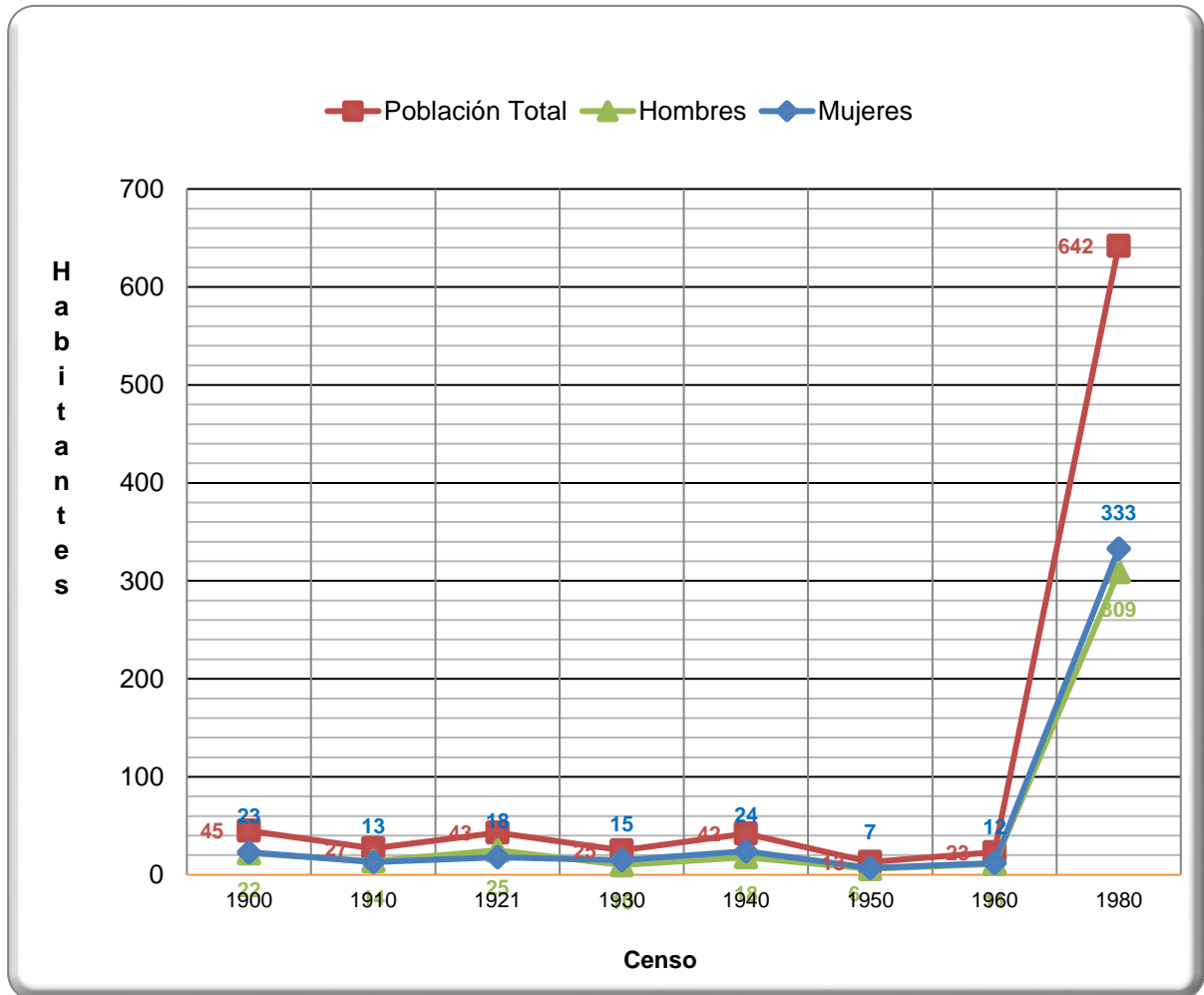
Información demográfica de Rancho la Mora

Índice	Cve_censal	Fuente	Tot_hab	Tot_hom	Tot_muj
01	1980	Censo	00000642	00000309	00000333
00	1900	Censo	00000045	00000022	00000023
00	1910	Censo	00000027	00000014	00000013
00	1921	Censo	00000043	00000025	00000018
00	1930	Censo	00000025	00000010	00000015
00	1940	Censo	00000042	00000018	00000024
00	1950	Censo	00000013	00000006	00000007
00	1960	Censo	00000023	00000011	00000012

Categoría política de Rancho la Mora.

Índice	Nom_loc	Nom_mun	Cat_poli	Orig_modif
01	Mora	Toluca	Rancho	Censo de 1900.
02	La Mora	Toluca	Rancho	Censo de 1910.
03				Cambio de nombre de la localidad.
04	La Mora	Toluca	Rancho	Censo de 1921.
05	La Mora	Toluca	Rancho	Censo de 1930.
06	La Mora	Toluca	Rancho	Censo de 1940.
07	La Mora	Toluca	Rancho	Censo de 1950.
08	La Mora	Toluca	Rancho	Censo de 1960.
09	Rancho de la Mora	Toluca	Colonia	Censo de 1980.
10				Cambio de nombre de la localidad.
11	Rancho de la Mora	Toluca	Indefinida	Censo de 1990.
12				Baja de la localidad.
13				Conurbada a la localidad Toluca de Lerdo (0001).

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
 EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS



Grafica 2.2. Análisis Demográfico Rancho la Mora

Fuente: Grafico generado en Excel con datos del Censo de Población 2010, INEGI

2.13 Análisis demográfico de la colonia los Ángeles

El área de estudio cuenta con una superficie de 0.3821 km² (382,159.60 m²).

De acuerdo con datos del Censo de Población del 2010, en este territorio habita una población total de 2,451 habitantes, de los cuales la población masculina es de 1,134 habitantes y la población femenina de 1,304 habitantes, con una densidad demográfica proyectada de 6,413.6 habitantes por km².

De esta población 1,842 habitantes son nacidos en la entidad y 442 en otra entidad federativa.

Se cuenta con una población económicamente activa de 1,064 habitantes.

En cuanto a Servicios de salud, la población no derechohabiente es de 651 habitantes, la población derechohabiente es de 1,635 habitantes de los cuales la población derechohabiente del IMSS es de 810 habitantes, la población derechohabiente del ISSSTE es de 96 habitantes, la población derechohabiente del ISSSTE estatal es de 448 habitantes, la población derechohabiente del seguro popular o Seguro Médico para una Nueva Generación es de 131 habitantes.

Respecto al tema de viviendas, se cuenta con un total de viviendas igual a 795 en las cuales habitan 2,280 habitantes en viviendas particulares, con un promedio proyectado de 2.8 ocupantes por vivienda particular habitada.

De estas viviendas particulares habitadas, 618 disponen de luz eléctrica, 611 disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda, 620 disponen de drenaje, 616 con piso de material diferente de tierra (cemento o firme, madera, mosaico u otro material) o con piso de tierra.

Una característica importante del área de estudio es el crecimiento poblacional, ya que en 1900 contaba con 1,403 habitantes y ya para 1980 con 7,584 habitantes, sin embargo, el crecimiento demográfico más significativo se dio de 1980 a 2010 esta población se triplicó pasando de 7,584 habitantes a 20,382 habitantes, como se puede apreciar en la gráfica 2.3.

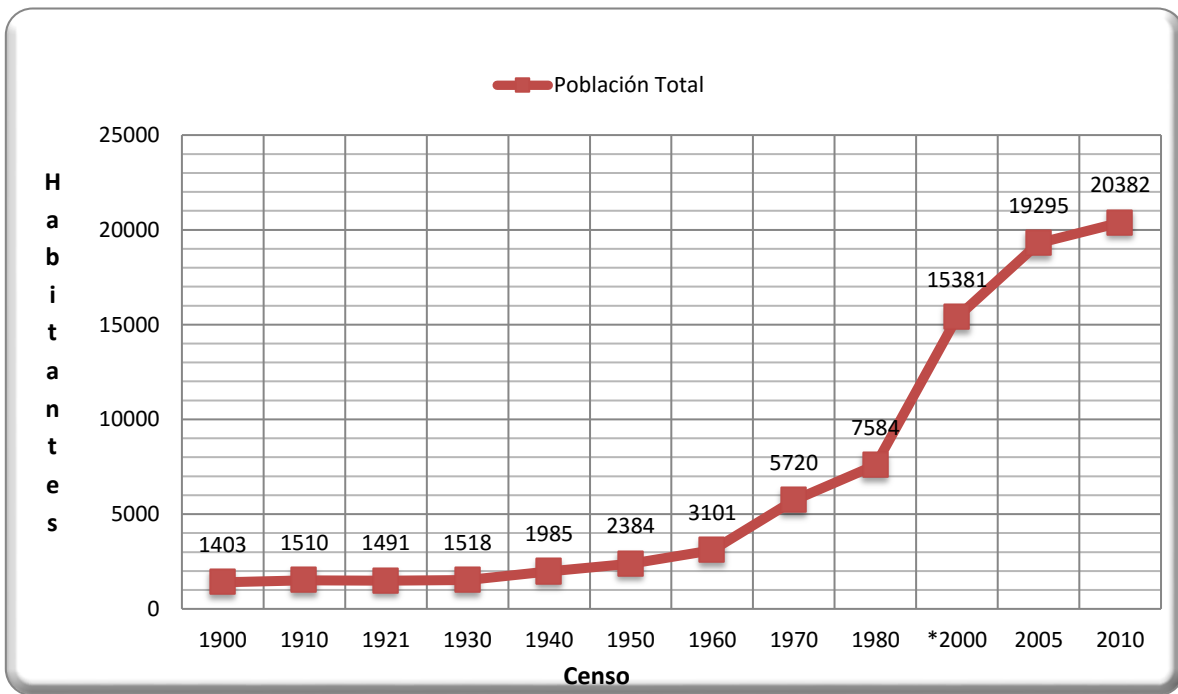
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

Datos generales de la Colonia los Ángeles.

Los Ángeles							
Latitud	Longitud	Altitud	Carta_topo	Entidad	Municipio	Tipo	
19.306093	-99.645987	0000	000000	15	106	R	

Áreas geoestadísticas que integran a la Colonia los Ángeles

Cve_ent	Cve_mun	Cve_loc	Cve_ageb	Cve_mza
15	106	0001	0307	013,016,020,022,024,026,027,028,031,034,035,036,037,038,039,040,041,042,048,050,051,052,053



Gráfica 2.3. Análisis demográfico de la zona de estudio.

Fuente: Gráfico generado en Excel con datos de los Censos de Población 2010, INEGI

*Dato calculado a nivel de AGEb, ya que en el Censo del 2000 no se contaba con datos por manzana

2.14 Análisis Económico de la Zona de estudio

Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE) 2010

Existen 522 unidades económicas como se puede apreciar en la Figura 21 de las cuales se tiene:

- Industrias Manufactureras 51 (Agua plus, Hielo Toluca S.A. DE C.V., Panadería, Tortillerías...)
- Comercio al por mayor 8 (Aceros y materiales Estrada, Vinos y Licores el Gallito...)
- Comercio al por menor 243 (Expendios de pan, misceláneas...)
- Información en medios masivos 2 (bibliotecas)
- Servicios educativos 14
 - 5 jardines de niños
 - 4 primarias
 - 3 secundarias
 - 2 preparatorias
- Servicios de salud 16 (Entre los que destaca: Clínica de consulta externa ISEMMYM)
- Servicios profesionales científicos y técnicos 6 (1 clínica veterinaria, 1 buffet jurídico, registro civil, etc.)

Capítulo III

Metodología para la generación de mapas de vulnerabilidad por procesos de remoción en masa

El presente capítulo aborda principalmente el procedimiento que se llevó a cabo para la realización de los mapas que identifican las zonas vulnerables a procesos de remoción en masa en la ladera noreste del parque estatal Sierra Morelos específicamente en las localidades de Santiago Miltepec, Rancho la Mora y Colonia los Ángeles, también se menciona la metodología que se siguió para realizar los mapas temáticos utilizando la información que proporciona el INEGI, y las herramientas tecnológicas que se utilizan actualmente para la elaboración de cartografía temática, entre una de ellas Arc Gis versión 10.5 de ESRI.

El análisis inició con el reconocimiento de áreas afectadas por deslizamiento dentro de la zona de estudio y en sus alrededores.

Posteriormente se cartografiaron y determinaron las variables para realizar el proyecto.

Para el análisis de vulnerabilidad por procesos de remoción en masa se requiere comprender que son considerados movimientos naturales que se presentan como parte de la evolución del relieve terrestre, ya que constituyen uno de los procesos geológicos más frecuentes que han afectado la superficie de la tierra y una de las amenazas naturales que en la actualidad han incrementado su presencia dentro del territorio nacional debido a la recurrente formación de procesos meteorológicos extraordinarios.

En los últimos años México ha interactuado con una infinidad de eventos atmosféricos y geológicos que han dejado enseñanzas y rasgos físicos sobre la evolución del relieve, en la búsqueda de satisfacer sus necesidades, sobre todo de vivienda, el abasto de agua y otras necesidades básicas, las personas llegan a establecer sus comunidades en sitios vulnerables, como en zonas con pendientes inapropiadas para la construcción de viviendas, (zonas escarpadas) (Pérez, 2007).

En el caso del municipio de Toluca se han reportado desde hace más de 10 años procesos de remoción en masa en Rancho la Mora y Santiago Miltepec, así como

la presencia de agrietamientos en el suelo de la colonia Los Ángeles. En el caso de la colonia Rancho La Mora resulta relevante la expansión de la mancha urbana hacia zonas de mayor pendiente. Atlas de Riesgo del municipio de Toluca (2011).

Resulta relevante considerar que al norte de la cabecera municipal existe un sistema de cerros que conforman el Parque Estatal Sierra Morelos. En ellos existen pendientes pronunciadas, entre 22 y 45%, por lo cual éstas se catalogan como no aptas para el desarrollo urbano, aunado el hecho de que forman parte de un área natural protegida.

Sin embargo, por lo anterior y a pesar de que esta zona presenta altos niveles de riesgo por las pronunciadas pendientes y consecuente peligro de remoción en masa, en la actualidad esta zona se encuentra en proceso de urbanización, con asentamientos humanos irregulares, que no cuentan con servicios ni infraestructura básica. Plan municipal de desarrollo urbano de Toluca (2013-2015).

Para el estudio de la distribución de la vulnerabilidad generada por la interacción entre los deslizamientos y los elementos que afectan, tiene como finalidad proporcionar un mapa que describa de manera cualitativa o cuantitativa el nivel o grado de vulnerabilidad el cual puede ser, a partir de la representación espacial que nos permita identificar las diversas zonas donde existe la posibilidad u ocurrencia de algún peligro natural ya sea por inundación, heladas, erupciones volcánicas, procesos gravitacionales o geológicos.

Los peligros o amenazas naturales son causados por procesos rápidos o lentos de origen atmosférico, geológico e hidrológico en diversas escalas ya sean en ámbitos regionales, nacionales y/o locales; teniendo como ejemplo a las inundaciones, deslizamientos, desertificación, heladas, etcétera.

3.1 Esquema metodológico

El proceso metodológico describe cada una de las etapas que se consideró para realizar el análisis de vulnerabilidad por los procesos de remoción en masa figura 3.2

El diseño metodológico permite la identificación de parámetros que se utilizan en la estructuración de datos que son representados por variables, considerando como base la metodología de análisis espacial de vulnerabilidad (Universidad Nacional de Colombia de Ciencias Humanas. Departamento de Geografía (2004).

Las variables que se consideraron para zonificar el conjunto de procesos de remoción en masa fueron:

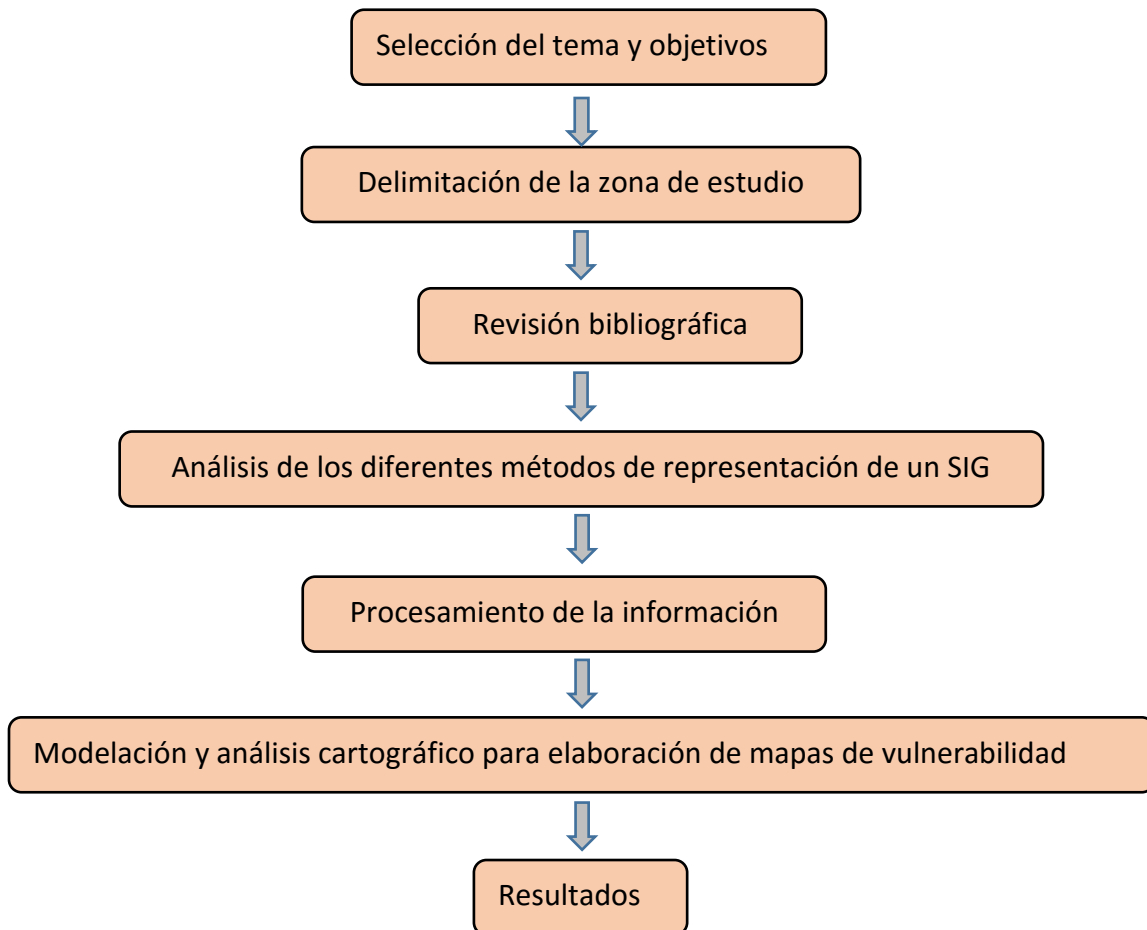


Figura 3.2 Etapas que comprenden el desarrollo del proyecto. Fuente: elaboración propia, 2018.

La metodología está basada en el modelo heurístico en conjunto con el análisis multicriterio. Las ventajas del modelo heurístico estriban en ser un método rápido, razonable y consistente con las condiciones físicas de la zona de estudio Roa, (2006); además permite contemplar los diferentes factores como un conjunto que incide en la inestabilidad de ladera, atributo del cual carecen otros métodos Ruff y Czurda, (2008).

Castellanos y Van Westen (2008) consideran que este método es el más confiable para la elaboración de mapas de susceptibilidad, por procesos de remoción en masa, ya que se basan en la ponderación y sobreposición de mapas temáticos, los cuales representan las variables consideradas como fundamentales en la generación de estos procesos figura 3.3.

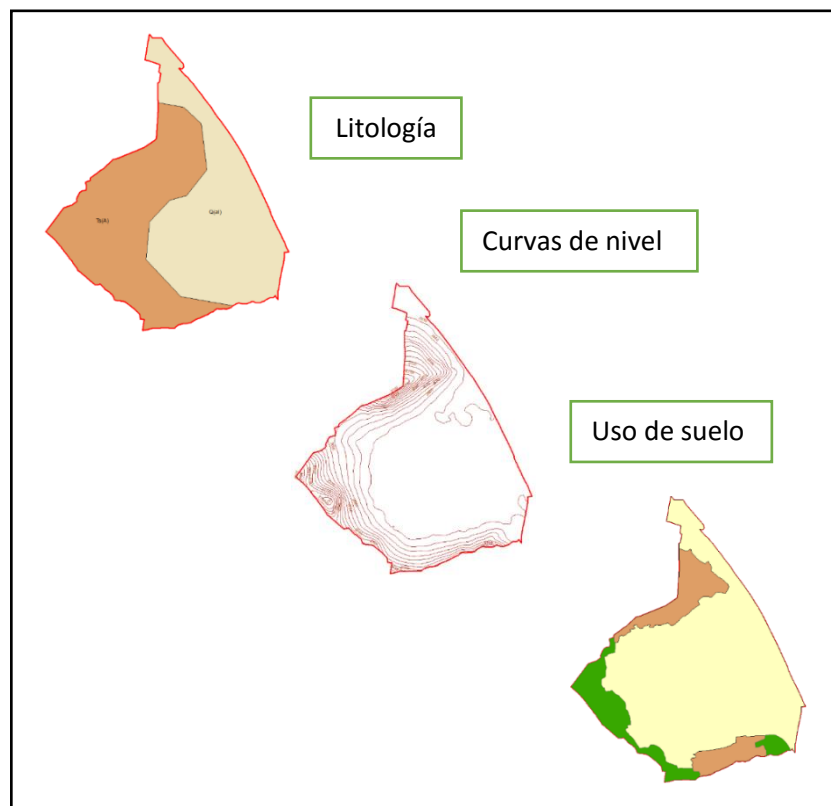


Figura 3.3. Suma de variables para la generación de mapas temáticos.
Fuente: Elaboración propia con base en los datos obtenidos del INEGI, 2010.

No obstante, lo anterior, en este trabajo se utilizó el análisis multicriterio, que permitió obtener una jerarquización de las variables consideradas, a partir de una ponderación con base matemática sólida, lo que otorgó mayor precisión para el análisis de vulnerabilidad, García (2006).

