



H. AYUNTAMIENTO
DE NICOLÁS ROMERO



Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Nicolás Romero 2011



Fecha: 20 de diciembre de 2011
Número de avance: final
Número de obra: 115060PP036877
Municipio de Nicolás Romero, Estado de México

SIGEMA SA de CV
Ocotlán 47 2° piso, Col. Roma, Del. Cuauhtémoc,
México DF, CP 06700. Tel. 56619084
Email: sigema.info@gmail.com

ÍNDICE

CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción.....	4
1.1 Introducción	4
1.2 Antecedentes	5
1.3 Objetivo	6
1.4 Alcances	6
1.5 Metodología General	7
1.6 Contenido del Atlas de Riesgo	8
CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio.....	9
2.1 Determinación de la Zona de Estudio.....	9
2.1.1 Localización.....	9
2.1.2 Límites políticos.....	9
2.1.3 Infraestructura	10
CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural	11
3.1 Fisiografía	11
3.2 Geología	11
3.3 Geomorfología	12
3.4 Edafología.....	13
3.5 Hidrología.....	14
3.6 Climatología.....	15
3.7 Uso de suelo y vegetación.....	17
3.8 Áreas naturales protegidas.....	18
3.9 Problemática ambiental	19
3.9.1 Agua	19
3.9.2 Aire	19
3.9.3 Deforestación y erosión	20
3.9.4 Desechos sólidos	20
CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos.....	21
4.1 Elementos demográficos	21
4.1.1 Dinámica demográfica	21
4.1.2 Distribución de población	23
4.1.3 Mortalidad.....	23
4.1.4 Densidad de población.....	24

4.1.5 Discapacidad.....	24
4.2 Características sociales.....	25
4.3 Principales actividades económicas en la zona.....	28
4.4 Características de la población económicamente activa.....	29
4.5 Estructura urbana.....	30
CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural.....	33
5.1 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico.....	36
5.1.1 Fallas y Fracturas.....	36
5.1.2 Sismos.....	43
5.1.3 Tsunamis o maremotos.....	53
5.1.4 Vulcanismo.....	53
5.1.5 Deslizamientos.....	58
5.1.6 Derrumbes.....	66
5.1.7 Flujos de lodo.....	70
5.1.8 Hundimientos.....	73
5.1.9 Erosión.....	76
5.2 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico.....	79
5.2.1 Ciclones (Huracanes y ondas tropicales).....	79
5.2.2 Tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias.....	80
5.2.3 Sequías.....	85
5.2.4 Temperaturas máximas extremas.....	87
5.2.5 Vientos Fuertes.....	90
5.2.6 Inundaciones.....	90
5.2.7 Masas de aire (heladas).....	102

CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción

1.1 Introducción

Los fenómenos naturales de carácter destructivo siempre han aparecido de forma recurrente, impredecible e inevitable. A lo largo de la historia, en todo el territorio de Nicolás Romero, los fenómenos naturales han provocado variaciones al paisaje y en algunos casos pérdidas económicas por daño a infraestructura. Sin embargo, en los últimos años, estos fenómenos aunados con procesos de expansión urbana, han incrementado la magnitud de su devastación. De ahí la importancia de hacernos conscientes de que los ciclos naturales no son ajenos a los habitantes del municipio y que pueden ser perjudiciales si no existe un pleno conocimiento de su dinámica. Así mismo, cuando las personas se olvidan de las consecuencias que puede tener un fenómeno natural extremo y se exponen sin tomar precauciones dan como resultado graves pérdidas tanto materiales como humanas.

Nicolás Romero es un municipio que está expuesto a los desastres naturales por su ubicación geográfica y consecuente dinámica geológica y climática. De esta manera, a lo largo de la historia reciente se han presentado diversos desastres naturales como inundaciones e incendios forestales.

Por ello, en la agenda municipal de protección civil, la prevención de desastres ha tomado una gran relevancia, debido principalmente a la diversidad de fenómenos que pueden causar catástrofes en nuestro territorio. Así, se ha reconocido la importancia de establecer estrategias y programas de largo alcance enfocados a prevenir y reducir sus efectos, y no sólo focalizar recursos para la atención de las emergencias y la reconstrucción. Esta estrategia debe lograr que la sociedad sea capaz de afrontar los peligros naturales asegurando al mismo tiempo que el desarrollo no incremente su vulnerabilidad y por ende el riesgo. Sólo así se podrá garantizar un municipio menos vulnerable y una población más preparada y segura.

Es por lo anterior que se debe de contar con un Atlas de Riesgos a fin de contar con instrumento de prevención, mitigación y respuesta más eficientes y precisas. Para ello es importante en primera instancia completar el diagnóstico de las zonas más susceptibles a padecer daños, es decir, conocer las características de los eventos que pueden tener consecuencias desastrosas y determinar la forma en que estos eventos inciden en los pueblos, barrios y colonias de Nicolás Romero.

El reto que se estableció fue la integración de un sistema de información sobre el riesgo de desastres detallado a nivel municipal. La integración de este Atlas de Riesgos, demandó un esfuerzo coordinado de investigación, recopilación de datos, trabajo de campo, entre la Dirección Municipal de Protección Civil, contratistas privados, la Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno Federal, así como la población en general.

Es así que el Municipio de Nicolás Romero, ha dado un gran paso hacia una política responsable en materia de prevención de desastres, con la elaboración de su Atlas de Riesgos, una iniciativa del Ayuntamiento que cuenta con el apoyo del programa "Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos" de la Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno Federal. Mediante este documento, el Municipio tendrá la certeza de contar con un instrumento de identificación de Peligros, Vulnerabilidad y

Riesgos que ayude a fortalecer la orientación de políticas públicas a fin de prevenir o mitigar los daños a la población, causados por fenómenos perturbadores de origen natural.

Los estudios realizados para integrar el presente documento se elaboraron de conformidad a las metodologías establecidas por la SEDESOL en las “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2011”.

1.2 Antecedentes

En Municipio de Nicolás Romero, debido a sus condiciones geográficas y el proceso de ocupación del territorio lo hacen altamente susceptible a enfrentar fenómenos de carácter destructivo. Iniciando con los fenómenos de carácter hidrometeorológico, el fenómeno de las inundaciones es uno de los que representan mayor peligro para los habitantes; al suroeste en las colonias Arcoíris, San Juan Tlihuaca, Colmena, Loma de la Cruz, San Isidro de la Paz, las inundaciones ocurren por el desbordamiento del Río Xinté. Otras zonas susceptibles a este fenómeno son las colonias San Idelfonso, Sitio 217, Capetillo, Jiménez Cantú, Zaragoza, Progreso Industrial, La Y Griega, Granjas Guadalupe, Joya del Tejocote y Ejido Azotlan, debido a que la inmensa mayoría de estas colonias se han asentado dentro del cauce natural de algunos ríos o en la zona de inundación del mismo. En total se tiene un registro preliminar de 16 colonias en peligro por fenómenos hidrometeorológicos.

Con respecto a los fenómenos de carácter geológico dentro del municipio, se cuenta con un registro de 4 colonias en riesgo de hundimiento, mismas que son: Francisco Sarabia, Elsa Córdoba, Colmena y Francisco I. Madero. De igual manera se tiene el registro de 2 colonias asentadas en barrancas, las colonias 5 de Febrero e Hidalgo. Y finalmente hay 5 colonias asentadas en taludes inestables, las colonias: La Concepción, La Era, Fraccionamiento San Carlos, El Tráfico y Cahuacán 2º Barrio. En total se tiene un registro preliminar de 12 colonias en peligro por fenómenos geológicos.

Con respecto a los factores de riesgo de los fenómenos de origen químico-tecnológico, se tienen registradas 38 colonias en peligro por incendios, de las cuales 35 son por incendio de pastizal y forestales. Es importante destacar que gran parte de la superficie de municipio es de uso de suelo agrícola y forestal, y que en la mayoría de los casos estos incendios son incendios inducidos por los agricultores con la finalidad de fertilizar el suelo, sin embargo en algunas ocasiones estos se salen de control e incluso invaden las zonas urbanas.

El presente documento representa la parte teórica y metodológica de la integración del Atlas de Riesgos del Municipio de Nicolás Romero, con fundamento en lo establecido por el Programa de Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos. No obstante, cabe mencionar que por parte de Nicolás Romero, este no es un esfuerzo sin antecedentes, ya que anteriormente en 2009, el Ayuntamiento había hecho una integración del Atlas de Riesgos 2009, que consistió en un inventario georreferenciado de puntos de riesgo y que represento un avance para la identificación de diversos fenómenos perturbadores dentro de las áreas urbanas del municipio.

Es en este sentido, que con los antecedentes antes mencionados, el H. Ayuntamiento de Nicolás Romero, en cumplimiento con lo establecido en la Ley general de Protección Civil, el Reglamento de Ley de Protección Civil del Estado de México y en coparticipación con la Secretaría de Desarrollo Social del

Gobierno Federal, dentro del programa “Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos”, elaboran el Atlas de Riesgos para el Municipio con la responsabilidad de que los resultados obtenidos serán considerados como base para tomar las medidas necesarias en políticas públicas, para prevención y/o mitigación de los riesgos a los cuales están expuestos los habitantes del municipio.

1.3 Objetivo

Diagnosticar, ponderar y detectar los riesgos, peligros y/o vulnerabilidad en el espacio geográfico del Municipio de Nicolás Romero.

1.4 Alcances

Se llevarán a cabo estudios técnicos y documentales del territorio del Municipio de Nicolás Romero para determinar las zonas de riesgo por fenómenos naturales y antropogénicos.

Con base a la identificación de peligros y/o vulnerabilidad, se hará la zonificación de los mismos por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para generar cartografía digital y mapas impresos, en la que se determinarán las Zonas de Riesgo (ZR) ante los diferentes tipos de fenómenos.

Una vez obtenida dicha cartografía se realizará un análisis completo de riesgos, señalando qué zonas son las más propensas a sufrir procesos destructivos, cuantificando población, áreas, infraestructura, equipamiento con probable afectación y señalando puntualmente qué obras o acciones se proponen para mitigar el riesgo.

El análisis delimitará las ZR, hará referencia a los mapas de riesgos, peligros y/o vulnerabilidad e interpretará sus resultados, procurando hacer vinculaciones entre fenómenos perturbadores cuando estos se sobrepongan.

Los mapas finales representarán el grado o nivel de riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante cada uno de los fenómenos naturales; en caso de no existir algún fenómeno en la zona, éste no se desarrollará, asentando en el documento las razones por las cuales dicho mapa no se desarrolla.

Las propuestas de acciones y obras estarán enfocadas a la reducción y mitigación de riesgos; estarán basadas en la detección y localización de zonas de riesgo o peligro y serán ubicadas en la cartografía entregada.

Se entregarán Mapas de Zonas de Riesgo (ZR) por cada uno de los fenómenos de riesgo establecidos por la SEDESOL, con su respectivo texto descriptivo de las ZR para cada uno de los fenómenos, desarrollado a partir del análisis de todos los factores identificados.

El atlas permitirá:

1. Contar con un documento cartográfico y escrito que represente y zonifique cada uno de los fenómenos naturales perturbadores de manera clara y precisa.
2. Desarrollar y fundamentar una base de datos homologada para cada uno de los fenómenos naturales perturbadores presentes.
3. Sentar las bases para definir un esquema de prevención, planeación y gestión del riesgo.

1.5 Metodología General

Las bases teóricas y sistémicas para la elaboración del Atlas de Riesgos del Municipio de Nicolás Romero se derivan de lo establecido en la Guía para la Elaboración de Atlas de Riesgos y/o Peligros, la cual a su vez se conformó de acuerdo con los criterios de clasificación y los términos de referencia establecidos por el CENAPRED en materia de riesgos.

En general, se procedió a realizar una recopilación e investigación documental de datos primarios, en las principales instituciones nacionales de información del territorio, tales como INEGI, CONAGUA, SMN, SGM, INE, CONABIO, u organismos equivalentes estatales y municipales, particularmente de las áreas de protección civil. Posteriormente los datos se procesaron en función de la guía metodológica de la SEDESOL, con base a los niveles aplicables de cada caso, zonificando las áreas de incidencia de los fenómenos, las áreas de vulnerabilidad, así como el grado de riesgo predominante. En cada apartado del capítulo 5 se precisan más datos sobre la metodología empleada para la detección de los diferentes fenómenos analizados.

Fenómeno	Nivel de Análisis	Escala usada
Geológicos		
Fallas y fracturas	1	1:10000
Sismos	3	1:60000
Vulcanismo	2	1:60000
Deslizamientos	1	1:10000
Derrumbes	1	1:10000
Flujos	1	1:10000
Hundimientos	1	1:60000
Erosión	1	1:10000
Hidrometeorológicos		
Tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias	1	1:60000
Sequias	1	1:60000
Temperaturas máximas extremas	1	1:60000
Inundaciones	1	1:5000
Masas de aire (heladas)	1	1:60000

Tabla 1.1 Fenómenos estudiados, nivel de análisis y escalas empleadas.

1.6 Contenido del Atlas de Riesgo

El presente Atlas de Riesgos se conforma de seis capítulos, el primero que incluye la introducción, antecedentes, objetivos, alcances, metodología general y contenido. Es en general una breve descripción de la situación actual en la cual se encuentra el municipio en materia de prevención de desastres.

El capítulo dos hace referencia a la determinación de la zona de estudio, en este apartado se define en forma precisa la localización de la entidad, límites políticos y una descripción de los elementos de infraestructura urbana del municipio. También en esta sección se define el mapa topográfico base.

En el tercer capítulo se define la caracterización de los elementos de medio natural, atendiendo los siguientes temas: fisiografía, geología, geomorfología, edafología, hidrología, climatología, uso de suelo, áreas naturales protegidas y la problemática ambiental de la zona de estudio.

El cuarto capítulo integra la caracterización general de la situación demográfica, social y económica de la zona de estudio, con indicadores básicos que revelan las condiciones generales en las que se encuentra el municipio.

En el quinto capítulo se desarrolla la identificación de riesgos, peligro y/o vulnerabilidad. Contiene cada uno de los fenómenos perturbadores de origen natural, identificando su periodicidad, área de ocurrencia y grado de impacto sobre los sistemas afectables. Esta sección contiene la cartografía de los fenómenos perturbadores, la cual señala las zonas propensas a sufrir procesos destructivos, cuantificando población, áreas infraestructura, equipamiento con probable afectación y señalando puntualmente obras o acciones que se proponen para mitigar el riesgo. Los estudios llevados a cabo son de los siguientes temas:

1. Fenómenos Geológicos
 - a. Fallas y fracturas
 - b. Sismos
 - c. Vulcanismo
 - d. Deslizamientos
 - e. Derrumbes
 - f. Flujos
 - g. Hundimientos
 - h. Erosión
2. Fenómenos Hidrometeorológicos
 - a. Tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias
 - b. Sequías
 - c. Temperaturas máximas extremas
 - d. Inundaciones
 - e. Masas de aire (heladas)
3. Otros fenómenos

Por último el capítulo seis referente a los anexos contiene el glosario de términos, bibliografía, cartografía empleada con índice y breve descripción, así como el diccionario de los metadatos.

CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio

2.1 Determinación de la Zona de Estudio

La zona que abarca el presente estudio comprende los límites territoriales del Municipio de Nicolás Romero, el cual cuenta con 233.51 Km² de superficie total¹. Para fines de diagnóstico general de riesgos, se utilizará una escala 1:80,000; para una evaluación urbana, la escala será de 1:30,000; mientras que los estudios que requieran una escala local, es decir manzanas y calles, se analizarán a 1:5,000.

2.1.1 Localización

El Municipio de Nicolás Romero se localiza al norte del Estado de México, en el extremo occidental de la Cuenca de México, teniendo como coordenadas geográficas extremas 19°42'19"N, 99°32'25"W y 19°33'47"N, 99°15'56"W.

Las principales accidentes geográficos en el municipio son: en la parte oriental, el Lago de Guadalupe; al centro los principales ríos que desaguan en dicha presa, como el Río San Pedro, el Arroyo Grande, el Arroyo Chiquito y el Arroyo Xinté; y al occidente, las estribaciones del Eje Neovolcánico Transversal previas al Valle de México, llamada Sierra de Monte Alto, cuyo pico más alto dentro de la zona de estudio es el cerro de La Cruz (3623 msnm), seguido del cerro Los Potrerillos (3603 msnm) y cerro Río Frío (3600 msnm), todos ubicados en la parte del extremo occidente del municipio. En general, el relieve del municipio es de lomeríos intercalados con cañadas (ver mapa 2.1 en el anexo cartográfico).

La cabecera municipal, es decir Ciudad Nicolás Romero (a menudo también identificada de forma no oficial como Villa Nicolás Romero), se encuentra en la porción del extremo oriental del municipio, forma parte del Área Metropolitana de la Ciudad de México, y colinda con la ciudad de Atizapán. Es el área más poblada del municipio ya que concentra al 76.8% de todos los habitantes.

2.1.2 Límites políticos

- I. Al norte colinda con los Municipios de Villa del Carbón y Tepetzotlán;
- II. Al sur colinda con los Municipios de Atizapán de Zaragoza, Isidro Fabela y Temoaya;
- III. Al este colinda con el Municipio de Cuautitlán Izcalli; y
- IV. Al oeste colinda con los Municipios de Jiquipilco y Villa del Carbón.

¹ Bando Municipal 2011 del H. Ayuntamiento Constitucional de Nicolás Romero

En la actualidad mantiene litigios territoriales con los siguientes municipios²:

- Con Temoaya, por una franja de terreno que se inicia en el punto trino de colindancia de los municipios de Isidro Fabela, Temoaya y Nicolás Romero y corre al municipio de Jiquipilco.
- Con Jiquipilco, por una franja de terreno en la que están ubicados el Río Frío y el ojo de agua de La Cañada.
- Con Tepetzotlán, por una cuchilla dentro de los terrenos de Magú, en la que ya se estableció la colonia de Los Petroleros.
- Con Atizapán, en el pueblo de San Miguel Hila que desde siempre ha reconocido como límite natural el Río Navarrete, que desemboca en la presa La Colmena; actualmente los dueños de Condado de Sayavedra están cercando más arriba del citado arroyo.

2.1.3 Infraestructura

Las vías de comunicación principales son carreteras, debido a que no existen vías de ferrocarril dentro del Municipio, ni tampoco aeropuertos. Las carreteras más importantes son: Tlalnepantla-Atlacomulco, Nicolás Romero-Cuautitlán Izcalli, El Vidrio-Tepetzotlán y Nicolás Romero-Tlazala. Estas vías se desarrollan de la siguiente manera:

1. Eje Tlalnepantla-Atlacomulco: Es la más trascendente, ya que cruza toda la zona urbana y gran parte del municipio con dirección de sureste a noroeste.
2. Eje Nicolás Romero-Tlazala: Conecta de sur a norte las localidades del interior del municipio.
3. Eje El Vidrio-Tepetzotlán: Se ubica en el noroeste del municipio y aunque no llega a la cabecera municipal, sí existe una fuerte conexión con ella a través del primer eje.
4. Eje Nicolás Romero-Cuautitlán Izcalli: Integra toda la zona norte del municipio, conectándose con los municipios de C. Izcalli y Atizapán.

Los principales líneas de alta tensión van de Ciudad Nicolás Romero a San José del Vidrio, y de ahí se redistribuyen al norte hacia San Francisco Magú, y hacia al sur a Quinto Barrio y Transfiguración.

Adicionalmente, como puntos relevantes de infraestructura urbana, destaca que Nicolás Romero cuenta con 62 Industrias; 280 instituciones educativas y de rehabilitación; 19 mercados y tianguis; 79 centros religiosos; 6 tiendas de autoservicio; y 177 instituciones de salud (incluyendo laboratorios clínicos).

² H. Ayuntamiento de Nicolás Romero/Protección Civil del Estado de México, Atlas de Riesgos Nicolás Romero (Información Básica), Primera Etapa 2006-2009

CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural

3.1 Fisiografía

El municipio se encuentra localizado en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y forma parte de la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac.

El Eje Neovolcánico está conformado por un conjunto de planicies escalonadas resultado de acumulaciones volcánicas y movimientos tectónicos, ambos procesos de intensidad considerable a lo largo del Cuaternario. Sobre estas planicies se asientan elevaciones volcánicas, lo mismo que serranías que pequeños conos, campos volcánicos monogenéticos y grandes volcanes compuestos. Cabe destacar que esta provincia fisiográfica es un límite climático, geológico y biogeográfico.

Asimismo, el relieve de la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac está integrado por grandes sierras volcánicas o elementos individuales de todos tipos: maares, conos de escoria, volcanes compuestos, aislados y conjuntos menores y grandes así como por con amplias llanuras y vasos lacustres. Esta subprovincia ocupa el 100 % de la superficie municipal.

Al ubicarse en esta provincia fisiográfica, el municipio cuenta con dos tipos de paisajes; sierras con elevaciones de más de 3,500 metros (al poniente, 35%), y lomeríos (al oriente donde se localiza la cabecera municipal, 65%).

Las mayores elevaciones se localizan en las colindancias de Nicolás Romero con los municipios de Jiquipilco y Villa del Carbón, la cuales se conocen como Los Potrerillos, Río Frío, la Cruz, El Escorpión y Tres Piedras, entre otras.

En la cordillera conocida como Monte Alto, al este del municipio, existen pequeñas colinas que se alternan con lomeríos hasta culminar en la Presa de Guadalupe. Esta orografía favorece la formación de cañadas donde existen corrientes intermitentes y algunos arroyos. En resumen, los lomeríos, cañadas y las sierras son las formas del relieve que constituyen principalmente la fisiografía del lugar. Ver mapa 3.1 en el anexo de mapas.

3.2 Geología

Como se mencionó con anterioridad, la provincia del Eje Neovolcánico se caracteriza por una enorme masa de rocas volcánicas de diferente tipo, acumulada en innumerables y sucesivos episodios eruptivos. Al pertenecer el municipio a dicha provincia se localizan rocas de tipo ígneo dentro de la demarcación. De

igual forma se localizan rocas sedimentarias producto de la acumulación de sedimentos a lo largo de millones de años.

Las rocas ígneas localizadas en el municipio son andesíticas y piroclásticas. Dentro de las rocas andesíticas se halla la andesita, la cual es una roca de composición intermedia de color gris medio, y de grano fino, ligada a regiones con una importante actividad tectónica y asociada con basaltos, en forma de coladas de lava y de domos. Se localiza principalmente en las sierras del poniente del municipio (20%).

La brecha volcánica es una roca piroclástica que se ubica en una pequeña porción del centro de la demarcación (1%). Está compuesta fundamentalmente por partículas de tamaño mayor a 10 mm dispuestas en formas irregulares y unidas por cementantes diversos.

De igual forma se puede localizar toba en parte del sur y en la zona centro del municipio (15%). Esta roca se compone fundamentalmente de pequeños fragmentos de ceniza volcánica que se cementaron después de su caída.

Dentro de los tipos de roca que se ubican en el municipio encontramos también rocas sedimentarias producto de la consolidación de los sedimentos derivados de procesos erosivos.

La arenisca-toba es la roca que predomina en la demarcación, localizada en la porción norte, centro y oriental (60%). Estas rocas están constituidas por granos de arena unidos por un cementante que puede ser sílice, arcilla, carbonato de calcio, óxido de hierro u otros.

Por otra parte, dentro de los límites de la demarcación se pueden encontrar dos tipos de suelo: aluvial y residual. Los suelos aluviales son formados por el acarreo y depósito de materiales; generalmente se localizan en los cauces de arroyos naturales, ríos y cuerpos de agua. Se ubican en el extremo oriente del municipio (3%). En el oriente y parte de centro se encuentran suelos residuales compuestos por todas las impurezas insolubles de la roca, arcilla, sílice y limo (1%).

La naturaleza volcánica y la actividad tectónica propia del Eje Neovolcánico influyen en la formación de un número considerable de fallas y fracturas a lo largo y ancho del territorio municipal. De acuerdo a las cartas geológicas de Villa del Carbón E14A28 y Cuautitlán E14A29 editadas por INEGI, en el municipio se localizan 4 fallas normales ubicadas en el poniente y 54 fracturas distribuidas en la mayor parte del territorio concentrándose en mayor número al norte y sureste.

Es importante destacar que debido a los derrames y depósitos de material volcánico la zona es favorable para la explotación de bancos de material. Ver mapa 3.2 en el anexo de mapas.

3.3 Geomorfología

La geomorfología del municipio es una balanceada combinación de procesos endógenos, creadores del relieve y exógenos, es decir modeladores. Como ya se comentó con anterioridad, el origen de las formas encontradas dentro de la demarcación es volcánico originado por procesos tectónicos. El tipo de material, en conjunto con el clima y la hidrología se han encargado de ir modelando el relieve hasta formar una serie de topofomas que predominan en gran parte de la región.

El relieve predominante es de lomeríos con mesetas, conjugados con valles producto de la erosión de fluvial de miles de años. A grandes rasgos se puede decir que las geoformas predominantes en el municipio son las siguientes:

- Valle aluvial con procesos de acumulación. La forma principal de este tipo de relieve es un cauce, seguido de una planicie o llanura de inundación y terrazas. El cauce presenta escurrimiento temporal o permanente, por lo que varía su nivel a lo largo del año, en ocasiones alcanza su nivel máximo sobre todo en temporada de lluvias desbordándose hacia la planicie de inundación, la cual generalmente se desarrolla hacia un lado. En el caso del municipio, algunas viviendas se asientan en esta planicie y otras en las terrazas, esta situación provoca que en temporada de lluvias muchas de ellas resulten afectadas por la crecida de la corriente. Una característica del cauce es su sinuosidad, la corriente realiza erosión en las porciones cóncavas, y simultáneamente, deposita sedimentos que acarrea desde partes altas en la ribera opuesta (10%).
- Rampa erosiva con procesos de socavación lateral. Consta de una geoforma de tipo residual que se expresa con un relieve de elevaciones y lomeríos modelados por la disección fluvial en forma de socavación. Una característica que se presenta en esta geoforma es la fuerte disección por incisión de barrancos y erosión remontante de las cabeceras; además se distingue porque en este tipo de rampa deja de haber acumulación sedimentaria y por tanto, termina su edificación sustituyéndola por un relieve erosivo expresado por arreglo de lomas disectadas por la red de barrancos, campos de cárcavas y surcos (45%).
- Ladera modelada. Superficie natural del terreno, producto de procesos denudatorios, se caracteriza por presentar pendientes onduladas con inclinaciones entre 20° y 30°; generalmente constituyen el piedemonte que anticipa las pre-montañas. Habitualmente estas zonas presentan una buena cobertura vegetal pese a que muchas de estas geoformas están cubiertas por delgadas capas de fragmentos de rocas de diversos tamaños (30%).
- Rampa acumulativa-erosiva con sedimentación. Relieve de acumulación formando por superficies de depósitos sedimentarios y/o planicies acumulativas. Combina el proceso de acumulación y el de erosión. Ver mapa 3.3 en el anexo de mapas (15%).

3.4 Edafología

El suelo es una parte fundamental de los ecosistemas, es un cuerpo dinámico en evolución, resultado del intemperismo sobre las rocas, que las fragmenta y crea el regolito, combinado a esto encontramos materia mineral y orgánica, agua y aire. La importancia del suelo radica en que sobre él viven las plantas, que son los principales aportadores de materia orgánica.

Cada lugar presenta un tipo de suelo distinto, debido principalmente al clima, geología, geomorfología y los procesos erosivos que actúan sobre él. Nicolás Romero se encuentra localizado en una zona que presenta climas templados y rocas de tipo ígneo, por lo que sus suelos son el resultado de esta conjunción. Por esta razón los suelos se distribuyen de forma distinta en el municipio formando grupos con características similares, dependiendo la zona que los ha generado. Los principales tipos de suelo encontrados en la demarcación son los siguientes:

- Andosol. Suelos localizados en áreas de actividad volcánica reciente, son formados a partir de cenizas volcánicas. Estos suelos suelen ser poco fértiles y muy susceptibles a la erosión, por lo que se recomienda un uso de suelo forestal. En el municipio se presenta la variedad Andosol húmico (Th), los cuales presentan en la superficie una capa de color oscuro, rica en materia orgánica, pero muy ácida y muy pobre en nutrientes, con texturas medias y fases líticas. Se ubican en el occidente del municipio (35%).
- Feozem. Su característica principal es una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, los usos que se les dan son variados, aunque generalmente se utilizan para la agricultura. La susceptibilidad de erosión varía en función de las condiciones que se presenten en el terreno. En el municipio se presentan en los extremos sureste y noreste, con marcadas fases líticas, por lo que son medianamente susceptibles a la erosión (5%).
- Luvisol, que se caracteriza por el lavado de arcilla de las capas superiores, para acumularse en las capas inferiores y denota un claro enrojecimiento por la acumulación de óxidos de hierro, son generalmente rojos o claros, aunque los hay pardos o grises, sin ser muy oscuros. Se usan con fines agrícolas con rendimiento moderado. En el municipio hay dos variedades de este tipo de suelo, el Luvisol crómico (Lc) y el Luvisol ortico (Lo). El primero presenta colores rojos o amarillentos en el subsuelo, tiene fertilidad moderada, con textura media y de fases físicas duricas profundas a normales, está ubicado en el centro del municipio (35%). El Luvisol ortico, se ubica en una pequeña porción del centro del municipio, se caracteriza por tener una textura media (10%).
- Vertisol. Son suelos que se presentan en climas templados, con una marcada estación seca y otra lluviosa. Se caracterizan por grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía. Es originado por sedimentos con una elevada proporción de arcillas esmectíticas (arcillas expansivas) que forma profundas grietas. Su utilización agrícola es variada y productiva, suelos muy fértiles pero presenta ciertos problemas de inundación y mal drenaje. En el municipio se encuentra al oriente la variedad Vertisol pélico (Vp), que son suelos grises, con textura fina y fase física dúrica (15%). Ver mapa 3.4 en el anexo de mapas.

3.5 Hidrología

El municipio está ubicado dentro de la región hidrológica No. 26 Pánuco, y dentro de las subcuencas del río Cuautitlán, Tepotzotlán, El Salto, río Sila, Lago de Texcoco y Zumpango y río Otzolotepec-Atlacomulco; todas ellas ubicadas dentro de la cuenca del río Moctezuma y en menor parte dentro de la del río Lerma-Toluca (tabla 3.1).

El extremo suroeste del municipio forma parte de la subcuenca del río El Salto, que corre con rumbo noreste hacia el municipio de Villa del Carbón. La subcuenca del río Cuautitlán se extiende desde el noreste hacia el sureste, está formada por dos ramas principales que desembocan una en la presa El Rosario, localizada en el municipio de Tepotzotlán y la otra en la presa de Guadalupe, ubicada en su mayor parte en Cuautitlán Izcalli.

Las principales corrientes que descargan sus aguas a la presa de Guadalupe son San Pedro, Chiquito, Grande y Xinté. El arroyo San Pedro nace en la Sierra de Monte Alto donde cruza buena parte del municipio continuando su recorrido hasta la cabecera municipal. El arroyo Chiquito es resultado de la unión de varias corrientes intermitentes y manantiales que se ubican en las cercanías de la barranca de

La Rosa situada en la sierra de Monte Alto. Cabe destacar que esta corriente es perenne. El arroyo El Grande es una corriente intermitente que se forma al sur del arroyo Chiquito y se une a éste por su margen derecha.

La subcuenca del río Tepetzotlán se forma en la parte alta del municipio con los arroyos Tepozanes, Las Peñas de San Isidro y los diversos manantiales ubicados en los ejidos de Cahuacán y San Juan de las Tablas.

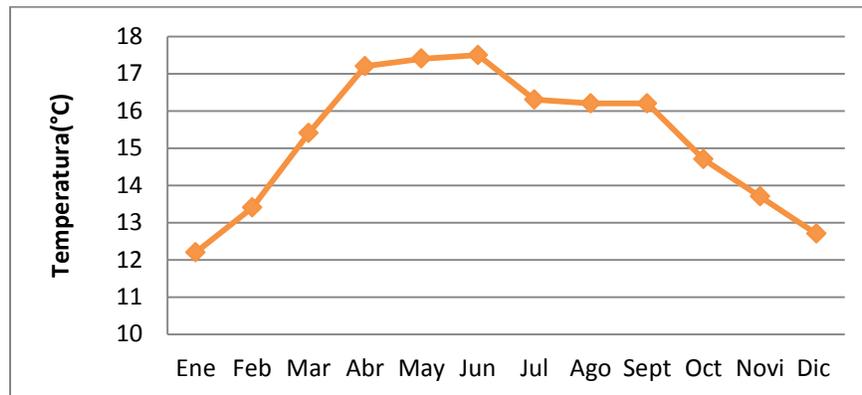
Asimismo el municipio cuenta con dos presas, La Colmena y Guadalupe, está última declarada como Área Natural Protegida con la categoría de Parque Estatal denominada "Santuario del agua y Forestal Presa de Guadalupe". Ver mapa 3.5 en el anexo de mapas.

Región hidrológica	Pánuco (99.32%) y Lerma - Santiago (0.68%)
Cuenca	R. Moctezuma (99.32%) y R. Lerma - Toluca (0.68%)
Subcuenca	R. Cuautitlán (52.61%), Tepetzotlán (31.96%), El Salto (14.41%), R. Sila (0.51%), L. Texcoco y Zumpango (0.34%) y R. Oztolotepec - R. Atlacomulco (0.17%)
Corrientes de agua perennes	Río Los Arcos, Cuautitlán, Chiquito, Río Los Sabios, Barranca Seca y Arroyo Las Palomas.
Corrientes de agua intermitentes	El Oro, El Esclavo, El Puerto, Lanzarote, Chiquito, San Pablo, Agua Caliente, Xinte, La Zanja, San Pedro, Arroyo El Trigo, La Cañada, Santa Ana, Xido y Cuautitlán.
Cuerpos de agua Perennes	Lago de Guadalupe, La Colmena, El Rosario y Casa Vieja.

Tabla 3.1: Principales rasgos hidrográficos del municipio. Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Nicolás Romero, México. INEGI 2009.

3.6 Climatología

El municipio de Nicolás Romero es parte de la zona de transición del clima templado al semifrío. El relieve es un factor que influye directamente sobre el clima del lugar ya que el territorio va de los 2310 msnm a los 2430 msnm aproximadamente; por lo tanto esta diferencia de altitud se ve reflejada en la variación de temperatura y presión atmosférica del municipio, pues a mayor altitud menor temperatura y presión. El municipio presenta una temperatura media anual que oscila entre 15.4 y 15.8 °C; una temperatura máxima de 23°C y una mínima de 7.9°C. La gráfica 3.1 muestra el comportamiento de la temperatura media mensual en el periodo de 1970 al 2000.

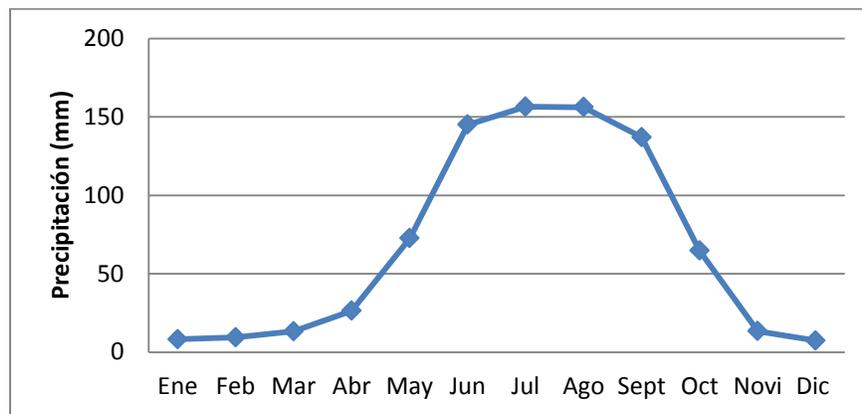


Grafica 3.1: Comportamiento de la Temperatura Media Mensual. 1970-2000

El clima es el conjunto de condiciones atmosféricas propias de una región, constituido por la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura, los vientos, las presiones, etc. Los climas que existen en el municipio son los siguientes:

- C(w1). Clima templado subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (25%).
- C(w2). Clima templado subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual (55%).
- Cb'(w2). Clima semifrío subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual (20%).

Como se establece en la clasificación climática, la precipitación en los meses húmedos es apreciable, ya que presenta una máxima de 156.5 mm; mientras que en los meses secos del año presenta una mínima de 7.4 mm, presentando una media anual que oscila entre los 850 mm a 1250mm (grafica 3.2).



Grafica 3.2: Comportamiento de la Precipitación Media Mensual. 1970-2000

Los vientos dominantes en la región presentan una componente del Norte, con vientos dominantes del noroeste en invierno y primavera, del sureste en verano, y del noreste en otoño. Ver mapa 3.6 en el anexo de mapas.

3.7 Uso de suelo y vegetación

Las comunidades vegetales del municipio han sido alteradas radicalmente y se encuentran en peligro de extinción en algunos sitios, debido al fuerte impacto que implica el crecimiento continuo de la mancha urbana.

Debido a que el municipio se localiza en la zona transicional de los climas templados al semifrío, su vegetación está compuesta por coníferas que se ubican en los bosques localizados al poniente del territorio municipal.

En las partes más altas se encuentran bosques de abeto y pino; conforme disminuye la altitud se observan algunos grupos de aile; y hacia la parte central del municipio se encuentran relictos dispersos de bosques mixtos de pino-encino y encino-pino ubicados en barrancas y sitios de mayor pendiente.

Por la expansión de las actividades agropecuarias se deforestaron fuertemente las áreas de menor pendiente y donde los suelos son menos someros. Las localidades que presentan mayor afectación a su masa arbórea por la tala inmoderada en forma clandestina, son: Cahuacán, Transfiguración, San Juan de las Tablas, el Vidrio, Magú y San Miguel Hila.

A lo largo de las márgenes de los cauces y en las zonas que presentan pendientes del terreno más marcadas como taludes y orillas de barrancos predominan especies perennifolias con distintos grados de desarrollo.

Debido a que los suelos son forestales, al desaparecer el bosque quedan expuestos a la erosión hídrica y eólica; al degradarse son ocupados por estratos herbáceos y arbustivo que son muy pobres en especies,

donde predomina el zacatón y la hierba del carbonero, aunque esta última especie no llega a formar manchones densos como es frecuente encontrarla en otros sitios.

En estas mismas zonas han logrado adaptarse especies xerófitas, es decir propias de climas más secos y de sitios alterados, entre las que están el nopal, huizache, maguey y tabaquillo. Sin embargo estas especies no forman manchones densos ya que con la pérdida de suelo por la erosión avanzada sólo ocupan los sitios donde aún queda una capa ligera de suelo.

En áreas de pastizales la ganadería no impacta sustancialmente a las comunidades vegetales, a pesar de que se desarrolla un pastoreo cada vez menor.

De acuerdo con datos del INEGI³, la superficie municipal que se dedica a la Agricultura ocupa casi el 27.82% del total del municipio, la boscosa el 38.59 %, la zona urbana 22.59% y la zona que es ocupada por pastizales inducidos ocupa el 10.85 %. Ver mapa 3.7 en el anexo de mapas.

3.8 Áreas naturales protegidas

Con el propósito de conservar el patrimonio natural del país, mejorar la calidad de vida de los pobladores y mitigar los impactos negativos a los ecosistemas y su biodiversidad, fueron creadas las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Éstas están compuestas por las regiones prioritarias para la conservación por medio de un decreto de protección, y con un programa de manejo, como instrumento de planeación para que se puedan conjugar las metas de la conservación con las del bienestar social.

Varias entidades de la república cuentan ya con decretos de áreas protegidas a nivel estatal bajo la administración de secretarías o institutos ambientales de los gobiernos de los estados. El gobierno del Estado de México cuenta con sus ANP, donde debido a su gran extensión y riqueza biológica se subdividen en varias categorías como por ejemplo reserva ecológica, parque nacional, parque estatal, parque municipal, área de protección, etc. Ver mapa 3.8 en el anexo de mapas.

En Nicolás Romero se pueden localizar las categorías de ANP enlistadas en la tabla 3.2:

Nombre	Tipo	Fecha de decreto	Categoría	Fuente
Zempoala - La Bufa "Otomí-Mexica"	Estatad	08/01/1980	Parque Ecol. Tur. Recreativo	Gob. del Estado
Santuario del Agua y Forestal Presa Guadalupe	Estatad	13/10/2004	Parque Estatal	CONANP
Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo-Temoaya	Estatad	12/05/2006	Parque Estatal	Decreto

Tabla 3.2. Áreas Naturales Protegidas Estatales y categorías del Municipio Nicolás Romero. Fuente: CONANP

³ Prontuario de información municipal

3.9 Problemática ambiental

El municipio de Nicolás Romero no puede sustraerse de la problemática ambiental que aqueja los sistemas naturales en todo el mundo. La influencia humana es un factor imprescindible de los procesos ecológicos del planeta, a la par con las tendencias climáticas y las fuerzas geológicas. El Centro para la Red Internacional de Información de Ciencias de la Tierra (CIESIN) de la Universidad de Columbia (EU) generó un índice para evaluar el grado de perturbación de los ecosistemas naturales por la actividad humana. El índice de la actividad humana se produce a través de una superposición de una serie de capas de datos que representan los factores que ejercen una influencia sobre los ecosistemas: distribución de la población, zonas urbanas, carreteras, y las tierras agrícolas. Con el efecto combinado de estos factores se obtiene el Índice de Influencia Humana. El Índice de Influencia Humana (IHII), va de valores de 0 (sin degradación) hasta 64 (degradación máxima posible). Dentro de este contexto, el municipio de Nicolás Romero tiene dentro de su territorio zonas que van desde 14 puntos (ecosistemas poco degradados) hasta 46 puntos (ecosistemas degradados). Varios de los elementos afectados se enlistan a continuación. Ver mapa 3.9 en el anexo de mapas.

3.9.1 Agua

La contaminación de los cuerpos de agua es propiciada en gran medida por la conjunción de aguas residuales o negras, desechos provenientes de las industrias y desechos sólidos urbanos. La calidad del agua de los escurrimientos ha disminuido de forma significativa y en su recorrido hacia las Presas de Guadalupe y Concepción aumenta el grado de contaminación.

Nicolás Romero genera más de 2 millones de metros cúbicos de agua negra y contamina 12 millones de metros cúbicos de agua limpia que corre por los ríos Xinte y San Pedro, los cuales son abastecedores del Lago Guadalupe. De acuerdo con un estudio del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINESTAV), el Lago de Guadalupe está considerado como uno de los más contaminados de la República.

Ese mismo documento señala que los niveles de contaminación del agua contienen nitrógeno amoniacal (Orines) 177 veces por encima de la norma; fósforo (detergentes) 37 veces por arriba de la norma; materia orgánica (heces fecales) 13 veces por arriba de la norma; bacterias coliformes 19 veces por encima de la norma, algas cianofitas tóxicas al hígado y 500 mil toneladas de lodo en el fondo clasificado como residuo peligroso.

3.9.2 Aire

Los impactos negativos sobre la atmósfera son generados principalmente por los gases emitidos por la actividad industrial, comercios y servicios establecidos en este municipio junto con el sistema de transporte público.

Aunque la actividad industrial en el municipio de Nicolás Romero no es muy representativa, los aportes de contaminantes son generados principalmente por giros pequeños como tortillerías, tintorerías, talleres de repintado automotriz, establecimientos de venta de alimentos, talleres de fundición entre otros que son, los que generan un mayor porcentaje de las emisiones totales a la atmósfera.

3.9.3 Deforestación y erosión

Buena parte de la superficie boscosa del municipio presenta problemas en su manejo pues se ha propiciado la excesiva deforestación de algunas partes, como principal responsable la tala clandestina que ocurre sustancialmente en la zona de Cahuacán y en los límites con el municipio de Isidro Fabela. El ayuntamiento ha realizado campañas de reforestación principalmente en los lugares más afectados, sin embargo no han sido suficientes para detener este grave problema. Durante 2008-2009, se documentó que la deforestación y degradación del municipio tiene en promedio 7.30 hectáreas.

El resultado de la deforestación es la erosión del suelo, la ausencia de árboles produce que la precipitación sea directa sobre éste, ocasionando su arrastre hacia terrenos bajos. En zonas que presentan erosión avanzada y una pendiente alta se pueden presentar procesos de remoción en masa.

3.9.4 Desechos sólidos

Los desechos sólidos son uno de los principales causantes de la degradación de los elementos naturales de una región, forman parte de la contaminación de diversos recursos naturales y ciudades. Un desecho sólido o basura es necesario eliminarlo de nuestro entorno, por lo que se la coloca en lugares previstos para la recolección para ser canalizada a tiradero, rellenos sanitarios u otro lugar.

En el caso del municipio de Nicolás Romero, en junio del 2008, inició operaciones la Planta de Tratamiento Integral de Residuos Sólidos Urbanos, la cual selecciona, clasifica y comercializa los materiales reciclables, al tiempo que produce, a partir del biotratamiento de la materia orgánica, un fertilizante de cuarta generación apto para la agricultura de alimentos humanos. Esta planta aprovecha el 97,5% de las 1500 toneladas de basura que llegan por día, además mitiga hasta un 85% el impacto ambiental del sitio.

Antes de la Planta de Tratamiento, gran cantidad de los desechos sólidos generados por el municipio eran depositados en tiraderos clandestinos ubicados en barrancas, arroyos y áreas verdes; y muchos de ellos no están totalmente erradicados.

CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos

La dinámica demográfica, los elementos que integran, así como las actividades y estructura económica que componen al municipio de Nicolás Romero, constituyen una parte fundamental a considerar en el Atlas de Riesgo. Esto permite identificar los factores socioeconómicos, contribuyendo a detectar de manera directa el grado de vulnerabilidad social que presentan algunos sectores de la sociedad, lo cual facilitará la toma de decisiones, así como en la identificación de la población que pueda ser más susceptible a sufrir daños por los riesgos, ya sean de manera natural o antrópica.

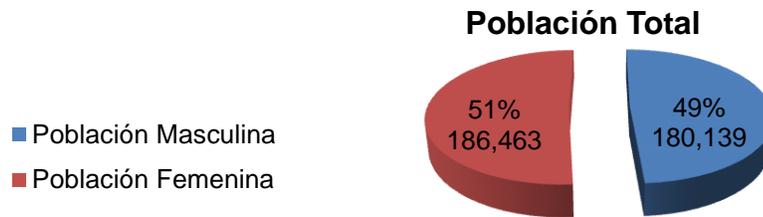
4.1 Elementos demográficos

Los componentes demográficos de los que se hace mención en esta caracterización, corresponden a las variables estadísticas poblacionales, generadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), recopilada a través de los Censos y Conteos Poblacionales, con los que se construyen los indicadores que muestran la manera en la que está estructurada la población.

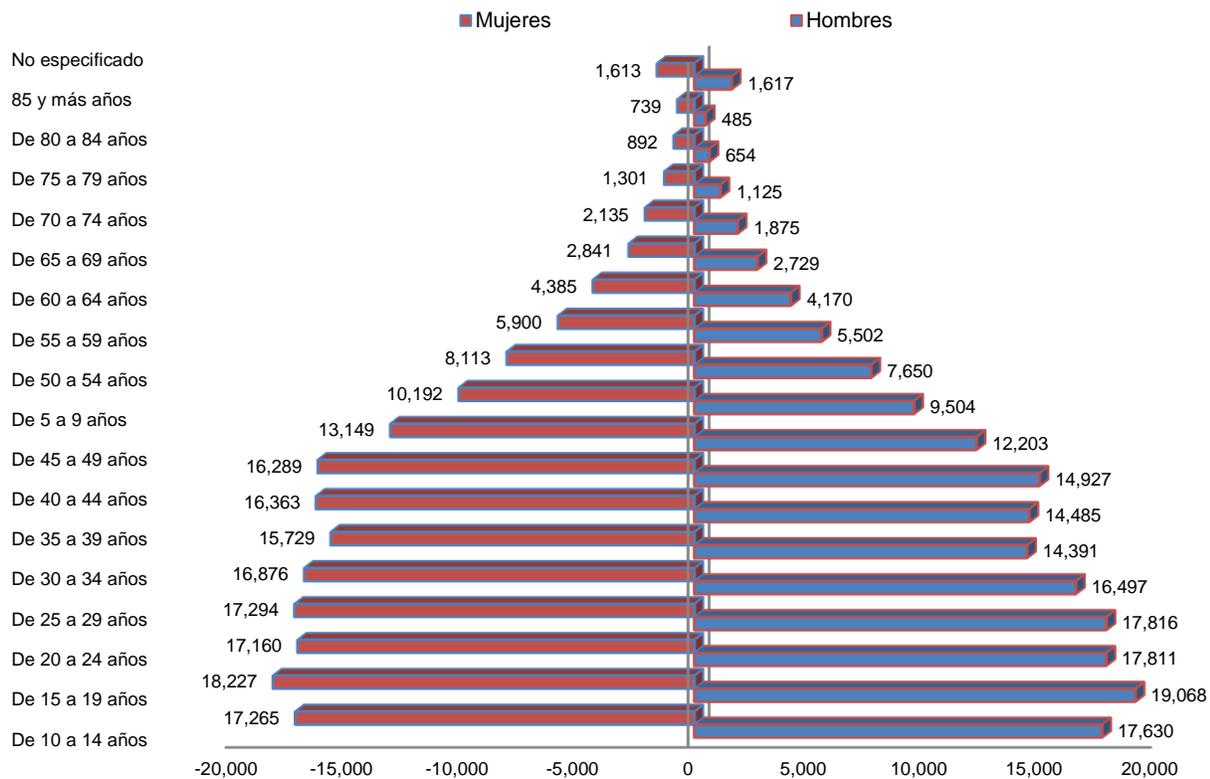
4.1.1 Dinámica demográfica

En el Estado de México, según datos obtenidos en el INEGI, para el año 2010, la entidad contaba con una población de 15,175,862 habitantes; el municipio de Nicolás Romero, reúne al 2.41% de la población total, es decir, a 366,602 habitantes, de los cuales el 51% son mujeres, mientras que el 49% restante son hombres (gráfica 4.1). De la población total el 76.87% se concentra en la cabecera municipal, debido a esta concentración de población, se incrementa las posibilidades de ser vulnerables a factores antropogénicos, además de los fenómenos naturales que se puedan presentar, lo cual indica la importancia y los grandes retos que esta representa para el municipio (ver mapa 4.1 en el anexo cartográfico).

En la siguiente pirámide de edades (gráfica 4.2), se puede observar los grupos quinquenales de edad, diferenciada por sexo, a la izquierda los hombres y a la derecha las mujeres. En la base, se observa el mayor nacimiento de mujeres que de hombres, al igual que en la punta, lo que indica que la esperanza de vida es mayor para las mujeres, por otra parte, la base comienza a ser menos ancha, esto tiene una significancia de que existen menos nacimientos, y comienza a darse un mayor número de población en los grupos de edad de 10 a 29 años, esto tiene consecuencias directas en el empleo, así como en las cuestiones educativas, ya que la demanda de estos comienza a ser mayor.



Grafica 4.1: Población Masculina y Femenina en 2010 en el municipio de Nicolás Romero. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).



Grafica 4.2. Pirámide de Población Nicolás Romero, 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

De tal manera que la pirámide inicia con características regresivas, propias de las dinámicas poblacionales que se están experimentando en las grandes urbes.

Mediante este análisis se consolidan las diversas estrategias de manera focalizada, identificando los grupos vulnerables que representan los niños, así como los adultos mayores.

4.1.2 Distribución de población

Composición de la población por grandes grupos de edad.

Con la finalidad de proporcionar información de la distribución de población en el municipio, se realiza este análisis de manera general de los grandes grupos de edad, con el fin de conocer cuál es el grado de vulnerabilidad que se pudiera tener en el municipio.

De tal manera que para el año de 2010, de los 366,602 habitantes del municipio de Nicolás Romero, el 66% de la población total, pertenece al grupo de entre los 15 años hasta los 64 años, seguido por el grupo de 0 a 14 años con el 29% de niños y niñas, mientras los adultos mayores que es el grupo de 65 años y más ocupaba el 4%, los no especificados, que son aquellas personas que en el Censo no fue posible identificar su edad les corresponde el 1% restante tal como se puede observar en el gráfico 4.3.

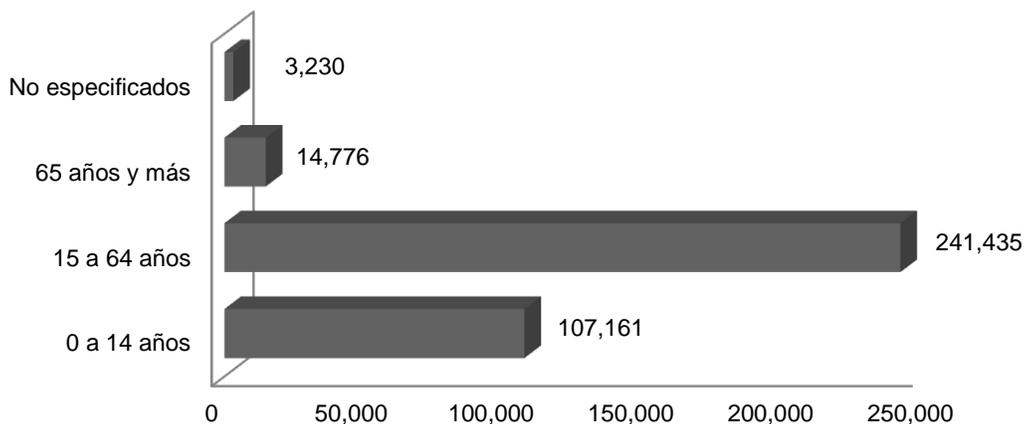


Gráfico 4.3: Distribución de la Población por grupos de edad, 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

4.1.3 Mortalidad

La mortalidad se mide a través de la tasa de mortalidad, que es el indicador demográfico, el cual señala el número de defunciones de la población municipal, por cada 1,000 habitantes, durante un periodo determinado. De tal manera que para el año de 2009 en el Estado de México la tasa de mortalidad era de cuatro fallecimientos por cada mil habitantes, mientras que para el municipio de Nicolás Romero, la tasa de mortalidad es de tres defunciones por cada mil habitantes.

Otro aspecto importante a considerar es la tasa de mortalidad infantil, la cual indica el número de defunciones de niños en una población de cada mil nacimientos vivos registrados, cabe señalar que este

indicador se mide sobre niños menores de un año. En el 2000, según datos obtenido en el INEGI esta era de 20.7

4.1.4 Densidad de población

La densidad de población, también denominada población relativa, se refiere a la distribución del número de habitantes a través del territorio municipal, es decir la superficie municipal (235.65 km²) expresada en kilómetros cuadrados, entre la población total (366,602 habitantes), lo que corresponde a 1,556 habitantes por kilómetro cuadrado, mientras que a nivel estatal, habitan 679 habitantes por cada kilómetro cuadrado, lo que muestra la gran densidad demográfica que prevalece para este municipio, provocando un deterioro en el entorno, así como la disminución en la calidad de vida. Esto puede provocar un desequilibrio en la sostenibilidad, lo que puede repercutir en agravar algún fenómeno que se presente en el municipio (ver mapa 4.2 en el anexo cartográfico).

4.1.5 Discapacidad

En el municipio de Nicolás Romero habitan un total de 11,808 personas con alguna clase de discapacidad, incluyendo auditivas, de habla, visuales, mentales o motrices. Esta población posee un mayor grado de vulnerabilidad ya que su condición, en caso de desastre, incrementa la probabilidad de sufrir daños derivados de las limitaciones de movilidad, o percepción sensorial de un peligro inminente.

Localidad	Población total	Población con limitación	Limitación motriz	Limitación visual	Limitación en el habla	Limitación auditiva	Limitación mental	Sin limitación
Villa Nicolás Romero	281799	9153	4670	2879	860	1035	494	268848
Quinto Barrio	5795	235	81	98	29	27	14	5552
Sta Ma. Cahuacán	5279	302	104	166	26	16	13	4960
Caja de Agua	1420	31	23	1	1	2	2	1388
Colonia Morelos	2557	76	37	13	6	11	2	2467
Progreso Industrial	11289	362	202	72	29	33	22	10877
Puerto Magú	3433	90	41	31	12	12	8	3324
San Francisco Magú	4962	158	81	36	30	21	16	4797
San José El Vidrio	5204	150	75	44	20	18	10	5031
San Juan Tablas	713	14	6	2	1	1	4	699
San Miguel Hila	4373	112	67	32	10	8	3	3807
Transfiguración	4002	70	32	15	7	12	0	3898
Loma del Río	1316	47	28	10	5	6	8	1265
Loma Larga	3945	223	92	77	18	11	7	3685
El Mirador	1168	33	13	10	10	5	3	1135
Puentecillas Cahuacán	738	16	6	5	4	2	2	719

Localidad	Población total	Población con limitación	Limitación motriz	Limitación visual	Limitación en el habla	Limitación auditiva	Limitación mental	Sin limitación
El Esclavo	1860	39	15	12	5	2	1	1816
Las Espinas	131	13	1	6	1	4	0	118
Miranda	659	20	11	6	2	1	1	638
Pueblo Nuevo	381	4	3	1	1	0	0	376
Barrio de La Luz	493	7	6	0	1	0	0	486
Loma de Guadalupe	1271	20	10	1	3	0	1	1245
Llano Grande	724	58	28	17	12	7	15	666
Veintidós de Febrero	13021	250	142	37	38	28	22	12716
Barrio de Guadalupe	945	46	12	18	1	11	1	894
Loma de San José	2541	84	36	20	6	6	10	2454
La Estancia	493	10	1	5	0	3	0	477
Colonia San Miguel	581	19	6	5	1	4	2	557
Ampliación El Rosario	318	3	3	0	1	1	1	294
Loma de Chapultepec	812	33	27	3	2	2	1	778

Tabla 4.1. Tipos de limitación en la población de Nicolás Romero. Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, Principales resultados por Localidad ITER.