Este tipo de evaluación permite realizar un análisis dentro de un SIG, que permite integrar factores condicionantes y desencadenantes de la inestabilidad de laderas, así como técnicas de evaluación multicriterio basadas en jerarquías analíticas y sumas lineales ponderadas de pesos de factores y clases.

El uso de los SIG, para la elaboración de mapas de susceptibilidad por deslizamientos fueron por primera vez desarrollados por Earl Brabb en San Mateo Country, California para el USGS en 1978. Los primeros mapas se realizaban superponiendo mapas con los diferentes factores geológicos que influían en las fallas de los taludes. Hacia el año de 1988 se inició el uso de Sistemas de Información Geográfica, SIG, para la elaboración de los mapas de susceptibilidad.

3.1.1. Fase preliminar

La primera etapa de trabajo fue la selección y el análisis de la información de acuerdo con los temas geológicos, geomorfológicos y los procesos de remoción en masa, de esta manera se obtuvo un marco de referencia que sirvió de punto de partida en la presente investigación.

3.1.2. Fase de generación de la información

Una etapa fundamental de la investigación ha sido la generación de información elemental de tipo cartográfico para ello se delimitó la zona de estudio que considera los 4 polígonos de las unidades territoriales Santiago Miltepec Centro y Sur, Rancho la Mora y la Colonia los Ángeles, así como el límite de manzanas y ejes de calles (vialidades), que conforman el universo de trabajo, además de la información

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

temática que de acuerdo con la metodología que se utilizó, se divide en dos etapas.

Figura 3.4

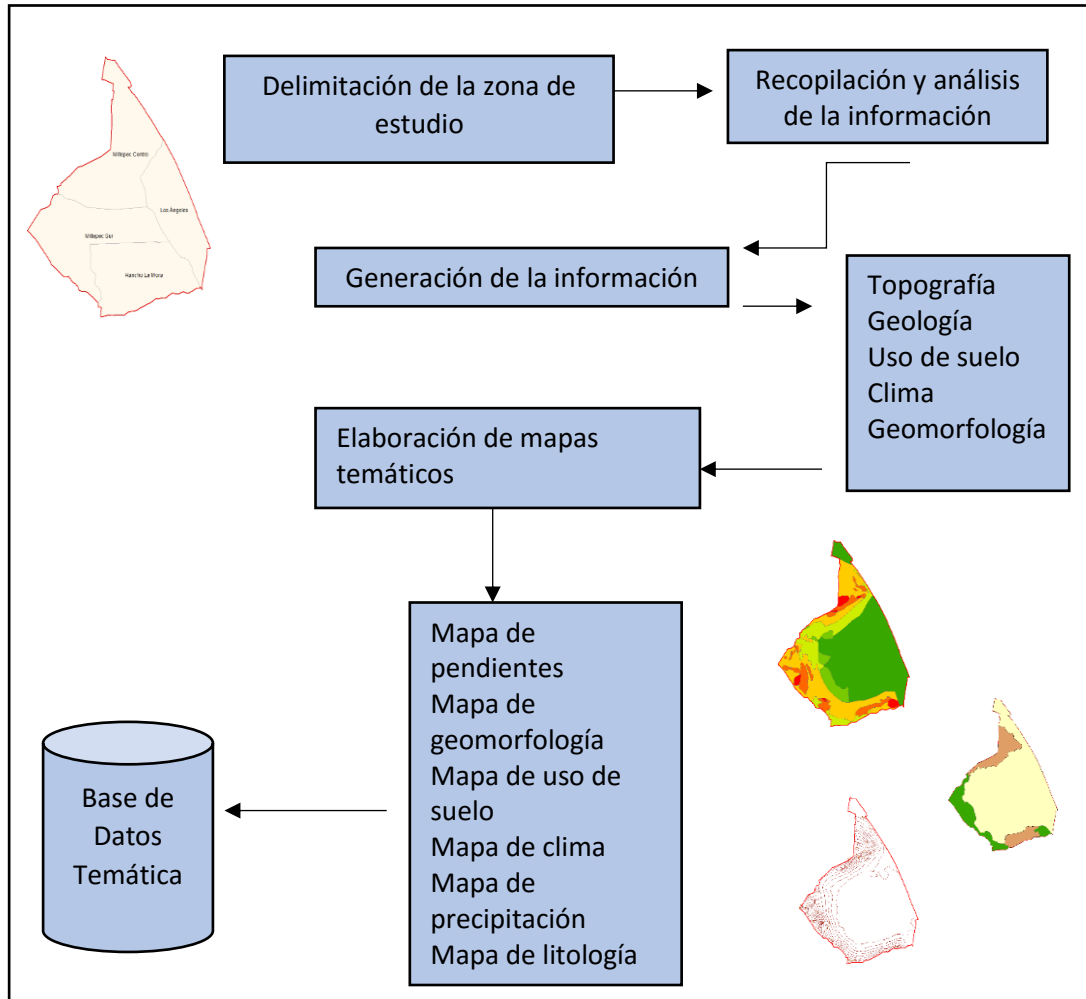


Figura 3.4 Diagrama metodológico para la generación de información básica para el análisis de procesos de remoción en masa en la región noreste del parque Sierra Morelos. Fuente: Elaboración propia (2018).

3.1.3 Fase de análisis

La selección de la información temática que conforma el análisis de vulnerabilidad fue cuidadosamente sustentada con base en la información y análisis de la bibliografía y el estudio sobre este tipo de procesos de remoción en masa, de manera que los parámetros elegidos fueran lo más representativos en cada uno de los procesos figura 3.5.

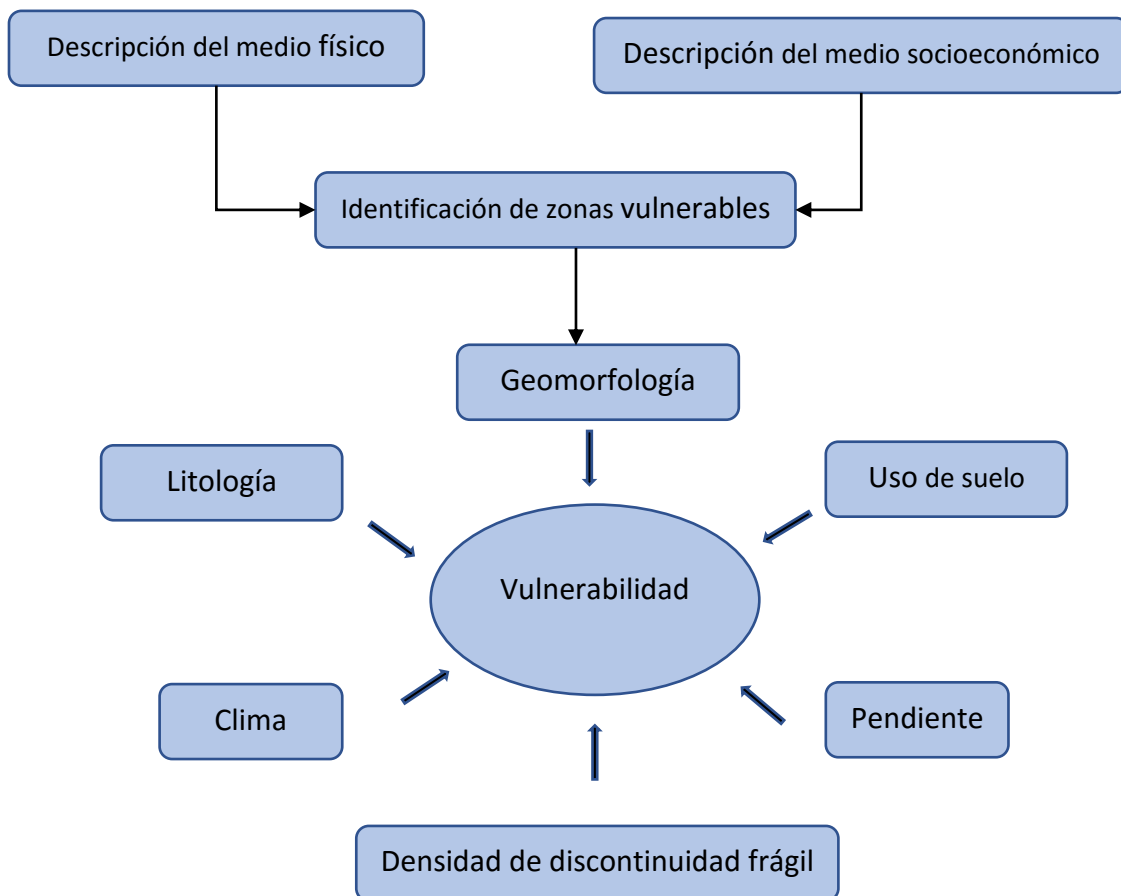


Figura 3.5 Esquema generalizado para la evaluación de la vulnerabilidad por procesos de remoción en masa y sus componentes.

Fuente: Elaboración propia en base al análisis multicriterio.

3.1.4 Fase de descripción del uso del método utilizado de Evaluación Multicriterio (EMC)

En los últimos años, como consecuencia de la masificación del uso de ordenadores y el desarrollo de los SIG, que mediante el uso de herramientas que permiten la automatización en la generación de modelos de susceptibilidad y amenaza por remoción en masa ha experimentado un importante avance gracias al uso de técnicas de análisis de datos espaciales y geomáticos.

Los deslizamientos pueden ser modelizados mediante modelos físicos y estadísticos. Los primeros se basan en las prioridades físicas de las laderas sus pendientes, y de los materiales que es la geología, características que se pueden ingresar a programas informáticos específicos que simulan las posibles trayectorias. Las causas que favorecen la generación, reactivación y progreso de la actividad de los procesos de movimientos en masa son de orden natural y antrópico. Dentro de las causas naturales se cuenta el material geológico y su grado de fracturamiento y las causas antrópicas que contribuyen son la deforestación, el pastoreo, los cortes para adecuaciones viales y las deficiencias en la malla vial. Abril, (2010).

Los modelos estadísticos, sostienen correlaciones estadísticas entre factores condicionantes (vegetación, pendiente, precipitaciones, sismos, actividad humana), modelos de susceptibilidad indican que zonas del territorio analizadas tienen mayor o menor propensión a sufrir deslizamientos Henríquez, (2011). Figura 3.6.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

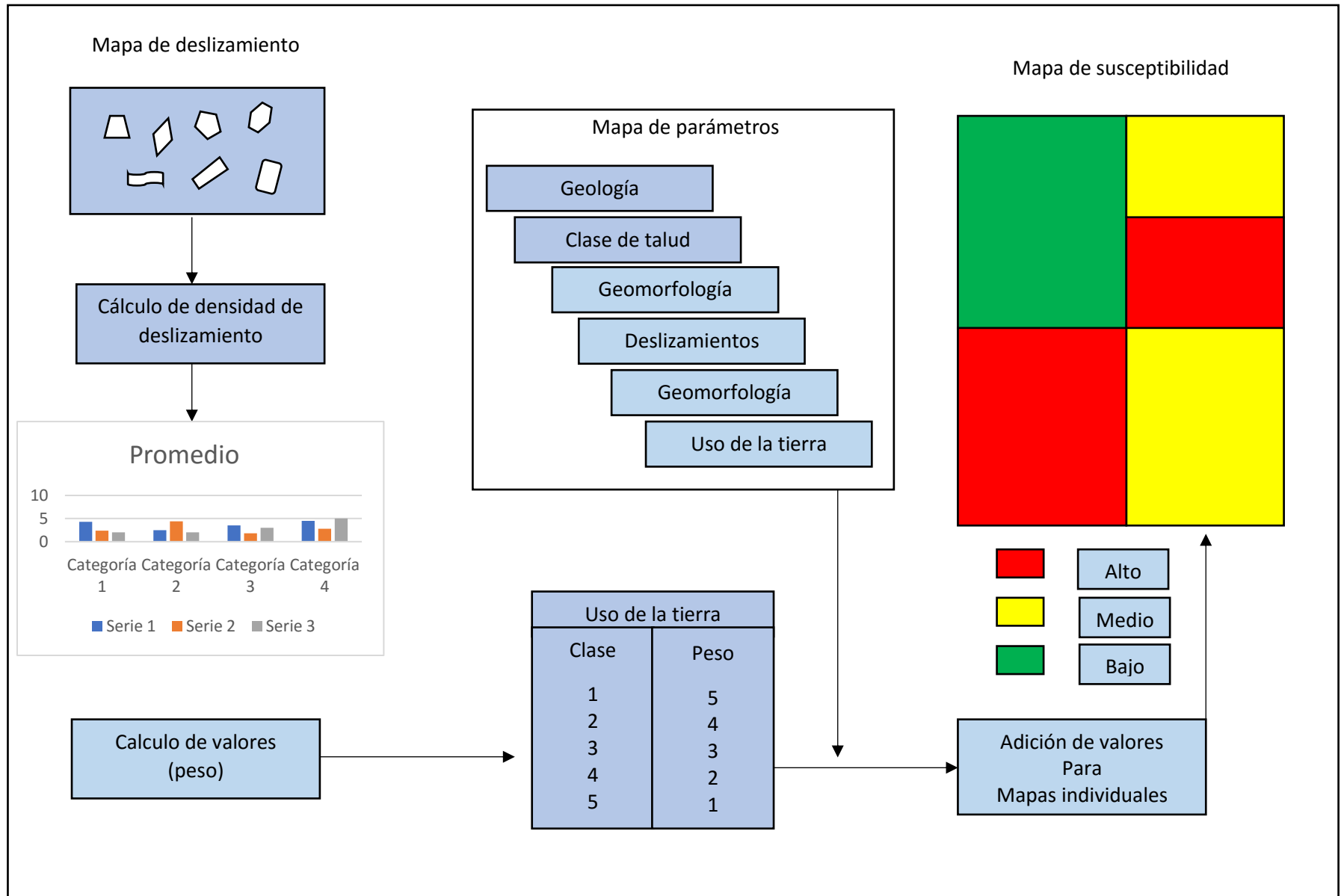


Figura 3.6. Modelos estadísticos y modelos de susceptibilidad

Fuente: Elaboración propia en base al análisis multicriterio.

La evaluación Multicriterio (EMC) mediante SIG requiere en primer lugar la creación de una base de datos mediante la selección y cartografiado de los factores del terreno condicionantes de la inestabilidad, luego de ser digitalizados y actualizados los mapas existentes de factores deben ser homogenizados en cuanto a contenido, escala y formato gráfico, para finalmente integrarse al SIG. Abril, A.L., (2010).

El Método Multicriterio en un SIG integra diversos factores condicionantes y desencadenantes de la inestabilidad de laderas para emplear un procedimiento de normalización analítica y en base a este criterio asignar pesos a los diferentes factores considerados.

El proceso de remoción en masa en el área de estudio fue analizado a través de factores y criterios. Los factores caracterizan los parámetros, propiedades y agentes que contribuyen a la generación del proceso.

Uno de los usos fundamentales de los SIG es la obtención de nuevas capas de información a partir de otras previamente disponibles, como se ha mencionado anteriormente, aplicando un conjunto de herramientas de cálculo con matrices de datos, además es la característica más poderosa para realizar análisis espacial, también llamada algebra de mapas la cual combina sus operadores y funciones en formas creativas, se descubrirá que se pueden desempeñar análisis geográficos de datos.

3.1.4.1 Fase de la generación de la información

El método empleado para la evaluación de la vulnerabilidad requiere en primer lugar la creación de la base de datos mediante la elección de mapas temáticos y cartografía de los factores del terreno condicionantes de la inestabilidad. Rodríguez (2005). La primera actividad que se abordó consiste en la obtención del área de estudio, entendida esta como el polígono que delimita físicamente la región de influencia del proyecto.

La segunda actividad consistió en la identificación de la cartografía básica disponible en formato digital de acuerdo con la escala a mayor detalle en la que se desarrollara el proyecto.

La tercera actividad fue buscar la información temática disponible, en esta etapa se requiere de tener la información básica como es curvas de nivel que se encuentran en la Carta Topográfica, información de Geológica, Uso de Suelo, Climas y la Geomorfología.

3.1.4.2 Elaboración de mapas temáticos digitales

Toda esta información se requiere lograr a partir de una extracción con el límite de la zona de estudio, considerando obtener:

- a) Modelo digital de elevación (MDE)
- b) Mapa de pendientes
- c) Mapa litológico
- d) Mapa de uso de Suelo
- e) Mapa de precipitaciones
- f) Mapa Geomorfológico
- g) Mapa de Climas

En el caso de la información topográfica como son curvas de nivel, la fuente para obtenerla es de la página de INEGI, (consultada en abril de 2018) en este caso fue la descarga de la información de la carta topográfica en escala 1: 50,000 con clave E14A38, figura 3.7.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

Mapas

[Ver todos los mapas](#)



Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000 serie III. E14A38 (Toluca)

Tema: Topografía
Colección: Cartas Topográficas
Entidad federativa: México
Edición: 2015
Formato: Electrónico
Escala: 1:50 000
Clave carta: E14A38
Proyección: Universal Transversa de Mercator
Coordenadas: O 99°20 - O 99°40 / N 19°15 - N 19°30
DATUM: ITRF2008 ÉPOCA 2010.0

Conjunto de datos espaciales o producto: INEGI. Información Topográfica a escala 1:50,000 y sus actualizaciones. 2013-2018. SNIEG. Información de Interés Nacional. Contienen información sobre los diversos datos espaciales presentes en los conjuntos de datos, como curvas de nivel, hidrografía, vías de comunicación, localidades, entre otros. Estos rasgos son representados digitalmente por un componente geométrico (puntos, líneas o áreas) y componentes descriptivos (los atributos del dato). Los topónimos o nombres geográficos, se incluyen como atributos propios de cada uno de los datos que conforman cada conjunto de datos y que por su naturaleza los requieren.

Formatos: [SHP](#) ↓
28.05 MB

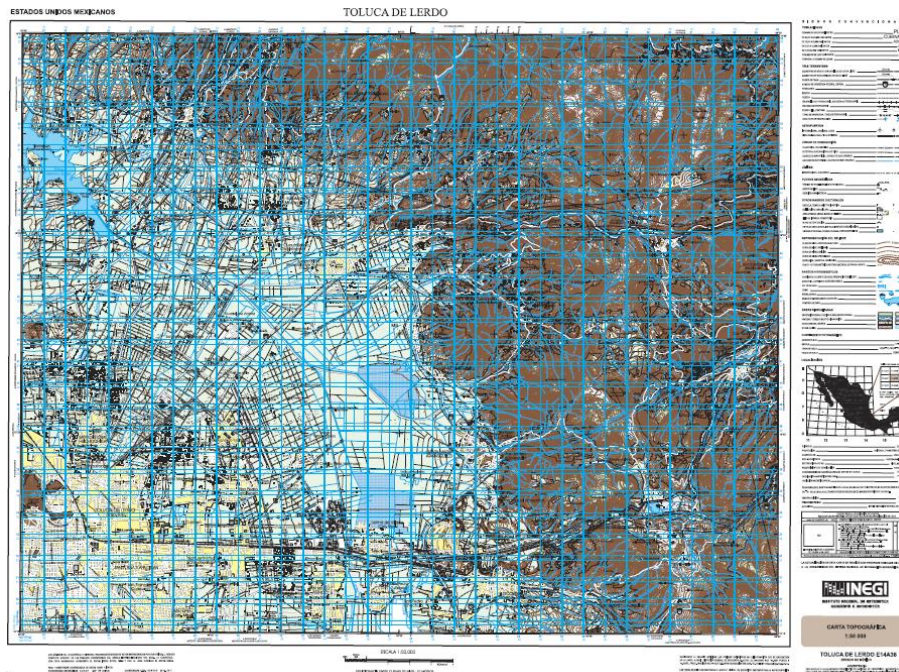


Figura: 3.7 Pagina web descarga de información.

Fuente: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825268749>

La información que se descarga es en formato *shape*, la cual se puede extraer para solo tener información conforme al límite de la zona de estudio, además de que conserva su tabla de atributos *.dbf* que también se obtiene de la descarga.

La equidistancia a la que se obtuvo la información de las curvas de nivel en la descarga fue de 1m, para fines del proyecto como es a mayor detalle por la superficie que se consideró para la zona de estudio se realizó una interpolación mediante el uso de un modelo tridimensional para poder trazar las curvas, a cada 1 metro, figura 3.8.

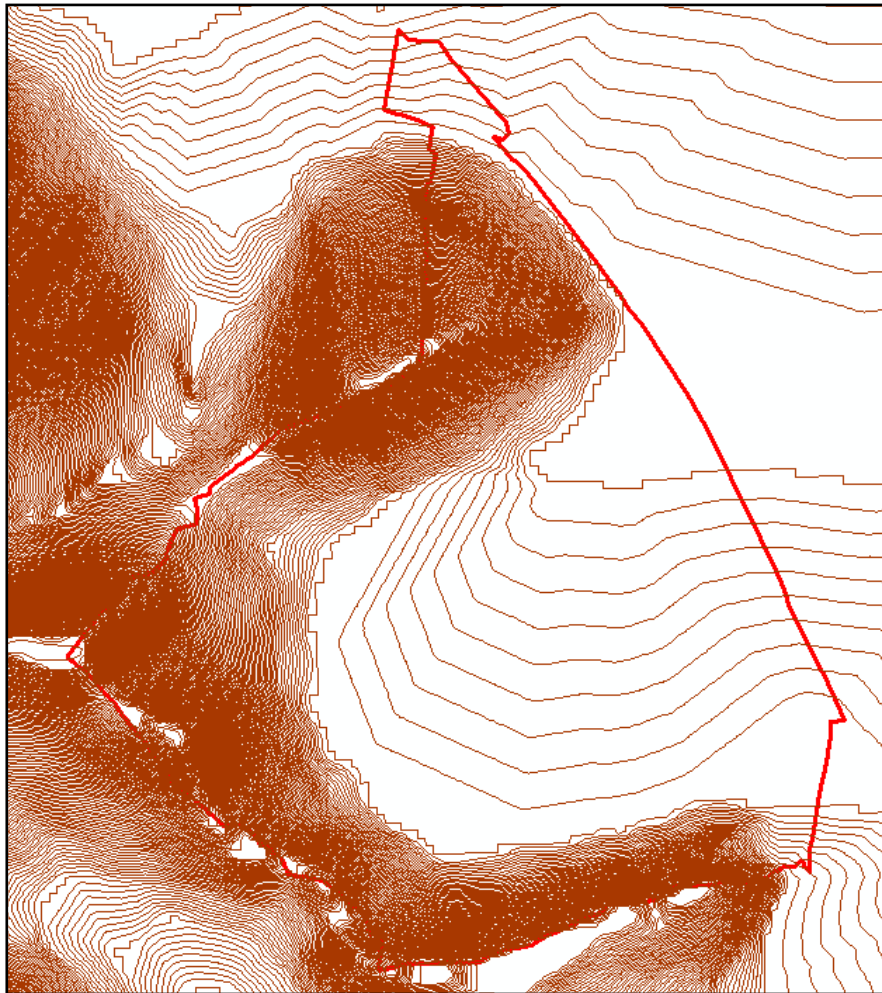


Figura 3.8. Curvas de Nivel a 1m.