4.2 Características sociales

Es importante el analizar los datos relacionados con, los niveles de bienestar, tales como educación, salud y vivienda, lo que permite conocer las condiciones de vida que persisten para los habitantes del municipio, con lo que se puede establecer estrategias focalizadas diferenciadas según el grado de vulnerabilidad en correlación con los niveles de desarrollo existentes.

Educación.

Uno de los factores importantes de prevención se establece dentro del sistema escolarizado, debido a la concientización que toman los jóvenes en lo referente a los peligros que puedan existir y la forma de enfrentarlos. Por otra parte, los indicadores en este rubro, están relacionados con la adopción de actitudes y conductas preventivas que contribuyen en la disminución de riesgos, debido al conocimiento que se puede obtener sobre fenómenos y riesgos.

El contar los datos de la matrícula, así como la ubicación de los planteles, facilita la elaboración de este atlas de riesgo, estableciendo zonas de vulnerabilidad ante cualquier fenómeno, según datos obtenidos en la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México, en el municipio se registró una matrícula 81,737 alumnos en educación básica, media superior y superior en los sistemas escolarizado y no escolarizado, correspondiente al ciclo escolar 2010-2011, en el que se incluyen escuelas oficiales y

particulares de control estatal, federalizado, federal y autónomo, en un total de 416 planteles, los cuales se encuentran de manera diferenciada en la tabla 4.1.

Mientras que el Grado Promedio de Escolaridad de la población de 15 años y más en 2010 fue de 8.7, es decir, el nivel de instrucción del municipio corresponde a menos de 9 años de educación formal (ver mapa 4.3 en el anexo cartográfico).

Nivel		Oficial			Particular			Total		
		Matrícula	Docentes	Planteles	Matrícula	Docentes	Planteles	Matrícula	Docentes	Planteles
Escolarizada	Preescolar	8,456	290	73	4,064	241	107	12,520	531	180
	Primaria	42,644	1,165	106	3,886	199	28	46,530	1,364	134
	Secundaria	17,734	670	52	1,077	109	10	18,811	779	62
	Media Superior	6,167	258	12	864	84	6	7,031	342	18
	Superior	3,802	145	2				3,802	145	2
No Escolarizada	Inicial	84	0	6				84	0	6
	Especial	275	32	5				275	32	5
	Para Adultos	2,575	137	9				2,575	137	9
Total		81,737	2,697	265	9,891	633	151	91,628	3,330	416

Tabla 4.2. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en Información Estadística y de Registros Administrativos del Sector Educativo Estatal, en la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México 2010-2011.

Por otra parte, en lo referente al analfabetismo, que son las personas mayores de 15 años que no saben leer ni escribir, los cuales son considerados como vulnerable por su condición, en 2010 representaban el 4.09% es decir, 10,489 personas mayores de 15 años eran analfabetas de los cuales, el 66.69% eran mujeres y el 33.31% eran hombres, donde la cabecera municipal concentra a 7,040 personas, el 67.12%, esto debido a la gran concentración de población que persiste en el municipio.

Otro dato importante que ayuda a identificar la vulnerabilidad, es el grupo de población de 15 años y más con primaria incompleta, cabe señalar, que este indicador al igual que el analfabetismo, es utilizado como variable para medir el índice de marginación. En 2010 según datos registrados en el Censo existían 22,491 habitantes de 15 años y más que no concluyeron la primaria, el 6.13% del total de la población.

Vivienda.

Los indicadores obtenidos con relación a la vivienda, proporcionan la información con respecto a la situación que guardan, así como para determinar la vulnerabilidad como consecuencia del tipo de materiales con las que están construidas las viviendas, los riesgos en la infraestructura y servicios, como consecuencia del hacinamiento que se pudiera presentar en el municipio.

En el municipio en 2010 INEGI registró un total de 91,357 viviendas, con un promedio de 4 habitantes por vivienda, de las cuales 86,994 viviendas tenían piso de material diferente de tierra y 3,056 viviendas

tenían piso de tierra. En lo referente a servicios, se registró a 81,080 vivienda que contaban con los servicios de agua entubada, luz y drenaje, lo que representa una cobertura del 88.75%.

Una manera de identificar las zonas vulnerables es a través del índice de marginación, que en su carácter multidimensional, utiliza variables sociales, demográficas y territoriales mediante el uso de indicadores, con lo que se pueden focalizar las estrategias al ser los grupos más expuestos a riesgo y vulnerabilidades sociales.

Total de Viviendas	Material del Piso		Servicios		Cobertura (%)
91,357	Diferente de tierra	86,994	Luz	89,543	98.01
			Agua entubada	82,778	90.61
	De tierra	3,056	Drenaje	87,729	96.03
	Total*	90,050	Viviendas con todos los servicios	81,080	88.75

Tabla 4.3: Viviendas, tipo de material del piso, servicios y cobertura. Nota*: La sumatoria no corresponde al total de viviendas, debido a que el Censo solo cuenta con la información aquí descrita. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

Para el 2005, con base en datos obtenidos en el II Censo de Población realizado por el INEGI, el Consejo Nacional de Población (CONAPO) realizó el índice y grado de marginación a nivel municipal y localidad, donde el municipio de Nicolás Romero tuvo un grado de marginación **muy bajo**, debido a que el índice de marginación fue de -1.4257, ubicándolo a nivel nacional en el lugar 2,287.

Con la finalidad de ubicar las localidades que componen al municipio y observar cual es la situación guardan con respecto al índice de marginación, la siguiente tabla, agrupa los datos obtenidos en 2005, donde se agrupa 83.55% de la población en el grado de marginación **muy bajo**, le sigue el **bajo**, con el 11.08% de población en 15 localidades, esto como consecuencia de la concentración de población en la cabecera municipal, los datos pueden ser contradictorios debido a la disparidad como consecuencia de la dispersión de población que existe en las localidades, ya que en 15 localidades los grados de marginación son **muy alto** y **altos**, sin embargo, sólo representaban el 1.67% de la población total, en el momento en que se realizó este análisis, tal como se muestra en la tabla 4.3.

Grado de Marginación	Número de localidades	Población	
		Total	Porcentaje (%)
Muy alto	2	39	0.01
Alto	13	5,093	1.66
Medio	7	11,327	3.70
Bajo	15	33,972	11.08
Muy Bajo	4	256,069	83.55
Total	41	306,500	100

Tabla 4.4: Grado de Marginación en localidades y concentración de población 2005 Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en Estimaciones del CONAPO con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005 y Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2005 (IV Trimestre).

4.3 Principales actividades económicas en la zona

Los fenómenos naturales y antropogénica tienen una repercusión directa en las dinámicas económicas, es fundamental el identificar las principales actividades económicas realizadas en el municipio, clasificando la peligrosidad según las actividades que se llevan a cabo.

Concentrando estas actividades se realiza la tabla 4.5, la cual muestra los principales sectores económicos subdivididos por los tipos de actividades económicas (Primarias, Secundarias y Terciarias).

La tabla siguiente muestra que las principales actividades del municipio en 2009, se centraban en el sector terciario, al contar con un mayor número de unidades económicas, esta tercerización se correlaciona con el elevado número de población que se concentra en la cabecera municipal, siendo está, el sitio donde mayor dinamismo se tiene al interior del municipio, por lo que es una zona vulnerable.

Primer Sector de la Economía						Segundo Sector de la Economía			Tercer Sector de la Economía		
Agricultura	Sup. (Has)	Producción Ganadera		Producción Forestal		Actividades			Actividades		
		Cárnico	Ton	Tipo	Ton	Medida	Minera	Fabrica	Medida	Comercial	Transporte correos y almacén
Sembrada	6,803	Bovino	206			Unidades económicas	C*	721	Unidades económicas	5,035	18
		Porcino	63	Forestal Maderable	47,046						
		Ovino y Caprino	49								
Cosechada	6,446	Aves	294	Forestal No Maderable	16,466	Personal ocupado **	70	3,387	Personal ocupado **	11,111	1,637
		Miel	41								
Diferencia	-357	Total	653	Total	63,512						

Tabla 4.5: Concentrado de Actividades Económicas por Sector, 2009. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

* Cifra no publicable, por el principio de confidencialidad de la Ley de Información Estadística y Geográfica.
** Personal ocupado total comprende tanto al dependiente como al no dependiente de la razón social.

4.4 Características de la población económicamente activa

Mediante la identificación de las características de la población económicamente activa, es posible localizar aquellos sectores susceptibles de sufrir daño, en su persona o bienes que posea. En este sentido, se presentan algunos indicadores que permitirán asociar elementos para determinar la vulnerabilidad social ante los desastres naturales, definida como la serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre.

La población económicamente activa, es aquella población que están en edad de trabajar, que se encuentran ocupados en algún sector de la economía y que son remunerados por su trabajo, con base en datos obtenidos en el Censo de Población 2010, la Población Económicamente Activa en el municipio era de 149,058 habitantes, es decir, de los 275,898 habitantes que ocupan el grupo de edad de entre 12 años y más, el 54.02% de este grupo de edad se encontraba de manera activa, de los cuales, el 67.35% eran hombres, y el restante 32.65% eran mujeres, por lo que existe un mayor número de hombres activos.

Por otra parte se encuentran la Población Económicamente No Activa, en este indicador se consideran a las personas de 12 años y más, pensionados o jubilados, estudiantes, personas que tienen alguna limitación física o mental permanente que les impide trabajar, así como a las personas dedicadas al quehacer del hogar, estas últimas son consideradas debido a que no perciben un salario. Cabe señalar que este grupo de personas son clasificadas con mayor vulnerabilidad debido a su condición. En 2010 se registraron a un total de 126,480 personas como económicamente inactivas, de las cuales predominan las mujeres con el 73.50%, mientras que en los hombres, sólo el 26.50% se mantenía inactivo, siendo las mujeres el grupos con mayor vulnerabilidad (grafica 4.4).

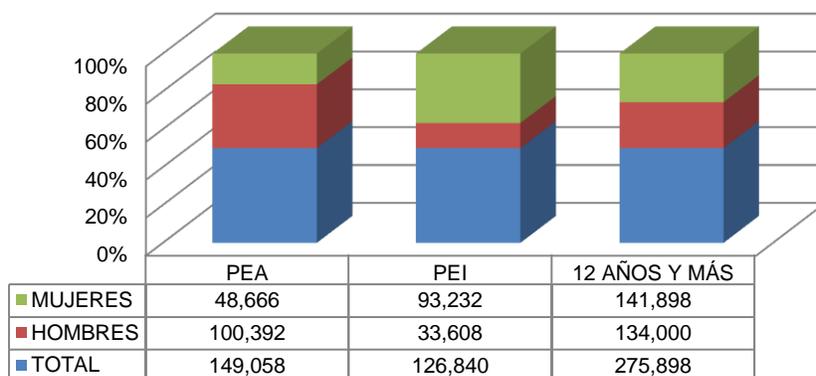


Gráfico 4.4: Características de la población económicamente activa e inactiva 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

4.5 Estructura urbana

Los usos de suelo es la modificación antrópica del ambiente natural, en un ambiente construido, como áreas de cultivo, asentamientos urbanos, corredores industriales entre otros usos. Estos han provocado en ciertos casos, un uso indiscriminado de la tierra, donde los cambios como el crecimiento urbano descontrolado, tienen efectos significativos en la erosión, degradación salinización y desertificación de los suelos, haciendo a estos susceptibles de riesgos.

Según datos obtenidos en el Plan de Desarrollo Urbano, el municipio tiene una superficie de 23,351 ha, de las cuales el 84.38% correspondía a áreas no urbanas, mientras que el 15.62% restante era área urbana (tabla 4.6).

En lo que corresponde al área urbana, el uso habitacional predominante es el habitacional con el 81.21% con respecto al total urbano. En los que existen fraccionamientos de diversos tipos, predominando el tipo de Interés Social, según datos recabados en el plan de Desarrollo Urbano, se tenían autorizados un total de 25 fraccionamientos. Por otra parte las viviendas de tipo popular, en las que se contemplan los pueblos de transfiguración, así como los procesos de construcción de manera progresiva, establecida en las colonias de la cabecera municipal.

El restante 17.91% es ocupado por los demás usos urbanos, en el que la baldíos urbanos registran una superficie de 78.55 ha, el 0.34% del total municipal. Mientras que el suelo en el que se cuentan con instalaciones de uso colectivo, representan el 0.5% (ver grafica 4.6 y mapa 4.4 en el anexo cartográfico).

USO	SUPERFICIE		
	HABITACIONAL (ha)	ÁREA (%)	MUNICIPAL (%)
H-100-A	36.31	1.00	0.16
H-125-A	270.84	7.42	1.16
H-200-A	1,120.23	30.71	4.8
H-370-A	764.34	20.96	3.27
H-583-A	310.29	8.5	1.33
H-667-A	156.98	4.3	0.67
H-1000-A	303.35	8.32	1.3
ÁREA URBANA 3,646.91ha			
Subtotal Habitacional	2,962.34	81.21	12.69
Equipamiento urbano	115.72	0.5	0.5
Centros urbanos	10.03	3.17	0.04
Sub centro urbano	46.38	1.27	0.2
Centro vecinal	30.87	0.85	0.13
Corredores urbanos	48.36	1.32	0.21
Industria	18.18	0.5	0.08

	Infraestructura	33.17	0.91	0.14
	Baldíos urbanos	78.55	2.15	0.34
	Vialidades principales	303.31	8.32	1.3
	Subtotal demás usos urbanos	649.62	17.91	2.94
ÁREA NO URBANA 19704.09 ha	Área Natural (Bosque)	12,208	61.96	52.29
	Pastizal	310.11	1.57	1.33
	Agropecuario	7158.05	36.32	30.65
	Cuerpos de agua	27.93	0.14	0.12
ÁREA TOTAL		23,351.00	100	100

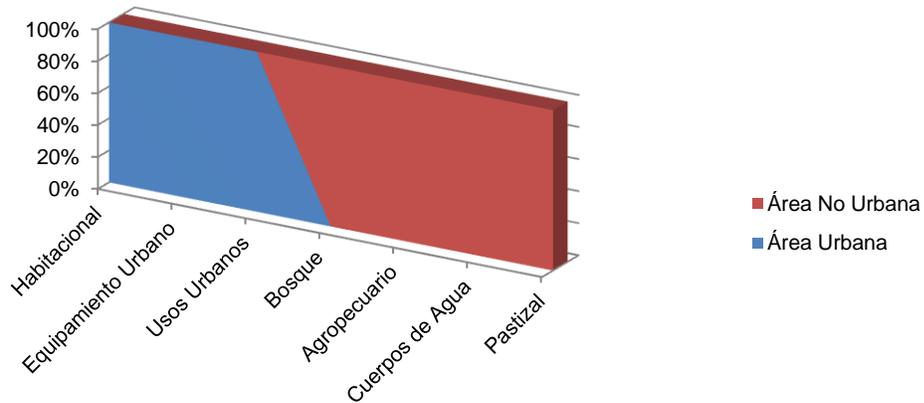
Tabla 4.6: Usos del Suelo 2005. Fuente: Elaboración propia con base en el Plan de Desarrollo Urbano 2005.

Se cuenta con un Centro Urbano, el cual concentra diversos equipamientos educativos, comerciales, administrativos y religiosos, este se ubica en el primer cuadro de la cabecera municipal. Cuenta con una extensión de 10.03 ha. Además cuenta con tres Sub centros Urbanos, los cuales concentran diversos equipamientos, ubicados en las siguientes colonias:

- Primero.- Guadalupe San Idelfonso, 5 de Febrero, Fraccionamiento los Manantiales.
- Segundo.- Boulevard Ignacio Zaragoza a la altura de Bosques de la Colmena.
- Tercero.- Colonia Progreso Industrial.

La superficie utilizada para el sector industrial en el municipio es de 18.18 ha, esta no está concentrada. Destacan las naves industriales ubicadas en San Idelfonso, Colonia la Colmena y Progreso Industrial, cabe señalar que esta última se encuentra inactiva. Los factores de riesgo en estas industrias se detectan debido a que en las periferias se localizan zonas habitacionales.

Otra parte importante a considerar son las principales vialidades del municipio, las cuales son zonas de riesgo, debido al saturado tránsito por la gran cantidad de vehículos particulares y transporte público. La carretera Nicolás Romero-Villa del Carbón es la vía principal para llegar a la cabecera municipal, por lo que esta vía es la que presenta una mayor afluencia de vehículos automotores; de igual manera, las avenidas situadas en el primer cuadro de la cabecera municipal presentan problemas de fluidez.



Gráfica 4.5. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en El Plan de Desarrollo Urbano 2005.

Por otra parte el área no urbana, que comprende las zonas donde se realizan las actividades agropecuarias, así como los bosques que conforman al municipio, el cual cuenta con una superficie de 19,704.09 ha, de la cual, el 52.29% del territorio son bosques, el 30.65% está destinado para las actividades agropecuarias y el 1.33% restante son zonas de pastizales, las cuales se convierten en zonas de riesgo en temporadas de secas.

CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural

El territorio municipal de Nicolás Romero se encuentra sujeto a gran variedad de fenómenos que pueden causar desastres. Por ser parte del campo volcánico del Eje Neovolcánico Transversal, el municipio podría ser afectado por actividad sísmica y volcánica. De los volcanes que han existido en las distintas épocas geológicas en el territorio o cerca de él, tres de ellos han hecho erupción en tiempos históricos y se consideran activos o representan zonas activas. La ubicación del municipio en una región intertropical, lo hace sujeto a los embates de lluvias intensas. Los efectos de este fenómeno, en términos de inundaciones y flujos, se resienten principalmente en las zonas bajas del oriente, es decir, la cabecera municipal; las lluvias intensas además pueden causar deslaves en el interior del territorio. De las últimas 5 temporadas de lluvias, tres han causado daños severos. En sentido opuesto, la escasez de lluvia se resiente en diversas regiones cercanas al municipio y que afectan la agricultura, la ganadería y la economía de esas regiones. Asociados a la escasez de lluvia están los potenciales incendios forestales que aunque no se han presentado, pueden alcanzar proporciones extraordinarias debido a la masa forestal establecida en el municipio. Los tipos de desastres anteriores tienen como origen un fenómeno natural, por lo que se les suele llamar desastres naturales, aunque en su desarrollo y consecuencias tiene mucho que ver la acción del hombre. Los distintos fenómenos y los desastres que éstos generan se tratarán con mayor detalle más adelante; el propósito de esta descripción inicial es resaltar la amplitud de la problemática y la gravedad de sus posibles consecuencias. Como ejemplo, baste citar las inundaciones de 2011 y 2010, que dejaron a su paso destrucción de infraestructura, daños a viviendas e incluso pérdidas de vidas humanas.

El municipio de Nicolás Romero, ha establecido estrategias de protección civil desde hace varios años, en muchos casos ha logrado defenderse de los embates de las manifestaciones de fenómenos destructivos, pero con frecuencia las medidas de protección han sido rebasadas por las fuerzas de la naturaleza. Por ello se ha llegado a reconocer que, para enfrentar mejor los efectos de estas fuerzas, es necesario adoptar un enfoque global, que cubra los aspectos científicos y tecnológicos relativos al conocimiento de los fenómenos y al desarrollo de las medidas para reducir sus efectos, y que en base a ellos prevea esquemas operativos para apoyar a la población con medidas organizativas de la población misma, para que esté preparada y responda de manera apropiada al embate de los fenómenos peligrosos.

Hasta ahora, la Dirección de Protección Civil y Bombero se dedicaba esencialmente a la atención de las emergencias, o sea, a las acciones que se realizan una vez que el evento se ha presentado, para limitar sus efectos y rescatar a las víctimas. A partir de la administración encabezada por el Lic. Alejandro Castro, se ha establecido que también se debe dar atención a la fase de prevención o mitigación, que se refiere a las acciones tendientes a identificar los riesgos y a reducirlos antes de la ocurrencia del fenómeno.

Este trabajo corresponde a la parte técnico-científica del conjunto de tareas que tienden a la reducción de los impactos de los desastres a nivel municipal. Un requisito esencial para la puesta en práctica de las

acciones de protección civil es contar con diagnósticos de riesgos, o sea, conocer las características de los eventos que pueden tener consecuencias desastrosas y determinar la forma en que estos eventos inciden en los asentamientos humanos, en la infraestructura y en el entorno. El proceso de diagnóstico implicó la determinación de los escenarios o eventos más desfavorables que pueden ocurrir, así como de la probabilidad asociada a su ocurrencia. Los escenarios incluyeron el otro componente del riesgo, que consiste en los efectos que los distintos fenómenos tienen en los asentamientos humanos e infraestructura expuesta a eventos. Debido a que los riesgos son complejos porque implican la interacción dinámica entre los fenómenos naturales, el entorno, y la cambiante sociedad, este Atlas de Riesgo debe actualizarse permanentemente.

Antes de adentrarse en el estudio individual de cada riesgo, es importante explicar algunos conceptos generales sobre la medición del riesgo. El riesgo se calcula en función de una formulación probabilística, que en su planteamiento más general se expresa de la manera que se describe a continuación.

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}; R = P \times V$$

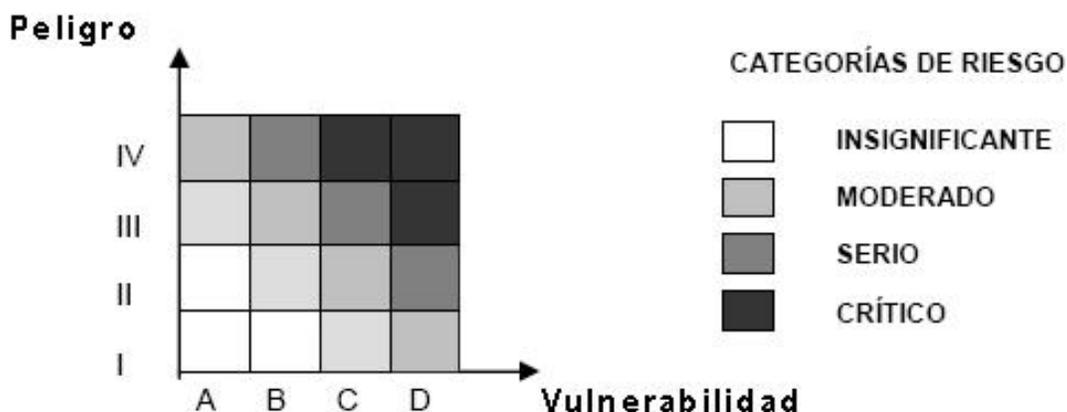


Fig. 5.1 Representación gráfica de la medición del Riesgo en función del peligro y vulnerabilidad

Se llama peligro P, a la probabilidad de que se presente un evento de cierta intensidad, tal que pueda ocasionar daños en un sitio dado. Se llama vulnerabilidad V, a la propensión de estos sistemas a ser afectados por el evento; la vulnerabilidad se expresa como una probabilidad de daño. Finalmente, el riesgo es el resultado de los dos factores. En este esquema, el riesgo se expresa como un resultado posible de un evento; ya que P y V son dos probabilidades,

En este Atlas, para determinar las probabilidades de ocurrencia de distintos fenómenos, se obtuvieron las estadísticas sobre la incidencia de los mismos. Los servicios meteorológicos, sismológicos, etc., realizan el monitoreo y llevan estadísticas de los fenómenos, de las que se pueden derivar estimaciones de probabilidad de ocurrencia de intensidades máximas. En muchos casos las estadísticas cubrieron lapsos mucho menores que aquellos necesarios para determinar los periodos de retorno útiles para diagnóstico de riesgo, por lo que se aplicaron periodos de retorno.

El concepto de período de retorno en términos probabilísticos no implica que el proceso sea cíclico, o sea que deba siempre transcurrir cierto tiempo para que el evento se repita. Un periodo de retorno de 100 años para cierto evento significa, por ejemplo, que en 500 años de los que hay datos históricos, el evento en cuestión se ha presentado cinco veces, pero que en un caso pudieron haber transcurrido 10 años

entre un evento y el siguiente, y en otro caso, 200 años. Como se verá en los apartados siguientes, para la mayoría de los fenómenos no es posible representar el peligro en términos de periodos de retorno, porque no ha sido posible contar con la información suficiente para este tipo de representación. Se recurrió a escalas cualitativas, buscando las representaciones de uso más común y de más utilidad para las aplicaciones usuales en el tema específico.

Para la representación de los resultados de los estudios de peligro, se utilizaron mapas a distintas escalas, en los que se identifican los tipos e intensidades de los eventos que pueden ocurrir. Los mapas se realizaron en sistemas de información geográfica, ya que estos sistemas permiten representaciones mucho más completas y ágiles de las distintas situaciones. Además, estos sistemas facilitarán la actualización oportuna de las representaciones del riesgo necesarias para cada caso.

El Atlas de Riesgos del Municipio de Nicolás Romero pretende proporcionar la información más completa posible sobre los peligros y sobre la incidencia de los fenómenos a nivel local. El presente documento tiene el propósito principalmente de difundir conocimientos sobre los problemas que se presentan en el municipio y de proporcionar una visión de conjunto sobre la distribución geográfica de los peligros, en el entendido de que los estudios de riesgo deberán ser producto de esfuerzos específicos para cada tipo de fenómeno y para cada localidad. Así, el esquema de este documento, representa no sólo la información de los peligros, sino también la de los riesgos que se derivan de las condiciones locales específicas y de la situación de población y de infraestructura expuesta a los fenómenos potencialmente desastrosos. Este Atlas será el instrumento operativo base para los programas de protección civil y los planes de emergencia.

5.1 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico

Aquellos fenómenos en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de la superficie de ésta son denominados fenómenos geológicos, los cuales, para nuestros fines, pueden clasificarse de la siguiente manera: sismicidad, vulcanismo, y deslizamientos de laderas. Estos fenómenos han estado presentes a lo largo de toda la historia geológica del planeta y, por tanto, seguirán presentándose obedeciendo a patrones de ocurrencia similares. La sismicidad y el vulcanismo son consecuencia de la movilidad y de las altas temperaturas de los materiales en las capas intermedias de la Tierra, así como de la interacción de las placas tectónicas. Otros fenómenos geológicos son propios de la superficie terrestre y son debidos esencialmente a la acción del intemperismo y la fuerza de gravedad, teniendo a ésta como factor determinante para la movilización masiva, ya sea de manera lenta o repentina, de masas de roca o sedimentos con poca cohesión en pendientes pronunciadas. En ocasiones estos deslizamientos o colapsos también son provocados por sismos intensos. Otros fenómenos asociados a movimientos superficiales son los hundimientos y agrietamientos locales llegan a afectar seriamente las edificaciones y la infraestructura. En las siguientes páginas se presentan los análisis de cada uno de los fenómenos mencionados, considerando lo sucedido en el pasado y estimando posibles escenarios futuros.

Fenómenos Geológicos
Fallas y fracturas
Sismos
Vulcanismo
Deslizamientos
Derrumbes
Flujos
Hundimientos
Erosión

Tabla 5.1 Fenómenos Geológicos considerados en el Atlas de Riesgos de Nicolás Romero

5.1.1 Fallas y Fracturas

Las Fallas y Fracturas son fenómenos geológicos que pueden afectar las edificaciones e infraestructura en general, dañando la estabilidad de las construcciones al grado de impedir su uso e incluso llegando a derrumbarlas. Las fracturas son planos de ruptura dentro de una unidad litológica, causadas por movimientos y deformaciones corticales (epirogénesis y orogénesis); por contracción y disecación de los sedimentos; o por liberación de tensión paralela a la superficie. Una falla es una fractura en la que dos bloques de roca, se deslizan uno con respecto al otro en direcciones divergentes. Cuando los bloques tienen movimiento (caso de las fallas), son capaces de provocar daños cuya severidad estará en

función de la intensidad del movimiento, a su vez de la superficie o infraestructura que pudiese resultar afectada. Al ubicarse una falla considerada como activa en zona urbana llega a poner en peligro infraestructura a sus alrededores, como viviendas, edificaciones diversas, vialidades, infraestructura de agua y drenaje, entre otros.