Fuente: Elaboración propia, en base en la carta topográfica E14A38, INEGI 2013

3.1.4.3 Modelo de elevación digital (DEM)

Los modelos digitales de elevación (MDE) son capas *raster* en los Sistemas de Información Geográfica, donde la elevación es representada como píxeles que cubre un área rectangular.

Los modelos digitales de elevación (MDE) se utilizan para elaborar mapas del relieve del terreno en tres dimensiones, en el cual se puede identificar la topografía de la zona, se requiere contar con las curvas de nivel, figura 3.9.

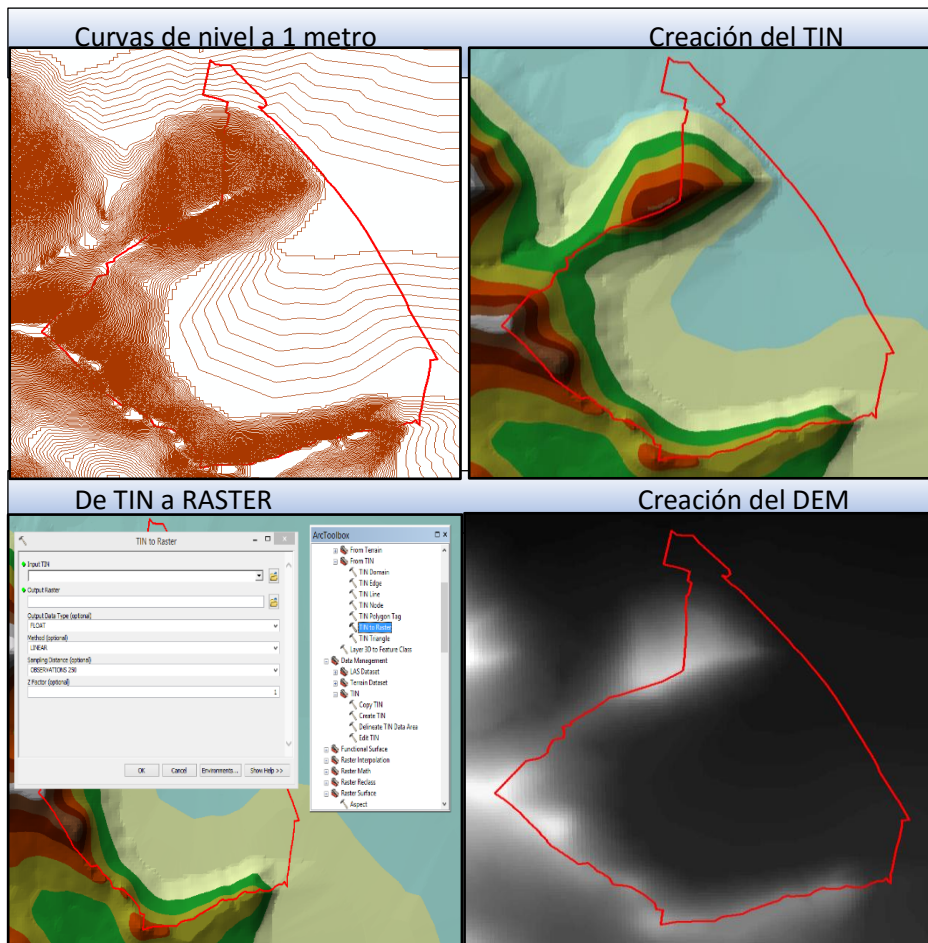


Figura 3.9. Procedimiento para obtener el DEM a partir de curvas a cada 1 metro.

Fuente: Elaboración propia, con base a los modelos digitales de elevación.

Se destacan cuatro pasos:

- 1.- Obtención de curvas de nivel a cada 1 metro.
- 2.- Crear un TIN a partir de las curvas de nivel, utilizando *ArcToolBox*
- 3.-Cambiar el TIN a formato *Raster*
- 4.- Se genera el DEM.

3.1.4.4 Pendientes

La variable denominada pendiente es un declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de una vertiente.

Los procesos de modelado de las vertientes dependen de la inclinación de éstas y un pendiente límite (de 45°, aunque variable según la índole de la roca), a partir de la cual se superan las fuerzas de rozamiento que retienen a los materiales sueltos en las vertientes. Por lo general existe un cambio de pendiente más o menos brusco entre la vertiente y el talud de derrubios que se forma en su base; la pendiente límite de ese talud suele ser de unos 35°. <http://www.elbikerblog.com/2009/04/pendientes-expresadas-de-manera.html>.

Se considera tanto el ángulo de inclinación como la longitud de la ladera y los marcados cambios de pendiente a través de las laderas.

Los autores consideran que es una variable, algunos las combinan con las formas (morfología), el índice de relieve relativo, las diferencias de altura, y las direcciones de las pendientes; conceptos que son agrupadas en la ciencia denominada geomorfología, junto con la morfodinámica (procesos erosivos y neotectónicos) Rodríguez, (2005).

Posteriormente de crear el modelo de elevación digital realizado en *Arcgis 10.5* Se genera un TIN que se convierte a *Raster* el resultado será un (DEM), para poder obtener el mapa de pendiente se requiere realizar una reclasificación en grados por la inclinación del terreno, el procedimiento se puede apreciar en la figura 3.10.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

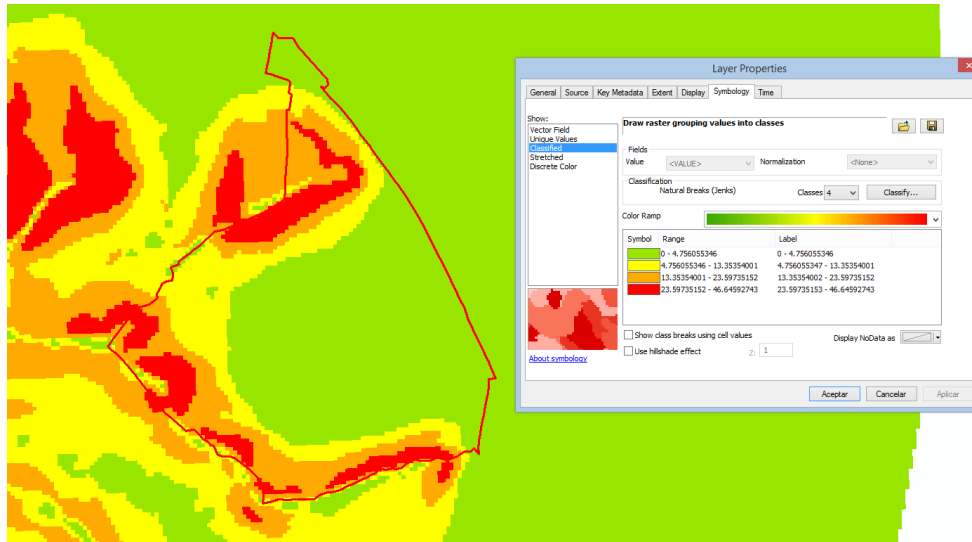


Figura 3.10. Proceso mediante el cual se obtienen archivos de pendientes y jerarquización de valores.

- 1.- Utilizar raster para archivo de pendientes.
- 2.- Obtención de mapa de pendientes

Fuente: Elaboración propia, en base a los modelos de elevación de Arc Gis 10.

A la par se realizó otro tipo de procedimiento para la generación del mapa de pendientes, se consideró realizar la descarga de la página de INEGI, el Modelo Digital de Elevación (MDE) de la carta E14A38 en formato *bill* el cual se encuentra en formato *raster*, formato en el que descarga el modelo, a partir del cual se requiere realizar un corte un poco mayor a la superficie de la zona de estudio para que tener mejor resolución del TIN y respectivamente en la generación de las Pendientes, a partir de este corte, se generaron curvas de nivel a cada 1m., lo cual mejoro la calidad de la información para generar el TIN y las pendientes, visualizando que las curvas a cada 1m., mantienen la sinuosidad de la forma del terreno.

El cual dará pendientes desde los 0° a los 48° , con esto podremos identificar cuáles son las zonas con mayor pendiente en las cuales no se debería tener asentamientos humanos, sin embargo, la población tiende a ocupar esos lugares sin considerar los riesgos que pudiera sufrir.

Este procedimiento se puede visualizar en la figura 3.11.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

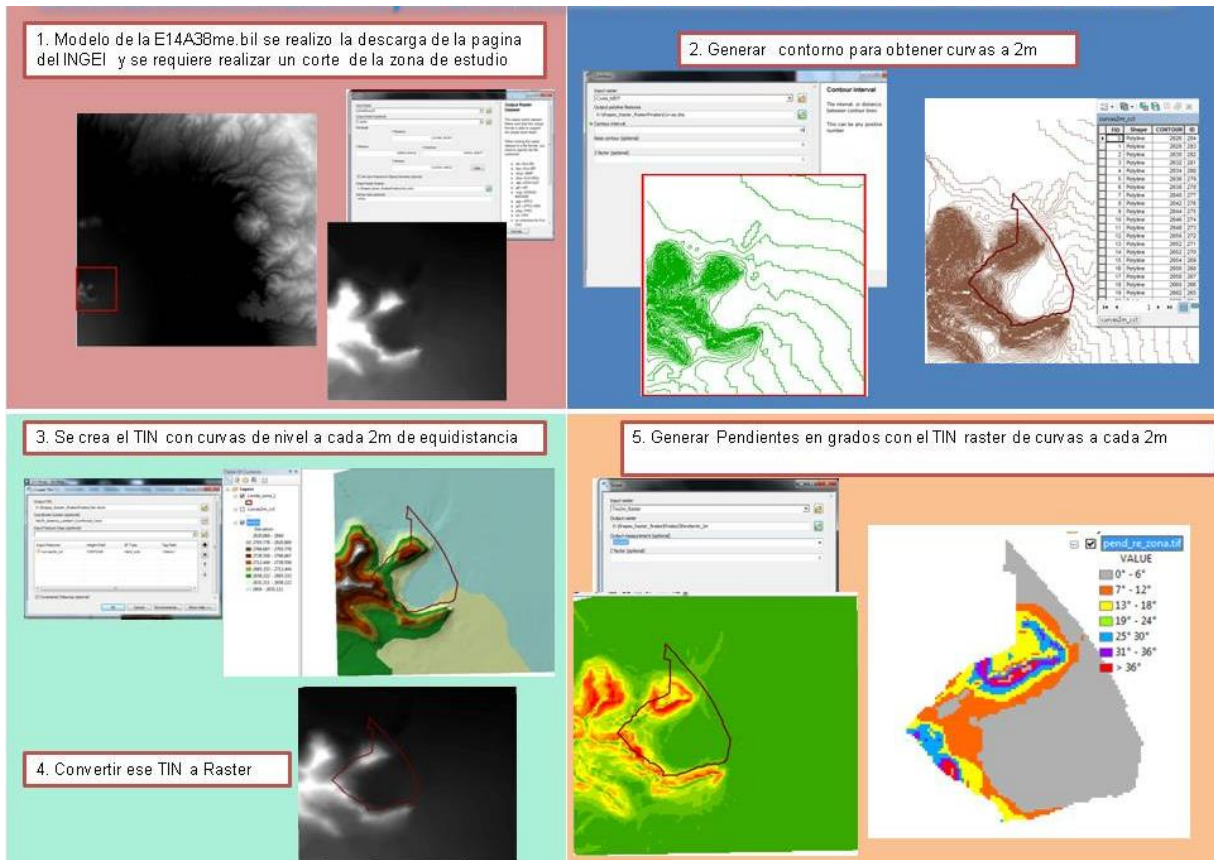


Figura 3.11. Procedimiento para generar un TIN y el mapa de Pendientes desde un MDE en formato raster con curvas a cada 2m, para esto se realizan 5 pasos:

- 1.- Se descargo la carta E14A38 de la página del INEGI, y se realiza un corte de la zona de estudio.
- 2.- Se genera el contorno para obtener las curvas a cada dos metros
- 3.- Se crea el TIN con curvas de nivel a cada dos metros de equidistancia
- 4.- Generar pendientes en grados con el TIN raster de curvas a cada dos metros
- 5.- Convertir el TIN en raster

3.1.4.5 Información litológica

La litología es fundamental para comprender cómo es el relieve, ya que dependiendo de la naturaleza de las rocas se comportarán de una manera concreta ante los movimientos tectónicos, los agentes erosivos, transporte de materiales, y el clima que se distingue en la zona. [La Litología | La guía de Geografía](http://geografia.laguia2000.com/relieve/la-litologia#ixzz3135cZNdU)
<http://geografia.laguia2000.com/relieve/la-litologia#ixzz3135cZNdU>

Para la generación de la información litológica del área de estudio, se obtuvo a partir del *shape* de polígonos escala 1:50 000 de la carta E14A38 del Estado de México. Posteriormente al tener la información de litología en *shape* se extrae a partir de un corte considerando el límite de la zona de estudio, para que se consideren solo los rodales que se encuentran al interior del polígono de la zona de estudio, como se aprecia en la siguiente figura 3.12.

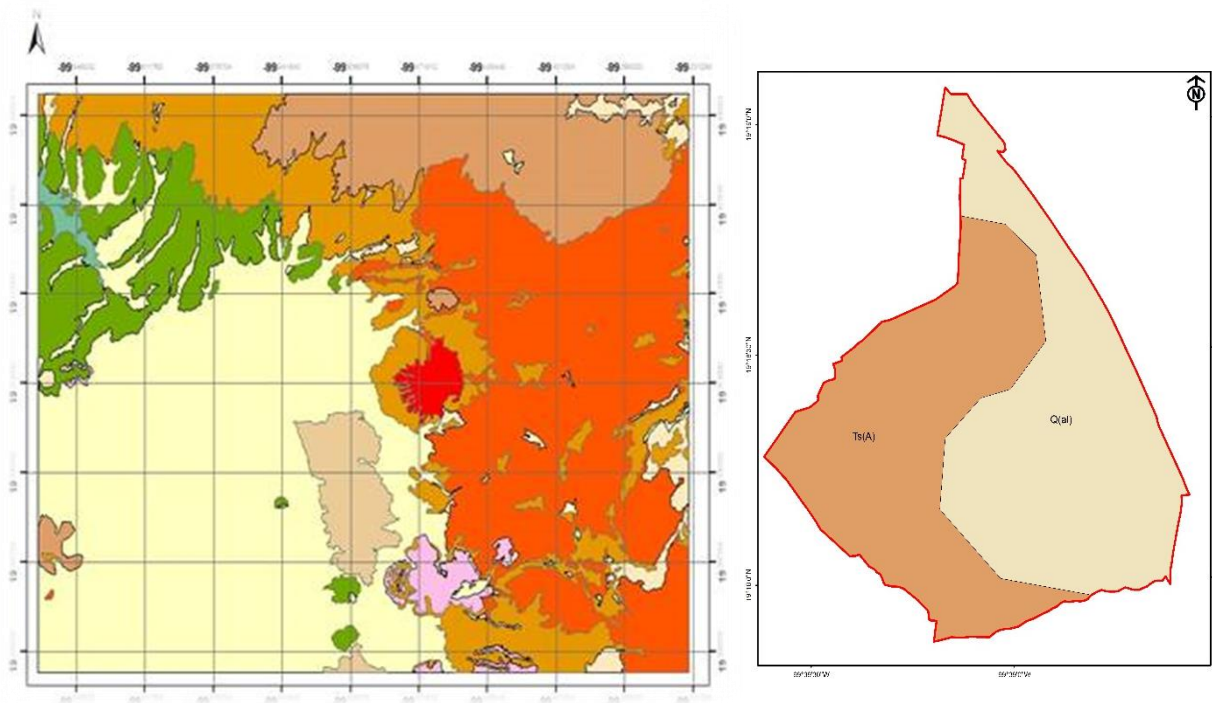


Figura 3.12. Procedimiento para obtener el Mapa Litológico de la zona de estudio, en el cual se realizan dos pasos:

- 1.- Shape del polígono de escalas 1: 50 000de la E14A38 del estado de México
- 2.- Se realizó un corte del *Shape* de polígono, del área de estudio

3.1.4.6 Información de geología estructural

Para la obtención de la información estructural en el área de estudio, se realizó la fotointerpretación de fallas geológicas a través del uso de imágenes de *Google Earth*, dicho proceso consistió en trazar líneas, posteriormente dicho archivo de líneas se cambió de formato *kml* a *layer*.

Este tipo de imágenes puede ser considerado un elemento indispensable en el estudio estructural de una zona. A través de ellas se pueden seguir los plegamientos de las rocas en toda su extensión, permitiendo trazar la posición de los ejes anticlinales y sinclinales, equivalente al estudio de fracturas y fallas, que permiten conocer el grado de fracturación de la roca. López, (1979). A partir de esta fotointerpretación se generó el mapa de Geología Estructural de la zona de estudio, figura, 3.13.



Figura 3.13. Procedimiento para obtener el mapa de Geología Estructural, de igual forma se siguieron tres pasos:

- 1.- Foto interpretación de las fallas geológicas (trazado de líneas), utilizando *Google Earth*
- 2.- Se generó el mapa de Geología estructural
- 3.- Cambio de formato de archivo creado en *Google Earth* de *kml* a *layer*

En las zonas con un alto grado de fallas son áreas de incidencia particularmente alta en la potencial ocurrencia de procesos de movimientos en masa. De igual forma, se considera que el grado de fracturamiento y de cizallamiento de un macizo rocoso juega un papel importante en la determinación de la estabilidad de taludes o laderas. En general, la tectónica contribuye a la inestabilidad de las laderas por la presencia de estructuras geológicas: fracturas y fallas. Vargas, (1999).

3.1.4.7. Información de climas

En el caso de la información de climas para la zona de estudio es muy general, así que se decidió tomar de referencia la cartografía del Atlas de Riesgos de Toluca, Dirección de Protección Civil de Toluca (2001). Imagen 3.14.

De este análisis se extrajo una imagen en formato *jpg*, la cual se utilizó de referencia, para después rodalzar los índices de agresividad climática, permitiendo generar información en formato *shape* con un sistema de referencia, considerando el límite de la zona de estudio para la extracción de los polígonos a digitalizar

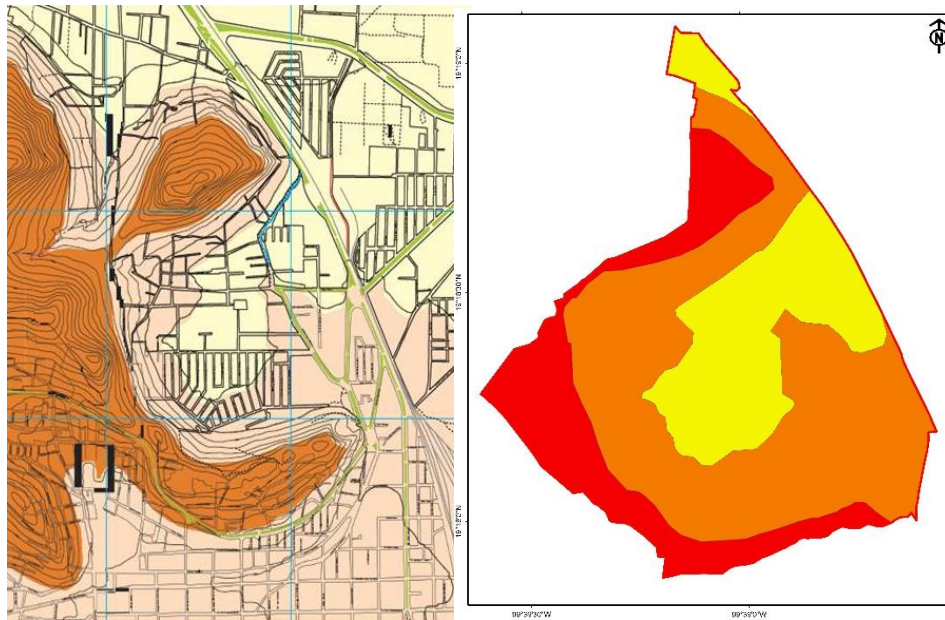


Figura 3.14. Imagen en formato *jpg* de la Agresividad Climática

3.1.4.8. Información geomorfológica

La geomorfología considera las formas de la superficie terrestre y los procesos que las generan.

Para el caso de la información geomorfológica del área de estudio se realizó el mismo procedimiento que se aplicó para la información de climas, considerando la cartografía del Atlas de Riesgos de Toluca, Dirección de Protección Civil de Toluca (2001). Figura 3.15.