Peligro por fallas y fracturas

En el Municipio de Nicolás Romero, este fenómeno se identificó por primera vez en 1975, como parte de la elaboración de la cartografía geológica del país. Para su ubicación y características generales, además de la información verificada en campo, se consultaron las Cartas Geológicas E14A28 y E14A29 escala 1:50,000 del INEGI. Las fracturas presentes en el territorio se han generado por esfuerzos tectónicos y en menor grado por la subsidencia del terreno; en el caso de las fallas, esta problemática ha evolucionado lentamente, se presenta primero como grietas con desplazamientos casi imperceptibles, que poco a poco crecen hasta alcanzar una geometría de fallas de tipo normal con movimientos diferenciales acumulados de varios centímetros. Sus direcciones predominantes van de NW a SE y coinciden con las del fallamiento tectónico regional.

Las fallas geológicas ubicadas en Nicolás Romero, son todas normales e inactivas; adicionalmente en esta área no se han registrado epicentros sísmicos en el registro histórico. En siete casos puntuales se identificaron asociaciones directas con zonas de inestabilidad de laderas. Por otro lado la falla geológica de Quinto Barrio, en caso de una reactivarse por un sismo u otro esfuerzo tectónico regional, podría afectar zonas de tipo residencial. Cabe destacar que la región del Eje Neovolcánico Transversal donde se ubica el municipio se caracteriza por una presentar actividad sísmica recurrente.

Sistema de Fallas

Las fallas que se encuentran en el municipio de Nicolás Romero son únicamente cuatro, de las cuales ninguna presenta riesgos asociados a otros fenómenos como deslizamientos, sismos o derrumbes, principalmente debido a su prolongada inactividad y a que su ubicación en general no afecta asentamientos humanos.

Falla Quinto Barrio

Es una estructura que tiene escasa expresión morfológica. Esta estructura es la única que pasa por una zona poblada. Tiene una dirección NW-SE, con una longitud de 2.3 km. Su segmento potencialmente dañino es el que atraviesa a la localidad de Quinto Barrio, específicamente a las calles Avenida de los Pinos, Calle 5 de Mayo, y Calle Familia Trejo. El número de viviendas particulares que pudieran sufrir afectaciones es de 7, con sus correspondientes líneas de drenaje y agua. No hay otro tipo de infraestructura afectable además de la ya mencionada (figura 5.2).



Figura 5.2. Expresión de la Falla Quinto Barrio, se observan cuarteaduras en una edificación sobre Av. De los Pinos.

Falla Los Pilares

Es una estructura que también se caracteriza por tener escasa expresión morfológica, se ubica al sur de la pequeña localidad de Los Pilares, al norte del municipio. Su longitud es de 1.3 km, con dirección SW-NE. No atraviesa a ningún centro de población; sin embargo, si podría afectar a la carretera Villa del Carbón - Nicolás Romero, a la altura de la desviación a Puenteillas, así como a dos construcciones particulares ubicadas en áreas rurales, de las cuales una es una vivienda y otra una bodega

Falla Los Corrales

Tiene una dirección NW-SE con una longitud de 2.7 km, con una escasa expresión morfológica. Su nombre se debe a una ranchería deshabitada que se encuentra al norte de dicha falla. No afecta a ningún centro de población, ya que se ubica en el poniente del municipio en el área forestal. Sin embargo, como sistema potencialmente afectable se encuentra la carretera a San Jerónimo Zacapexco, al sur de la desviación a Los Capulines.

Falla Río Frío

Esta falla se prolonga por más de 7km, pero sólo 4.3 se ubican dentro del municipio. No afecta a ningún lugar habitado, ya que se encuentra en el oeste del municipio en la zona forestal. Se encuentra a 2 km al sur de la Falla Los Corrales, y también puede afectar en caso de reactivarse, a la carretera a San Jerónimo Zacapexco, a la altura del Cerro Río Frío.

Sistema de Fracturas

Dentro del municipio, se ha identificado dos subsistemas de fracturas, uno con dirección predominantemente NW-SE, con expresión en todo el territorio, incluyendo el área urbana de Ciudad Nicolás Romero; y otro que se desarrolla en dirección perpendicular al anterior, es decir, con dirección NE-SW, el cual no ocupa ningún área poblada, salvo por una pequeña orilla de la localidad de San Francisco Magú. En general, ninguno de los dos sistemas tiene expresiones morfológicas bien definidas; tampoco se han documentado hasta el momento afectaciones a la infraestructura por su causa. A continuación se presentan sus características generales.

Fracturas de primer orden con componente NW-SE

Este subsistema de fracturas se ubica predominantemente en la parte sur del municipio, generalmente en áreas despobladas. Sin embargo, dos estructuras de este sistema se ubican dentro de Ciudad de Nicolás Romero, lo que convierte en zonas potencialmente afectadas a las zonas habitacionales ubicadas sobre dichas fracturas. La primera fractura se ubica paralela a la carretera Nicolás Romero – Atizapán, a 100m al poniente de dicha vía, con igual orientación NNW-SSE, tiene una longitud de 3 km, inicia en San Juan Tilhuaca y termina en Juárez Barrón (ver fig. 5.3). La segunda estructura es con toda probabilidad una extensión de la primera, ya que tiene la misma orientación NNW-SSE, cuenta con 2.3 km de extensión, y atraviesa la ciudad desde 5 de Febrero hasta El Capulín, pasando por el Centro (ver fig. 5.4). Hay una tercera estructura que ocupa una pequeña porción de San Francisco Magú, con una longitud de 1.3 km, pero que no llega a afectar más de 4 viviendas, debido a que se ubica en una orilla de dicha localidad.



Figura 5.3. Expresión de una fractura geológica (línea amarilla) sobre la calle Guadalupe Victoria, se observan grietas en el piso de una vivienda (líneas azules).

Fracturas de segundo orden con componente NE-SW

Estas fracturas son perpendiculares al primer subsistema. Igualmente se ubican predominantemente al sur del municipio. Una de estas estructuras se ubica sobre Ciudad Nicolás Romero, con una longitud de 1.3 km, desde Francisco I. Madero hasta la Colmena Centro, siendo su dirección NEE-SWW. Una segunda estructura se ubica en San Francisco Magú, con una longitud de 1.1 km, afectando potencialmente a 5 viviendas.



Figura 5.4. Expresión de una fractura geológica (línea amarilla) sobre la calle Venustiano Carranza, se observan grietas en el pavimento de la calle (líneas azules).

Vulnerabilidad y Riesgo asociados a fallas y fracturas.

A pesar de la nutrida presencia de este fenómeno en el municipio, la mayoría de fracturas y fallas se ubica en la parte forestal; las zonas en donde se estiman daños potenciales a las obras civiles, son las áreas urbanas de Quinto Barrio, y en menor medida San Francisco Magu y Ciudad Nicolás Romero.

Las fallas y fracturas en las zonas urbanas generalmente se aprecian a simple vista por problemas de hundimientos diferenciales a lo largo de trazas lineales, que ocasionan daños importantes en obras civiles, tales como cuarteaduras. Sin embargo, en el municipio de Nicolás Romero no se han observado evidencias significativas, debido a que el sistema de fallas ha estado inactivo durante el periodo de construcción y crecimiento de las zonas urbanas.

Conforme a los criterios definidos por la Comisión Reguladora de Energía Atómica de Estados Unidos, las Fallas de Nicolás Romero se han identificado como potencialmente sísmicas, ya que han sido generadas por acumulación de esfuerzos y desplazamientos súbitos durante los últimos 35,000 años, y se han encontrado evidencias morfológicas de rupturas durante el Holoceno, pero no hay registro histórico o instrumental de sismicidad asociada a ellas.

No se puede determinar si un sismo reactivaría las fallas del municipio, ni mucho menos de qué magnitud debería de ser para hacerlo, sin embargo, en caso de que así ocurriera, las zonas más afectadas serían las ubicadas en Quinto Barrio, es decir, un total de 7 viviendas y tres calles. En el caso de las fracturas, estas podrían afectar a la Ciudad de Nicolás Romero, en un número mucho mayor, estimándose en más de 300 viviendas, además de infraestructura tales como calles, drenajes y tuberías de agua potable.

En el caso de un sismo que reactivara las fracturas dentro del municipio, estas actuarían como catalizador de otros procesos geológicos, tales como deslizamientos de ladera. En general, estos fenómenos tienen mayor posibilidad de ocurrencia donde la densidad de fracturas y las pendientes son más altas, lo cual ocurre en la porción occidental del territorio, sin afectar a las localidades, ya que estas se ubican en el sector oriente. Sin embargo, hay varias zonas que reúnen las condiciones de fracturamiento y pendientes elevadas, además de encontrarse en el área más densamente poblada del municipio, en Ciudad Nicolás Romero; estas estructuras poseen una dirección NW-SE y pendientes elevadas, combinadas con un proceso de urbanización que favorecen la posibilidad de que ocurran deslizamientos asociados a fracturas (ver fig. 5.4).

La zona de influencia para fallas y fracturas fue designada en función de un posible desplazamiento entre sus bloques: 50m en el caso de fallas que ha tenido desplazamiento y son susceptibles a una posible reactivación; 20m en el caso de las fracturas, que no representa desplazamiento, sino sólo una rotura entre litología, por lo cual su radio de influencia fue menor. Cabe mencionar que en este apartado se consideró el análisis de peligrosidad cualitativo, lo anterior debido a que no fue posible contar con las herramientas y estimar un posible grado de reactivación, por lo cual únicamente se hace referencia a la ubicación de los mismos y la delimitación de sus áreas susceptibles.

A continuación se indican las zonas con riesgo potencial por fallas y fracturas (ver también mapa 5.1 y 5.2 en el anexo cartográfico):

AGEB / Localidad	Calles / Área	Población vulnerable	Grado de Riesgo
150600011041 (Ciudad Nicolás Romero)	Carretera Atizapán- Nicolás Romero, Calle 24 de Febrero, Calle 20 de Noviembre	25 viviendas	Medio (asociado a deslizamiento)
150600011060 (Ciudad Nicolás Romero)	Carretera Atizapán- Nicolás Romero, Calles Vicente Guerrero, Ignacio López Rayón, José Ma. Morelos, Cuauhtémoc, Cerrada 10 de Mayo	45 viviendas, 1 clínica	Medio (asociado a deslizamiento)
1506000010607 (Ciudad Nicolás Romero)	Carretera Atizapán- Nicolás Romero	2 viviendas	Muy Bajo
1506000010715 (Ciudad Nicolás Romero)	Carretera Atizapán-Nicolás Romero, Calles Quetzales, Alcaravanes, Chorlitos, Tordos, Antiguo Camino del Ferrocarril	65 viviendas, 1 templo	Muy Bajo

AGEB / Localidad	Calles / Área	Población vulnerable	Grado de Riesgo
1506000011126 (Ciudad Nicolás Romero)	Carretera Atizapán-Nicolás Romero	7 viviendas	Muy Bajo
1506000010908 (Ciudad Nicolás Romero)	Carretera Atizapán-Nicolás Romero, Calles Pueblo Viejo, Avenida Principal	10 viviendas, estación de bomberos, 1 escuela, casa de cultura, 1 fabrica, 1 templo	Muy Bajo
150600001026A (Ciudad Nicolás Romero)	Carretera Atizapán-Nicolás Romero, Calles Casada, Margaritas, Mariano Abasolo, Colorines, Michoacán, Pinos, El Pino, Plan de San Luis, José Ma. Morelos, Real de Capulín, Real del Bosque, del Río, (ver fig. 5.4).	75 viviendas, 1 escuela	Medio (asociado a deslizamiento)
1506000010240 (Ciudad Nicolás Romero)	Carretera Atizapán-Nicolás Romero, Calles Gardenias, Luis Procuna, Carlos Arruza,	30 viviendas	Muy Bajo
1506000010768 (Ciudad Nicolás Romero)	Carretera Atizapán-Nicolás Romero	8 viviendas	Alto (asociado a deslizamiento)
1506000010594 (Ciudad Nicolás Romero)	Calle Monte Alto	10 viviendas	Muy Bajo
1506000010541 (Ciudad Nicolás Romero)	Calles Pino Suarez, Constitucionalistas, Nicolás Romero, Venustiano Carranza, Mariano Abasolo, Porfirio Díaz, Constitución, Hermenegildo Galeana	80 viviendas, 1 templo, 1 escuela	Medio (asociado a deslizamiento)
1506000010132 (Ciudad Nicolás Romero)	Avenida Benito Juárez, Calles Álvaro Obregón, Julio Velázquez, Ricardo Flores Magón	20 viviendas	Muy Bajo
1506000010838 (Ciudad Nicolás Romero)	Calles 3ª Josefa Ortiz de Domínguez, Ailes, Granjas, Gardenias, Guadalupe Victoria	35 viviendas	Alto (asociado a deslizamiento)
1506000010842 (Ciudad Nicolás Romero)	Calles Miguel Hidalgo y Niños Héroes	5 viviendas	Medio (asociado a deslizamiento)
1506000030414 (Quinto Barrio)	Carretera Ejido – Santa María Cahuacán, camino vecinales	7 viviendas, 1 escuela	Medio (se observan grietas)
150600017 (Puerto Magú)	Carretera El Arenal – Tepetzotlán, Camino a Sn José El Vidrio	15 viviendas	Muy Bajo
150600074 (El Esclavo)	Carretera El Arenal – Tepetzotlán, camino vecinales	10 viviendas	Muy Bajo
150600071 (El Mirador)	Camino El Esclavo – El Mirador, caminos vecinales	10 viviendas	Muy Bajo

Tabla 5.2 Áreas en riesgo por fracturas y fallas

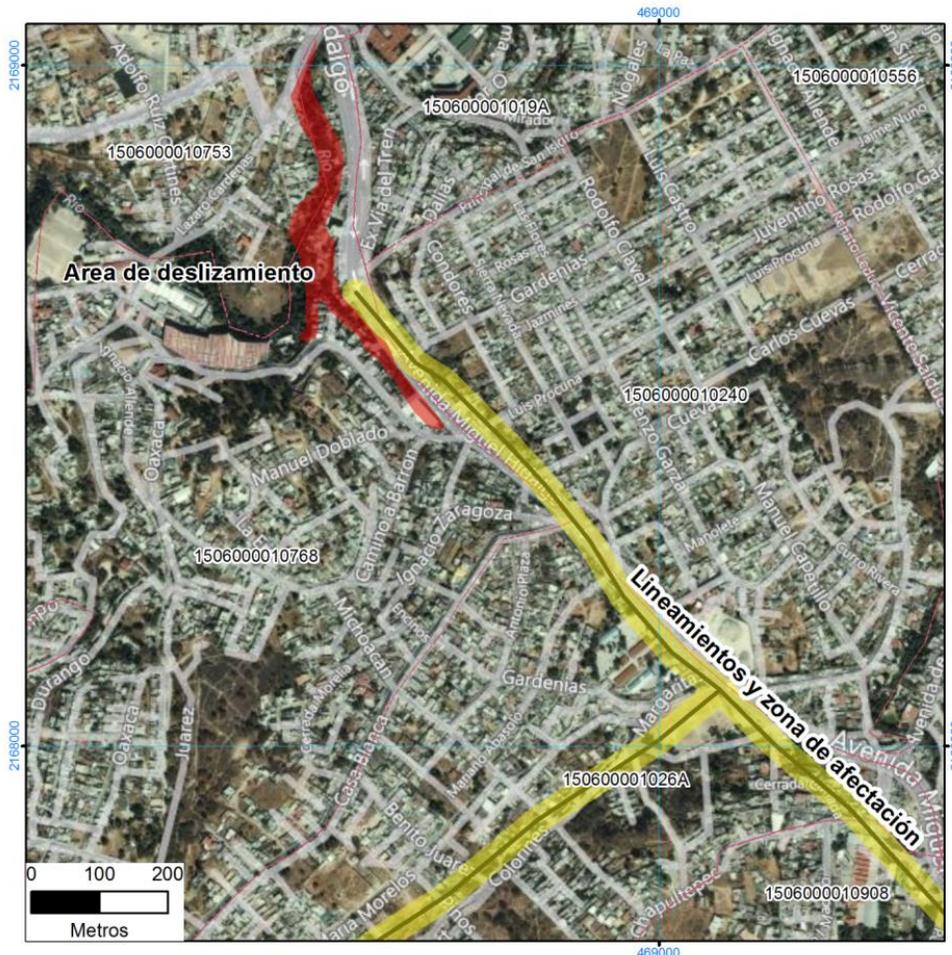


Figura 5.5. Vista en planta de las fracturas de la zona centro de Ciudad Nicolás Romero, la zona amarilla son las áreas de influencia de las fracturas (20m a partir del centro de la fractura) y la roja áreas de deslizamientos.

5.1.2 Sismos

Un sismo o temblor es una sacudida del terreno que se produce debido a una súbita liberación de energía por reacomodos de materiales de la corteza terrestre al superar el estado de equilibrio mecánico. La litosfera está dividida en varias placas, cuya velocidad de desplazamiento es del orden de varios centímetros por año. En los límites entre placas, donde éstas hacen contacto, se generan fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento de una respecto de la otra, generándose grandes esfuerzos en el material que las constituye. Si dichos esfuerzos sobrepasan la resistencia de la roca, o se vencen las fuerzas friccionantes, ocurre una ruptura violenta y la liberación repentina de la energía acumulada. Desde el foco (o hipocentro), ésta se irradia en forma de ondas sísmicas, a través del medio sólido de la Tierra en todas direcciones. La costa mexicana del Pacífico, y por extensión el Municipio de Nicolás Romero, se encuentra afectado por la interacción de dos placas tectónicas.

Los sismos no pueden predecirse; no existe un procedimiento confiable que establezca con claridad la fecha y el sitio de su ocurrencia, así como el tamaño del evento. Sin embargo, los sismos se presentan en regiones bien definidas a nivel regional y se puede elaborar una estimación de las intensidades máximas esperadas, en función de los antecedentes históricos y la geología local. La sismicidad se refiere al grado de susceptibilidad de un área a presentar sismos, lo cual a su vez está asociado a ciertas condiciones geológicas, tales como posición con respecto a las márgenes de las placas geológicas.

Peligro por sismicidad

Zonificación Sísmica

De acuerdo con la división de zonas sísmicas en el país por parte de la Comisión Federal de Electricidad, el Municipio de Nicolás Romero se ubica en la Zona B intermedia, donde se registran sismos no tan frecuentemente, y las aceleraciones del suelo no sobrepasan el 70%. Esto aunado a su geología local, donde predominan las rocas de origen volcánico, las intensidades esperadas en caso de un sismo son significativamente menores en relación a las que podrían afectar a la Ciudad de México, debido a la condición lacustre de este último (ver mapa 5.3 en el anexo cartografico).

Ahora bien, en relación con los registros de sismos antiguos del Servicio Sismológico Nacional, ubicados en la zona en que se emplaza el municipio, no se tienen registrados epicentros en la zona de estudio ni en lugares cercanos, por lo el peligro por sismo en el área es bajo. No obstante, los sismos pueden reactivar fracturas y fallas que se ubican en el municipio, lo que representa una mayor amenaza que el sismo en sí mismo.

Para obtener estos datos, se realizó una investigación documental en el CENAPRED y en el Servicio Sismológico Nacional, para determinar la zonificación que corresponde al municipio con respecto al sistema de clasificación de la Comisión Federal de Electricidad. Por otro lado, se verificó la existencia de epicentros sísmicos en la zona de estudio en la base de datos del Servicio Sismológico Nacional, pero no se ha detectado ninguno.

Peligro por sismicidad local en relación a la topografía

La metodología del U.S. Geological Survey (USGS) para determinar las condiciones de sismicidad locales en relación a la topografía, propuesta por Wald y Allen, permite obtener mapas en base al promedio de velocidad de las ondas secundarias superficiales de hasta 30m de profundidad (V_s^{30}), las cuales tienen una correlación directa con la pendiente topográfica.

Las ondas sísmicas secundarias (V_s) son ondas en las cuales el desplazamiento es transversal a la dirección de propagación del sismo. Su velocidad es menor que la de las ondas primarias; debido a ello, aparecen en el terreno poco después que las ondas primarias. Sin embargo, las ondas secundarias son las que generan las oscilaciones durante el movimiento sísmico y las que producen la mayor parte de los daños.

En el caso específico de Nicolás Romero, el coeficiente para derivar V_s^{30} fue el utilizado por Wald y Allen (2007) en las regiones tectónicamente activas y que poseen relieve topográfico dinámico. Este coeficiente se ha aplicado a todo el centro de México por el USGS, obteniendo una evaluación de primer orden de las condiciones sísmicas de la región. Esta metodología permite conocer el grado de aceleración del suelo al ocurrir un sismo, lo cual implica una zonificación de áreas con probabilidad de sufrir mayores daños que otras. Este modelo permite usos con aplicaciones prácticas relacionados con la

probabilística y basadas en escenarios, aunque en este caso, solo se determina la velocidad promedio de propagación de la onda secundaria, en base al modelo predefinido determinado por el USGS.

Para la confección del mapa de sismicidad local de Nicolás Romero, se calculó la V_s^{30} con base en los rangos mostrados en la Tabla 5.3 (para las regiones activas tectónicas) que es la correlación directa entre V_s^{30} y pendiente topográfica. El método se ajusta a los valores de velocidad de corte vinculados al Programa Nacional de Reducción de Riesgos de Terremoto (límites NEHRP) V_s^{30} de la FEMA (Federal Emergency Management Agency) de Estados Unidos (ver mapa 5.4 en el anexo).

Clase	Rango VS30 (m/sec ²)	Rango de pendiente en zona tectónicamente activa (m/m)
E	<180	<1.0E-4
	180-240	1.0E-4-2.2E-3
D	240-300	2.2E-3-6.3E-3
	300-360	6.3E-3-0.018
	360-490	0.018-0.050
C	490-620	0.050-0.10
	620-760	0.10-0.138
B	>760	>0.138

Tabla 5.3. Resumen de Categorías NEHRP V_s^{30} para rangos de pendientes

Aceleraciones máximas según tres diferentes periodos de retorno

La aceleración sísmica es una medida de intensidad de los terremotos que consiste en la medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo. La unidad de aceleración sísmica es la intensidad del campo gravitatorio ($1g = 981 \text{ cm/s}^2 = 9.81 \text{ m/s}^2$). A diferencia de la escala Richter o la escala de magnitud de momento, la aceleración sísmica no mide la energía total liberada del terremoto, sino la intensidad del sismo en la superficie, por lo que tiene una correlación directa con la escala de Mercalli. La aceleración sísmica se utiliza para establecer normas de construcción y determinar el riesgo sísmico para la infraestructura expuesta. Durante un sismo, el daño en los edificios y las construcciones está relacionado con la velocidad y la aceleración sísmica, y no directamente con la magnitud del terremoto.

Para el Municipio de Nicolás Romero se analizaron las aceleraciones máximas del suelo para tres diferentes periodos de retorno, con la finalidad de conocer el peligro sísmico según diferentes rangos de tiempo. Para facilitar la definición de niveles de peligro para un sitio dado se eligieron los periodos de retorno más representativos, en función de la vida útil de la gran mayoría de las construcciones, correspondientes a periodos de 10, 100 y 500 años. En ellos se muestran aceleraciones máximas para terreno firme para un periodo de retorno dado (tiempo medio, medido en años, que tarda en repetirse un sismo con el que se exceda una aceleración dada).

Los mapas de aceleración sísmica máxima que se muestran a en el anexo con los números 5.5, 5.6 y 5.7 son resultado de la elaboración del programa Peligro Sísmico en México (PSM, 1996) realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Comisión Federal de Electricidad, y CENAPRED.

En el caso del mapa de aceleración sísmica máxima para un periodo de retorno de 10 años, se espera un evento sísmico con aceleraciones de 11 cm/s/s ó 1.12%g, lo que corresponde a un sismo en la escala de Mercalli de IX grados, o sea, violento con daño potencial fuerte; pánico generalizado, daños considerables en estructuras especializadas, paredes inclinadas, grandes daños en importantes edificios, con derrumbes parciales, edificios desplazados fuera de las bases (ver tabla 5.4).

En el caso del mapa de aceleración sísmica máxima para un periodo de retorno de 100 años, se espera un evento sísmico con aceleraciones de 27 cm/s/s ó 2.75%g en el noroeste, y 85 cm/s/s ó 8.66%g en el sureste, lo que implica un sismo en la escala de Mercalli de X grado, o sea, un sismo extremo con daño potencial muy fuerte; algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas, la mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases, rieles doblados.

En el caso del mapa de aceleración sísmica máxima para un periodo de retorno de 500 años, se espera un evento sísmico con aceleraciones de 135 cm/s/s ó 13.76%g, lo que corresponde a un sismo en la escala de Mercalli de X grado, o sea, extremo con daño potencial muy fuerte; algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas, la mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases, rieles doblados.

Escala de Mercalli (Instrumental)	Aceleración sísmica máxima (%g)	Velocidad sísmica máxima (cm/s)	Percepción del temblor	Daño potencial	Periodo de retorno (años)
I	< 0.0017	< 0.1	No apreciable	Ninguno	ND
II-III	0.0017 - 0.014	0.1 - 1.1	Muy leve	Ninguno	ND
IV	0.014 - 0.039	1.1 - 3.4	Leve	Ninguno	ND
V	0.039 - 0.092	3.4 - 8.1	Moderado	Muy leve	ND
VI	0.092 - 0.18	8.1 - 16	Fuerte	Leve	ND
VII	0.18 - 0.34	16 - 31	Muy fuerte	Moderado	ND
VIII	0.34 - 0.65	31 - 60	Severo	Moderado a fuerte	ND
IX	0.65 - 1.24	60 - 116	Violento	Fuerte	10
X+	> 1.24	> 116	Extremo	Muy fuerte	100 y/o 500

Tabla 5.4 Correlación entre Escala de Mercalli y Aceleración sísmica, así como periodos de retorno asociados en el municipio de Nicolás Romero. Fuente: USGS ShakeMap Scientific Background, elaboración propia.

Periodos de Retorno para Aceleraciones de 15%g o Mayores

Se sabe que, para los tipos constructivos que predominan en el Municipio de Nicolás Romero, los daños son considerables a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 15% de g (aceleración de la gravedad terrestre). Por tal razón, se realizó el mapa de periodos de retorno de aceleraciones de 15%g o mayores utilizando información de la Comisión Federal de Electricidad (ver mapa 5.8).

En el estudio realizado por la CFE, el periodo de retorno para eventos con una aceleración de 15%g ó 147.15 cm/s² es de 1002 años, por lo que prácticamente cada milenio se produciría un evento de esa intensidad.

Vulnerabilidad sísmica de viviendas en las zonas urbanas

Se estableció un parámetro para estimar los posibles daños esperados en el municipio de Nicolás Romero, definido como índice de vulnerabilidad sísmica I_{sb} , y que se interpreta como el nivel de susceptibilidad de las viviendas a sufrir un daño en un escenario por un determinado coeficiente sísmico. Los datos se pasaron de intensidad sísmica a coeficiente sísmico para hacer más práctico su manejo y se estableció una variación discreta para hacerla corresponder a la zona sísmica B (a la que pertenece del municipio según la CFE).

Para la elaboración del presente análisis, se tomo como base la metodología de Ramírez de Alba, Pichardo-Lewenstein, Arzate-Cruz (2007) que propusieron un criterio para establecer la vulnerabilidad básica en términos del costo de reparación de las estructuras dañadas, enfocado a la aplicación por municipios en zonas de riesgo y compañías de seguros.

El índice de susceptibilidad de daños por sismo se define de acuerdo a la ecuación 1.

$$I_{sd} = V_b * T_e * E \quad (1)$$

Donde

I_{sd} = Índice de susceptibilidad a daños por sismo

V_b = vulnerabilidad básica

T_e = factor de terreno blando

E = factor de tipología estructural y calidad de construcción

Cálculo de la vulnerabilidad básica (V_b)

Con el primer criterio, se pudo observar que para las intensidades más altas de IX en escala Mercalli modificada, se tiene un porcentaje de daños entre 15% y 65%; para intensidades moderadas de VIII entre 10% y 35%; y para intensidades relativamente bajas de VI se tiene entre 1% y 1.5% de estructuras dañadas. Para establecer el daño probable en función del coeficiente sísmico c , primero se recurre a relaciones que se han propuesto entre intensidad y aceleración, de esta manera la intensidad IX se relaciona con $500\text{cm}/\text{seg}^2$; la intensidad de VIII con $350\text{ cm}/\text{seg}^2$ y la de VI con $60\text{cm}/\text{seg}^2$. En este caso, el coeficiente sísmico corresponde a las aceleraciones del suelo, que para la zona B, la aceleración de respuesta es 3.5 veces la del suelo, esto por la forma de espectro de diseño, o sea, $c= 0.21$.