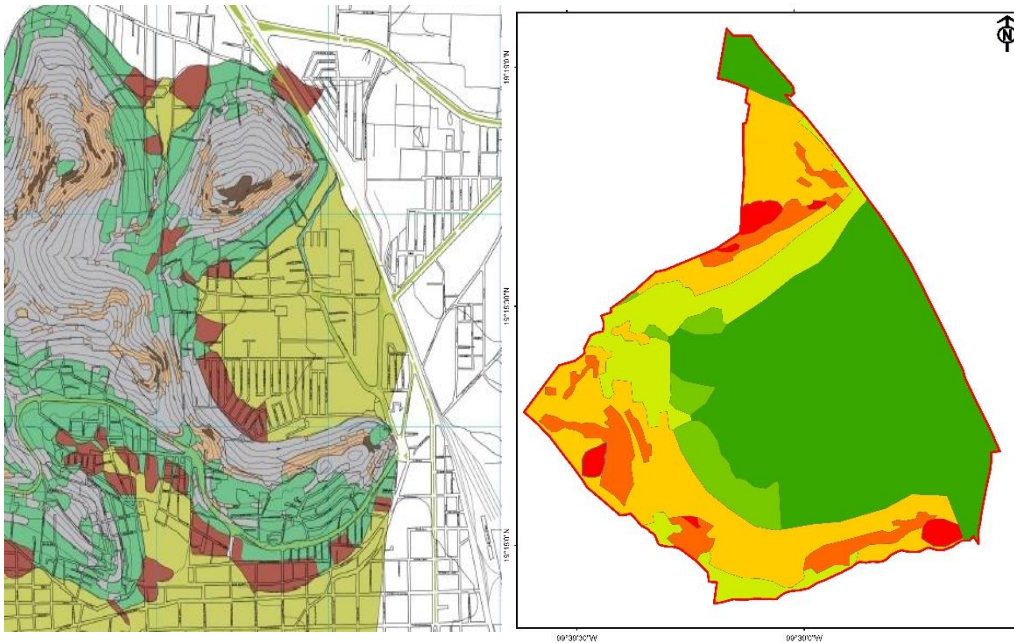


Figura 3.15 Imagen en .jpg del tema de Geomorfología

3.1.4.9. Información de uso de suelo

Engloba los diferentes usos que el hombre puede hacer de la tierra, su estudio y los procesos que llevan a determinar el más conveniente en un espacio concreto.

Para obtener los rodales del uso de suelo actual que tienen en la zona de estudio se digitalizaron los tipos de usos que se consideran: como es uso urbano, uso forestal y pastizal, para el desarrollo de este procedimiento se utilizaron como insumos ortofotos con una resolución a 1.5m del año 2010, se generó un nuevo *shape* desde *ArcCatalog* para que considerara el tipo de elementos como polígonos y por tipo de uso digitalizar un polígono, y conformar el *shape* de uso de suelo de la zona que conforma Santiago Miltepec, Rancho la Mora y la Colonia los Ángeles, como se puede apreciar en la figura 3.16.

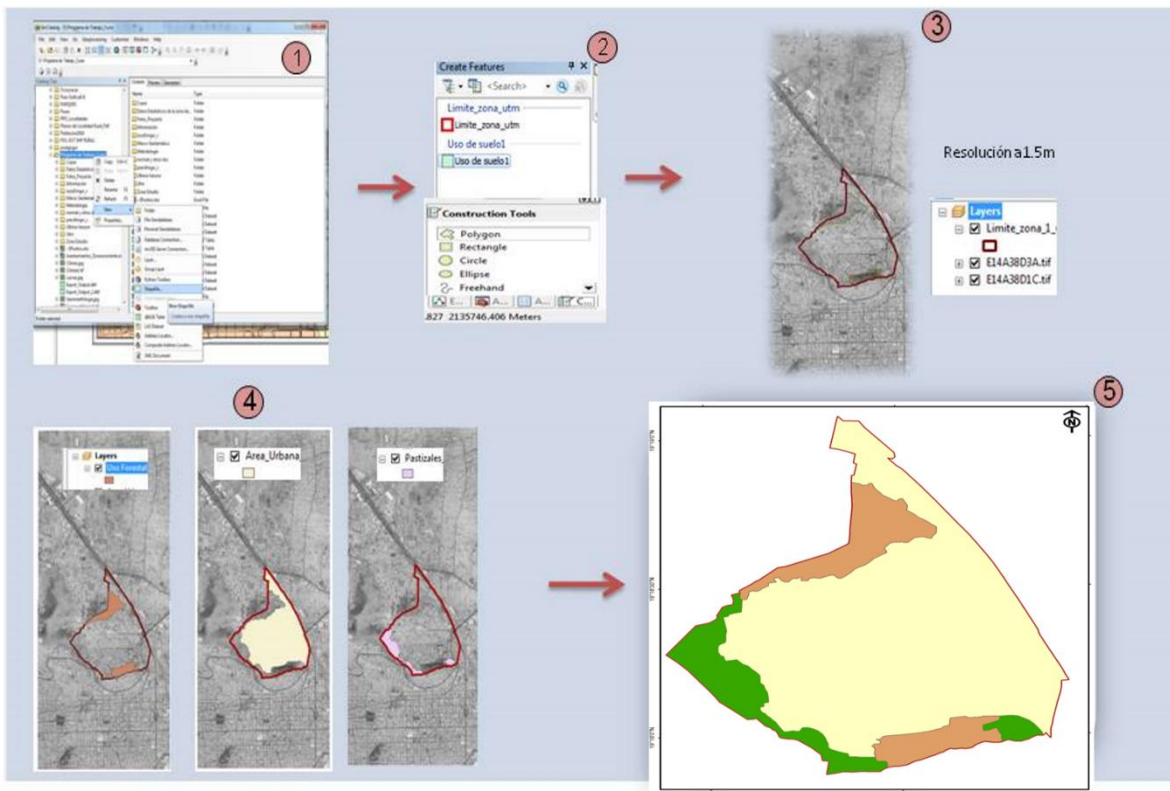


Figura 3.16 Procedimiento para obtener los rodales el uso de suelo.

La importancia del factor de uso de suelo radica en la capacidad de intercepción de humedad que tiene la vegetación en función de su tipo, densidad, área de cobertura, etc., constituyendo un factor de resistencia o favorecimiento a los procesos morfodinámicos como la erosión y los movimientos de masa, Sánchez, (2002).

Diversas actividades como son los cortes y rellenos a los largos de las carreteras, deforestación o cortes al pie de una ladera, comúnmente generan alteraciones en las pendientes y cambios en las condiciones del nivel freático, incrementando la susceptibilidad a los deslizamientos.

Se concluye que, a mayor cobertura vegetal con sistemas de raíces profundas y mayor variedad de especies vegetales, la susceptibilidad a la ocurrencia de procesos de movimientos en masa sería menor que en aquellos casos en donde el uso predominante son los pastos, suelos desnudos y cultivos limpios. Gómez, (2013).

Posterior al procedimiento de generación de los mapas temáticos se requiere, darles un valor o peso establecido en cuanto a los criterios sobre los valores asignados a cada variable que se considera para el análisis de vulnerabilidad por Remoción en Masa, estos factores, una vez homogeneizados en cuanto a contenido, escala y formato gráfico, se integran en un SIG, Barredo, (1996).

3.1.5 Valoración y normalización de los mapas generados

El uso de métodos estadísticos, generalmente más adecuados en estos casos, conlleva a un gran esfuerzo de recolección de datos. Dado, que el análisis de vulnerabilidad por el proceso de remoción en masa requiere del manejo simultáneo de gran cantidad de información de factores parcialmente inter-relacionados, donde la modelación de los mismos suele llegar a ser complejo, el empleo de los SIG, constituye actualmente un sistema muy útil para resolver los modelos que permiten zonificar las amenazas o zonas vulnerables, dado que permite el almacenamiento y manipulación de la información referente a los diferentes factores de terreno como capas de información.

Los valores contenidos en los mapas generados tienen diferentes significados y unidades de medida, por esta razón, y para poder compararlos se requiere estandarizar sus valores a una misma unidad y medida. En este caso se ha considerado conveniente emplear una escala numérica de 0 a 1, donde 0 representaba la más baja potencialidad y 1 más alta potencialidad del criterio a desarrollar movimientos en masa.

A continuación, se muestran los criterios de ponderación para la vulnerabilidad al proceso de remoción en masa que se le da cada una de las variables, valores que se aprecian en los cuadros 3.1, 3.2, 3.4 y 3.5.

Cuadro 3.1. Susceptibilidad de Remoción en Masa por la Intensidad de la Pendiente

Pendientes	
Grados	Valor
0° - 4°	0.0 Mínimo
5° - 13°	0.5
14° - 23°	0.7
> a 23°	1.0 Máximo

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

Cuadro 3.2. Susceptibilidad de Remoción en Masa por el tipo de Litología

Litología		
Clave	Tipo	Valor
Q(al)	Aluvial	0.600 Mínimo
Ts(A)	Andesita	0.100 Máximo

Cuadro 3.3. Susceptibilidad de Remoción en Masa por Unidad Geomorfológica

Unidades Geomorfológicas	
Geomorfología	Valor
Planicie fondo de valle	0.00 Mínimo
Piedemonte inferior	0.20
Piedemonte intermedio	0.40
Piedemonte superior	0.60
Ladera de caída con pendiente hasta 90°, con procesos de caída y meteorización	0.80
Escarpe rocoso con fracturas y diaclasas con pendiente de 90°	1.00 Máximo

Cuadro 3.4. Susceptibilidad de Remoción en Masa por Unidad Uso de Suelo

Uso de Suelo	
Tipo	Valor
Uso Forestal	0.30 Mínimo
Uso Forestal	0.30
Pastizal	0.70
Pastizal	0.70
Zona Urbana	1.00 Máximo

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

Cuadro 3.5. Susceptibilidad de Remoción en Masa por la Agresividad Climática

Agresividad Climática	
Grado	Valor
Moderada	0.30 Mínimo
Moderada	0.30
Alta	0.60
Muy alta	1.00 Máximo

De acuerdo con la normalización que se le da a cada variable es como se reclasificara para que consideré los valores de 0 a 1, dependiendo del tipo de elemento.

El resultado de la integración de las variables antes analizadas (mapas de factores), que ejecutan mediante el uso de herramientas de análisis espacial del software ArcGIS 10.5, además del uso de la herramienta de *model builder* o denominado también Modelado Cartográfico.

El modelo cartográfico representa un mapa de susceptibilidad a los procesos de remoción de masas aplicado para áreas que específicas cimentado con base en la composición de análisis estadístico multicriterio combinado con el método heurístico.

En su preparación se consideraron seis factores o criterios asociados entre sí, que determinan la susceptibilidad de vulnerabilidad como lo son:

- Litología
- Precipitación
- Pendiente del terreno
- Cortes en talud por vías de comunicación
- Densidad de discontinuidades estructurales
- Deforestación

Esto se aprecia en la figura 3.23.

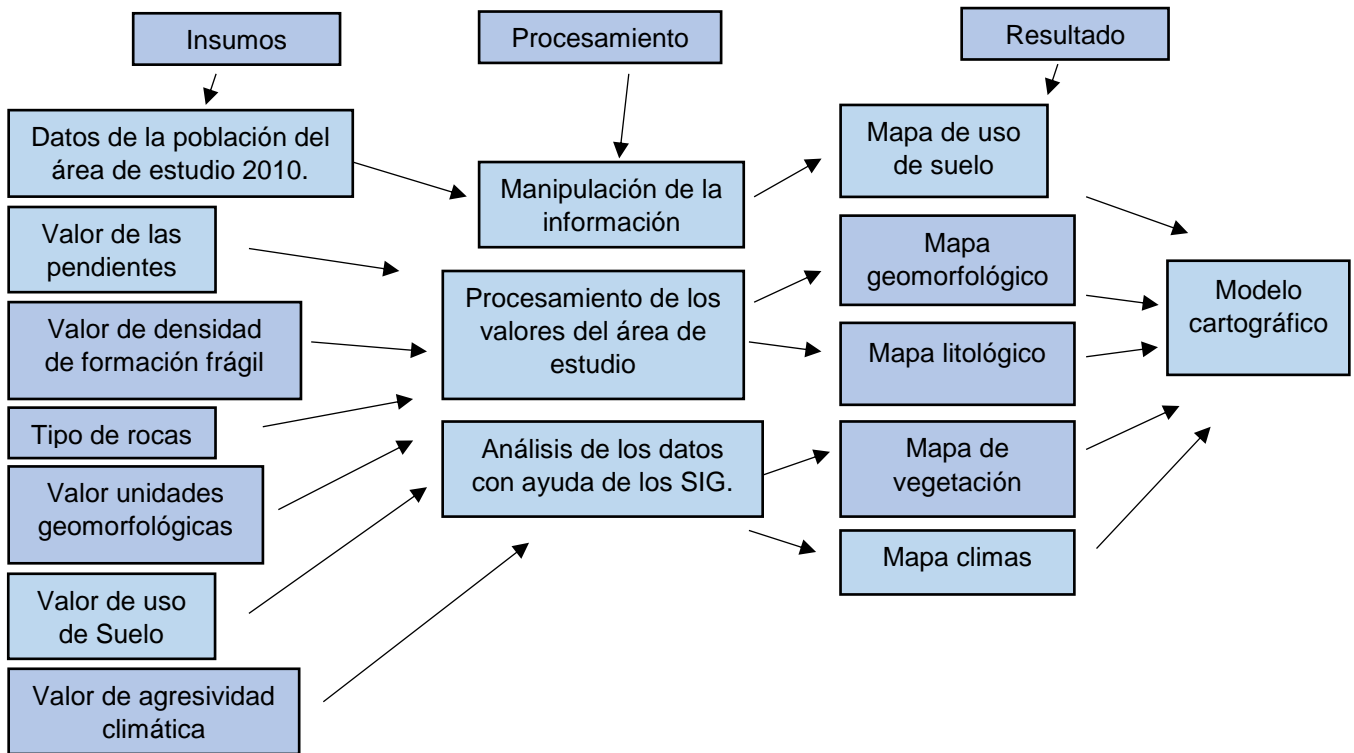


Figura 3.23. Modelado Cartográfico

El mapa que se obtiene a partir del modelado cartográfico se representa el primer documento de gran escala que expone la susceptibilidad del peligro de movimientos en masa en el área, así como las jerarquías de vulnerabilidad, como se puede apreciar en la Figura 3.24.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

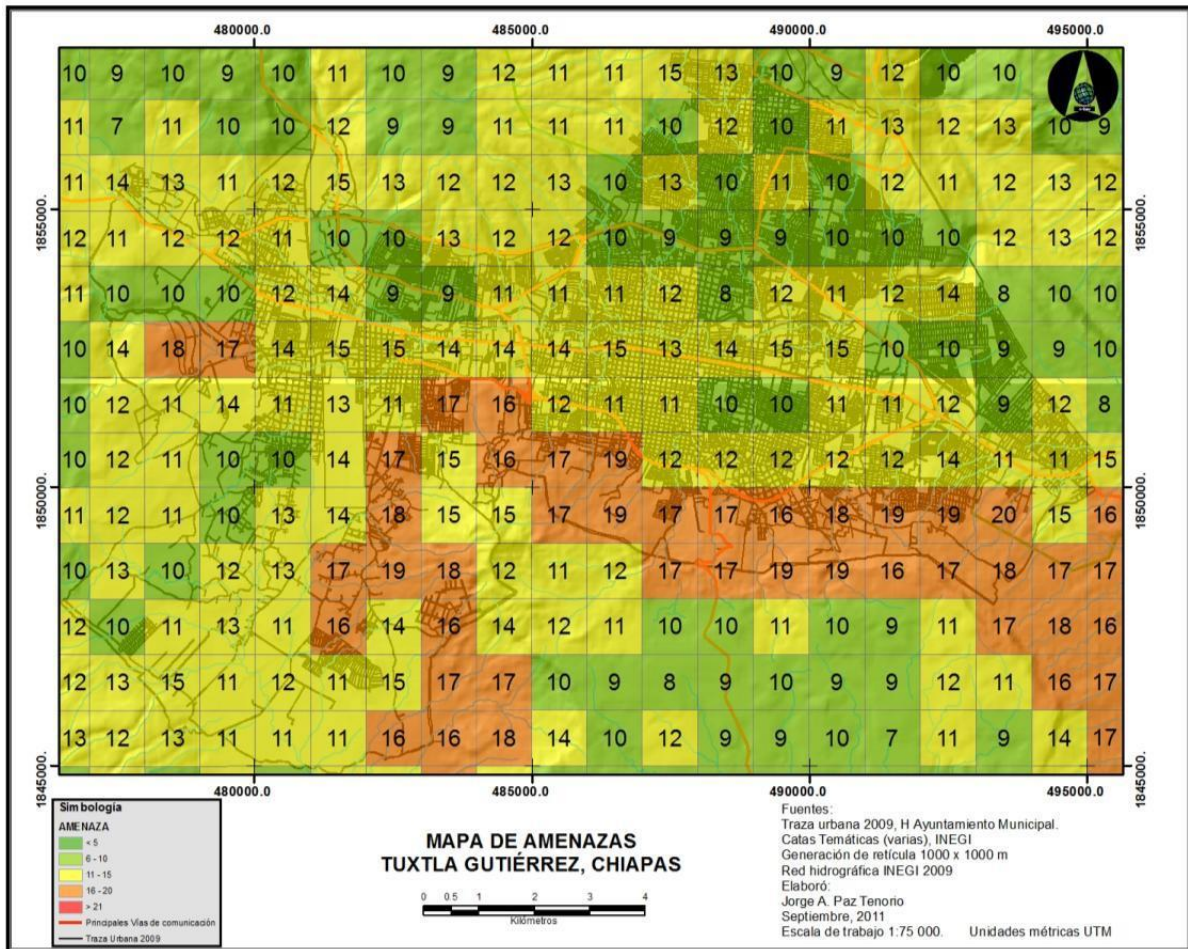
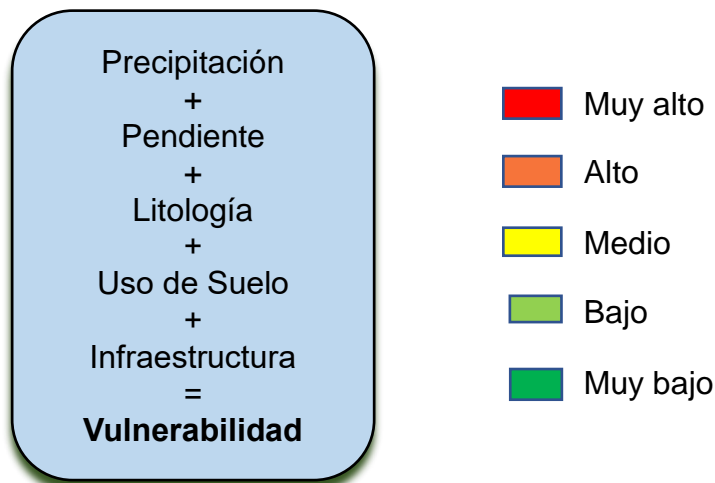


Figura 3.24. Mapa de susceptibilidad a remoción en masa



3.2 Modelado cartográfico

Para la elaboración del modelo cartográfico de la zona nororiente de la Ciudad de Toluca que comprende Santiago Miltepec, Colonia los Ángeles y Rancho la Mora, se utilizó el Model Builder que es una herramienta de análisis que se incluye con ArcGIS 10.5 Desktop como se aprecia en la figura 3.25.

Que de una manera genérica permite organizar y expresar los métodos por los cuales las variables y las operaciones son seleccionadas y usadas para desarrollar un modelo SIG. En un modelo cartográfico y a partir de unas capas o variables de partida se pueden obtener variables derivadas y nuevas salidas cartográficas.



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
 EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

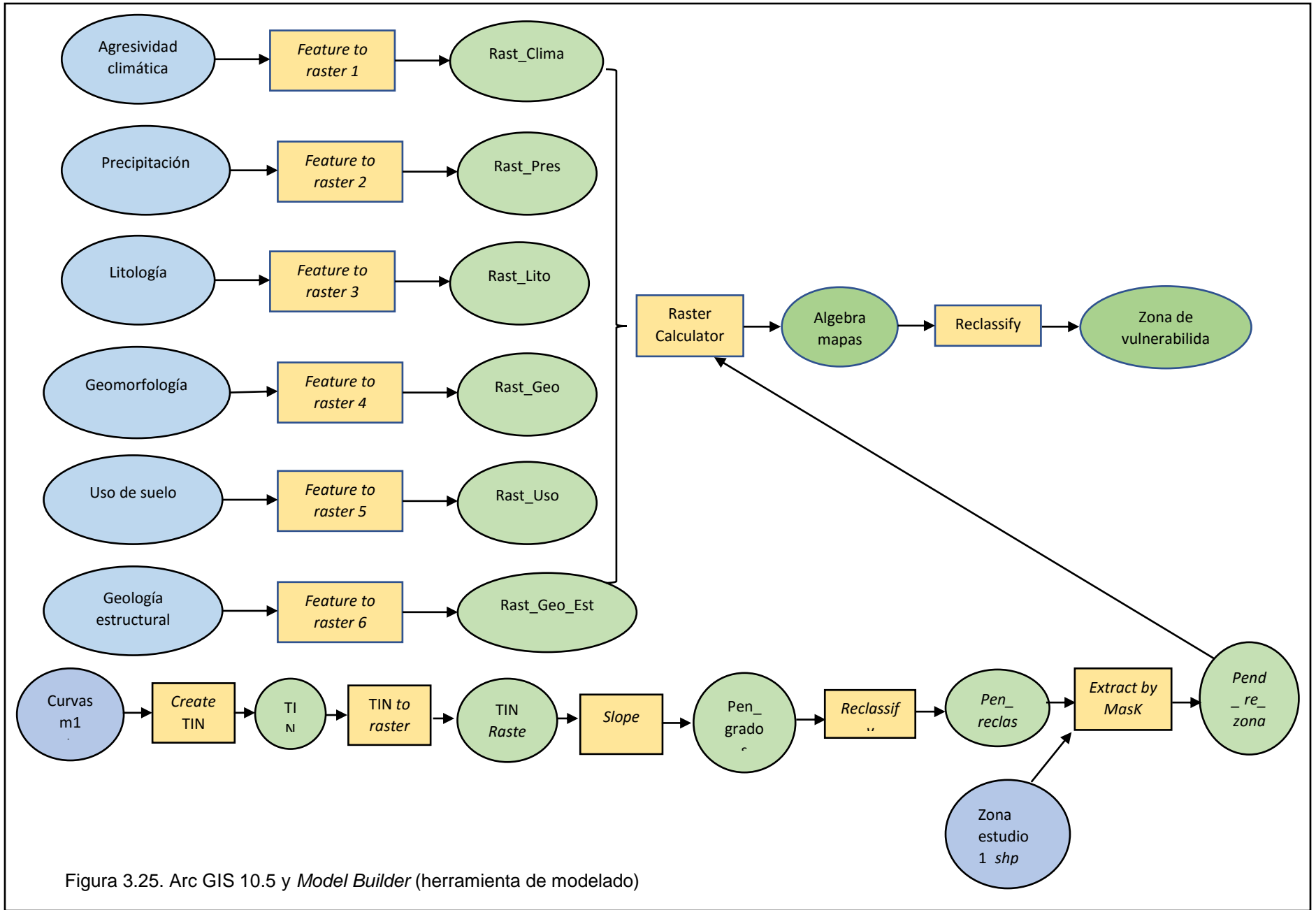


Figura 3.25. Arc GIS 10.5 y Model Builder (herramienta de modelado)

Model Builder es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. *Model Builder* también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo. (*PROCALCULO PROSIS*, 2007).