Para valores de c menores de 0.21 no se tienen datos por lo que se optó por un criterio simple (menor intensidad menor daño), es decir una recta que pasa por el origen hasta el valor correspondiente a 0.21 que es de 0.010 (zona B donde generalmente se manifiestan daños por sismos intensos ocurridos en zonas vecinas). De esta manera, se realizó la ecuación 2.

$$V_b = 0.0476c \quad (2)$$

$$c = 0.21$$

$$V_b = 0.0476 * 0.21 = 0.009996$$

Cálculo del factor de terreno blando (T_e)

El factor de terreno blando, T_e , se calcula con datos geológicos y topográficos, depende del coeficiente sísmico y de una variable que permita estimar si se pueden presentar amplificaciones de los efectos sísmicos debidos a las características del subsuelo, que se denomina T_b . La fórmula empleada por el método es la ecuación 3.

$$T_e = (1.67c + 1.37) * T_b + 1 \quad (3)$$

Para obtener el coeficiente sísmico, c , (terreno duro) se recurrió a lo propuesto en el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, o sea, 0.14 para la zona B.

La relación T_b se define como el área de terreno con posibilidades de incrementar los efectos sísmicos al área total. El tabulado de valores propuesto por el método se enlista a continuación:

Características del terreno	T_b
Predominio de terrenos altos con valles aluviales antiguos, topografía uniforme.	0.00
Predominio de terrenos aluviales con escasos depósitos de arcilla. O bien depósitos de arcilla consolidados con topografía uniforme.	0.25
Predominio de terrenos aluviales con depósitos significativos de arcilla no consolidados y topografía accidentada.	0.50
Predominio de terrenos aluviales poco consolidados, con zonas significativas cercanas a lechos de ríos o grandes áreas urbanas sobre depósito de arena.	0.75
Predominio de terrenos cerca de costas, lechos de ríos o rellenos sobre antiguos lagos o bien terrenos muy escarpados con propensión a movimiento de taludes.	1.00

Tabla 5.5 Variables sísmicas del Terreno según su topografía. Fuente: Ramírez de Alba (2007)

En el caso del Municipio de Nicolás Romero, y de acuerdo a la cartografía topográfica, de pendientes y geológica, el territorio en su totalidad corresponde a la zona con "Predominio de terrenos cerca de costas, lechos de ríos o rellenos sobre antiguos lagos o bien terrenos muy escarpados con propensión a movimiento de taludes", por lo que $T_b = 1.00$

Continuando con la ecuación 3:

$$T_e = (1.67c + 1.37) * T_b + 1$$

$$c = 0.14$$

$$T_b = 1.00$$

$$T_e = ((1.67 * 0.14) + 1.37) * (1.00 + 1) = 2.6038$$

Cálculo del factor por tipología estructural y calidad de construcción (E)

Para el cálculo del factor por tipología estructural y calidad de construcción, E, se los autores propusieron un criterio empírico, tomando la forma de un factor de amplificación o de reducción según el caso, de acuerdo a la ecuación 4.

$$E = p^x / 1 - p \quad (4)$$

El valor **p**, se define como la relación del número de edificaciones con posible comportamiento insatisfactorio al total de construcciones. Una forma de calcular este valor es a partir de los datos del censo población y vivienda, que consignan tipologías estructurales y construcciones hechas con materiales precarios. En este caso, el municipio embona dentro de la categoría “Predominio de estructuras de mampostería reforzada, concreto reforzado y acero estructural, con más de 10% de estructuras con muros de adobe o mampostería no reforzada” (tabla 5.6).

Para el índice de calidad de construcción, **x**, se utiliza los valores tabulados en la Tabla 5.7., los cuales en el caso de la zona de estudio corresponde a: “Calidad de construcción variable tendiendo a la baja, materiales que no son sometidos a controles estrictos, propensión a la modificación y ampliación de estructuras, poca cultura del mantenimiento”, como un promedio general.

Tipo de estructuras	p
Predominio de estructuras de mampostería reforzada, concreto reforzado y acero estructural, no más de 10% de estructuras con muros de adobe o materiales precarios.	0.1
Igual que el anterior pero con más de 10% de estructuras con muros de adobe o mampostería no reforzada	0.2
Casi igual cantidad de estructuras de mampostería reforzada y concreto reforzado respecto a los de adobes y mampostería sin refuerzo.	0.3
Localidades donde exista predominio de las estructuras cuyos muros sean de adobe, mampostería no reforzada o de materiales precarios.	0.5

Tabla 5.6 Variables de daño sísmico de las estructuras según los materiales de construcción. Fuente: Ramírez de Alba (2007)

Características de la construcción	x
Regiones con reconocida tradición constructiva, uso de materiales controlados y mantenimiento oportuno de las construcciones	1.0
Regiones con calidad de construcción normal, materiales de calidad regular y acciones de mantenimiento generales	0.7
Calidad de construcción variable tendiendo a la baja, materiales que no son sometidos a controles estrictos, propensión a la modificación y ampliación de estructuras, poca cultura del mantenimiento.	0.5
Calidad de construcción muy baja, materiales de construcción de baja resistencia y poca durabilidad, poca cultura de mantenimiento.	0.3
Calidad de construcción excepcionalmente baja, material es precarios y nula atención al mantenimiento.	0.1

Tabla 5.7 Variables sísmicas de los asentamientos según su tipología constructiva. Fuente: Ramírez de Alba (2007)

Volviendo a la ecuación 4:

$$E = p^x / 1 - p$$

$$p = 0.2$$

$$x = 0.5$$

$$E = 0.2^{0.5} / 1 - 0.2 = 0.559016994$$

Aplicando valores en la ecuación 1

$$I_{sd} = V_b * T_e * E$$

$$V_b = 0.009996$$

$$T_e = 2.6038$$

$$E = 0.559016994$$

$$I_{sd} = 0.009996 * 2.6038 * 0.559016994 = 0.014549862$$

Determinación de vulnerabilidad: **baja** en promedio para el municipio de Nicolás Romero.

Vulnerabilidad	I _{sd} Rango de valores
Baja	0.0002700 - 0.0793775
Media	0.0793775 - 0.1584800
Alta	0.1584800 - 0.2375920
Muy alta	0.2375920 - 0.3167000

Tabla 5.8 Rangos de vulnerabilidad sísmica de las viviendas según los resultados obtenidos del I_{sd}. Fuente: Ramírez de Alba (2007)

Riesgo asociado a Sismicidad

El riesgo potencial asociado a sismos se calculo de acuerdo a la relación de la vulnerabilidad sísmica y el peligro sísmico en relación a la topografía (método del USGS).

A continuación se indican las zonas urbanas de Nicolás Romero con riesgo potencial por sismicidad:

AGEB	% de viviendas con materiales de baja resistencia	Vulnerabilidad Sísmica	Peligro Sísmico	Riesgo Sísmico
1506000010132	4	Baja	Alto	Medio
1506000010170	3	Baja	Medio	Medio/Bajo
150600001019A	3	Baja	Alto	Medio
1506000010240	2	Baja	Alto	Medio
150600001026A	1	Baja	Alto	Medio
1506000010293	8	Baja	Alto	Medio
1506000010359	3	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010378	7	Baja	Medio	Medio/Bajo
150600001040A	20	Media	Medio	Medio
1506000010448	3	Baja	Alto	Medio
1506000010537	1	Baja	Alto	Medio
1506000010541	1	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010556	2	Baja	Alto	Medio
1506000010560	0	Baja	Alto	Medio
1506000010575	1	Baja	Medio	Medio/Bajo
150600001058A	1	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010594	1	Baja	Alto	Medio
1506000010607	1	Baja	Alto	Medio
1506000010611	1	Baja	Alto	Medio
1506000010626	0	Baja	Alto	Medio
1506000010645	3	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010700	2	Baja	Alto	Medio
1506000010715	1	Baja	Medio	Medio/Bajo
150600001072A	4	Baja	Medio	Medio/Bajo

AGEB	% de viviendas con materiales de baja resistencia	Vulnerabilidad Sísmica	Peligro Sísmico	Riesgo Sísmico
1506000010734	3	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010749	1	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010753	2	Baja	Alto	Medio
1506000010768	1	Baja	Alto	Medio
1506000010772	8	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010787	6	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010804	1	Baja	Alto	Medio
1506000010819	2	Baja	Alto	Medio
1506000010823	2	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010838	2	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010842	2	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010857	2	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010876	15	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010880	0	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010908	5	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010912	1	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000010931	4	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000011003	4	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000011018	6	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000011022	6	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000011037	3	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000011041	0	Baja	Alto	Medio
1506000011056	2	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000011060	2	Baja	Alto	Medio
1506000011075	7	Baja	Alto	Medio
150600001108A	1	Baja	Alto	Medio
1506000011094	25	Media	Medio	Medio
1506000011107	12	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000011111	1	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000011126	0	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000011130	29	Media	Medio	Medio
1506000011145	10	Baja	Medio	Medio/Bajo
150600001115A	0	Baja	Alto	Medio
1506000011179	18	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000011215	20	Media	Medio	Medio
1506000030414	12	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000030518	8	Baja	Alto	Medio
1506000040081	5	Baja	Medio	Medio/Bajo
15060000160679	2	Baja	Medio	Medio/Bajo
15060000160683	1	Baja	Medio	Medio/Bajo

AGEB	% de viviendas con materiales de baja resistencia	Vulnerabilidad Sísmica	Peligro Sísmico	Riesgo Sísmico
1506000160698	0	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000180382	10	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000200984	4	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000200999	4	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000250429	12	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000820946	6	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000820950	10	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000820965	0	Baja	Medio	Medio/Bajo
150600082097A	0	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000821164	0	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000821183	10	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000821198	16	Baja	Medio	Medio/Bajo
1506000821200	10	Baja	Medio	Medio/Bajo

Tabla 5.9 Zonificación del Riesgo sísmico.

5.1.3 Tsunamis o maremotos

Los Tsunamis son series de olas de gran longitud de onda que aparecen en el agua por el desplazamiento de un gran volumen de material dentro de un océano. Los eventos detonantes son los terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra e impactos de meteoritos. El impacto de los tsunamis se limita a las zonas costeras, por lo que en el caso del Municipio de Nicolás Romero, este fenómeno no representa una amenaza debido a los 260 km de distancia a la costa más cercana.

5.1.4 Vulcanismo

El vulcanismo es un conjunto de fenómenos geológicos resultantes de la expulsión de materiales desde la corteza terrestre a la superficie, debido a la presión y posterior liberación por medio de fisuras en las rocas. Los fenómenos asociados a vulcanismo abarcan desde fluidos de lava, hasta caída de ceniza, incluyendo flujos piroclásticos, caída de materiales como tefra y bombas, lahares, y deslizamientos, por mencionar sólo los más representativos.

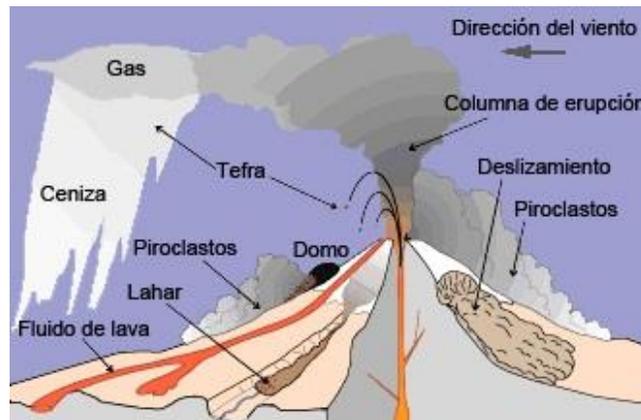


Fig. 5.6 Representación gráfica de los múltiples fenómenos peligrosos asociados al vulcanismo. Fuente: U.S.G.S.

El Municipio de Nicolás Romero se encuentra en el campo volcánico del Eje Neovolcánico Transversal, por lo que el territorio municipal es susceptible a la aparición de nuevos volcanes, o a la erupción de los volcanes activos cercanos. Sin embargo, no es posible determinar mediante ningún método, la aparición de un nuevo volcán en una zona geográfica dada, ni predecir un evento eruptivo de un volcán activo. Por otro lado, antes de una erupción, los volcanes presentan disturbios precursoros que si se detectan y analizan a tiempo permiten anticiparse a las erupciones y prevenir a las comunidades en riesgo implementando planes de emergencia y medidas de mitigación.

Para la elaboración del mapa de peligro volcánico del municipio de Nicolás Romero, se siguió la metodología del CENAPRED, que en resumen consiste en lo siguiente:

1. Identificación de volcanes activos a menos de 100 km de la zona de interés
2. Reconstrucción del comportamiento eruptivo de los volcanes detectados
3. Determinar las amenazas volcánicas, e identificar si afectan el área de interés

Peligro por vulcanismo

Se detectaron tres volcanes activos a menos de 100 Km de distancia del municipio de Nicolás Romero, los cuales son el Nevado de Toluca, Popocatepetl y el Xocotépetl. De los tres volcanes activos a menos de 100 km de distancia se realizó una investigación documental para obtener los registros relacionados con peligros. Adicionalmente, se identificaron 9 volcanes monogenéticos (inactivos) en las cercanías o dentro del municipio, de los cuales se eligió al cerro Río Frío y al cerro Potrerillos, para realizar una reconstrucción de su comportamiento eruptivo, lo cual sirvió para identificar la posible magnitud de un evento similar dentro o muy cercano al municipio, en caso de que naciera otro volcán en la zona. Los resultados se presentan a continuación.

Xocotépetl

El Volcán Xocotépetl (también conocido como Jocotitlán) se encuentra a 28km del punto mas cercano al municipio de Nicolás Romero y a 48km de la cabecera municipal, tiene una elevación de 3,920 msnm y forma parte del grupo de volcanes activos del Eje Neovolcánico Trasversal. El Xocotépetl es un estratovolcán que ha presentado, al menos, dos episodios eruptivos ocurridos en los últimos 10 mil años. El más reciente sucedió hace menos de mil años, se estima que pudo haber ocurrido entre 1100 y 1300

d.C. Es de categoría 2 dentro de la clasificación de volcanes cuaternarios del CENAPRED, así como de peligrosidad intermedia. Se estima que en caso de que este volcán presentara un nuevo evento eruptivo, los flujos de lava, flujos piroclásticos, lahares y deslizamientos no afectarían al municipio de Nicolás Romero debido a la presencia de la Sierra de Monte Alto. Sin embargo, si podría haber una afectación derivada de caída de ceniza, dependiendo de la dirección del viento y magnitud de la erupción. Con base en lo anterior, y debido a que este volcán no ha presentado actividad en los últimos 900 años, se estima que el peligro que representa para el municipio de Nicolás Romero es bajo.

Nevado de Toluca

El volcán Nevado de Toluca se encuentra a 58km del punto más cercano al municipio de Nicolás Romero y a 74km de la cabecera municipal, es un estratovolcán con una altitud de 4680 msnm que a lo largo de su historia geológica ha tenido erupciones violentas acompañadas de flujos piroclásticos, lahares, avalanchas, caída de cenizas y pómez. Es de categoría 1 dentro de la clasificación de volcanes cuaternarios del CENAPRED, así como de peligrosidad intermedia. Durante los últimos 50,000 años, este volcán ha presentado al menos ocho erupciones vesubianas, cuatro plinianas, una ultrapliniana, y tres erupciones acompañadas de la destrucción de domos. Además, en los últimos 100,000 años han presentado dos avalanchas de escombros. El volcán Nevado de Toluca se ha caracterizado por erupciones muy explosivas con períodos largos de descanso.

El Instituto de Geofísica de la UNAM, determinó con base en el estudio de los productos eruptivos emitidos por el Nevado de Toluca, que los flujos piroclásticos representan el peligro volcánico más importante, por su frecuencia y por el área que han cubierto en las erupciones pasadas. Después están los lahares, seguidos por la caída de cenizas y finalmente las avalanchas de escombros. Mediante un análisis que se plasmó en cartografía de riesgos, se determinó que ningún evento eruptivo podría afectar más allá del Valle de Toluca, por lo que se descarta totalmente una afectación al Municipio de Nicolás Romero en caso de un evento eruptivo, es decir, el peligro que representa para el territorio de Nicolás Romero es bajo (fig. 5.7).

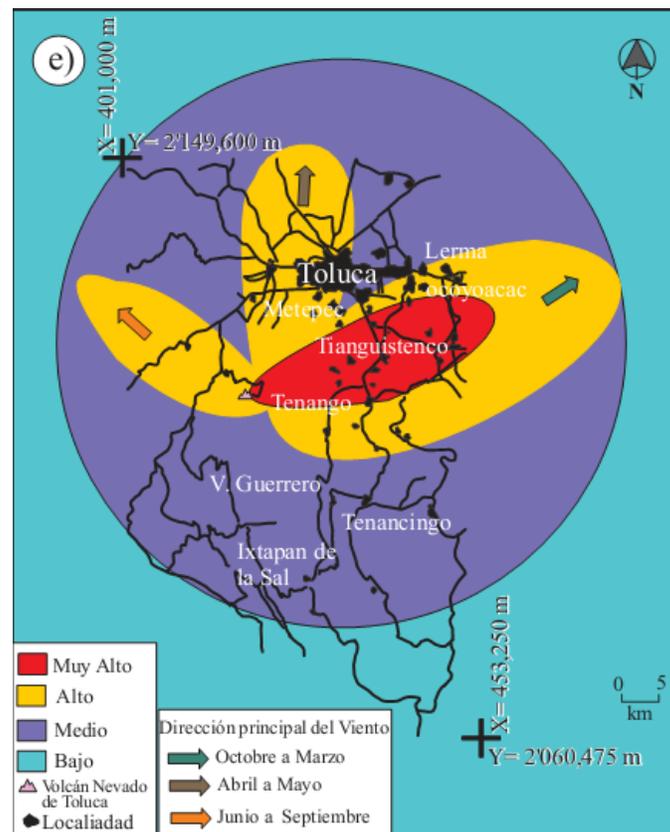


Figura 5.7 Mapa de peligros volcánicos del volcán Nevado de Toluca, donde se aprecia que no afecta al área del Municipio de Nicolás Romero, ubicado a 58km al NE. Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM

Popocatépetl

El volcán Popocatépetl se encuentra a 93km del punto más cercano al municipio de Nicolás Romero y a 97km de la cabecera municipal, tiene una altitud de 5452 msnm. El Popocatépetl es un estratovolcán de edad aproximada de 730,000 años, durante los cuales ha estado activo, a pesar de que en escala humana haya habido largos periodos de reposo. Desde su primera erupción registrada en 1347, ha presentado múltiples manifestaciones. De 1921 a 1991 no se tuvo registro de actividad volcánica. A partir de 1993 hubo fumarolas claramente visibles desde 50 kilómetros de distancia. El 23 de julio de 1994 lanzó fumarolas; y el 21 de diciembre de 1994 inició una serie de pequeñas erupciones, lluvias de ceniza con temblores locales de baja magnitud. El fenómeno se repitió a finales de 1995 y principios de 1996. El 25 de diciembre de 2005 se produjo en el cráter del volcán una nueva explosión, que provocó una columna de humo y cenizas de tres kilómetros de altura y la expulsión de lava. Es de categoría 1 dentro de la clasificación de volcanes cuaternarios del CENAPRED, así como de peligrosidad alta (o mayor).

Según el Instituto de Geofísica de la UNAM, en general el volcán representa un peligro mayor para las áreas cercanas al volcán, moderado para el sureste y este del Estado de México, y menor para la Ciudad de México. En el caso del Municipio de Nicolás Romero, el peligro es bajo, debido a que se ubica a más de 90 km de distancia, lo que implica que en caso de una erupción extraordinaria, no habría afectación por cenizas volcánicas, ni tampoco por otros materiales volcánicos (ver figura 5.8).

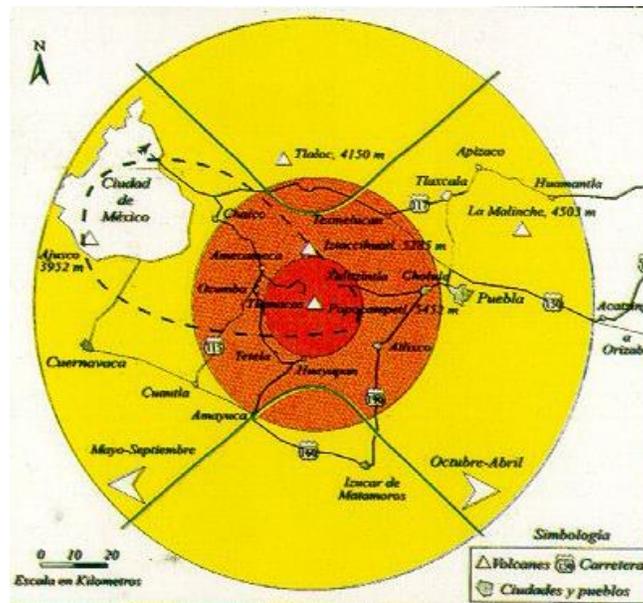


Figura 5.8 Mapa de peligros por caída de materiales volcánicos (ceniza) del volcán Popocatepetl, en donde se aprecia que no afecta al área del Municipio de Nicolás Romero, ubicado a 93km al NW. Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM.

Volcanes inactivos locales

El municipio de Nicolás Romero, se encuentra rodeada por siete estructuras volcánicas monogenéticas, los cuales son: Volcán Apaxco, El Calvario, Xitox, Catedral, Las Palomas y dos aparatos volcánicos sin nombre; adicionalmente, dentro del territorio municipal hay tres volcanes igualmente monogenéticos que son los cerros La Cruz, Río Frío, Potrerillos, ubicados al extremo occidental del territorio. El hecho de ser monogenéticos implica que no representan ninguna clase de peligro, ya que están inactivos. Sin embargo, se conservan vestigios de su actividad histórica, tales como secuencias de lava A, B y C, y flujos piroclásticos, todos en el poniente del municipio. Para fines representativos de los alcances de un eventual volcán local, se tomaron como ejemplo dos volcanes del poniente del municipio, estos son Potrerillos y Río Frío.

Las secuencias de lava de los volcanes Potrerillos y Río Frío se detectaron en la zona poniente del municipio con dirección del flujo fue oeste-este, con una extensión de hasta 7km; por otro lado, los flujos piroclásticos de los mencionados volcanes se ubicaron en la zona centro, sobre el área de colinas y barrancas, con una extensión de hasta 15 km. Debido a su condición monogenética, estos volcanes hicieron una erupción de tipo efusiva en una sola etapa (no explosiva), a través de una fisura o boca y construyeron un pequeño edificio en forma de cono escoriáceo. El volumen emitido estimado fue de $10,000 \text{ m}^3$, sin inyección a la troposfera (ver mapa 5.9 en el anexo).

Para la reconstrucción del comportamiento eruptivo de los volcanes analizados, se realizó el trazado de unidades morfológicas por medio de imágenes satelitales y ortofotos de la región, con base al método de Verstappen. Adicionalmente se usó la información del Índice de Explosividad Volcánica del CENAPRED para determinar la tipología del volcán.

Vulnerabilidad por vulcanismo

El municipio de Nicolás Romero está altamente vinculado con la Ciudad de México, en cuestiones económicas, alimentarias, de infraestructura energética, de infraestructura hidráulica y de transporte. En caso de que la Ciudad de México tuviera problemas por vulcanismo, derivados de la actividad del Popocatepetl, el municipio de Nicolás Romero invariablemente sufriría un alto grado de afectación a sus actividades económicas. Esto no implica sufrir daños físicos directos de la actividad volcánica, sino derivadas de un potencial cierre del aeropuerto, fallas en la distribución de agua, alimentos, energéticos o fallas en el drenaje general de la cuenca, etc. Por tanto, y dado que la Ciudad de México es muy vulnerable, el caso de Nicolás Romero es igualmente de alta vulnerabilidad a los fenómenos volcánicos.

Riesgo por vulcanismo

A pesar de que los peligros por fenómenos volcánicos son bajos para el Municipio de Nicolás Romero, se estima que el **riesgo general es MEDIO**, debido a las siguientes consideraciones:

- Alta vulnerabilidad a los fenómenos volcánicos debido a la elevada dependencia alimentaria, energética y económica del municipio con la Ciudad de México.
- Peligro moderado en la Ciudad de México, debido a la actividad reciente del Volcán Popocatepetl.

5.1.5 Deslizamientos

Los deslizamientos consisten en el corrimiento repentino del material superficial de una ladera. Los deslizamientos ocurren cuando se rompe o pierde el equilibrio de una porción de los materiales que componen una ladera y se deslizan hacia abajo por acción de la gravedad. Los deslizamientos suceden tanto en taludes escarpados, como en laderas de poca pendiente. Son primariamente ocasionados por el grado de compactación del material litológico, textura del suelo, grandes cantidades de agua en el suelo y roca, y la erosión. Ahora bien, los deslizamientos pueden ser desencadenados por eventos desestabilizadores, tales como lluvias intensas, actividad sísmica, actividad volcánica, o actividades humanas (p. ej. cortes de taludes para la construcción de carreteras, bancos de material, viviendas, etc.).

Los deslizamientos de laderas son fenómenos que no se pueden predecir, pero se puede establecer una medida del grado de probabilidad de que ocurra en algún sitio específico, en función de la geología y geografía local.

En el caso del Municipio de Nicolás Romero, se ha identificado áreas con susceptibilidad a presentar este fenómeno, particularmente en las porciones del centro y oriente, donde la litología, el grado de deforestación y desestabilización de los materiales por acción del hombre, así como la topografía propia de barrancos, permiten que dicha amenaza esté latente, afectando a la población de las principales localidades del municipio, particularmente a aquellas con una alta densidad poblacional.

Peligro por deslizamientos de ladera

A fin de estimar el peligro por deslizamiento de laderas, fue necesario investigar las condiciones del sitio distinguiendo: a) los deslizamientos que ocurrieron en la zona; b) las características topográficas y geomorfológicas; c) las características geotécnicas de los materiales; y d) las condiciones ambientales.

Para la investigación histórica se realizó una compilación de información sobre deslizamientos ocurridos en el municipio, la cual fue proporcionada por Protección Civil municipal tanto en documento como oralmente. Por otro lado se realizó un análisis cartográfico, que incluyó la identificación de las pendientes del territorio municipal por medio de un Modelo Digital de Elevación dentro de un software de Sistema de Información Geográfica, sobre el cual se localizaron y clasificaron los deslizamientos históricos. Se realizó un recorrido de campo para identificar las zonas de deslizamiento analizadas previamente, con una descripción de los materiales litológicos, apoyada en la cartografía geológica. También se analizó la cartografía de uso de suelo y vegetación, edafología, erosión, topografía, e hidrología.

En la tabla 5.10 se muestra los criterios para asignar calificaciones a los atributos que determinan la estabilidad de una ladera. Se trata de una metodología del CENAPRED de naturaleza cualitativa y empírica para juzgar la susceptibilidad al deslizamiento, y con ello el peligro de deslizamiento en una ladera. Los valores generales que aquí se incluyen variaron caso a caso, por lo que se ajustaron al contexto local. De esta manera se calificó el grado de influencia relativa que los factores citados tienen en la ocurrencia de un deslizamiento, y se determinó el grado general de susceptibilidad a presentar deslizamientos de ladera a nivel municipal (ver mapa 5.10 y 5.11 en el anexo cartográfico).

Factor	Intervalos o categorías	Calificación
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0
	35° a 45°	1.8
	25° a 35°	1.4
	15° a 25°	1.0
	Menos de 15°	0.5
Altura	Menos de 50 m	0.6
	50 a 100 m	1.2
	100 a 200 m	1.6
	Más de 200 m	2.0
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3
	Algunos someros	0.4
	Sí, incluso con fechas	0.6
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.	1.5 a 2.5
	Rocas metamórficas (lutitas, pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas.	1.2 a 2.0
	Suelos arcillosos consistentes o arena limosos compactos.	0.5 a 1.0
	Rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.	0.3 a 0.6
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).	0.2 a 0.4
Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5
	5 a 10 m	1.0
	10 a 15 m	1.4
	15 a 20 m	1.8

Factor	Intervalos o categorías	Calificación
Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3
	25 a 35°	0.6
	Más de 45°	0.9
Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 10	0.3
	0° a 10°	0.5
	0°	0.7
	0° a -10°	0.8
	Menos de -10°	1.0
Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.	Más de 30°	0.2
	10° a 20°	0.3
	Menos de 5°	0.5
Evidencias geomorfológicas de huecos en laderas contiguas	Inexistentes	0.0
	Volúmenes moderados	0.5
	Grandes volúmenes faltantes	1.0
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0
	Cultivos anuales	1.5
	Vegetación intensa	0.0
	Rocas con raíces de arbustos en sus fracturas	2.0
	Vegetación moderada	0.8
	Área deforestada	2.0
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0
	Nivel freático inexistente	0.0
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0

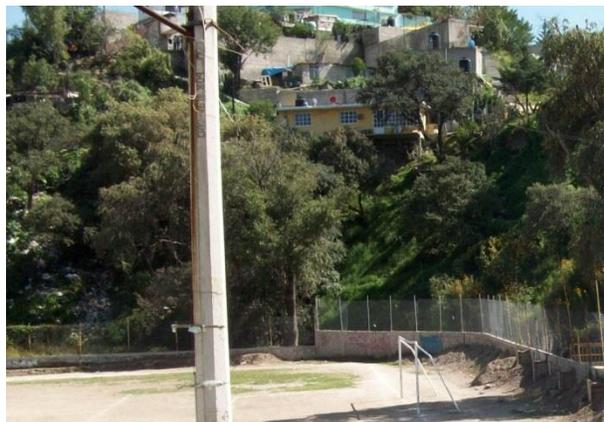
Suma de las calificaciones	Grado
Menos de 5	Peligro muy bajo
5 a 7	Peligro bajo
7 a 8.5	Peligro moderado
8.5 a 10	Peligro alto
Más de 10	Peligro muy alto

Tabla 5.10 Formato para la estimación de el peligro de deslizamiento de laderas. Fuente: CENAPRED 2006.

Vulnerabilidad y riesgo por deslizamiento de laderas

La vulnerabilidad de las construcciones, viviendas e infraestructura del Municipio de Nicolás Romero a fenómenos de deslizamiento de ladera no se pudo calcular cuantitativamente ya que cada edificio en particular puede presentar diferentes tipos de cimentación que permitan un menor o mayor grado de afectación por un deslizamiento de ladera. Sin embargo, se considera que para que un edificio no sea vulnerable a un deslizamiento, requiere tener cimentación por pilotes de al menos 5m de profundidad, lo cual es algo que en la construcción tradicional mexicana no se realiza. Por lo anterior, se estima de forma cualitativa que la vulnerabilidad general es alta: es decir, en el caso de que una casa se encuentre

en una zona susceptible a presentar deslizamientos, se considera que una construcción promedio va a sufrir un daño directamente proporcional a la magnitud del deslizamiento.



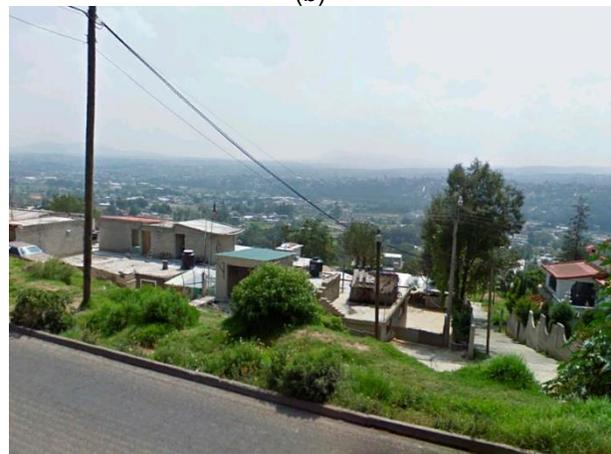
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 5.9 Diferentes vistas de laderas con susceptibilidad de deslizamiento: (a), viviendas construidas en la ladera; (b), edificios de condominios nuevos sobre la ladera; (c), deslizamiento amenaza a escuela; (d) vista desde la parte superior de una ladera susceptible a deslizarse

Con base a lo anteriormente expuesto, se estima un **riesgo ALTO** en general. Para un desglose detallado, el riesgo se zonificó de la siguiente manera:

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Población en riesgo
1506000010132	Muy alto: Av. Vía Corta a Morelia, Calles Lombardo Toledano, Cancún, Puerto Manzanillo, 3 Cda. Miguel Hidalgo, Cda. Miguel Hidalgo, 18 de Julio, Conalep, Cda. Lerdo de Tejada, Acapulco, 3 Cda. Acapulco, Cda. 18 de	Muy alto: 60 viviendas, 1 escuela Bajo: 5 viviendas

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Población en riesgo
	Julio Bajo: Cda. 18 de Julio	
1506000010170	Muy Alto: Calles Vicente Becerril, División del Norte, Ignacio Capetillo, del Río, Hidalgo, Cda. Del Tráfico, Cda. Palomas, Cda. Francisco Villa, Lomas del Río, Cda. De Vargas, Emiliano Zapata, Callejón Justo Sierra. Bajo: Calle Sn. Isidro, Rancho el Edén, Hidalgo, Emiliano zapata,	Muy Alto: 70 viviendas Bajo: 10 viviendas
150600001019A	Muy Alto: Calles Jaime Nuño, Manzanillo, Buenavista, Sta. Clara, Pino, Cárcamo, Principal de Sn Isidro. Bajo: Calle 20 de Noviembre, Baja California, La Cuesta, 1ro de Mayo, de la Paz, Las Flores	Muy Alto: 15 viviendas, 1 fabrica Bajo: 35 viviendas
1506000010240	Muy Alto: Calles Silverio Pérez, Rodolfo Clavel, Renato Leduc Bajo: Cda. Colorines, Cóndores, Silverio Pérez	Muy Alto: 10 viviendas Bajo: 5 viviendas
150600001026A	Muy Alto: Calles Sierra Oaxaqueña, Francisco I. Madero, Sierra Nevada, Pino Suarez, Miguel Hidalgo, Morelos. Bajo: Calle Venustiano Carranza, Margaritas	Muy Alto: 15 viviendas Bajo: 7 viviendas
1506000010359	Muy Alto: Calles Francisco Díaz Covarrubias, Vicente Guerrero, Ignacio Ávila, Francisco Ayala, Y Griega, Castel, Gómez Farías, Miguel Negrete, Emiliano Zapata, Priv. Miguel Negrete, 2da cda. Miguel Negrete, Joaquín Colombres, Ignacio Alatorre, Fresnos, Puebla, Gonzales Ortega, Porfirio Díaz, Allende. Bajo: Vicente Guerrero, Miguel Negrete	Muy alto: 90 viviendas, 1 escuela Bajo: 5 viviendas
1506000010378	Muy Alto: Calles Agustín Melgar, La Loma Bajo: Calles Santiaguito, Las Torres	Muy Alto: 5 viviendas Bajo: 5 viviendas
150600001040A	Bajo: Calles Francisco I. Madero, Balcones de Sta. Ana	Bajo: Calles
1506000010448	Muy Alto: Calle Prolongación de los Pozos Bajo: Av. Vía Corta a Morelia	Muy Alto: <5 viviendas Bajo: <5 viviendas
1506000010541	Muy Alto: Calle Venustiano Carranza	Muy Alto: 10 viviendas
1506000010556	Muy Alto: Calle Allende, Principal de Sn. Isidro, Renato Leduc, Capulines, Sn. Felipe, Rojo Gómez, La Herradura, Juan Silvetti, Daniel Delgadillo, Bajo: Calle Silverio Pérez	Muy Alto: 25 viviendas Bajo: <5 viviendas
1506000010560	Muy Alto: Calle Daniel Delgadillo, Sn. Isidro Bajo: Av. Vía Corta a Morelia	Muy Alto: 5 viviendas Bajo: 5 viviendas
1506000010575	Muy Alto: Calle Azahares, De la Constitución, División del Norte, Fray Juan de Zumárraga	Muy Alto: 10 viviendas, 1 escuela
150600001058A	Muy Alto: Calle Gradenias, geranios, Cda. Vista del Valle, Linda Vista, Atardecer, Pte. 12, Pte. 13. Bajo: Calle 21 de Marzo, Cda. Sta. Cecilia	Muy Alto: 10 viviendas Bajo: 5 viviendas

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Población en riesgo
1506000010594	Muy Alto: Calle Buenavista, Jaime Nuño, Fray Juan de Zumárraga, Sta. Clara, Zacatecas, Callejón del Charco. Bajo: Calle Buenavista	Muy Alto: 30 viviendas, 2 escuelas Bajo: 15 viviendas
1506000010611	Muy Alto: Calle Tirano, Cda. Tucán, Tucanes, Petirrojos, Perdices, Autillos, Loritos, Jacarandas, Torcacitas, 1ra Cda. Torcacitas	Muy Alto: 30 viviendas
1506000010645	Muy Alto: Calle Guanajuato	Muy Alto: 5 viviendas
1506000010700	Muy Alto: Calle San Judas Tadeo, San Felipe, 1ro de Mayo, Tulipanes, Via Corta a Morelia, 5 de Mayo, San Juan, Laureles, San Antonio, Azafrán Bajo: Calle Margaritas, Calandrias, San Judas Tadeo, San Pedro, Guacamayas, Francisco Villa.	Muy Alto: 50 viviendas Bajo: 30 viviendas
1506000010715	Muy Alto: Calle Felipe Ángeles, Jasmín, Olivos. Bajo: Calle Francisco Villa.	Muy Alto: 15 viviendas Bajo: 5 viviendas
150600001072A	Muy Alto: Calle Kennedy, Dicha, 2da Tlilan, Miguel Hidalgo, Pirules, Rosas	Muy Alto: 5 viviendas
1506000010734	Muy Alto: Calle Lerdo de Tejada Bajo: Calle Lerdo de Tejada, Guillermo Prieto	Muy Alto: 15 viviendas Bajo: 10 viviendas
1506000010749	Bajo: Calle Aldama, Cda. Miguel Alemán	Bajo: 10 viviendas, 1 escuela
1506000010753	Muy Alto: El Fresno, 3ra López Mateos, 3ra Álvaro Obregón, Adolfo Ruiz Cortines. Bajo: Calle Álvaro Obregón, Lorenzo, Cda. Lorenzo.	Muy Alto: 5 viviendas Bajo: 10 viviendas, 1 industria
1506000010768	Muy Alto: Av. Atizapán, Francisco Villa, A Barrón, Morelos, Corregidora, Mina, 16 de Septiembre, Oaxaca, Cda. Lázaro Cárdenas, Monte de las Cruces, Cda. Oaxaca Bajo: Calle Manuel Doblado, Francisco Zarco,	Muy Alto: 30 viviendas, 3 escuelas, 1 industria Bajo: 5 viviendas
1506000010772	Muy Alto: Calle 5 de Febrero, 16 de Septiembre, 2 de Febrero, Jazmín, Flores, Juárez, Camelinas, Montes de Oca, De las Rosas, Allende Bajo: Desierto de los Leones, Allende, Francisco I. Madero, 16 de Septiembre, De las Rosas	Muy Alto: 35 viviendas, 1 escuela Bajo: 20 viviendas
1506000010787	Muy Alto: Calle Retama, Madroño, Emiliano Zapata, Gral. Anaya, Jiménez Cantú, Mariano Abasolo, Allende, Aldama, Corregidora, Veracruz, Comonfort, Josefa Ortiz de Domínguez, López Mateos, Miguel Hidalgo, Zaragoza, Niños Héroes, Plutarco Elías Calles, 1ro de Mayo, Adrián Castrejón. Bajo: Matamoros, Allende, Miguel Hidalgo, Gral. Anaya, Niños Héroes, 1ro de Mayo, Rojo Gómez.	Muy Alto: 120 viviendas Bajo: 20 viviendas

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Población en riesgo
1506000010804	Muy Alto: Calle San Pedro Progreso, Del Río, 1ra Del Río, Juárez, Gral. Anaya, Rosa Gloria Chagoyan, Manuel Obispo	Muy Alto: 20 viviendas
1506000010819	Muy Alto: Calles Emiliano Zapata, División del Norte, Raúl Madero, De Las Rosas, Cda. De las Rosas, Zacatecas, Cda. Kennedy. Bajo: Cda. De las Rosas, Cda. Kennedy.	Muy Alto: 25 viviendas Bajo: 5 viviendas
1506000010823	Muy Alto: Calles Mejía, Pipila, Cjon. Peritas, Galeana, Los Pinos.	Muy Alto: 10 viviendas
1506000010838	Muy Alto: Galeana, 2da. Galeana, Guadalupe Victoria, Cda. Miguel Hidalgo, Niños Héroes, Ailes, Granjas, Gardenias, Orquídeas, Guillermo Prieto, Lerdo de Tejada, Condominios, Hidalgo.	Muy Alto: 30 viviendas
1506000010842	Muy Alto: Lerdo de tejada, Niños Héroes.	Muy Alto: <5 viviendas
1506000010857	Muy Alto: Luis Echeverría	Muy Alto: <5 viviendas
1506000010880	Bajo: Luis Echeverría	Bajo: <5 viviendas
1506000010908	Muy Alto: Las Rosas, Calle A, Calle C Bajo: Del Canal, División del Norte	Muy Alto: 15 viviendas Bajo: <5 viviendas
1506000010912	Bajo: Infonavit Francisco I Madero	Bajo: 30 viviendas
1506000010931	Bajo: Calle Begonia	Bajo: <5 viviendas
1506000011003	Muy Alto: Mariano Escobedo, Emiliano Zapata, Gral. Anaya, Jiménez Cantú, Abasolo, Benito Juárez, Guadalupe Victoria, Vicente Guerrero, 1ra Cda. Lázaro Cárdenas, 2da Cda. Lázaro Cárdenas, Carlos Hank Gonzales, Alfredo del Mazo, Benito Juárez, Adrián Castrejón, Dr. Gustavo Baz.	Muy Alto: 130 viviendas
1506000011018	Muy Alto: Venustiano Carranza, Plutarco Elías Calles, Niños Héroes, Anaya, Lázaro Cárdenas, 1ro de Mayo, 16 de Septiembre, Virreyes, Cda del Amanecer, Amanecer, Anochecer.	Muy Alto: 40 viviendas
1506000011022	Muy Alto: Loma Larga, Las Cruces, 1ro de Mayo, 12 de Diciembre, Lirios, De Los Norteños, El Rastro, Avena, 1er And. Adolfo López Mateos Bajo: Palomares, De La Cruz	Muy Alto: 30 viviendas Bajo: 15 viviendas
1506000011037	Muy Alto: Rutilio Rojas Pinedo, Privada de Colosio, Tarasco, Emiliano Zapata.	Muy Alto: 15 viviendas
1506000011041	Muy Alto: 24 de Febrero, 5 de Mayo, 1ro de Mayo, Colmena	Muy Alto: 15 viviendas, 1 Gasolinera
1506000011056	Muy Alto: Benito Juárez, 2da de Benito Juárez, 1ra de Benito Juárez, 3ra 10 de Abril, 10 de Abril, De Las Universidades, Paseo de las Fuentes, Fuentes de los	Muy Alto: 25 viviendas, 1 escuela

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Población en riesgo
	Deseos, Fuente de los Duendes.	
1506000011060	Muy Alto: Colmena, 24 de Febrero	Muy Alto: 10 viviendas
150600001108A	Muy Alto: Pinzones, Urúes, 5 de Mayo,	Muy Alto: 5 viviendas
1506000011094	Muy Alto: Los Tubos	Muy Alto: <5 viviendas
1506000011107	Muy Alto: Francisco I. Madero, Zapata	Muy Alto: <5 viviendas
1506000011126	Muy Alto: Crisálida, Área Oeste del Fraccionamiento Vista Verde (calles sin asignación de nombre)	Muy Alto: 35 viviendas, 1 escuela
1506000011130	Muy Alto: 6 de Enero Bajo: Romualdo Gutiérrez, Primavera, Camino a La Era, Miraflores, Marina Vargas, Ignacio Allende, Camino a La Presa	Muy Alto: <5 viviendas Bajo: 15 viviendas
1506000011145	Muy Alto: Agustín Melgar, Aldama	Muy Alto: <5 viviendas
150600001115A	Muy Alto: Av. Vía Corta a Morelia Bajo: 20 de Noviembre, Av. Vía Corta a Morelia	Muy Alto: <5 viviendas Bajo: 60 viviendas
1506000011179	Muy Alto: calles sin asignación de nombre	Muy Alto: 15 viviendas
1506000011215	Bajo: calle sin asignación de nombre	Bajo: <5 viviendas
1506000030414	Muy Alto: Carretera Estatal 5, camino a Loma de Chapultepec Bajo: Carretera Estatal 5	Muy Alto: 15 viviendas, 1 escuela Bajo: 10 viviendas
1506000030518	Muy Alto: Carretera Estatal 5 Bajo: Carretera Estatal 5	Muy Alto: 25 viviendas, 1 escuela, 1 gasolinera Bajo: 10 viviendas
1506000040081	Muy Alto: Carretera Estatal 5, Sta. María Magdalena Cahuacán norte, noreste y oeste Bajo: Sta. María Magdalena Cahuacán sur	Muy Alto: 25 viviendas Bajo: 5 viviendas
1506000160679	Muy Alto: Camino a la Mina La Magdalena, Av. Las Minas, Invierno, Parque Gloria, Av. Villa del Carbón, Fresnos, Colorines, Francisco Díaz Covarrubias, La Joya, Lindavista, Braulio Navarrete, Lázaro Cárdenas Bajo: Av. Villa del Carbón, Agustín Melgar, Lindavista, Parque Gloria, Av. Principal San Pablo de la Cruz, Los Tubos, La Joya, Rodolfo Neri Vela, Covarrubias,	Muy Alto: 50 viviendas Bajo: 150 viviendas, 2 escuelas, 1 gasolinera
1506000160683	Muy Alto: Benito Juárez, Av. Las Minas, Infonavit La Concepción	Muy Alto: 25 viviendas, 1 escuela
1506000160698	Muy Alto: Roble, Loma Larga	Muy Alto: 10 viviendas, 1 escuela
1506000180382	Bajo: Norte de San Francisco Magú	Bajo: 10 viviendas

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Población en riesgo
1506000200984	Muy Alto: Noreste de la Colonia San Miguel (calles sin asignación de nombre)	Muy Alto: 10 viviendas
1506000200999	Muy Alto: Calle Querétaro, Franja Oeste-Noreste de San José el Vidrio (calles sin asignación de nombre) Bajo: este, norte de San José el Vidrio (calles sin asignación de nombre)	Muy Alto: 20 viviendas, 2 escuelas, 1 templo. Bajo: <5 viviendas, 1 escuela
1506000250429	Muy Alto: Calle 5 de Mayo, Porfirio Díaz, Justo Sierra, Ignacio Zaragoza, Emiliano Zapata, Las Rosas, Loma Colorada Bajo: Miraflores, Porfirio Díaz, Carretera Nicolás Romero – Transfiguración, Ignacio Zaragoza, del Sol, Lindavista	Muy Alto: 20 viviendas, 1 industria Bajo: 15 viviendas
1506000820946	Muy Alto: 1ro de Diciembre, 10 de Marzo	Muy Alto: 5 viviendas
1506000820950	Muy Alto: Independencia, Alcanfores, 15 de Noviembre, Terracería, Arboleda, 20 de Abril, Rulfo Rojas Pinedo, Privada de Colosio, Emiliano Zapata, Lomas del Río Bajo: Lomas del Río, Tarasco, Independencia, Alcanfores, 15 de Noviembre, Terracería	Muy Alto: 20 viviendas, 3 escuelas Bajo: 15 viviendas, 1 escuela
1506000821183	Muy Alto: Nicolás Romero Bajo: Loma larga	Muy Alto: <5 viviendas Bajo: <5 viviendas, 1 gasera
1506000821198	Bajo: Azucena	Bajo: <5 viviendas
1506000821200	Muy Alto: Terracería, 1ro de Mayo, 20 de Noviembre, 21 de Marzo, Bajo: Terracería, 1ro de Mayo, 21 de Marzo	Muy Alto: 20 viviendas Bajo: 10 viviendas

Tabla 5.11 Zonificación del Riesgo por deslizamientos de ladera

5.1.6 Derrumbes

Los derrumbes son movimientos repentinos de caída libre de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes abruptas o acantilados, que incluyen rodamiento y rebotes de los materiales edáficos y litológicos. Estos fenómenos se generan casi siempre debido a las actividades humanas, como las voladuras de cerros para construir carreteras (donde se presentan mayormente este tipo de fenómenos), viviendas, minas, u otros tipos de excavaciones o voladuras.

Los fenómenos de derrumbe son principalmente detonados por lluvias extraordinarias, sismos o sobrecarga de la capacidad de soporte de los taludes.

Peligro por derrumbes

Para el municipio de Nicolás Romero, se realizó investigación sobre antecedentes en la zona de estudio; análisis de cartografía topográfica, geológica, uso del suelo, y geomorfológica; se localizaron las

zonas con sobreescarpado y se analizaron los factores externos como cubierta vegetal, deforestación, y acción antrópica (camino, túneles, terraza, cortes, rellenos, etcétera).

Se identificaron un total de 105 ha de zonas con propensión a presentar derrumbes, las cuales se ubican principalmente en las áreas urbanas, estando todas asociadas a inestabilidad causada por obras de infraestructura diversa, tales como construcción de viviendas y carreteras. En general, se estima que los cortes y voladuras son medianamente susceptibles a derrumbarse, ya que frecuentemente los cortes de terreno son mamposteados o incluso reforzados con obras construidas en el escalón inferior. Por otro lado, hay casos, principalmente de casas habitación en donde se observó que a pesar de encontrarse a escasos decímetros de la voladura, y sin que haya obra de mamposteo, el drenaje doméstico es arrojado por el escarpe, humedeciendo a los materiales. No se detectó ningún caso en el que una zona propensa a derrumbe no estuviera generada por la actividad antrópica (ver mapas 5.12 y 5.13 en el anexo cartográfico).

Vulnerabilidad y riesgo por derrumbes

La vulnerabilidad de las construcciones, viviendas e infraestructura del Municipio de Nicolás Romero a fenómenos de derrumbes es alta para las viviendas que se encuentran sobre y bajo los escarpes, debido a que independientemente de la calidad de los materiales usados en su construcción, por consecuencia física de un movimiento de caída libre de un talud, cualquier casa o edificación sufriría una destrucción proporcional a la distancia de los materiales derrumbados. En el caso de las carreteras, en general están construidas bajo el escarpe, por lo que en caso de haber un derrumbe, probablemente solo sufrirán bloqueos cuya magnitud dependerá del volumen del material colapsado, de modo que la vulnerabilidad de las carreteras se estima media.



(a)



(b)



(c)

Fig. 5.10 Áreas susceptibles a derrumbes: (a) y (b), viviendas; (c) vialidad primaria

El riesgo por derrumbe en general es **ALTO**; la zonificación a detalle se presenta a continuación:

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Población/ Infraestructura en riesgo
1506000010132	Calles Lerdo de Tejada, Cda. Lerdo de Tejada, Cda. Maza de Juárez, Vía Corta a Morelia	5 viviendas, 1 vialidad principal
150600001019A	Calles Exvía del Tren, Av. Atizapán, Las Flores, Principal de San Isidro, Manzanillo, Morelos, La Cuesta, Vía Corta a Morelia	10 viviendas, 2 vialidades principales
1506000010240	Av. Atizapán	<5 viviendas, 1 vialidad principal
1506000010293	CECYTEM	1 escuela
1506000010359	Vía Corta a Morelia	5 viviendas, 1 vialidad principal
1506000010448	Vía Corta a Morelia, Mora, entrada al Fraccionamiento Colonial del Lago, laderas poniente del Lago de Guadalupe	5 viviendas, 1 vialidad principal
1506000010537	Arturo Paredes, Agua Caliente	1 Clínica
1506000010541	Hermenegildo Galeana	<5 viviendas
1506000010556	Gregorio García, El Sabino, San Felipe, 1ro de Mayo	15 viviendas
1506000010560	Vía Corta a Morelia	10 viviendas, 1 vialidad principal
150600001058A	Vía Corta a Morelia, Las Rosas, Geranios, Cda. V. del Río	5 viviendas, 1 vialidad principal
1506000010594	Jaime Nuño	5 viviendas, 1 Clínica
1506000010626	Cezna	10 viviendas, 1

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Población/ Infraestructura en riesgo
		Centro comercial
1506000010645	Vía Corta a Morelia	1 vialidad principal
1506000010700	San Felipe, 1ro de Mayo	15 viviendas
1506000010715	Jazmín, Felipe Ángeles	<5 viviendas
1506000010734	Lerdo de Tejada	5 viviendas
1506000010749	López Mateos	15 viviendas, 1 industria, 2 escuelas
1506000010753	Av. Atizapán	5 viviendas, 1 industria, 1 vialidad principal
1506000010768	Lázaro Cárdenas, A Barrón, Monte de las Cruces	10 viviendas, 1 industria
1506000010787	Emiliano Zapata	<5 viviendas
1506000010804	Del Río, Juárez, 20 de Agosto, 5 de Mayo, 12 de Dic.	15 viviendas, 1 industria
1506000010838	Galeana, Cda. De Galeana, Condominios, Arturo Paredes, Guillermo Prieto, Cda Lerdo de Tejada	15 viviendas
1506000011003	Vía Corta a Morelia	1 industria
1506000011018	Cda. del Amanecer	<5 viviendas
1506000011022	1ro de Mayo, de los Norteños, Las Cruces, 12 de Diciembre	10 viviendas
1506000011041	Cántaro de Guerrero, Cond. A, De los Universitarios, Av. Atizapán	20 viviendas, 1 gasolinera
1506000011056	Los Cantaros II	10 viviendas
1506000011075	Vía Corta a Morelia	<5 viviendas
150600001108A	Tordos	<5 viviendas
1506000011126	Fraccionamiento Vista verde	30 viviendas
1506000011130	6 de Enero	<5 viviendas
150600001115A	20 de Noviembre, Vía Corta a Morelia	50 viviendas, 1 vialidad principal
1506000011179	Cortina de la Presa	Cortina de la Presa
1506000030518	Carretera Estatal 5	<5 viviendas
1506000040081	Carretera Estatal 5	1 vialidad principal
15060000160679	Vía Corta a Morelia, Carretera Estatal 5, Camino a la Mina Magdalena	30 viviendas, 1 vialidad principal
15060000160683	Camino a la Mina la Escondida	1 industria
15060000200999	Oeste de San José el Vidrio (Área sin asignación de nombre)	<5 viviendas
15060000821200	Área Oeste (calle sin asignación de nombre)	<5 viviendas

Tabla 5.12 Zonificación del Riesgo por derrumbes

5.1.7 Flujos de lodo

Los flujos consisten en un tipo de deslizamiento de ladera en el que los materiales se comportan como fluidos debido a su elevada concentración de agua. El material transportado puede tener una granulometría muy variable, incluyendo partículas muy finas que se transforman en una colada de lodo, pero que acarrear grandes rocas. Estas coladas detríticas son fenómenos muy comunes en las áreas montañosas, a causa de las pendientes y la disponibilidad hídrica proveniente de las precipitaciones intensas.

Peligro por flujos de lodo

En el municipio de Nicolás Romero, a causa de su topografía montañosa y la textura de los materiales, este fenómeno se podría presentar potencialmente en gran parte del territorio, principalmente en el centro y poniente, y en menor grado en la zona poblada del oriente. Sin embargo, es importante apuntar que las zonas susceptibles a presentar flujos, no necesariamente son las más afectadas, ya que en un caso de un flujo por una avenida extraordinaria, los materiales pueden ser transportados varios kilómetros cuesta abajo, hasta áreas con materiales consistentes.

Para realizar la evaluación de ocurrencia de flujos, se realizó un análisis de la morfología del territorio, una evaluación de pendientes por medio de un modelo digital de elevación derivado de las curvas de nivel del INEGI así como el modelo digital de terreno a 30m de resolución, correlacionando con la cartografía temática de geomorfología, edafología, litología; posteriormente se realizó fotointerpretación para determinar el grado de cobertura vegetal o erosión en su caso, tipo de suelo, y textura de los materiales. Los resultados fueron verificados en visitas a campo.

Las zonas con susceptibilidad a presentar flujos de lodo dentro del municipio de Nicolás Romero, presentaron características distintivas tales como: pendientes pronunciadas, materiales inestables, suelos con media a alta capacidad de retención de agua, y presencia de fuentes de agua que permiten la saturación del suelo (corrientes de agua y drenajes); no obstante, no se identificaron áreas con peligro de flujos que estuvieran saturadas de agua de forma permanente o constante aún en la estación seca de año, por lo que en la mayoría de los casos se determinó una factibilidad de flujos en caso de lluvias estacionales extraordinarias.