3.2.1. *Model builder*

Funciones

- ✓ Automatiza flujos de trabajo repetitivos.
- ✓ Se puede usar en procesos complejos que toman gran cantidad de tiempo procesando datos.
- ✓ Estandariza los procesos

3.2.2. Características del *Model Builder*

- ✓ *Model Builder* es muy útil para construir y ejecutar flujos de trabajo sencillos, pero también proporciona métodos avanzados para ampliar la funcionalidad de ArcGIS, ya que permite crear y compartir los modelos a modo de herramienta.
- ✓ Proporciona una documentación gráfica del proceso.
- ✓ Puede generar informes por separado como un documento XML y puede ser compartido y utilizado como una plantilla para análisis similar, además puede ser exportado como parte de una caja de herramientas o un documento XML.

3.2.3. Elementos de un modelo

Los elementos del modelo son bloques de construcción básicos de modelos. Hay tres tipos como se aprecia en la figura 3.26.

- ✓ Herramientas: Las herramientas de geoprocésamiento son los bloques de construcción básicos de flujos de trabajo en un modelo. Las herramientas llevan a cabo varias acciones en datos geográficos o tabulares. Cuando se agregan herramientas a un modelo, se convierten en elementos de modelo
- ✓ Variables: Las variables son elementos de un modelo que contienen un valor o una referencia a datos almacenados en el disco. Hay dos tipos de variables:
 - Datos: Las variables de datos son elementos de modelo que contienen información descriptiva sobre los datos almacenados en el disco. La información de campo, la referencia espacial y la ruta son ejemplos de propiedades de datos que se describen en una variable de datos.
 - Valores: Las variables de valor son valores como cadenas de caracteres, números, booleanos (valores verdaderos/falso), referencias espaciales, unidades lineales o extensiones. Las variables de valor contienen de todo excepto referencias a datos almacenados en el disco.
- ✓ Conectores: Los conectores conectan datos y valores a herramientas. Las flechas de conexión indican la dirección del procesamiento. Hay cuatro tipos de conectores:
 - Datos: Los conectores de datos conectan datos y variables de valor a herramientas.

- Entorno: Los conectores de entorno conectan una variable que contiene una configuración del entorno (datos o valor) a una herramienta. Cuando se ejecuta la herramienta, utiliza la configuración del entorno.
- Condición previa: Los conectores de condición previa conectan una variable a una herramienta. La herramienta se ejecutará sólo después de que se haya creado el contenido de la variable de la condición previa.

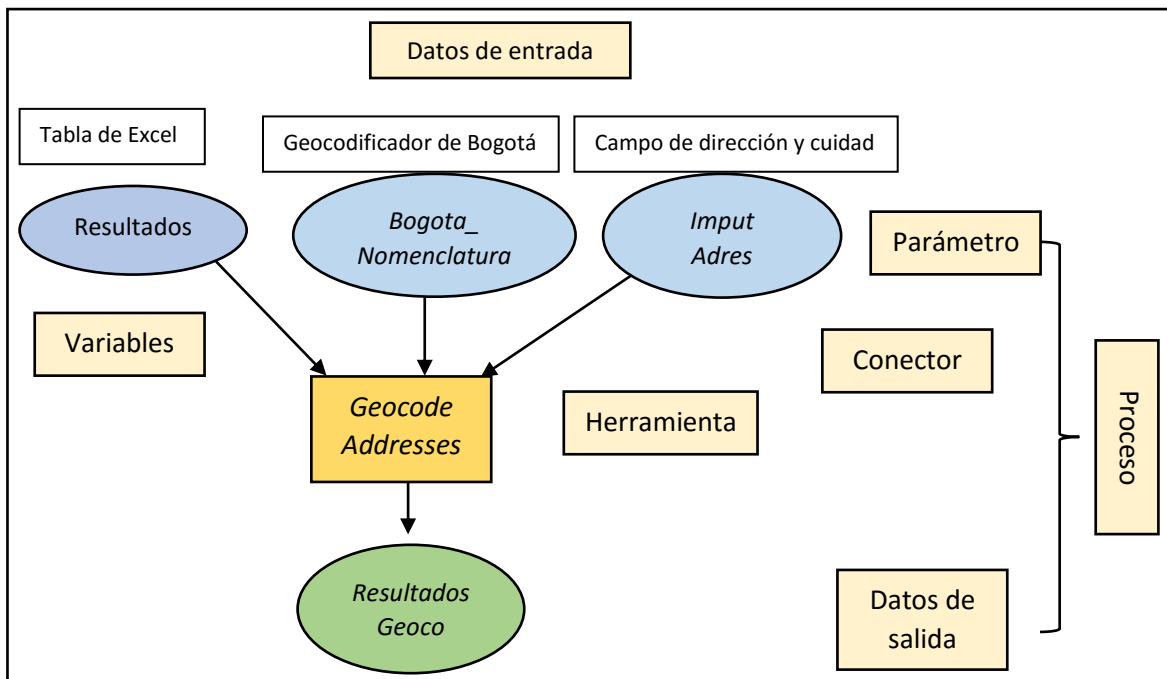
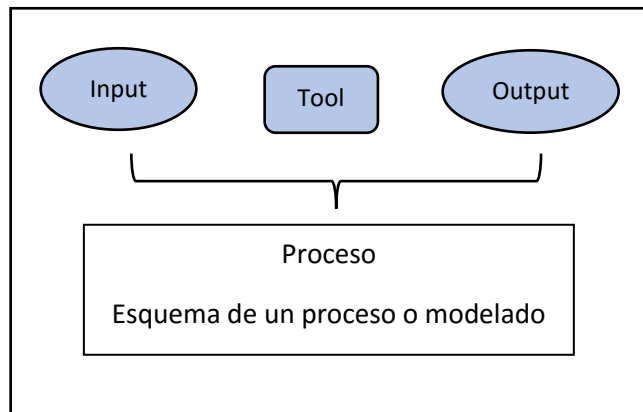


Figura 3.26. Elementos del *Model Builder*

- Comentarios: Los conectores de retroalimentación conectan la salida de una herramienta de nuevo a la misma herramienta como entrada.

Prácticamente un proceso de modelo consiste en una herramienta y todas las variables conectadas a ella. Las Líneas de conexión indican la secuencia de procesamiento.

Lo más frecuente es que haya varios procesos en un modelo que se pueden encadenar para que la salida de un proceso se convierta en la entrada de otro.

3.2.4 Procedimiento para el desarrollo del modelado cartográfico

Considerando al *Model Builder* como una herramienta de automatización de procesos que a continuación se explican los pasos para obtener el resultado final de vulnerabilidad a remoción en masa a través del siguiente procedimiento, que se desarrolló en la metodología en donde se considera el análisis multicriterio (EMC) aplicando diferentes herramientas de análisis espacial.

Antes de elaborar el modelo se deben tener los (*shapes, vector*) de los mapas temáticos que se obtuvieron en la etapa de generación de la información que se van a utilizar ya con sus respectivos valores como se menciona en el apartado de normalización y valoración de los mapas generados.

Posterior ya comenzar con el modelador el *Model Builder* que como se menciona es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos, los cuales son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento y suministran la salida de una herramienta como entrada. Se requiere trabajar desde *ArcCatalog* para crear una caja de herramientas la cual llevara el nombre del trabajo a realizar, dentro de esta se crea un *Model builder* donde se guardarán cada uno de los procesos. Inmediatamente después se abre la ventana de *Model Builder* donde

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

se comienza a desplazar cada una de las herramientas o procesos que se van a utilizar desde el *Arctoolbox*, como se puede apreciar en la siguiente Figura 3.27.

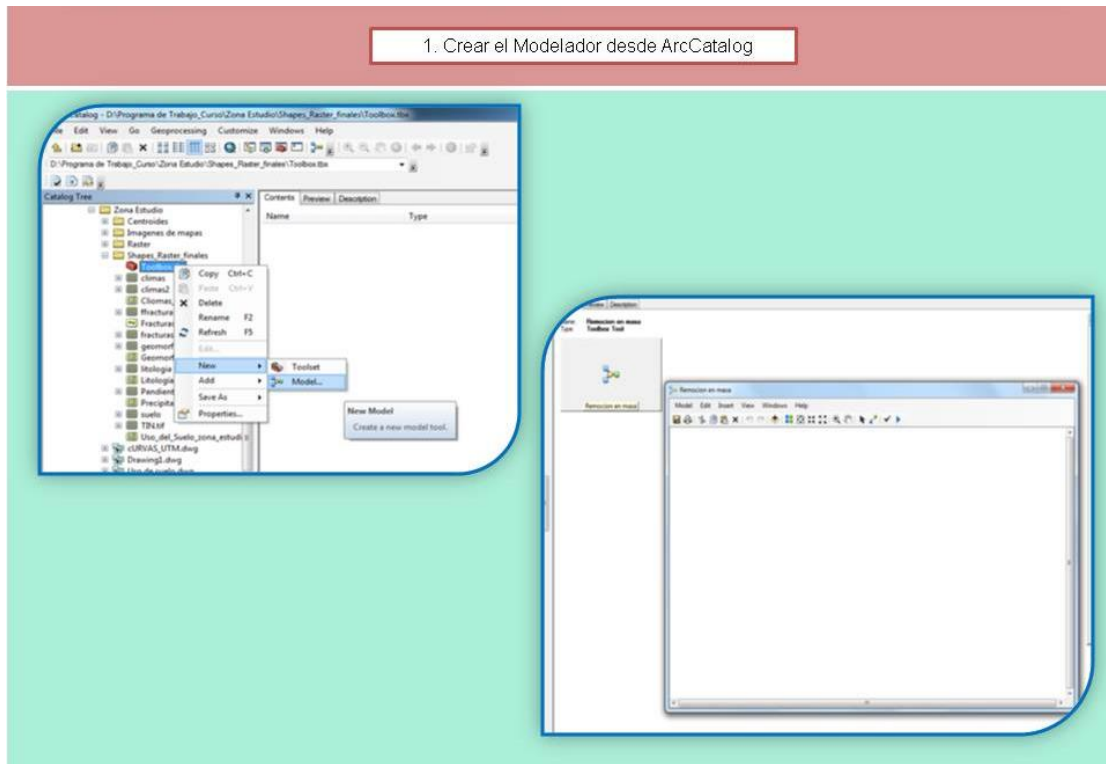


Figura 3.27. Creación del Modelador desde *Model Builder* de *ArcCatalog*

Para rasterizar los mapas temáticos que son vectores como son Geología, Uso de Suelo y Fallas se adiciona el valor de peso otorgado en una columna para que se convierta en la base para convertir la información temática en formato *Raster*, figura 3.28

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

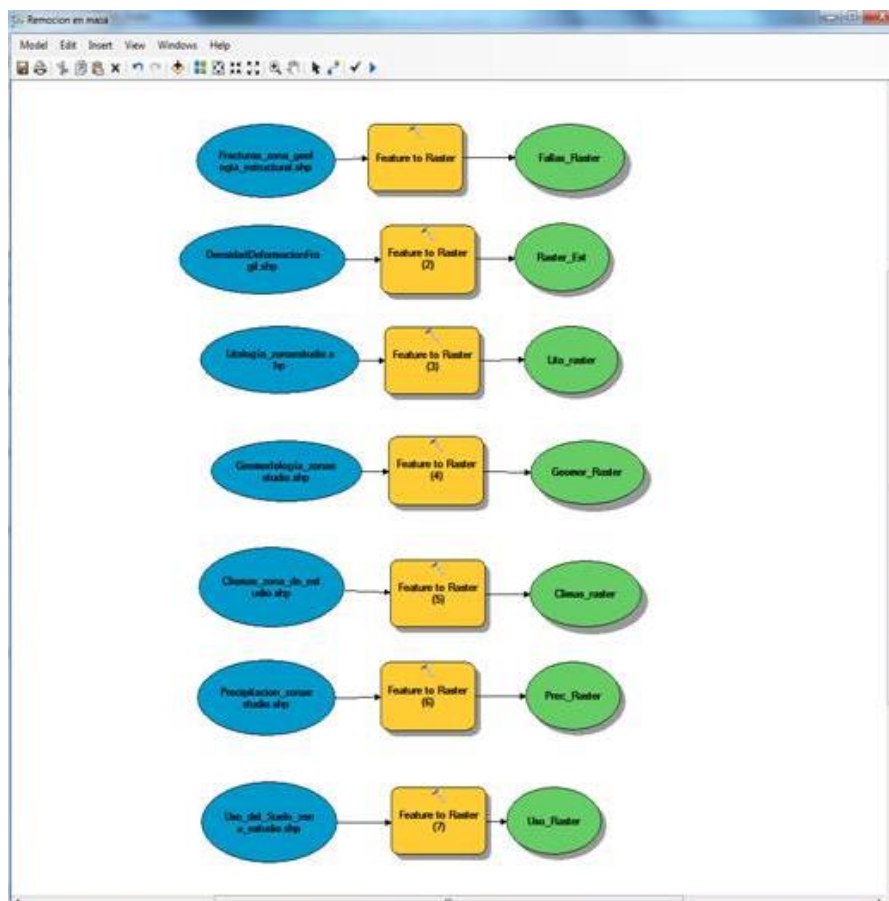
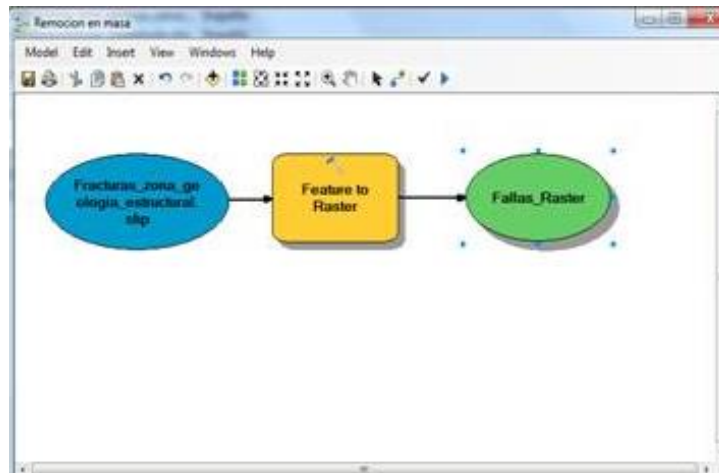


Figura 3.28. Procedimiento para rasterizar información

Después de procesar la información en formato vectorial se obtiene cada una de las variables en *raster* con valores de acuerdo con la normalización que se consideró para cada una de ellas. Como se aprecia en la figura 3.29.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

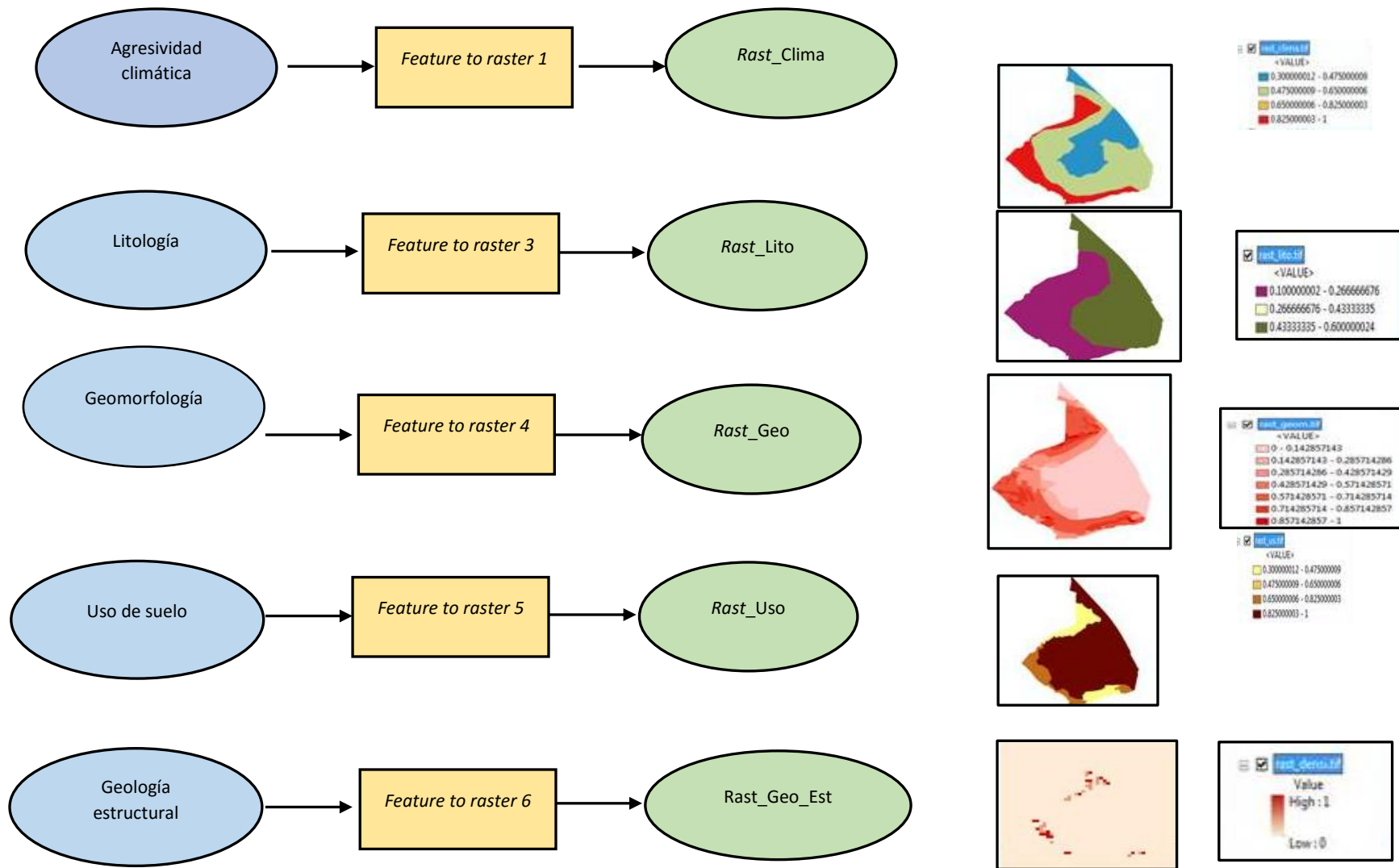
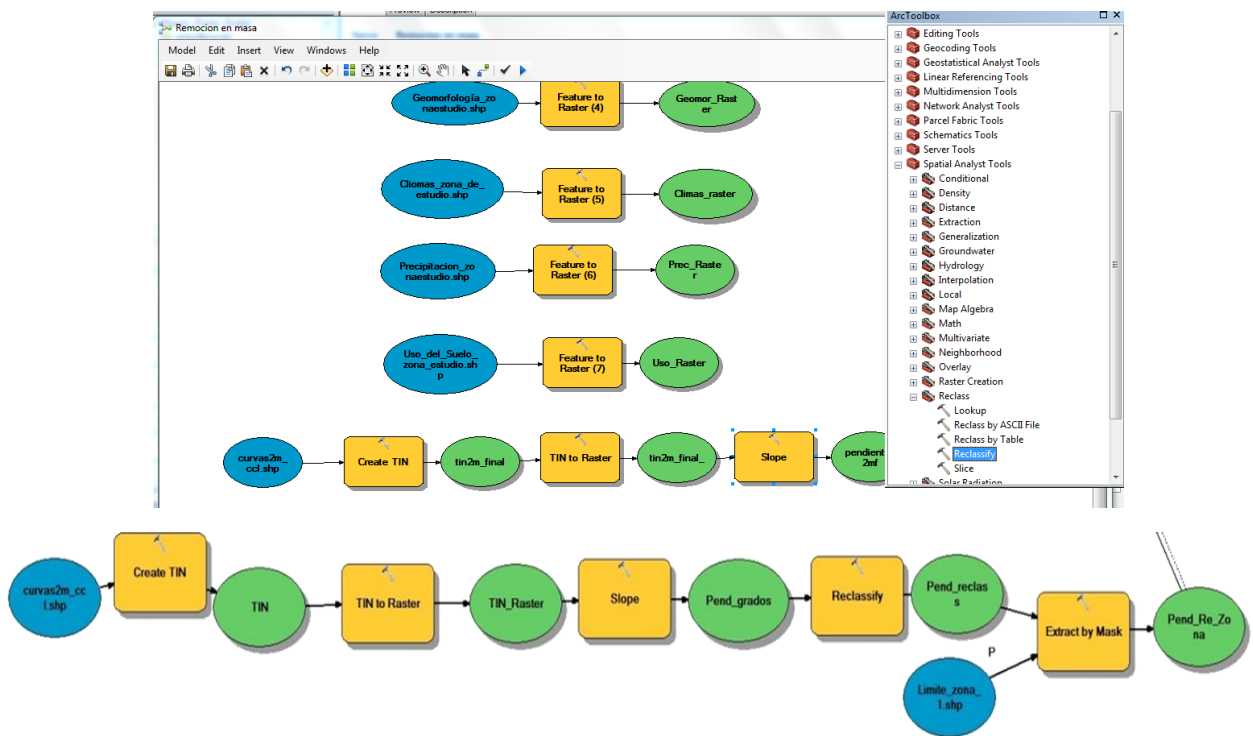


Figura 3.29. Resultados de las variables en formato *raster*

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

Posterior a obtener todas las variables en formato *raster* se requiere la generación del mapa de pendientes, se tomó en cuenta el parámetro de curvas de nivel con su respectiva elevación que es la base para la elaboración del modelo de elevación digital a través de la herramienta crear TIN; este resultado se convierte a formato *Raster* para la generación de la pendiente con la función *Slope*, posteriormente se procedió a hacer el recorte de acuerdo al área de estudio realizando una extracción a través de una máscara que será para nuestro caso la delimitación de la zona de estudio.