Históricamente, las inundaciones y los flujos han sido fenómenos estrechamente asociados en el municipio de Nicolás Romero, ya que las avenidas de agua suelen acarrear grandes cantidades de escombros y lodos, que desgajan de los cerros paralelos a los cauces. Estos fenómenos actúan juntos y en general se derivan uno del otro, ya que en las zonas urbanas, el agua de las avenidas al acarrear materiales de las partes altas bloquea los drenajes construidos ex profeso, agudizando el proceso de inundación (ver mapa 5.14 en el anexo cartográfico).

Vulnerabilidad y riesgo por flujos

La vulnerabilidad de las viviendas en Nicolás Romero es de alta a muy alta, debido principalmente a que la dinámica de crecimiento demográfico y urbano ha permitido que las viviendas se ubiquen a escasos centímetros de los cauces de los ríos, creando embudos artificiales que son donde generalmente los flujos depositan los materiales arrastrados. Las viviendas son muy vulnerables a este tipo de eventos, aunque el grado aumenta o disminuye dependiendo de la calidad de los materiales de construcción, y el grado de reforzamiento ante las avenidas extraordinarias. Se observó que en general, los materiales de construcción son fuertes para resistir inundaciones y flujos, ya que están basados en cemento y tabicón,

e históricamente no se han tenido noticias de casas que hayan resultado derribadas totalmente por este tipo de fenómenos; no obstante, en los AGEBs 1506000011094, 1506000011130, 1506000011215 y 150600001040A, se detectaron un 20-30% de viviendas con materiales de baja calidad, incluyendo madera, lo cual las hace de muy alta vulnerabilidad a estas zonas.



(a)



(b)



(c)



(d)

5.11 Flujos de lodo ocurridos en el municipio: (a), un vecino muestra el nivel alcanzado; (b) en una bodega se observa la marca del lodo (1.3m); (c), obras de reconstrucción de un puente peatonal derribado por el flujo; (d) vista parcial de materiales dejados por el flujo (grandes rocas)

A pesar de que no haya habido colapso de viviendas por flujos dentro del municipio, ha sido común que ante estos fenómenos, las viviendas afectadas queden cubiertas por varios centímetros de lodo dañando el menaje de casa, y que algunas bardas perimetrales o de separación de lotes sean derribadas por el flujo, tales como grandes rocas y troncos. Incluso se tienen reportes de un puente peatonal derribado por el flujo de 2011.

Por tanto, en las zonas donde se determine un peligro por flujo, el **riesgo es MEDIO/ALTO**. A continuación se presenta la zonificación de riesgo por flujos, considerando únicamente a las zonas donde el material puede ser con mayor facilidad desgajado:

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Viviendas en riesgo directo
1506000010132	Medio: Nardos	Medio: 0 viviendas
1506000010170	Bajo: Lomas del Río, Cda. Capulín Medio: Emiliano Zapata	Bajo: 15 viviendas Medio: <5 viviendas
150600001019A	Bajo: Vía Corta a Morelia, La Cuesta Medio: Vía Corta a Morelia, La Cuesta	Bajo: <5 viviendas Medio: 0 viviendas
1506000010240	Medio: Silverio Pérez	Medio: <5 viviendas
1506000010359	Bajo: Vía Corta a Morelia Medio: Benito Juárez	Bajo: <5 viviendas Medio: <5 viviendas
1506000010448	Bajo: Laderas que bordean al Lago de Guadalupe Medio: Laderas que bordean al Lago de Guadalupe	Bajo: <5 viviendas Medio: 0 viviendas
1506000010560	Bajo: Vía Corta a Morelia	Bajo: <5 viviendas
150600001058A	Bajo: Vía Corta a Morelia, Buenavista	Bajo: <5 viviendas
1506000010594	Bajo: Buenavista	Bajo: <5 viviendas
1506000010645	Bajo: Ignacio Zaragoza, Vía Corta a Morelia	Bajo: 0 viviendas
150600001072A	Medio: Tlilan, Leandro Valle	Medio: <5 viviendas
1506000010753	Medio: Río Lerma, Oklahoma, Cto. Oklahoma	Medio: <5 viviendas
1506000010819	Bajo: Cda. Kennedy	Bajo: 0 viviendas
1506000010823	Bajo: Galeana	Bajo: 0 viviendas
1506000010880	Bajo: Luis Echeverría	Bajo: <5 viviendas
1506000010908	Medio: José de la Macora, Cuauhtémoc,	Medio: 0 viviendas
1506000011003	Bajo: 1ra Cda. de Lázaro Cárdenas, 2da Cda. de Lázaro Cárdenas	Bajo: 0 viviendas
1506000011018	Bajo: Felipe Ángeles, Cda. Morelos	Bajo: 0 viviendas
1506000011022	Bajo: Las Cruces	Bajo: <5 viviendas
1506000011107	Bajo: Gral. Lázaro Cárdenas	Bajo: <5 viviendas
1506000011130	Medio: Romualdo Gutiérrez	Medio: 0 viviendas
150600001115A	Bajo: Vía Corta a Morelia Medio: Vía Corta a Morelia	Bajo: 0 viviendas Medio: 0 viviendas
1506000011179	Medio: Miguel de la Rosa, colinas al sur de la presa	Medio: <5 viviendas
1506000011215	Bajo: colinas del oeste (zona sin asignación de nombre)	Bajo: 0 viviendas
1506000030414	Medio: Colinas del centro (zona sin asignación de nombre) Alto: Colinas del norte (zona sin asignación de nombre)	Medio: <5 viviendas Alto: <5 viviendas
1506000030518	Bajo: Colinas del este (zona sin asignación de nombre)	Bajo: 5 viviendas
1506000040081	Bajo: Colinas del centro (zona sin asignación de nombre)	Bajo: 10 viviendas
1506000160679	Bajo: Benito Juárez, Lindavista Medio: Vía Corta a Morelia, Parque Gloria	Bajo: 5 viviendas Medio: 20 viviendas
1506000180382	Bajo: Colinas del norte (zona sin asignación de nombre), Camino a Barrio la Luz. Medio: Colinas del norte (zona sin asignación de nombre)	Bajo: 5 viviendas Medio: 0 viviendas

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Viviendas en riesgo directo
	nombre)	
1506000200999	Medio: Carretera Estatal 5	Medio: 0 viviendas
1506000250429	Bajo: Ricardo Flores Magón, Las Rosas, Porfirio Díaz, Miraflores, Emiliano Zapata, Camino a Barrio de Guadalupe, Ricardo Flores Magón, 5 de Mayo, Justo Sierra	Bajo: 15 viviendas
1506000820950	Bajo: Lomas del Río Medio: Lomas del Río Alto: Lomas del Río	Bajo: 10 viviendas Medio: <5 viviendas Alto: 5 viviendas
1506000821164	Bajo: Colinas del centro (zona sin asignación de nombre)	Bajo: 0 viviendas
1506000821183	Bajo: Emiliano Zapata, Loma Larga	Bajo: 10 viviendas
1506000821198	Bajo: Colinas del centro (zona sin asignación de nombre)	Bajo: <5 viviendas

Tabla 5.13 Zonificación del Riesgo por flujos

No obstante la lista anterior, es importante recalcar que la tabla solo aplica como riesgo directo, ya que en general el riesgo por flujos puede afectar a otras zonas que originalmente no poseen un potencial para desarrollar este tipo de eventos. El caso de áreas que pueden ser afectadas por la trayectoria de un flujo se trata en el apartado de inundaciones, ya que son fenómenos correspondientes.

5.1.8 Hundimientos

Los procesos de hundimiento son movimientos verticales descendentes del terreno, habitualmente en áreas con o muy baja pendiente. Los hundimientos se producen por inestabilidad debida a la presencia de huecos subterráneos en el suelo o roca, permitiendo que las estructuras superficiales colapsen abrupta y repentinamente o se asienten a través de periodos de tiempo relativamente largos. Otro tipo de hundimiento se puede deber a un encogimiento de los materiales debido a deshidratación, principalmente en arcillas.

Peligro por Hundimiento

Para identificar los peligros por hundimientos se realizó una entrevista con Protección Civil para realizar un levantamiento general en campo de áreas con procesos de socavamiento, hundimientos, levantamiento del terreno, agrietamientos, deformación de la superficie o bien con infraestructura dañada: hundimientos parciales de edificios, inclinación de obras, hundimiento de postes, enrejados o muros; rompimiento constante de obras soterradas. La información se registró en un mapa con escala a detalle.

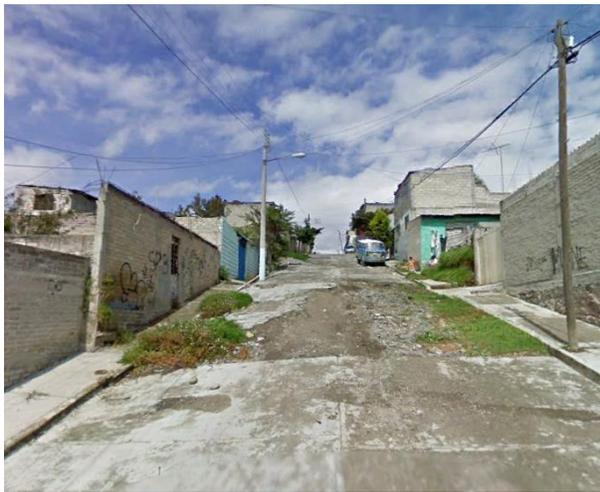
En el municipio de Nicolás Romero, se identificaron dos áreas que han presentado hundimientos de terreno, los cuales ya han afectado viviendas, escuelas, infraestructura hidráulica y vialidades. La primera zona se ubica en las márgenes de Ciudad Nicolás Romero al sureste, en los límites con el municipio de Atizapán. La segunda zona se ubica al noreste, igualmente en la cabecera municipal, en los límites con Tepotzotlán. La causa de la subsidencia local son los reacomodos de los materiales debido a la existencia de huecos en las lomas de los cerros, los cuales en ambos casos tienen con una alineación W-E. Hasta ahora se han producido por lo menos 12 hundimientos del terreno en forma circular, con una profundidad promedio de 15cm. La mayoría de los hundimientos están dentro de terrenos baldíos e

incluso dentro del Municipio de Atizapán, pero el peligro es mayor para Nicolás Romero debido a la cercanía de la mancha urbana. En la zona del sur, hay 5 hundimientos, de los cuales sobresale uno con 28m de diámetro y casi 30cm de profundidad, y otro que afectó un aula de un jardín de Niños. En la parte norte, los hundimientos han impactado las calles de Morelos y Allende, sin que haya habido afectaciones a las viviendas.

Los hundimientos detectados se deben con toda probabilidad a colapsos y acomodados del material superficial por debilidad de la estructura interna, la cual posee huecos subterráneos producidos por la meteorización física de los materiales; el agua de la lluvia se infiltra y empieza a correr en éstas áreas, de tal manera que empieza a arrastrar los sedimentos quedando huecos u oquedades, llegando un momento que colapsan. Este fenómeno está ocurriendo hasta ahora, en la cima del cerro, pero no se descarta que pueda ocurrir en las laderas, las cuales están habitadas. El hecho de que en la parte norte no hayan afectado a viviendas sino solamente a calles tiene sentido debido a que a la hora de la cimentación de las viviendas, se rellenaron los huecos existentes, cosa que no pasó con la calle debido a la escasa profundidad a la que se realizó el aplanado.



(a)



(b)



(c)

Fig. 5.12 Hundimientos: (a) Vista satelital y en planta de los hundimientos debidos a los acomodos diferenciales de los materiales en los límites del municipio de Nicolás Romero con Atizapán; (b) y (c), hundimientos en calles de la cabecera municipal

Vulnerabilidad y Riesgo por Hundimientos

Las viviendas potencialmente afectadas por el fenómeno de hundimiento no han presentado agrietamientos ni descendencia vertical con respecto a su plano original. No obstante, dado que por la naturaleza del fenómeno, los hundimientos son diferenciales en relación a superficies de más de $2m^2$, se estima que las viviendas pueden sufrir daños significativos, debido a que la cimentación tradicional sufre fracturamiento por colapsos del terreno mayores a 2cm.

De esta forma, se estima que el **riesgo por hundimientos** en la zona afectada es **MUY ALTO**. Se sugiere evitar todo tipo de crecimiento de la mancha urbana en la zona identificada en el mapa 5.15 y 5.16 del anexo cartográfico, y de la cual se extrae un resumen en la siguiente tabla:

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Viviendas en riesgo
150600001040A	Francisco Villa, San Antonio, Del Río, Juan Barrón, Del Bajío, A Sta. Ana, Prolongación Cantera, Benito Juarez, Balcones de Santa Ana, Balcones de Flores, Camino a Santa Ana (Francisco I. Madero), Los Encinos, Luis Gudiño, Encino, Crecencio, Real de Colmena, 21 de Marzo, Plan de San Luis	90 viviendas, 1 escuela
1506000010772	Juan Barrón, Benito Juárez, 1ro de Mayo, 21 de Marzo, 18 de Marzo, 16 de Septiembre, Nogales, desierto de los Leones.	80 viviendas
15060000107	Javier Rojo Gomez, Emiliano Zapata, Hank Gonzalez, Adolfo López Mateos, Josefa Ortíz de Dominguez, Ignacio Rayón, Corregidora, Aldama, Allende, Hidalgo, Morelos, Matamoros	120 viviendas, 1 escuela

AGEB	Calles / Áreas en peligro	Viviendas en riesgo
1506000010876	Sn. Francisco, Granada, Del Río	20 viviendas
1506000011003	Josefa Ortiz de Dominguez, Ignacio Rayón, Corregidora, Aldama, Allende, Hidalgo, Morelos, Matamoros	30 viviendas

Tabla 5.14 Zonificación del Riesgo por hundimientos

5.1.9 Erosión

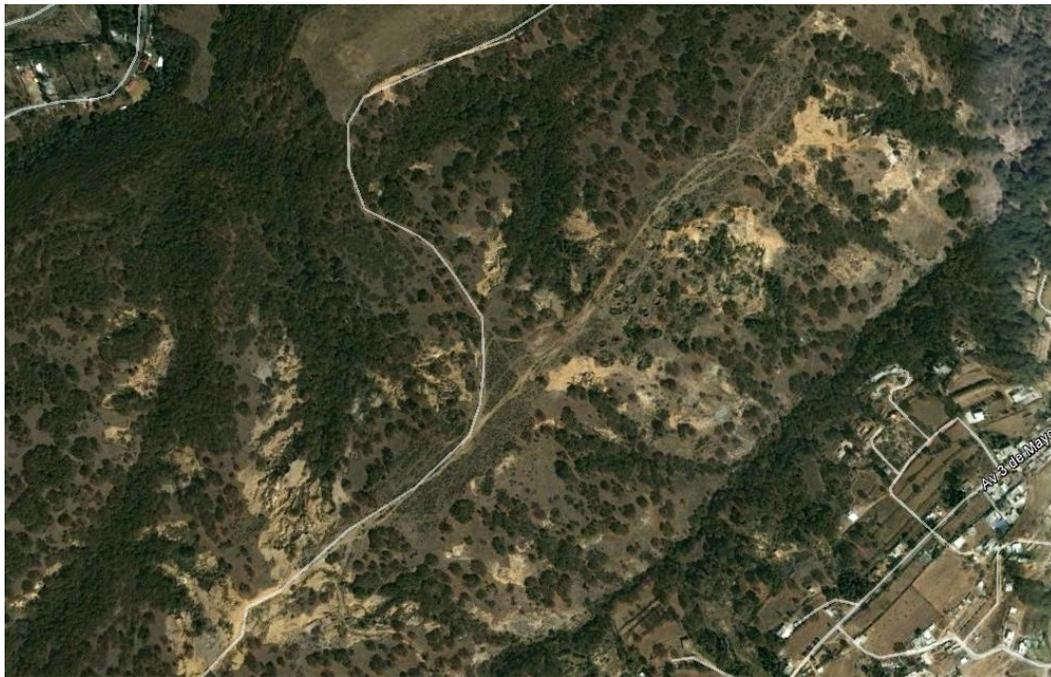
La erosión es el transporte de material litológico o sustrato del suelo, por medio del agua o el viento. La erosión se considera como un peligro porque el suelo o roca erosionado puede influir indirectamente en amenazas como inundaciones, deslizamientos e incluso variaciones en los patrones climáticos. Habitualmente, la erosión es detonada por la sociedad, mediante el desmonte de los cerros para uso agrícola, pecuario, habitacional, o simplemente para obtener madera como combustible y/o material de construcción.

Peligro por Erosión

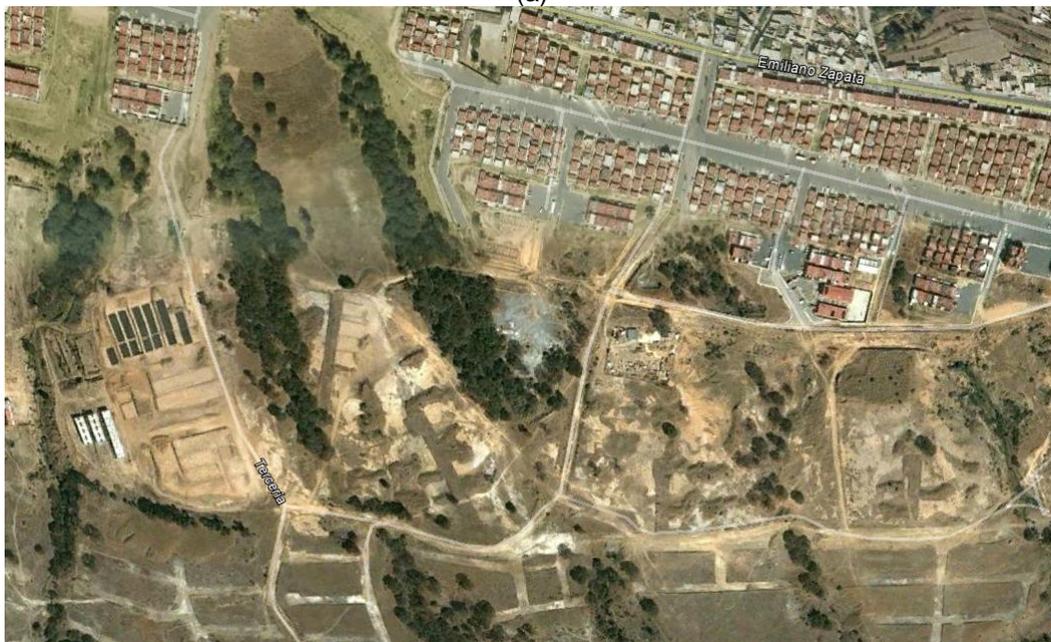
En el municipio de Nicolás Romero se detectó erosión producida por factores hídricos, pero detonados principalmente por el retiro de la cubierta vegetal, dando lugar a erosión laminar, erosión remontante y de cárcavas, así como profundización de la disección de los cauces. Debido a los procesos de expansión urbana, este fenómeno es muy agudo en la porción oriente y central del municipio; en la parte poniente se observa menos intenso, aunque también afecta a esta zona.

Cabe destacar que en algunas zonas de cultivo, no se tuvieron evidencias de procesos erosivos, debido a las buenas prácticas agrícolas. Por otro lado, en las zonas urbanas, se observa un intenso grado de deforestación en los cauces, que puede acelerar el proceso de derrumbes de las paredes de los barrancos, o bien facilitar material para flujos en caso de avenidas extraordinarias.

Para obtener el mapa de peligros por erosión se realizó fotointerpretación para determinar el grado de cobertura vegetal o erosión en su caso, además de correlaciones con el tipo de suelo y visitas a campo.



(a)



(b)

Fig. 5.13. Dos vistas satelitales de los procesos erosivos: (a) de origen geológico y (b) de origen antrópico

Vulnerabilidad y riesgo por Erosión

La población es altamente vulnerable a la erosión ya que en general no se cuenta con la suficiente preparación para resistir fenómenos asociados, como deslizamientos de ladera, derrumbes, y flujos de lodo. Adicionalmente la pérdida de vegetación en las partes altas ha incrementado el porcentaje de agua de lluvia que escurre, aumentando el volumen de líquido en los periodos de lluvias, es decir, incrementando la posibilidad de inundaciones.

Debido a lo anterior, el riesgo por erosión se estima **MUY ALTO** para el Municipio de Nicolás Romero. Para la ubicación física de las áreas con mayores problemas de erosión se presenta el mapa 5.17 en el anexo cartográfico.

5.2 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico

Nicolás Romero es afectado por varios tipos de fenómenos hidrometeorológicos que pueden provocar daños materiales de importancia o incluso la pérdida de vidas humanas. Principalmente está expuesto a lluvias, heladas, e inundaciones. Acontecimientos como las inundaciones de La Colmena (2011), y las heladas en Quinto Barrio (2010), constituyen los ejemplos más recientes que ponen de manifiesto la gravedad de las consecuencias de esta clase de fenómenos. Las fuertes precipitaciones pluviales pueden generar intensas corrientes de agua en ríos, flujos con sedimentos en las laderas de los cerros, movimientos de masa que transportan lodo, rocas, arena, árboles, y otros objetos que pueden destruir casas, tirar puentes y romper tramos de carreteras. Las heladas producen afectaciones en las zonas de cultivo, y pese a que no es muy poblada la zona de expuesta a nevadas intensas, el frío puede ser causa de muertes en los sectores de la población de bajos recursos económicos. Las sequías, aunque no se han presentado, pueden provocar fuertes pérdidas económicas a la ganadería y la agricultura en periodos de meses o años. El conocimiento de los principales aspectos de los fenómenos hidrometeorológicos, la difusión de la cultura de Protección Civil en la población y la aplicación de las medidas de prevención de desastres pueden contribuir de manera importante en la reducción de los daños ante esta clase de fenómenos. A continuación, se analizan los principales fenómenos hidrometeorológicos que se presentan en el municipio.

Fenómenos Hidrometeorológicos
Tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias
Sequias
Temperaturas máximas extremas
Vientos fuertes
Inundaciones
Masas de aire (heladas)

Tabla 5.15 Fenómenos Geológicos considerados en el Atlas de Riesgos de Nicolás Romero

5.2.1 Ciclones (Huracanes y ondas tropicales)

Los Ciclones son fenómenos meteorológicos que ocurren en los océanos o en las áreas costeras tropicales. Se desarrollan sobre extensas superficies de agua cálida y pierden su fuerza cuando penetran en tierra. Esa es una de las razones por la que solo las zonas costeras son dañadas de forma significativa por los ciclones tropicales, mientras que las regiones interiores están a salvo, de no ser por las lluvias asociadas a los ciclones. En el caso del Municipio de Nicolás Romero, este fenómeno no representa una amenaza debido a los 260 km de distancia a la costa más cercana; a estar a más de 2350 m sobre el nivel del mar; y a la orografía que lo rodea. El caso de las lluvias extraordinarias, asociado a huracanes, aunque no necesariamente, será estudiado en el siguiente apartado.

5.2.2 Tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias

Las tormentas eléctricas son un fenómeno meteorológico caracterizado por la presencia de rayos en la atmósfera terrestre. Las tormentas eléctricas por lo general están acompañadas por vientos fuertes, lluvia copiosa y a veces granizo, por lo que asociado a este fenómeno se presentan inundaciones repentinas. Un riesgo directo de las tormentas eléctricas es que a una persona o vivienda reciba una descarga eléctrica por un rayo.

Por otro lado, las lluvias extraordinarias implican una o varias precipitaciones que superan en volumen registrado al promedio histórico de las lluvias mensuales. Estas lluvias pueden acelerar y/o detonar procesos de deslizamiento de laderas, erosión, derrumbes, hundimientos e inundaciones, aunque en otros casos las lluvias normales también pueden causar los mismos efectos.

Peligro por tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias

En el caso del municipio de Nicolás Romero, el peligro por tormentas eléctricas es relativamente bajo en la zona densamente poblada del oriente, sin embargo el peligro se incrementa en dirección al centro, donde se registra un promedio de 32 días con tormentas eléctricas por año. La zona con mayor peligro es la localidad de Santa María Cahuacán, con 27 tormentas eléctricas de promedio anual. Otras localidades con más de 20 días de promedio anual son Quinto Barrio y Miranda. Adicionalmente, estas zonas, por estar en áreas semirurales, son más susceptibles de presentar daños por rayos debido a la existencia de árboles entre las casas o en áreas muy cercanas a ellas.

Para obtener el mapa de peligros por ocurrencia de tormentas eléctricas, se realizó una interpolación mediante un sistema de información geográfica de los datos de las estaciones meteorológicas del SMN, los cuales tienen un periodo de datos de aproximadamente 30 años (en algunos casos más y en otros poco menos). La interpolación se realizó según el sistema de Natural Neighbor, el cual es un método de interpolación espacial en 2D, que se basa en la teselación de Voronoi de un conjunto discreto de puntos espaciales. Este método proporciona una aproximación más suave con relación a los datos reales, pero proporciona un modelado más coherente con el espacio.

La ecuación básica en 2D es la siguiente:

$$G(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f(x_i, y_i)$$

Donde $G(x, y)$ es la estimación en (x, y) , w_i son los pesos y $f(x_i, y_i)$ son los datos conocidos en el (x_i, y_i) . El método usado en el GIS propone una medida estándar para el cálculo de los pesos, y la selección de los puntos vecinos para la interpolación.

Como resultado de la interpolación anterior se obtuvo el mapa de frecuencias de tormentas eléctricas (ver mapa 5.18 en el anexo cartográfico), donde se observa una tendencia de incrementos del peligro en el centro del polígono municipal y disminución hacia los lados. Es necesario notar, que no obstante la fuerte probabilidad de tormentas eléctricas en el sector central del municipio, estos fenómenos no necesariamente están acompañados de lluvias extraordinarias, debido a que tienen orígenes diferentes.

Por lo tanto, el peligro aislado de las tormentas eléctricas en sí no ofrece un alto impacto en la zona de estudio.

Sin embargo, más allá de las tormentas eléctricas, las lluvias extraordinarias históricamente han causado los mayores desastres en el municipio, por lo que es necesario revisar su probabilidad. Estas lluvias, pueden presentar fenómenos de rayos, pero no es una condicionante. Incluso pueden ser lluvias poco intensas, pero muy prolongadas. Además, las lluvias extraordinarias pueden aparecer en varios episodios repartidos en varios días, y no necesariamente en una sola emisión.

Las lluvias extraordinarias, para considerarse como tales deben superar los valores mensuales de precipitación promedio mostrados en la siguiente tabla:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Zona Centro y Norte del Municipio													
Precipitación Promedio	9.5	10	17.2	53.2	86.7	204	233.1	211	192.6	82.7	14.9	11.5	1126
Máxima Mensual Registrada	47.5	39.1	74	159.5	190	41	406.4	453.5	413.5	213.6	38	55	453.5
Año de Máxima	1967	1981	1966	1981	1975	1961	1983	1969	1967	1978	1964	1976	1969
Días con Precipitación Apreciable	1.4	2	2.8	6.6	10.6	16.8	21.2	20.2	16.3	9	3.2	2.5	112.5
Días con Tormenta Eléctrica	0.12	0.12	0.13	1.92	3.86	4.08	6.67	6.79	5	2.04	0.76	0.2	31.68
Zona Este del Municipio													
Precipitación Promedio	7	8.7	12.8	27.9	69.8	152.1	167.9	151.7	132.8	60.6	12	8.2	811.4
Máxima Mensual Registrada	27.1	28.1	41.6	101.7	169.7	251.6	271.8	345	236.9	126.6	47.1	24.9	345
Año de Máxima	1975	1981	1978	1981	1975	1978	1976	1980	1971	1978	1980	1978	1980
Días con Precipitación Apreciable	1.3	2.1	2.2	5.3	9.9	15.4	18.6	16.5	14.2	6.5	2.5	1.8	96.3
Días con Tormenta Eléctrica	0	0	0	0	0	0	0.06	0	0	0	0	0	0.06
Zona Sur y Oeste del Municipio													
Precipitación Promedio	15	14.2	15.4	48.6	80.5	214.6	238.5	245.1	233.7	88.2	20.3	12	1226.1
Máxima Mensual Registrada	80.9	46	60	156.7	170.4	405.1	403.6	576.1	370	227.1	75.5	68.2	576.1
Año de Máxima	1980	1982	1978	1981	1975	1978	1981	1969	1967	1976	1980	1976	1969
Días con Precipitación Apreciable	2	2.7	2.9	6.7	10	16.5	21.4	19.9	17.3	9.2	4	2.5	115.1

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Días con Tormenta Eléctrica	0	0	0.04	0	0	0.15	0.07	0.41	0	0.07	0.08	0	0.82

Tabla 5.16 Estadística básica de fenómenos de precipitación y tormentas eléctricas en el municipio de Nicolás Romero. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, estaciones meteorológicas 00015109 Sta. Ma. Magdalena Cahuacán, 00015019 Col. Vicente Guerrero y 00015114 Santiago Tlazala.