Después de tener el mapa de pendiente se procede a realizar la clasificación y reclasificación de acuerdo con los grados de pendiente que se mencionaron en la parte de la normalización en donde se asignó su valor, el procedimiento se puede apreciar en la figura 3.30.



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

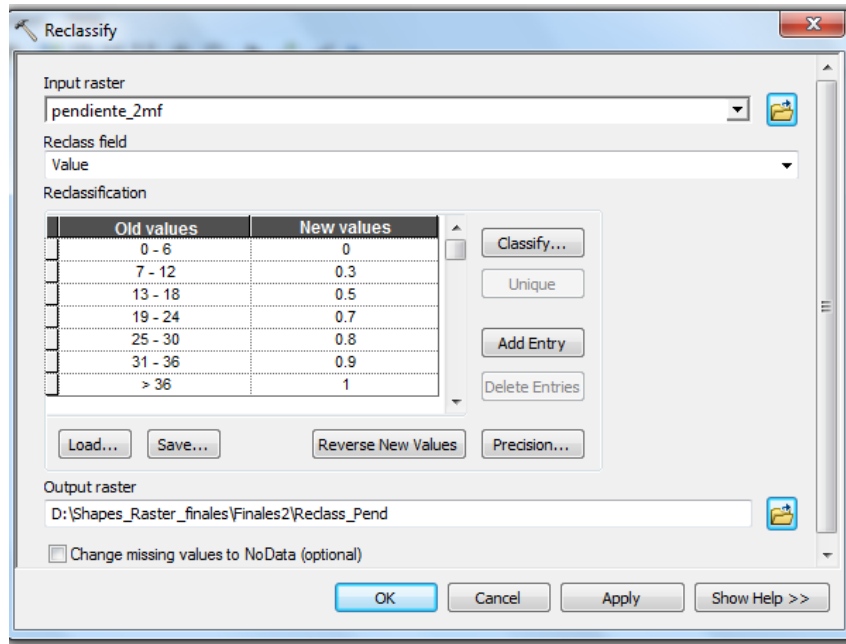


Figura 3.30. Generar mapa de pendientes desde *el Model Builder*.

CAPÍTULO IV

Análisis de resultados

En este capítulo se menciona de manera muy general el procedimiento que se realizó para la obtención de los mapas de riesgo por vulnerabilidad por remoción en masa, mejor conocido como el “Algebra de mapas” para así obtener el mapa de afectación por manzanas y el mapa de número de población afectada por manzana a los riesgos de vulnerabilidad.

4.1. Definición de áreas de vulnerabilidad por remoción en masa

Finalmente, después de modelar y obtenerlas las 5 variables que se utilizaron en el análisis a formato *raster*, además de generar el mapa de pendientes y reclasificar las pendientes de acuerdo con el valor que se le dio a esta variable, además de considerarla como la sexta variable que cubren el área de estudio. Se requiere emplear los mapas normalizados se realiza un cruce de variables y luego de un riguroso análisis es posible emitir un criterio y definir el orden de importancia de los factores ante un posible evento.

Posteriormente, para poder combinar los criterios de los mapas normalizados en un mapa final, se debe asignar pesos que representen la participación de cada uno de estos criterios en el proceso de deslizamientos. Por tanto, criterios que tengan mayor participación en el proceso demandarán un mayor peso.

- 1) Pendientes (30)
- 2) Densidad de Discontinuidad Frágil (20)
- 3) Litología (20)
- 4) Geomorfología (10)
- 5) Uso de Suelo (10)
- 6) Climas (10)

La ponderación que se le da a cada una de las variables suma un 100% y se le dio un peso correspondiente cada una de acuerdo con el grado de influencia que genera.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

Así el modelo que se desarrolló para obtener las zonas vulnerables al proceso de Remoción en Masa queda como se puede apreciar en la siguiente imagen en donde se aplica el Algebra de Mapas que se considera como una herramienta de análisis espacial, es la obtención de nuevas capas de información a partir de otras previamente disponibles. Para ello se dispone de un conjunto de herramientas de cálculo con datos, que incluye un amplio conjunto de operadores que se ejecutan sobre una o varias capas *raster* de entrada para producir una o varias capas *raster* de salida. Mediante el construir una expresión, ya sea digitándola directamente en el cuadro de la expresión, como se aprecia en la figura 4.1.

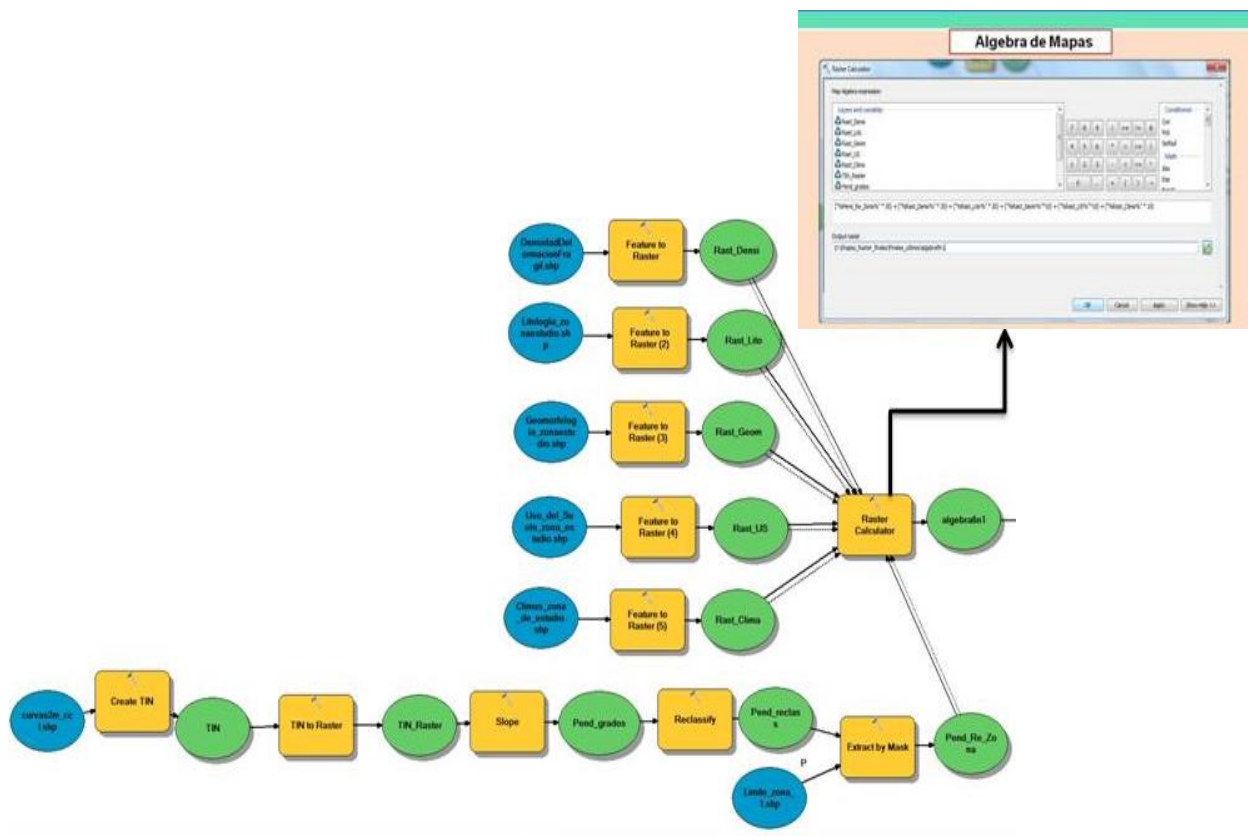


Figura 4.1. Procedimiento de modelación hasta la implementación de Algebra de Mapas con la ponderación de cada una de las variables.

Como se mencionó anteriormente el Método que se considero es el de Evaluación Multicriterio que permite realizar el análisis de la vulnerabilidad a procesos de Remoción en Masa en la zona de estudio, el cual integra factores condicionantes y desencadenantes de la inestabilidad de las laderas así como las técnicas de evaluación multicriterio basadas en la suma lineal ponderada de pesos de cada una de las variables y sus respectivas clases, del cual se obtiene el siguiente mapa donde se muestra de los valores más bajos a los más altos de acuerdo a expresión que se genera, resultado que se puede apreciar en la figura 4.2.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
 EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

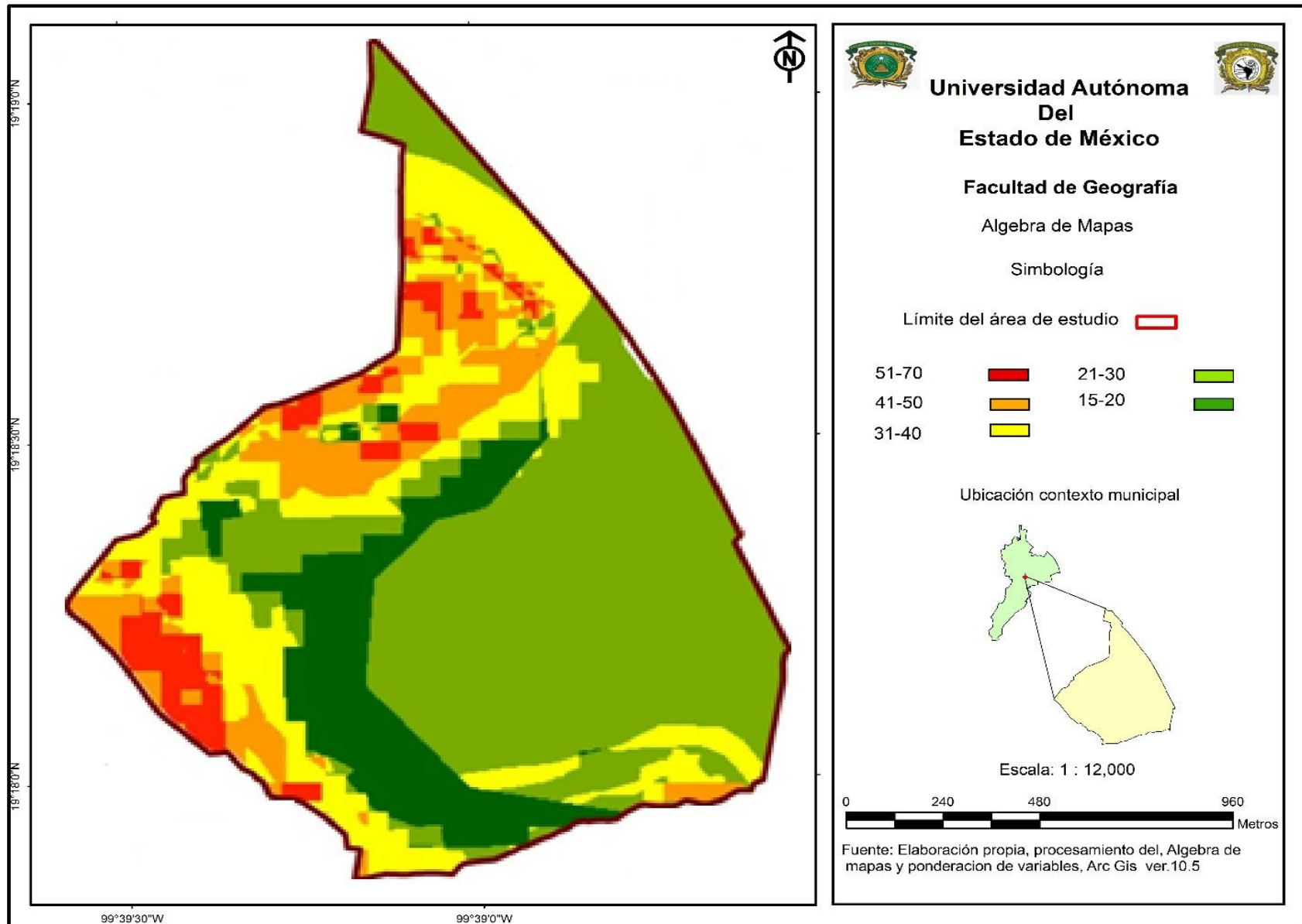


Figura 4.2 Mapa de resultado de algebra de mapas.

El mapa de “Algebra de Mapas” se considera como una técnica de Análisis Espacial usada para llevar a cabo tareas de procesamiento y análisis en SIG. Ya que permite procesar datos en formato *raster* a partir del uso de la “Calculadora Raster, el resultado de la expresión da información a nivel de grilla “celda”. Como se aprecia en el mapa, a partir de una suma lineal con su respectiva ponderación, el resultado considera **valores** por celda desde 15 hasta 71 respectivamente esto permitió realizar un mapa de Susceptibilidad o Vulnerabilidad a procesos de remoción en masa.

Finalmente se requiere reclasificar el mapa que se obtuvo anteriormente para generar el mapa final con las categorías de zonas vulnerables a procesos de remoción en masa en la zona Nor-oriente de la ciudad de Toluca, a través del módulo de *Arc Toolbox –Spatial Analyst Tool/Reclass/Reclassify*, las categorías a reclasificar se pueden apreciar en la figura 4.3.

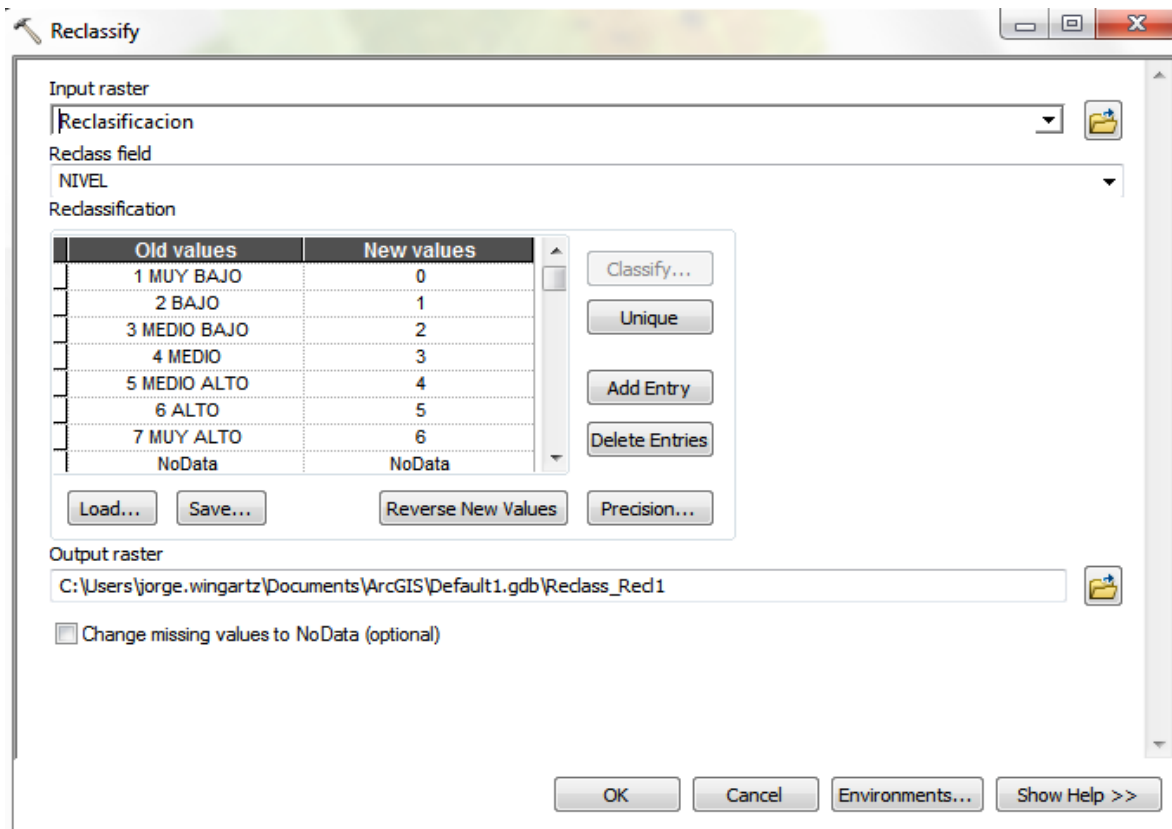


Figura 4.3. Reclasificación del mapa de Algebra de Mapas

Además, que el modelo final que se desarrolló bajo el ambiente del *Model Builder* desde ArcGIS 10.5 queda estructurado como se puede apreciar en la figura 4.4.

Donde la última fase que se desarrolla es la reclasificación por categorías de vulnerabilidad ante este proceso, en la zona de estudio en la que se desarrolló el proyecto.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
 EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

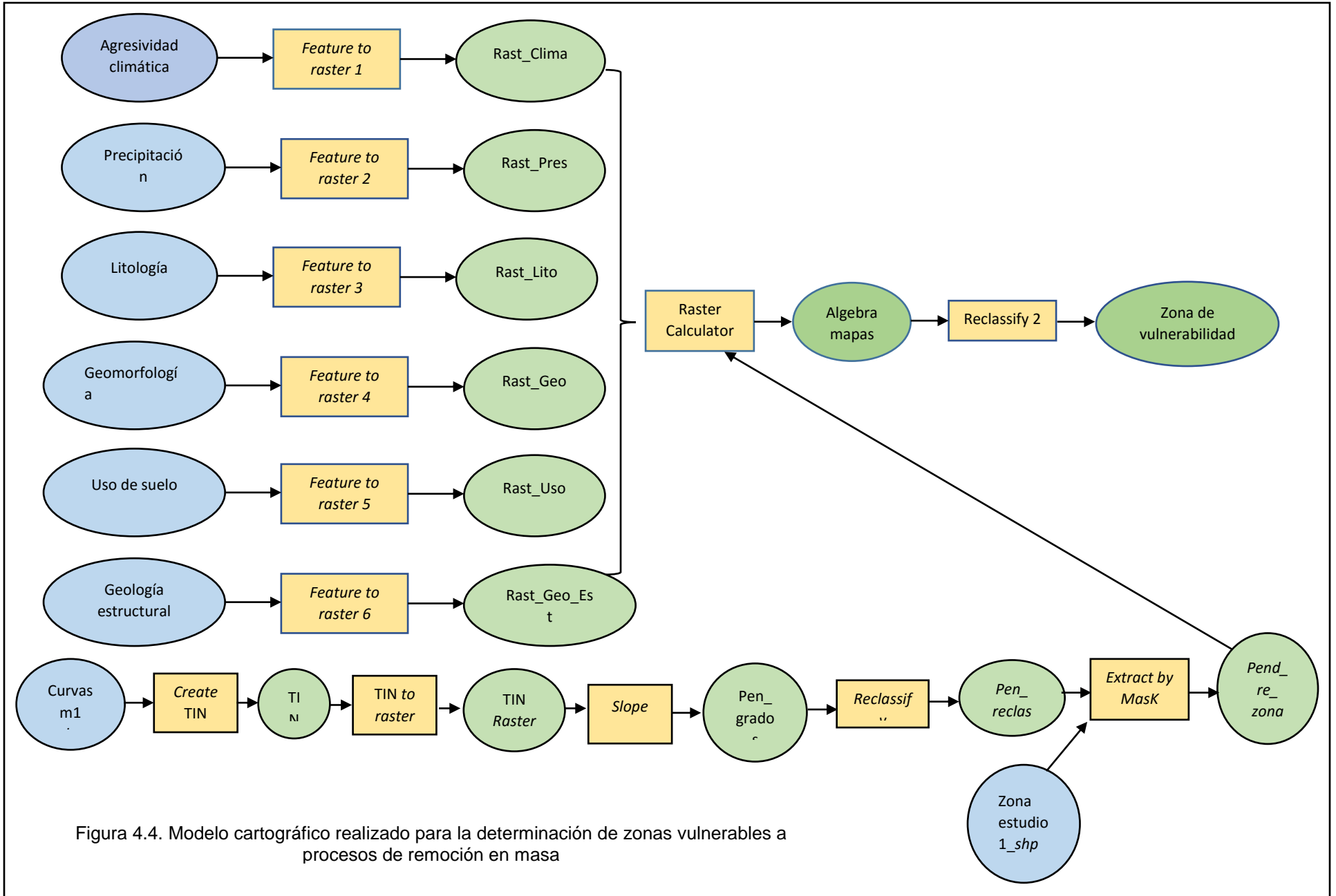
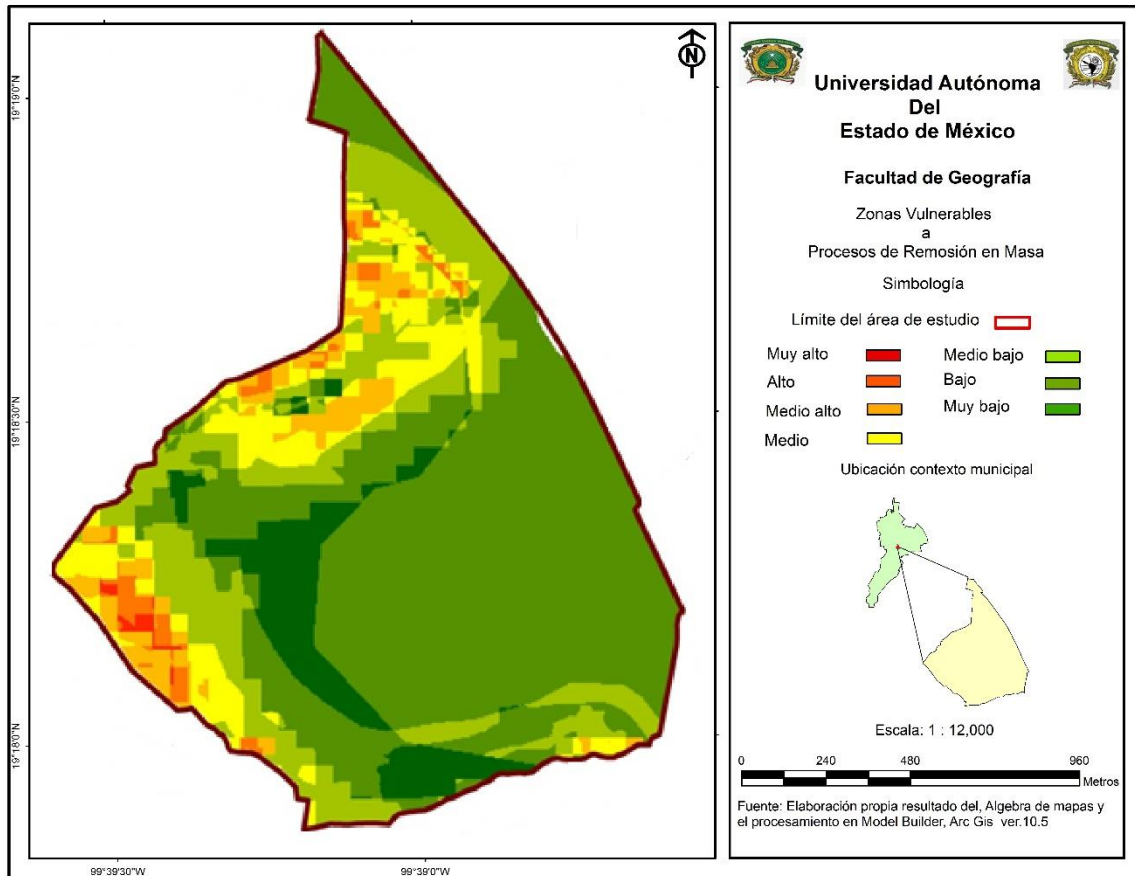


Figura 4.4. Modelo cartográfico realizado para la determinación de zonas vulnerables a procesos de remoción en masa

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

Se requiere emplear una escala de niveles de zonificación se procede a generar los mapas de vulnerabilidad a procesos por remoción en Masa, con las categorías que se consideraron en la reclasificación el mapa final que se obtuvo se puede apreciar en la siguiente figura 4.5.



A continuación se explica en el mapa, por rangos de Muy Bajo a Muy Alto, las características de acuerdo a la litología (que tipo de material del suelo y uso del suelo, roca, el grado de fracturamiento y precipitación) que se presenta en la zona de estudio, el grado de pendiente, así como las forma del relieve, variables que permitieron el análisis para zonificar áreas donde se presentan problemas por procesos de Remoción en Masa, de acuerdo al grado de susceptibilidad ante este proceso se pueden considerar los siguientes puntos que se describen en la tabla 4.1.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

Susceptibilidad	Descripción
Muy alto	Áreas con presencia de litologías de dureza muy bajas y con muy alto grado de alteración mecánica y química, así como con la existencia de planos de estratificación favorables a pendientes naturales muy inclinadas con muy alta densidad de discontinuidades estructurales, tasas muy elevadas de precipitación anual y torrencial, aunado a excesiva deforestación y cambio de uso de suelo y presencia de múltiples cortes de talud debido a la construcción de vías de comunicación.
Alto	Áreas con presencia de litologías de dureza baja y con alto grado de alteración mecánica y química, así como con la existencia de planos de estratificación favorables a pendientes naturales muy inclinadas, con alta densidad de discontinuidades estructurales, tasas elevadas de precipitación anual y torrencial, aunado a alta deforestación y cambio de uso de suelo y presencia de múltiples cortes de talud debido a la construcción de vías de transporte.
Medio alto	Áreas con presencia de litologías de dureza media baja y con cierto grado de alteración mecánica y química, así como con la existencia de planos de estratificación favorables a pendientes naturales medianamente inclinadas, con densidad de discontinuidades estructurales, tasas moderadamente altas de precipitación anual y torrencial, aunado a deforestación y cambio de uso de suelo y así como por la presencia de algunos cortes de talud debido a la construcción de vías de comunicación.
Medio	Áreas con presencia de litologías de dureza media y con moderado grado de alteración mecánica y química, así como con la existencia ocasional de planos de estratificación favorables a pendientes naturales moderadas, con presencia de densidad de discontinuidades estructurales, tasas moderadas de precipitación anual y torrencial, aunado a deforestación ocasional y cambio de uso de suelo, así como por la presencia de algunos cortes de talud debido a la construcción de vías de transporte.
Medio bajo	Áreas con presencia de litologías de dureza media alta y con moderado grado de alteración mecánica y química, así como con la existencia ocasional de planos de estratificación favorables a pendientes naturales poco inclinadas, con baja densidad de discontinuidades estructurales, tasas regularmente bajas de precipitación anual y torrencial, aunado a cierta deforestación y cambio de uso de suelo así como por la presencia de algunos cortes de talud debido a la construcción de vías de comunicación.
Bajo	Áreas con presencia de litologías de dureza alta y con bajo grado de alteración mecánica y química, así como pendientes naturales bajas, con baja densidad de discontinuidades estructurales, tasas bajas de precipitación anual y torrencial, baja deforestación y cambio de uso de suelo, así como por la poca presencia de cortes de talud debido a la construcción de vías de transporte.
Muy bajo	Áreas con presencia de litologías de dureza muy alta y con nulo grado de alteración mecánica y química, así como pendientes naturales bajas muy bajas o nulas con muy baja o nula densidad de discontinuidades estructurales, tasas muy escasas de precipitación anual y torrencial, muy poca deforestación y casi nulo cambio de uso de suelo, así como por la carencia de cortes de talud debido a la construcción de vías de comunicación.

Tabla 4.1. Grados de susceptibilidad a procesos de remoción en masa.

Fuente: interpretación propia de acuerdo con los resultados del análisis cartográfico.

En el mapa de vulnerabilidad se puede observar las zonas de mayor extensión son los correspondientes a las categorías de muy bajos a medios que respectivamente representan el 60% y 31% del total del área de estudio. Mientras que las zonas cuya susceptibilidad se cataloga como medio alta, alta y muy alta tienen porcentajes menores.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

La zona de mayor propensión representa únicamente el 9% del total.

Las zonas donde se presentan las categorías más altas son en la parte Norte y Noroeste, esto se debe a que es la parte donde se agrupa el mayor número de fracturas que se le denomina la mayor densidad de discontinuidad frágil, con pendientes mayores a los 36°, uso forestal, pero es un porcentaje mínimo ya que ha incrementado la deforestación en la zona, en la figura 4.6, se puede apreciar las zonas con las categorías más altas.

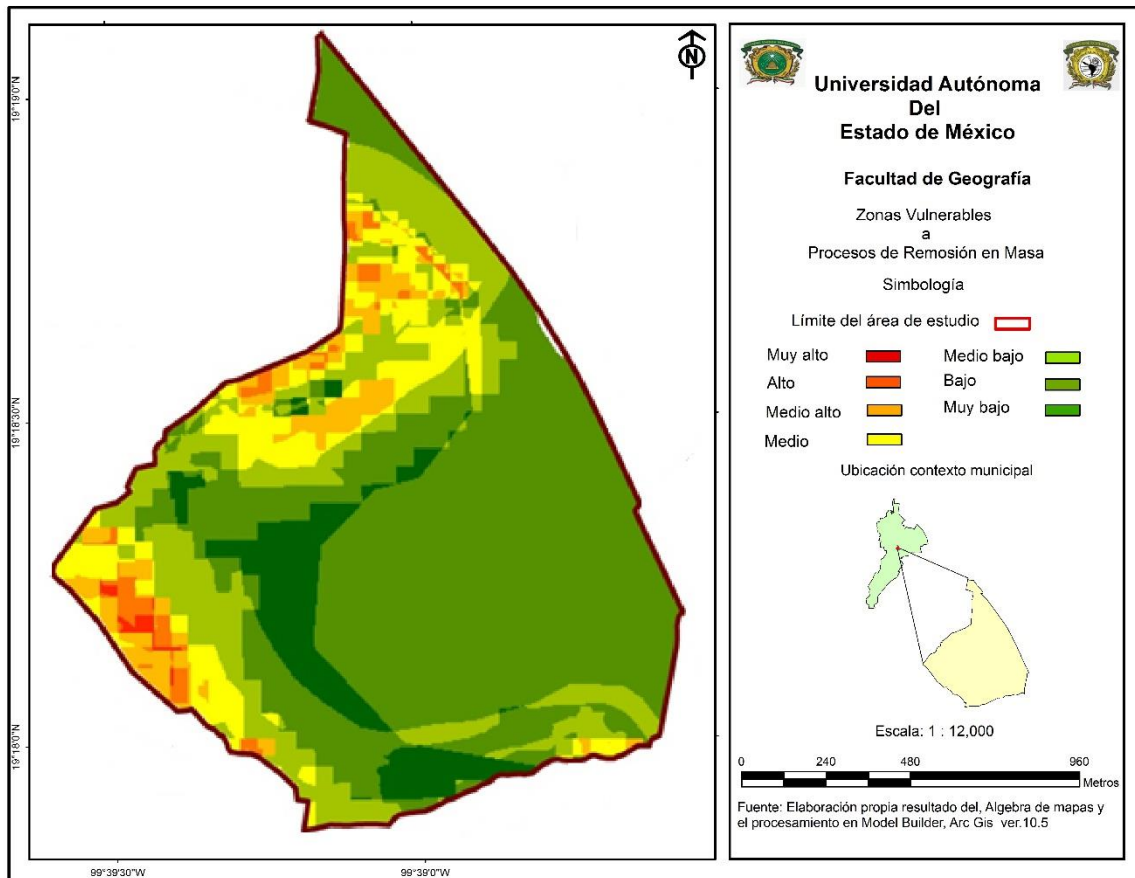


Figura 4.6. Zonas de mayor vulnerabilidad a procesos de Remoción en Masa

A partir de este último resultado se consideró realizar un análisis de afectación a nivel de manzana y total de población por el grado de vulnerabilidad detectado.

Para este análisis se requirió incorporar los límites de manzanas que comprenden de la zona de estudio, que como se mencionó al inicio del proyecto consta de las

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

unidades territoriales de Santiago Miltepec, Rancho La Mora y la Colonia los Ángeles, con un total de 20382 habitantes.

Se obtuvo como resultado un mapa en donde se integran las manzanas al resultado de las zonas vulnerables, para este proceso se requirió primero vectorizar el resultado de las zonas vulnerables de la zona de estudio ya que se encuentra en formato ráster, ya que para este tipo de análisis se requiere tener la información en formato vectorial como se puede apreciar en la siguiente figura 4.7.

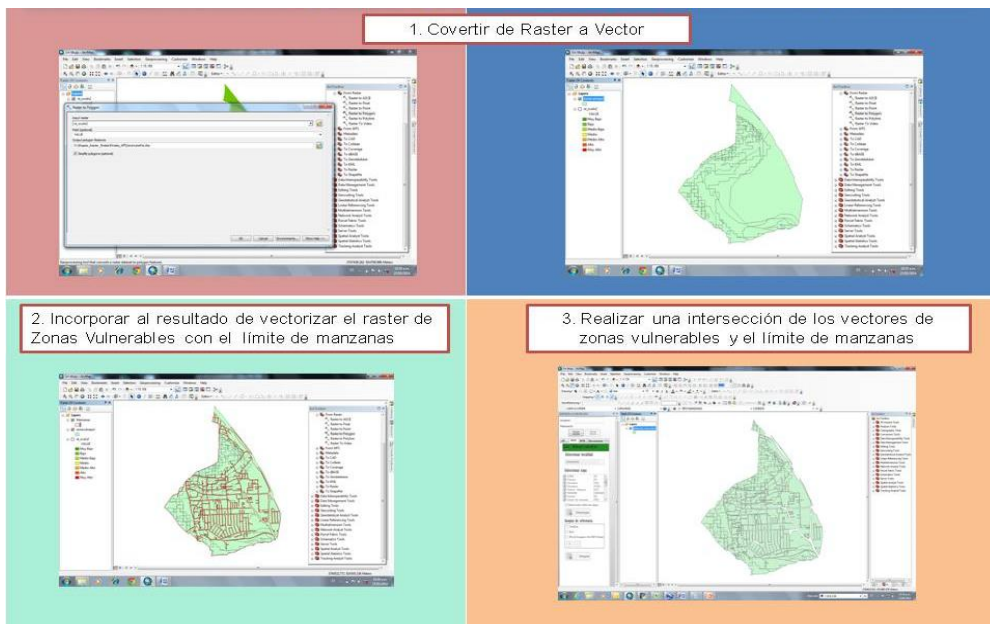


Figura 4.7. Vectorizar e Intersección de Zona Vulnerables con límites de manzanas

El geoproceso de **Intersección** tiene como finalidad que se tenga en un archivo dos elementos vectoriales ya que al interceptarlos se obtuvo un resultado donde el vectorial de límite de manzanas que comprende la zona de estudio contiene el dato de población por manzana y el límite de zonas vulnerables. Dando como resultado un mapa en donde se ubican las manzanas con mayor afectación por el grado de vulnerabilidad que se presenta en la zona de estudio, mostrando que en la parte de Rancho la Mora y Colonia los Ángeles el grado de vulnerabilidad es de Muy Bajo a Medio Bajo.

A diferencia de la zona que comprende Santiago Miltepec es donde se están presentando las categorías de Alto a Muy Alto, figura 4.8.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
 EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

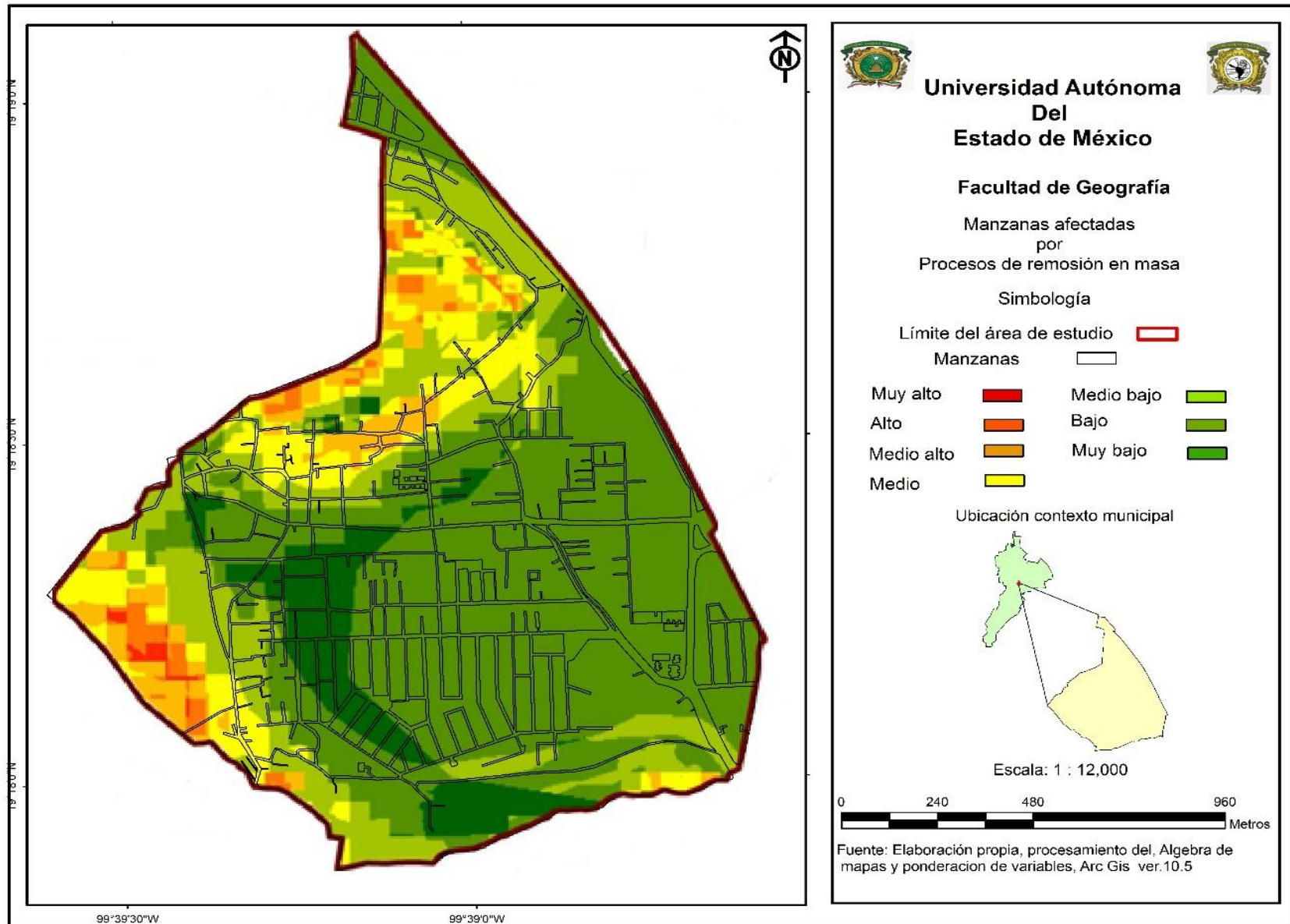


Figura 4.8. Total, de Población afectada por manzana considerando la zona vulnerable en la que se ubica

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

A partir de este resultado de tener por manzanas los grados de vulnerabilidad se efectuó un proceso para obtener por tipo de categoría de vulnerabilidad su superficie y el total de población, cabe mencionar que la superficie difiere de la superficie total ya que en este apartado se contempla la superficie que esta amanzanada, de esto se desprende una tabla en donde se muestra los totales por cada categoría, como se aprecia en el cuadro 4.2.

Habitantes por zona vulnerable al proceso de remoción en masa			
Gridcode	Vulnerabilidad	Hab. por Zona_Vulnerables	Área por Zona_Vulnerables amanzanada m ²
1	Muy Bajo	1848	149952.91
2	Bajo	10046	880295.21
3	Medio Bajo	3748	344740.29
4	Medio	2177	188234.23
5	Medio Alto	1232	108480.39
6	Alto	443	40832.80
7	Muy Alto	97	7188.95
Totales		20382	1719725 m ²

Cuadro 4.2. Total, de habitantes por zona vulnerable al proceso de remoción en masa.
Fuente: Censo de población y vivienda 2010. INEGI

Se considera importante aclarar que el resultado que se tienen de población vulnerable a procesos de remoción en masa es por total de categoría de la zona, se podría considerar que el en grado Muy Alto se tendría la mayor cantidad de población pero, el resultado muestra que la mayor concentración de población se encuentra en las categorías de Muy Bajo, Bajo y Medio Bajo con un total de 16433 habitantes, que equivale al 81% del total de población, el resto se encuentra en 16% las categorías de Medio y Medio Alto con 3409 habitantes, y con el 3% restante con un total de 540 habitantes, que considera al grado Alto y Muy Alto.

Con estos datos se analizó que el resultado era a nivel general, ya que el total de población es por manzana y los polígonos de los grados de vulnerabilidad se distribuyen en varias categorías en una sola manzana, lo cual género que se volviera a considerar como proceso final obtener el total de población a nivel de

polígono de zona vulnerable, a partir de aplicar una formula como se aprecia en la siguiente figura 4.10.

$$\text{Población Afectada} = \frac{(\text{Sup_Vul} \times \text{Pob_Tot_Mzna})}{\text{Sup_Mzna}}$$

Donde:

Sup_Vul = Área de Zona Vulnerable a Remoción en Masa e Intersección por Manzana

Pob_Tot_Mzna = Población Total por Manzana

Sup_Mzna = Área de Zona Vulnerable a Remoción

Figura 4.10. Fórmula para obtener el total de población por zona vulnerable por remoción en masa.

El resultado de la formula se aplicó a cada uno de los polígonos de se tienen por zona de vulnerabilidad interceptada por una manzana, para obtener el total de población afectada por manzana considerando la zona vulnerable en la que se ubica, estos datos se asignaron en la tabla de tributos donde a cada elemento de zona vulnerable se le asignó el total de población como se pueden apreciar en la tabla 4.3

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

OID_1	OID_12	FID_zonavu	ID	GRIDCODE	Vulnerabil	Area	Pob_mza_zo
90391	179	0	1	2	Bajo	1488.57917	273
90410	198	172	173	6	Alto	979.82009	7
90410	198	173	174	5	Medio Alto	1217.21989	8
90410	198	175	176	5	Medio Alto	1205.6302	8
90410	198	181	182	3	Medio Bajo	1048.75134	7
90410	198	188	189	4	Medio	6211.69467	41
90411	199	176	177	3	Medio Bajo	75	1
90411	199	178	179	3	Medio Bajo	25	0
90411	199	179	180	4	Medio	359.07144	4
90411	199	180	181	1	Muy Bajo	959.09769	10
90411	199	188	189	4	Medio	8082.6812	84
90411	199	207	208	2	Bajo	14838.35737	154
90411	199	211	212	3	Medio Bajo	13446.12932	139
90415	203	174	175	1	Muy Bajo	16.00952	0
90415	203	177	178	1	Muy Bajo	427.11377	3
90415	203	180	181	1	Muy Bajo	106.74708	1
90415	203	184	185	3	Medio Bajo	13159.42476	49
90415	203	186	187	3	Medio Bajo	12071.67606	45
90415	203	197	198	3	Medio Bajo	215.15526	1
90415	203	207	208	2	Bajo	78963.26217	475
90416	204	125	126	3	Medio Bajo	293.26331	5
90416	204	129	130	2	Bajo	1070.92662	17
90416	204	139	140	3	Medio Bajo	1683.34167	27
90527	315	90	91	3	Medio Bajo	176.05816	2
90527	315	98	99	4	Medio	6936.91667	80
90527	315	112	113	4	Medio	345.30467	4
90527	315	122	123	3	Medio Bajo	9027.68528	104
90527	315	127	128	5	Medio Alto	2507.99813	29
90527	315	207	208	2	Bajo	8296.15875	95
90528	316	112	113	4	Medio	210.80287	5
90528	316	122	123	3	Medio Bajo	1361.87465	29
90528	316	127	128	5	Medio Alto	11.33602	0
90528	316	207	208	2	Bajo	841.51737	18
90529	317	137	138	1	Muy Bajo	4639.59275	66
90529	317	139	140	3	Medio Bajo	57.37982	1
90529	317	207	208	2	Bajo	10616.33627	151

Figura 4.3. Tabla con el dato de población a nivel de zona vulnerable

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

Al representar esta información de manera espacial se obtuvo un mapa en donde se tienen rangos de población y se delimitó la categoría de zonas vulnerables de Alto y Muy Alto (polígonos de color *cyan*), siendo estas áreas de mayor vulnerabilidad al proceso de remoción en masa, en donde afecta a un total 540 habitantes como se puede apreciar en la figura 4.10.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

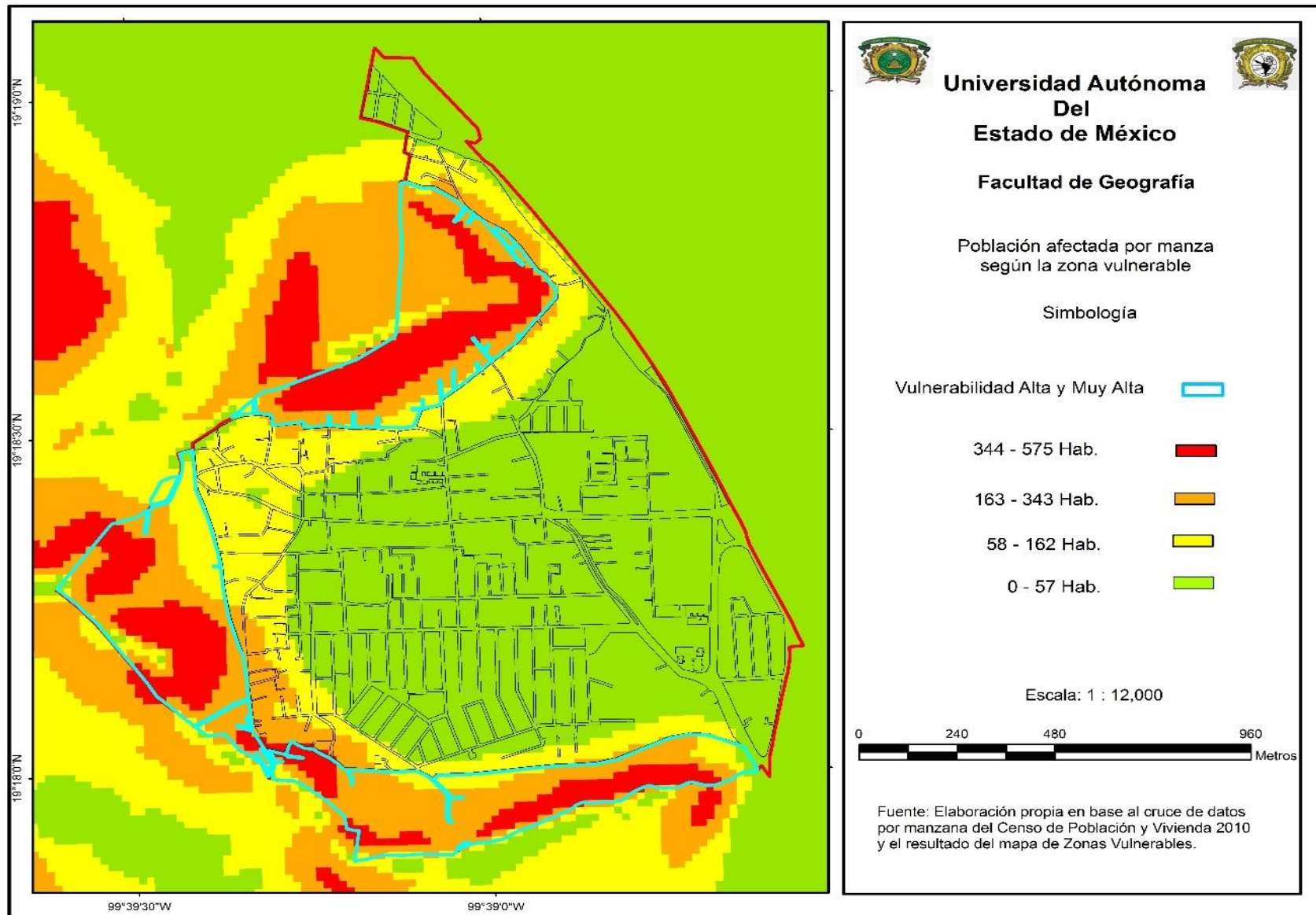


Figura 63. Mapa de población afectada por manzana ubicada por zona vulnerable

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLOGICO SIERRA MORELOS

La utilidad de la modelización en este sentido ha sido puesta de manifiesto por numerosos autores. De modo que todos ellos concluyen diciendo que su uso supone una gran ventaja a la hora de procesar volúmenes de datos importantes, cuadro 4.4.

Áreas específicas de muestreo en la zona de estudio				
Áreas particulares de muestreo	Geología	Textura de suelo	Pendiente en grados	Característica distintiva
Calle Independencia	Andesita con fuerte fragmentación	Arcillas	30 - 60	Presenta un alto grado de desprendimiento.
Calle Mina	Andesita con fuerte fragmentación	Arcillas y Arena	15 - 30	Los suelos son arrastrados por la precipitación debido a las pendientes
Calle Juana de Asbaje	Andesitas poco consolidadas	Limos	10-25	Presenta frente lobulares
Panteón	Andesitas masivas	Limos	30-40	Alto contenido hídrico, sobre todo en temporada de lluvia
Conjunto habitacional	Suelos de relleno			Los suelos presentan contenido de agua
Calle Adolfo López Mateos Sur	Andesitas poco consolidadas	Arcillas y limos	30 - 60	Se han edificado muros de contención
Bóveda del Rio Verdigue!l	Andesitas Interperizadas	Arenas y arcillas	0 - 10	Suelo con agua en su interior.

Figura Cuadro 4.4 Áreas particulares de muestreo. Fuente: Elaboración propia y trabajo de campo.

Conclusiones

En la determinación de la vulnerabilidad social por procesos de remoción en masa en la zona nororiente de la Ciudad de Toluca, se utilizó un sistema de Información Geográfica, en particular el modelador de mapas, en un esquema sistémico.

El análisis multicriterio es el método que permite la investigación territorial de diferentes factores que intervienen en un proceso, a partir de la expresión cartográfica y tabular de sus componentes.

Este método de análisis permite considerar las variables necesarias para la evaluación de las áreas de mayor vulnerabilidad para la remoción en masa, así como asignar los pesos de acuerdo con la relevancia de cada una de ellas y modificarlos con base en la apreciación del Investigador.

Para esta investigación se consideraron seis variables que son: la pendiente, el uso de suelo, la litología, la densidad de la discontinuidad frágil, el clima (agresividad climática) y la geomorfología que son las utilizados en las diferentes investigaciones territoriales sobre el tema y que se apegan a las características de la zona de estudio.

Considerando las características de la zona de estudio se estableció que la pendiente, densidad de discontinuidad frágil y la litología eran las variables de mayor relevancia asignando los pesos más altos de 30, 20 y 20% respectivamente, lo cual se puede modificar según la apreciación del investigador.

La zona de estudio ubicada en el extremo nor-oriente del complejo geomorfológico sierra Morelos es de solo 203 hectáreas y abarca 4 unidades territoriales administrativas del municipio de Toluca, sin embargo, posee características físicas y de urbanización que la hacen una zona de limitados accesos por estar circundada en su mayoría elevaciones, y relativamente aislada, a pesar de estar muy cerca del centro de la ciudad.

Por estas condiciones de ubicación hacen que esta zona sea muy atractiva para el desarrollo habitacional, el cual ha rebasado las áreas de baja pendiente del ex Rancho La Mora y Santiago Miltepec ocupando terrenos de pendiente altas, que es donde se identifican las zonas de mayor vulnerabilidad social por remoción en masa.

Derivado del análisis multifactorial automatizado e interpretativo, se identifican algunas áreas clasificadas con vulnerabilidad alta y muy alta por remoción en masa equivalentes al 48021.75m². de la superficie de la zona, que equivale al 3% del área total, la cual se duplica si se consideran las zonas de deslizamiento o depósito de los materiales, por lo que se calcula que serían afectados 540 habitantes por manzana de estas dos zonas vulnerables.

La normatividad estatal y municipal en la materia señala de manera marginal la restricción para la ocupación de terrenos vulnerables por diferentes factores físicos, y no existen acciones claras para la aplicación de estos ordenamientos, por lo que la población y empresas construyen sin valorar y/o conocer el riesgo que existe.

Aún y cuando se cuenta con un estudio muy detallado de la Unidad de Protección Civil del municipio sobre esta zona y otras de la ciudad que son vulnerables por la remoción en masa, fracturamiento y hundimiento del suelo, no hay acciones limitativas y correctivas para reducir el riesgo en el que viven estas familias.

Recomendaciones

En primer lugar, por las características de la metodología y procedimientos utilizados en esta investigación, es factible su aplicación en áreas de mayores dimensiones, o unidades territoriales de diferente clasificación, por lo que este tipo de trabajos pueden ser modelos para trabajos de inundaciones, sismos e incluso ante alguna eventualidad por explosiones o derrames de sustancias tóxicas que pongan en peligro a la población.

Siempre y cuando se cuente con las coberturas de información necesarias en un formato digital estandarizado y con la misma temporalidad, escala y nivel de detalle de los conjuntos de datos espaciales.

Por otra parte, aplicar en la zona de estudio, y en los lugares aptos para esta actividad, campañas de reforestación, con especies arbóreas endémicas de la región acciones que coadyuvaran al cuidado y a la pérdida de suelos por los procesos hidrometeorológicos.

Bibliografía

1. Abril, A., Alexandra L. (2010). Zonificación de áreas susceptibles a deslizamiento en la zona de Quimsacocha, Ecuador. Universidad de Cuenca.
2. Alcántara, I. (2000). "Landslides: ¿Deslizamientos o movimientos del terreno? ¿Definición, clasificaciones y terminología?, Investigaciones Geográficas, Boletín, núm. 41, Instituto de Geografía, UNAM, pp. 7-25.
3. Alcántara, I. (2000) índice de susceptibilidad a movimientos del terreno y su aplicación en una región semiárida. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, volumen 17, número 1.
4. Aleotti, P., Chowdhury, R. (1999). Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. Bulletin of Engineering Geology and the Environment.
5. Allan Lavell & Manuel Argüello Rodríguez, 2001. Gestión de Riesgo: Un enfoque prospectivo. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Tegucigalpa, Honduras.
6. Análisis de Peligro por Remoción en Masa en la Colonia Rancho la Mora y Colapsamiento de Suelo en la Delegación de San Pedro Totoltepec 2011. H. Ayuntamiento de Toluca, Bomberos y Protección Civil Toluca.
7. Atlas de Riesgo del municipio de Toluca. 2011, H. Ayuntamiento de Toluca.
8. Borja, Baeza R.C. y Alcántara, Ayala R.C. (2004). Procesos de remoción en masa asociados en Zacapoaxtla, Puebla., Universidad Autónoma de México., Boletín del Instituto de Geografía., ISSN 0188-4611., Núm. 53., Pg. 7-26.
9. Castellaños, E., Van Westen, C., 2008, Qualitative landslide susceptibility assessment by multicriteria analysis: A case study from San Antonio del Sur, Guantánamo, Cuba: Geomorphology, 94, 453 466.
10. Chaux, Wilches. 1998. Guía de la Red para la gestión Local del Riesgo.
11. Cruden, D. M. y Varnes D.J. (1996). Landslide types and processes., In A. K. Turner y R.L. Schuster (Editores): Landslides. Investigation and mitigation., Transportation Research Board Special Report 247., National Academy Press., Washington D.C., Pg. 36-75.

12. (DNP, 2005). Departamento Nacional de Planeación. Guía Ambiental, para evitar y corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal.
13. Enciclopedia Libre, Wikipedia.
14. García J. (2006). Aplicación del proceso de jerarquía analítica en la selección de tecnología agrícola: *Agronomía Costarricense*, 30, 107-114.
15. Gobierno Del Estado De México, Secretaria De Desarrollo Urbano, **Planes Municipales de Desarrollo Urbano Toluca**, recuperado de http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/Toluca/RepuDocToluca.pdf
16. Gómez, M. y Barredo, J. (2005). *Sistemas de Información Geográfica evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. (2da ed.). RA-MA. 276 p.
17. Gómez *et al.*, (2013). Nathalia Gómez Vhamorro, Yuliana Osorio Betancur, Julián Andrés Salazar Tamayo. SIG para determinar la susceptibilidad a movimientos en masa en la cuenca del rio Campoalegre. Facultad de ciencias e ingeniería. Universidad de Manizales. Especialización en Sistemas de Información Geográfica.
18. Guía Ambiental, para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal, 2005. Departamento Nacional de Planeación.
19. Hauser, A. (1997). Los aluviones del 18 de junio de 1991 en Antofagasta: Un análisis crítico a cinco años del desastre., *Boletín Núm. 49*. Servicio Nacional de Geología y Minería.
20. Henríquez Ruiz Cristian. (2011). *Modelación de Amenaza por Remoción en Masa usando Evaluación Multicriterio SIG en localidades Costeras de la Región de Biobío*. Laboratorio de Estudios urbanos. Universidad Católica de Chile.
21. <http://www.elbikerblog.com/2009/04/pendientes-expresadas-de-anera.html>
22. *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoxtla, Puebla.
23. *La Litología I. La guía de Geografía*
<http://geografia.laguia2000.com/relieve/la-litologia#ixzz3135cZNdu>

24. Lizardo Narváez, Allan Lavell, Gustavo Pérez Ortega. (2005 a marzo de 2009). La gestión del riesgo de desastres: Un enfoque basado en procesos. Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina PREDECAN.
25. López Vergara, M. L., (1979). Manual de fotogeología. Análisis Estructural, Capítulo 10.
26. Organización de Estados Americanos (OEA), 1993. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente y Oficina de Asistencia para desastres en el Extranjero de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Washington, D.C.
27. Pérez, Gutiérrez, Rosalva. (2007). "Análisis de la vulnerabilidad por los deslizamientos en masa, caso: Tlacuitlapa, Guerrero", Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero, Ex - Hacienda de San Juan Bautista, Taxco El Viejo Guerrero, 40200. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen 59, núm. 2, 2007, p. 171-181.
28. PROCALCULO PROSIS. (2007). Análisis-SIG-Con-Model-Builder. Colombia.
29. Protección Civil, Población, Vulnerabilidad y Riesgo en Santiago Miltepec, Toluca Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM ISSN 0188-4611, Núm. 74, 2011, pp. 35-47.
30. Popescu, M.E., (2001). Landslide Causal Factors and Landslide Remedial Options., Keynote Lecture, Proceedings 3rd International Conference on Landslides., Slope Stability and Safety of Infra-Structures, Singapore., Pg. 61-81.
31. Roa, J., (2006). Aproximación al Mapa de Susceptibilidad y Amenazas por Deslizamientos de la Ciudad de Trujillo, Venezuela: Ágora Trujillo, 17, 185–205.
32. Roa, J. (2007). Estimación de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes satelitales: cuenca del río Mocotíes, estado Mérida-Venezuela. Revista Geográfica Venezolana, dic. 2007, vol.48, no.2, p.183-219. ISSN 1012-1617.
33. Rodríguez, S. (2005) Estado del arte de los métodos de zonificación de la susceptibilidad, la amenaza y el riesgo por proceso de movimientos en masa en laderas, Universidad de Caldas, Manizales.

34. Ruff, M., Czurda, K. (2008). Landslide susceptibility analysis with a heuristic approach in the Eastern Alps (Vorarlberg, Austria): *Geomorphology*, 94, 314–324.
35. Sánchez, *et.al.*, (2002). Reinaldo Sanchez López. Ruth Mayorga Márque y Germán Urrego Lara. Luis Fernando Vargas Cuervo. Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamiento en tiempo real. Simposio Latinoamericano de Control de Erosión.
36. Toscana, A. (2006). *Los paisajes del desastre*, tesis Doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
37. Vargas, G. (1999). Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa. Villavicencio: Cooperación Colombia Alemania, proyecto Guatiquia.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

Anexos



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



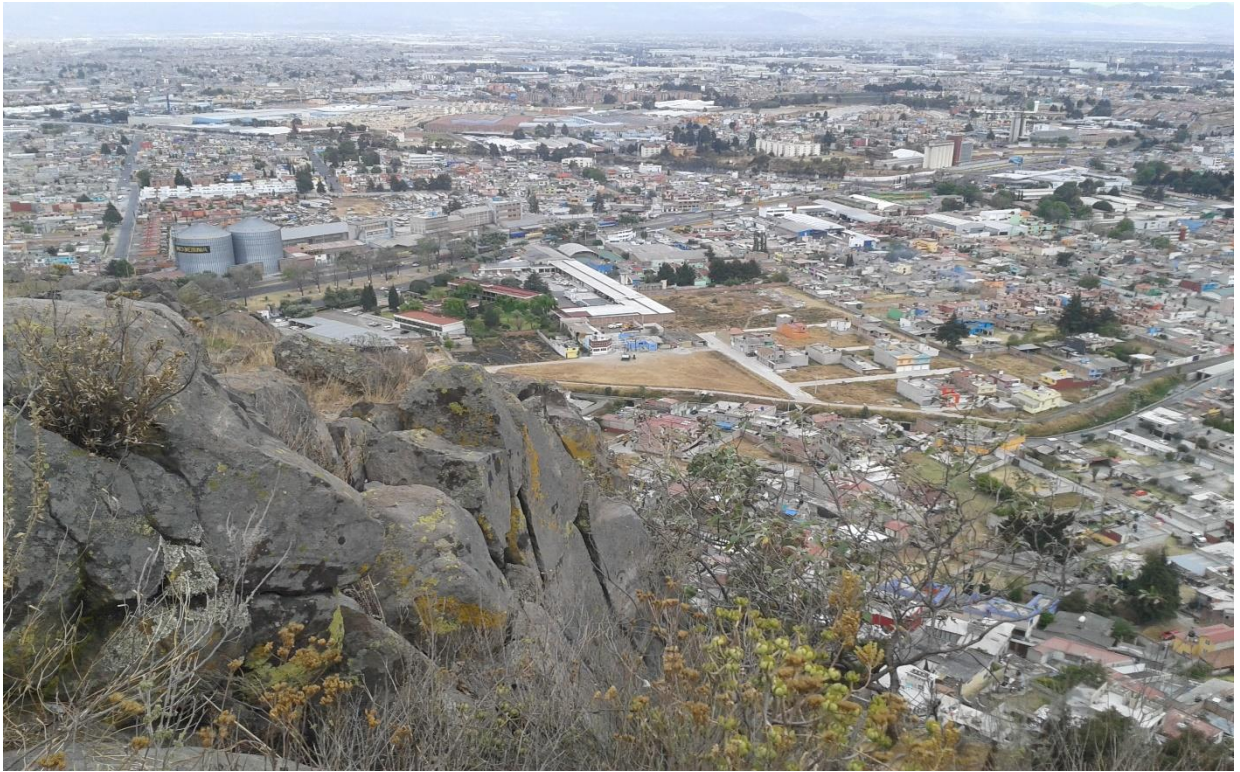
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



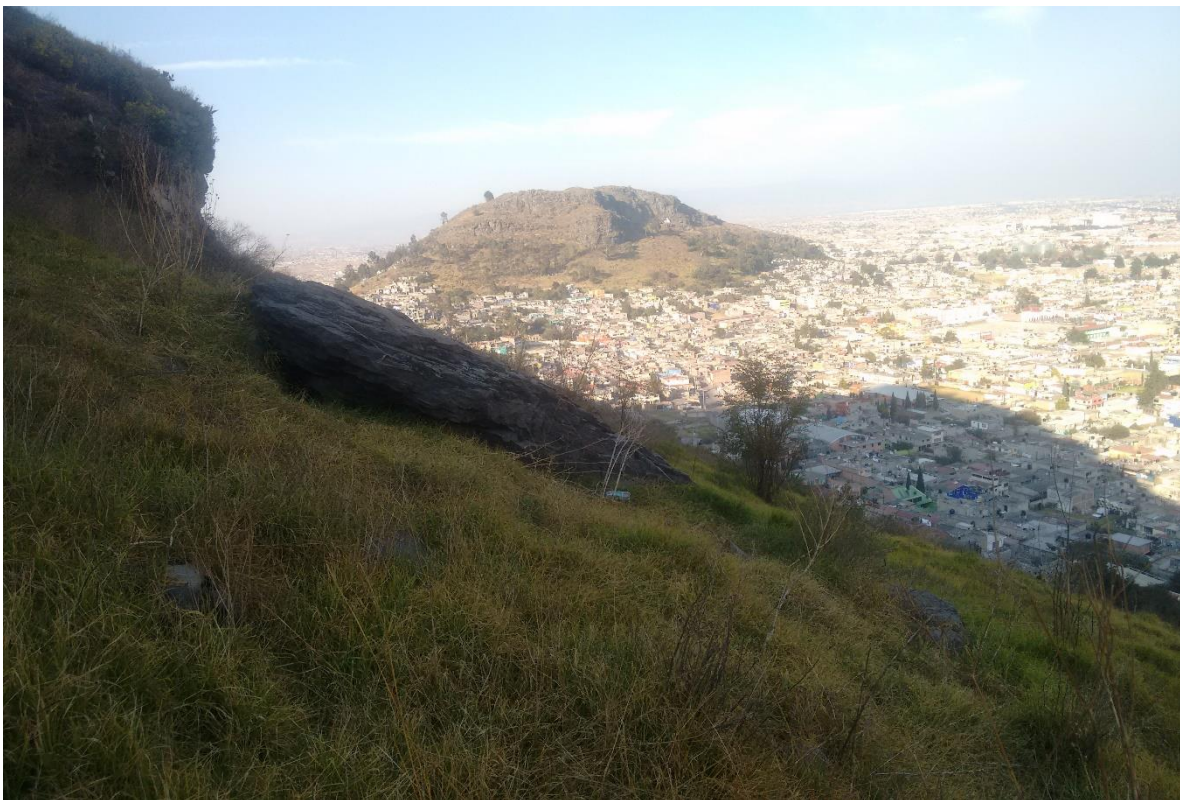
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS



ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN LA ZONA NOR-ORIENTE DEL COMPLEJO GEOMORFOLÓGICO SIERRA MORELOS