Ahora bien, las lluvias extraordinarias pueden afectar al Municipio de Nicolás Romero de varias maneras. Puede ser un cumulo de eventos a lo largo de varios días, incluso semanas, que como resultados sobrepasen el promedio de precipitación para el mes en el que ocurren. Pero también se pueden presentar como un solo evento o varios distribuidos en un máximo de 24 horas. El CENAPRED ha identificado que la precipitación máxima esperada para el todo el polígono municipal es de 130mm, es decir, 130 litros de agua por metro cuadrado en un periodo de 24 horas. En este escenario, en un solo día, caería la lluvia equivalente al 10% del total anual.

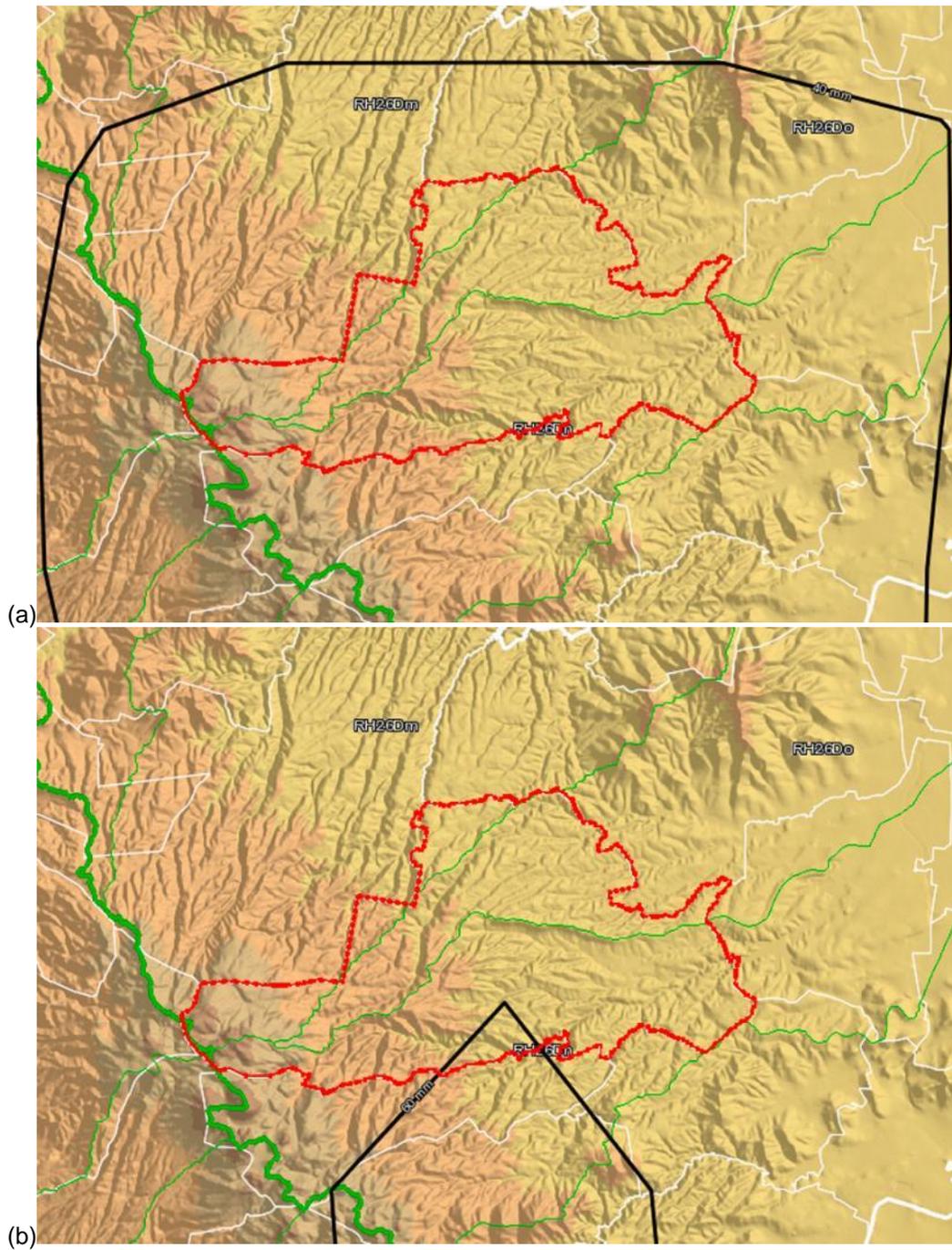
Adicionalmente, se generaron escenarios de las lluvias máximas probables para periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años para una duración de 1 hora.

En el escenario de un periodo de retorno de 5 años, se espera una lluvia de 40 mm para la parte norte del municipio, y aproximadamente 41mm para la zona sur, la cual aportaría el volumen mencionado en un tiempo de 1 hora (fig. 5.14 (a)).

En el escenario de lluvias probabilísticas para un periodo de 20 años, se espera que un evento de 1 hora aporte un volumen de 60mm para la zona sur del municipio, y aproximadamente 59mm en el norte de Nicolás Romero (fig. 5.14 (b)).

Para un periodo de retorno de 50 años, se estima que podría aparecer un evento de una hora de duración que precipitara 60mm de agua pluvial para todo el municipio. Como se ve, hay una muy ligera variación con respecto al escenario de 20 años (fig. 5.14 (c)).

En el último escenario, para un periodo de retorno de 100 años y duración de 1 hora, se estima un volumen de precipitación del orden de 65mm para la zona este, 64mm para el centro, y 63mm para la zona oeste del municipio de Nicolás Romero (fig. 5.14 (d)).



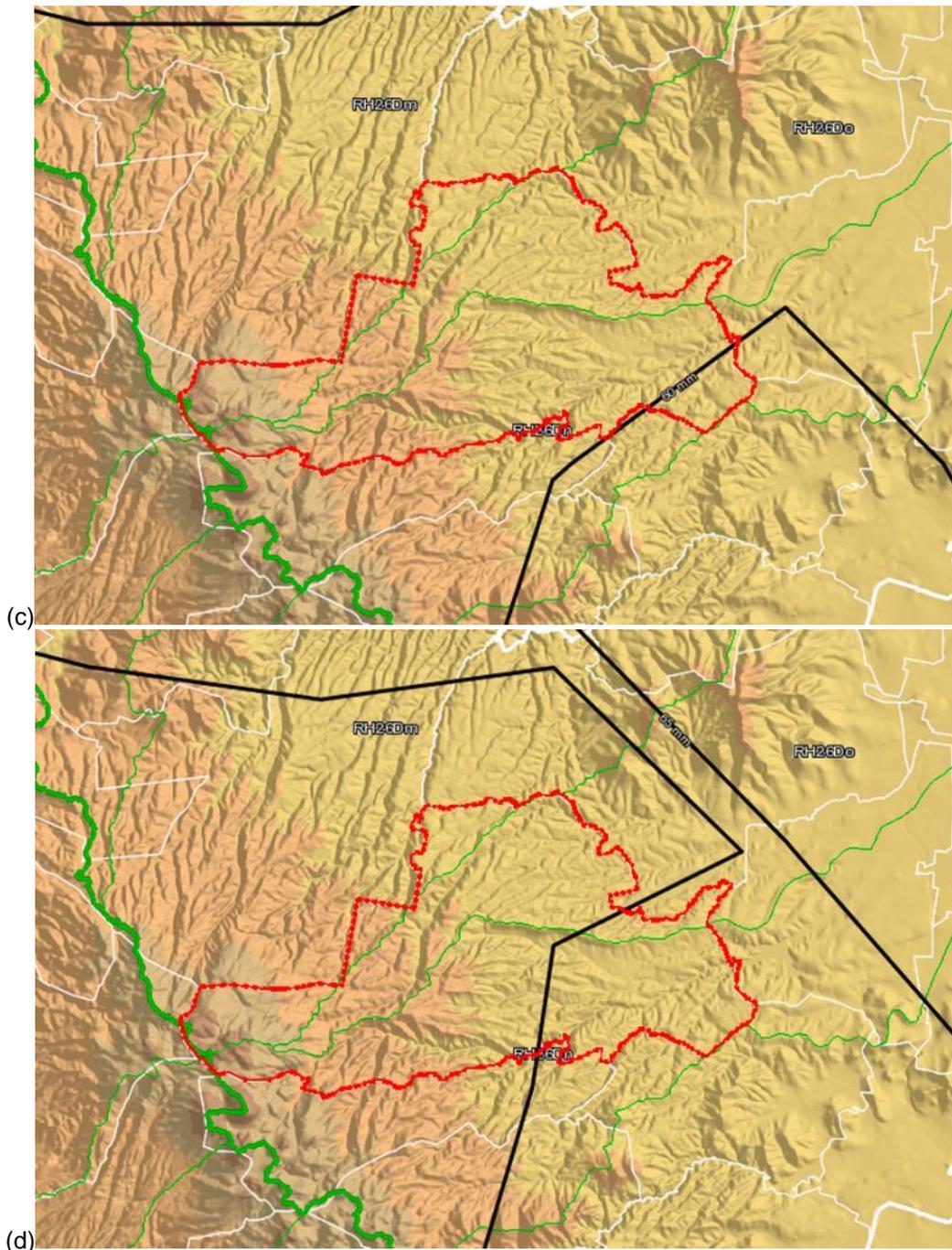


Figura 5.14. Escenarios por lluvias probabilísticas a 5 años (a), 20 años (b), 50 años (c) y 100 años (d), todos con una duración de 1 hora. Fuente: SIATL INEGI.

Vulnerabilidad y Riesgo por Tormentas eléctricas y Lluvias extraordinarias

Las tormentas eléctricas y en mayor grado las lluvias extraordinarias son fenómenos que a pesar de no representar peligros directos, están estrechamente asociados a otros peligros como deslizamientos (en sus diversas modalidades) e inundaciones. La vulnerabilidad a los deslizamientos, como se trató en el apartado correspondiente, es muy alta en el municipio de Nicolás Romero toda vez que las construcciones típicas no consideran dentro de su reforzamiento estructural la construcción de pilotes hasta la roca sana, habitualmente a más de 5m de profundidad. En el caso de las inundaciones, la vulnerabilidad es igualmente alta, como se presentará más adelante, debido a la también escasa protección contra tales eventos. Por extensión, la vulnerabilidad es alta en el caso de las lluvias y tormentas eléctricas. Se insiste en el hecho de que la exposición a la lluvia no es directa, sino asociada a los daños colaterales que ocasiona.

El **riesgo por lluvias extraordinarias y tormentas eléctricas es MUY ALTO** para todo el municipio de Nicolás Romero, ya que históricamente los mayores desastres han sido detonados por este fenómeno. Al respecto, es necesario hacer las siguientes observaciones: en los valles, barrancos, cauces, y zonas bajas el riesgo derivado de las lluvias extraordinarias se centra en las inundaciones; en las lomas, laderas, y zonas altas el riesgo se deriva de los deslizamientos y derrumbes.

5.2.3 Sequías

La sequía meteorológica es una anomalía atmosférica transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de las necesidades de las plantas, los animales y la sociedad. La causa principal es una disminución significativa en la precipitación pluvial promedio de una zona dada. Si este fenómeno perdura por varias temporadas, deriva en una sequía hidrológica caracterizada por la desigualdad entre la disponibilidad natural de agua y las demandas naturales de agua. En casos extremos se puede llegar a la aridez. Las consecuencias inmediatas de la sequía meteorológica son pérdida de cosechas, pérdida de cabezas de ganado vacuno, ovino y caprino y en casos agudos, insuficiencia de agua para uso doméstico e industrial.

Peligro por Sequías

En el caso de Nicolás Romero, se determinó la peligrosidad de la sequía meteorológica mediante el método de María Engracia Hernández, el cual se diseñó para un escenario de cambio climático, utilizando el modelo climático de circulación general GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory). Este método proporciona un índice que determina el nivel de severidad de sequía meteorológica. En su aplicación para el Municipio de Nicolás Romero, se encontró que la probabilidad de sequía es Fuerte para todo el municipio, lo que implica que la posibilidad de insuficiencia de agua para los usos agropecuarios y urbanos es alta en un mediano plazo.

Para obtener los resultados anteriormente expuestos, se utilizaron datos de precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas cercanas (tabla 5.17); sin embargo el periodo de años de observación de las estaciones es variable, por lo que sólo se consideró el lapso 1950-1980. El cálculo del índice de severidad para cada año en el periodo estudiado, se realizó con los datos de precipitación, comparados con sus respectivas medias, como se muestra a continuación:

Índice de Severidad (IS):

$$IS = (\sum Y - \sum X) / \sum X \quad \sum Y < \sum X$$

Dónde:

$\sum Y$ = sumatoria de la Precipitación mensual registrada (2007)

$\sum X$ = sumatoria de la Precipitación mensual normal (histórico)

Si $\sum Y - \sum X$ es menor de 0.0, hay sequía meteorológica.

Se calculó el índice con la fórmula. El índice de severidad de la sequía meteorológica se clasifica en siete grados: extremadamente severo (mayor de 0.8), muy severo (0.6 a 0.8), severo (0.5 a 0.6), muy fuerte (0.4 a 0.5), fuerte (0.35 a 0.4), leve (0.2 a 0.35) y ausente (<0.2). Para determinar un escenario a futuro, se utilizó el modelo climático de Circulación General GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory), para simular los cambios en el equilibrio climático resultante del incremento de dos veces las concentraciones del CO₂. Los datos de precipitación media mensual se ajustaron a los cambios planteados por los modelos GFDL-R30 para simular los efectos de un posible incremento de dos veces la concentración de CO₂. Esto se hizo al multiplicar los registros de precipitación media mensual de enero a diciembre de los treinta años estudiados por los cambios en porcentaje propuestos en condiciones de 2XCO₂. De esta forma se obtuvo un archivo con datos de precipitación simulados, que se importaron a la base de datos para calcular el índice de severidad de la sequía meteorológica con un programa estadístico, que calcula el I.S. considerando la media mensual normal del periodo 1950-1980. Con los I.S. obtenidos para todas las estaciones modificadas, se generó el mapa de los escenarios futuros, mediante el trazo de isóneas (ver mapa 5.19 en el anexo cartográfico).

Clave SMN	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud
15132	Villa Del Carbón	19.44	99.28	2755
15074	Presa La Concepción	19.42	99.17	2360
15071	Presa El Tigre	19.40	99.27	2706
15073	Psa. Guadalupe Tultitlan	19.38	99.15	2300
15109	Sta. Ma. Magdalena Cahuacán	19.38	99.25	2980
15019	Col. Vicente Guerrero	19.36	99.20	2900
15075	Psa. Las Ruinas Atizapán	19.35	99.17	2300
15114	Santiago Tlazala	19.35	99.26	2820
15111	Santa María Nativitas	19.35	99.35	2600
15047	Las Arboledas (R. Tuipan)	19.34	99.13	2280
15037	Jiquipilco Jiquipilco	19.33	99.36	2565
15095	San Luis Ayucan	19.31	99.21	2700

Tabla 5.17 Estaciones meteorológicas usadas para determinar el índice de severidad de la sequía. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Vulnerabilidad y Riesgo por Sequías.

Las sequías son algunos de los fenómenos más desastrosos porque la carencia de agua implica caídas sustanciales en la producción de alimentos. Inicialmente afectan la economía agropecuaria, pero pueden

llegar incluso a acelerar la mortalidad de la población debido a la falta de agua, lo que conlleva a problemas de higiene, gastrointestinales, y eventualmente de deshidratación como fenómeno de salud pública. En general, se estima que la vulnerabilidad ante una sequía es muy alta para todo Nicolás Romero.

En relación con lo anterior y debido a que la probabilidad de sequía a futuro es fuerte, se estima que para el Municipio de Nicolás Romero, el **riesgo de sequía es ALTO**.

5.2.4 Temperaturas máximas extremas

Las temperaturas máximas extremas son un peligro en las áreas en las durante más de 3 horas por día en temporada de verano, la temperatura ambiente es superior a las temperaturas máximas promedio. En general, en los días calurosos los riesgos mayores se encuentran en las enfermedades gastrointestinales derivadas de la putrefacción de los alimentos, particularmente de aquellos preparados sin normas de higiene en la calle; en la deshidratación, tanto de las plantas como de los animales y humanos; incendios en la vegetación natural; y en algunos casos insolación (enfermedad por exposición prolongada al sol).

Peligro por temperaturas máximas extremas

En el municipio de Nicolás Romero, debido a su ubicación en el Valle de México donde la temperatura es templada, y hay nubosidad durante la mayor parte del verano, este fenómeno no se presenta de manera significativa. Sin embargo, a través de la historia se han presentado casos en los que ha habido un incremento sustancial de la temperatura promedio, e incluso superior al promedio de temperaturas máximas.

En el anexo cartográfico se presentan los mapas de temperatura máxima promedio (ver mapa 5.20) y temperatura máxima absoluta (mapa 5.21). En el caso del primero, se observa que las temperaturas máximas que habitualmente se presentan el municipio de Nicolás Romero son de 24 a 26°C en la zona este; de 22 a 24°C en el centro; y de 18 a 22° C en el oeste. Como se indica, las temperaturas máximas promedio son de baja intensidad como para representar un peligro habitual. Sin embargo, se calcula que las temperaturas máximas esperadas pueden ser de 28 a 32°C para la cabecera municipal; de 26 a 28°C para la zona centro; y 24 a 26°C para el oeste.

En general, se estima que el peligro por temperaturas elevadas para este municipio inicia a los 28°C, por lo que este tipo de fenómenos no afecta la porción poniente del territorio, pero si lo hace con la parte poblada ubicada al oriente.

Para la realización de este mapa se interpolaron los valores máximos promedio y máximos absolutos de las estaciones cercanas a Nicolás Romero y enlistadas en la tabla 5.17.

Vulnerabilidad y riesgo por temperaturas extremas

La vulnerabilidad de la población a las altas temperaturas se deriva de malestares fisiológicos producidos directamente por el incremento de calor, o bien por fenómenos asociados, como un incremento en el metabolismo de los organismos bacteriológicos existentes en los alimentos, aire, agua y suelos. Adicionalmente la vulnerabilidad se incrementa en la población infantil y adultos mayores, así como en

personas en situación de indigencia. A continuación se presenta una tabla con los principales factores asociados a la incidencia de altas temperaturas:

Temperaturas	Designación	Vulnerabilidad
28 a 31°C	Incomodidad	La evapotranspiración de los seres vivos se incrementa. Aumentan dolores de cabeza en humanos.
31.1-33°C	Incomodidad extrema	La deshidratación se torna evidente. Las tolveneras y la contaminación por partículas pesadas se incrementan, presentándose en ciudades.
33.1-35°C	Condición de estrés	Las plantas comienzan a evapotranspirar con exceso y se marchitan. Los incendios forestales aumentan.
> 35°C	Límite superior de tolerancia	Se producen golpes de calor, con inconciencia en algunas personas. Las enfermedades aumentan.

Tabla 5.18 Vulnerabilidad por altas temperaturas. Fuente: SEDESOL (2011).

El riesgo asociado a los fenómenos de temperaturas extremas absolutas es **MEDIO/ALTO** se desglosa de la siguiente manera:

AGEB	Peligro por temperaturas extremas	Vulnerabilidad a temperaturas extremas	Riesgo por temperaturas extremas
1506000010132	Alto	Alto	Alto
1506000010170	Medio	Medio	Medio
150600001019A	Alto	Alto	Alto
1506000010240	Alto	Alto	Alto
150600001026A	Alto	Alto	Alto
1506000010293	Alto	Alto	Alto
1506000010359	Medio	Medio	Medio
1506000010378	Alto	Alto	Alto
150600001040A	Medio	Medio	Medio
1506000010448	Alto	Alto	Alto
1506000010537	Alto	Alto	Alto
1506000010541	Alto	Alto	Alto
1506000010556	Alto	Alto	Alto
1506000010560	Alto	Alto	Alto
1506000010575	Alto	Alto	Alto
150600001058A	Alto	Alto	Alto
1506000010594	Alto	Alto	Alto

1506000010607	Alto	Alto	Alto
1506000010611	Alto	Alto	Alto
1506000010626	Alto	Alto	Alto
1506000010645	Alto	Alto	Alto
1506000010700	Alto	Alto	Alto
1506000010715	Alto	Alto	Alto
150600001072A	Alto	Alto	Alto
1506000010734	Alto	Alto	Alto
1506000010749	Alto	Alto	Alto
1506000010753	Alto	Alto	Alto
1506000010768	Alto	Alto	Alto
1506000010772	Alto	Alto	Alto
1506000010787	Medio	Medio	Medio
1506000010804	Medio	Medio	Medio
1506000010819	Medio	Medio	Medio
1506000010823	Medio	Medio	Medio
1506000010838	Medio	Medio	Medio
1506000010842	Alto	Alto	Alto
1506000010857	Medio	Medio	Medio
1506000010876	Medio	Medio	Medio
1506000010880	Medio	Medio	Medio
1506000010908	Alto	Alto	Alto
1506000010912	Medio	Medio	Medio
1506000010931	Medio	Medio	Medio
1506000011003	Medio	Medio	Medio
1506000011018	Alto	Alto	Alto
1506000011022	Medio	Medio	Medio
1506000011037	Medio	Medio	Medio
1506000011041	Alto	Alto	Alto
1506000011056	Medio	Medio	Medio
1506000011060	Alto	Alto	Alto
1506000011075	Alto	Alto	Alto
150600001108A	Alto	Alto	Alto
1506000011094	Alto	Alto	Alto
1506000011107	Alto	Alto	Alto
1506000011111	Alto	Alto	Alto
1506000011126	Alto	Alto	Alto

1506000011130	Medio	Medio	Medio
1506000011145	Alto	Alto	Alto
150600001115A	Alto	Alto	Alto
1506000011179	Medio	Medio	Medio
1506000011215	Alto	Alto	Alto
1506000160679	Medio	Medio	Medio
1506000160683	Medio	Medio	Medio
1506000160698	Medio	Medio	Medio
1506000180382	Medio	Medio	Medio
1506000200984	Medio	Medio	Medio
1506000200999	Medio	Medio	Medio
1506000820946	Medio	Medio	Medio
1506000820950	Medio	Medio	Medio
1506000820965	Medio	Medio	Medio
150600082097A	Medio	Medio	Medio
1506000821164	Medio	Medio	Medio
1506000821183	Medio	Medio	Medio
1506000821198	Medio	Medio	Medio
1506000821200	Medio	Medio	Medio

Tabla 5.19 Zonificación del riesgo por altas temperaturas.

5.2.5 Vientos Fuertes

Los vientos de mayor intensidad en son los que se producen durante los huracanes; por tanto las zonas costeras, y en particular las que tienen una incidencia más frecuente de huracanes, son las que están expuestas a un mayor peligro por efecto del viento. Sin embargo otros fenómenos atmosféricos son capaces de producir fuertes vientos, por lo que aún en el interior del territorio existen zonas con peligro de vientos intensos. Para que este tipo de fenómeno ocurra se requiere de una topografía plana o semiplana, por lo que el municipio de Nicolás Romero no entra dentro del rango de zonas que pueden ser potencialmente dañadas por vientos fuertes.

5.2.6 Inundaciones

Las inundaciones son un fenómeno en el cual se anega de agua un área determinada que generalmente está libre de ésta. El agua proviene del desbordamiento de ríos, represas, o escurrimientos de partes altas y se asocia a lluvias intensas, en el área o incluso en otras lejanas. A pesar de considerarse un fenómeno natural, tiene una alta influencia de los procesos de ocupación del territorio y construcción de infraestructura, ya que a menudo el riesgo existe cuando se establecen viviendas en zonas inundables y se crean embudos artificiales que impiden el libre tránsito de las avenidas de agua.

Peligro por Inundaciones

Las inundaciones son uno de los peligros más comunes en Nicolás Romero, a veces las inundaciones se desarrollan lentamente, pero las más dañinas son repentinas e incluso finalizan en sólo unos minutos, sin señales visibles de lluvia en la zona inundada. Las inundaciones repentinas consisten en una avenida de agua con gran fuerza de arrastre y con una carga de escombros u otras cosas que encuentra en su paso, incluyendo autos. Las inundaciones ocurren sobre los márgenes de un río, canal o arroyo definido, pero también pueden generarse por la confluencia de aguas que escurren zonas altas, habitualmente a través de calles con mal drenaje. En este sentido es necesario acotar que las inundaciones a nivel municipal ocurren cuando un drenaje es sobrepasado en su capacidad. Los efectos individuales de las inundaciones generalmente son muy locales, afectando a un grupo de casas o algunas calles, pero el efecto sumado de varios puntos de inundación en un mismo evento, afecta varios pueblos o colonias del municipio.

Debido a la particular configuración del municipio, el riesgo de inundación es muy alto en casi toda la cabecera municipal, debido a que recibe las aguas de la parte alta de las subcuencas de Tepotzotlán (RH26Do) y Cuautitlán (RH26Dn). Dentro de la cabecera municipal, son particularmente susceptibles las áreas bajas, cerca de ríos o arroyos o de drenajes colectores. Aun los arroyos pequeños, barrancos, riachuelos, alcantarillas, lechos secos de arroyos o terrenos bajos que parezcan inmunes en tiempo seco pueden inundarse.

A continuación se enlistan las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de inundaciones:

- Calle Juan Aldama, San Juan Tlihuaca, se presentan inundaciones cada temporada de lluvias, al igual que Avenida de las Universidades.
- Presa de Lara, San Jan Tlihuaca, presenta posible desborde de la represa, por lo que se observan 2 casas con riesgo de ser anegadas y poner en peligro la vida de sus habitantes, ya se tienen registros de que ha habido arrastre de vehículos por la corriente en 2010.
- Calle Colector Lázaro Cárdenas y Calle Cerrada Presa de Lara, San Juan Tlihuaca, se conectan con el cauce; ya ha existido una labor previa de dragado, se observan troncos, ramas y sedimentos. En su continuación inunda además de casas a una escuela.
- Calle Presa esquina 24 de Febrero, San Juan Tlihuaca. Termina entubado del río, inicia segmento a cielo. Desbordamiento de agua en temporada de lluvias, provocando inundaciones en casas contiguas. Las calles sirven como cauces.
- Andador San Juan Tlihuaca. En la temporada pasada de lluvias el nivel del agua subió más de 1.5 metros, se presentan 10 familias afectadas en esta calle. El andador se encuentra 60 cm abajo del nivel de la calle, de igual forma el andador paralelo San Juan.
- Calle Crescencio Castillo, San Juan Tlihuaca. Presenta escurrimientos en temporadas de lluvias, el cual rebasa por mucho el nivel de la calle. La calle pavimentada conduce el agua hasta grandes coladeras las cuales son insuficientes, por lo que el agua toma otros caminos que llevan a calles con mayor desnivel.
- Calle Chapulín, Fraccionamiento Arcoíris. En este lugar se unen dos escurrimientos con la Avenida Colmena, provenientes de las calles Avispa y Hormiga. Se recomienda como obra de mitigación ampliar la capacidad del drenaje.
- Calle Catarina. De la Calle Chapulín el agua fluye hasta Catarina, en donde ya se ha levantado el pavimento. El agua ya ha alcanzado el 1.70 metros de alto.
- Casas Nuevas, Pueblo de Colmena. El agua se une a un cauce natural que presenta profundidad y anchura considerable, ocasionando su desborde y afectación a viviendas. Es de las zonas más inundadas, pues se forma un embudo natural provocando que el agua corriente viaje con mucha

fuerza. Se sugiere como obra de mitigación de riesgos dragar el río para que pueda contener más agua.

- Pueblo de Colmena, Río Xinte. Embudo originado por puente, entrada al bosque.
- Continuación Río Xinte. Casas Nuevas y el Pueblito, son zonas afectadas por los escurrimientos. Cruza por debajo de la carretera Atizapán, causando obstrucción en circulación.
- El Pueblito. Presenta inundación a las márgenes del Río Pueblito y Casas Nuevas; además de las aguas provenientes del escurrimiento de la carretera.
- Los Columpios, Loma de la Cruz. El desbordamiento del río ha afectado a 6 casas, además de la caída del puente por la fuerza del agua.
- Avenida de las Huertas, Loma de la Cruz (Colmena). El nivel del agua alcanza más de 3 metros. Se encuentran algunas casas por debajo del nivel de la calle. Además de daños al puente.
- San Judas Tadeo. El aumento del nivel del agua afectó a varias viviendas localizadas a las márgenes del río, y casi por completo las canchas de fútbol localizadas a 10 metros aproximadamente.
- Calle Jaime Nunó, San Ildelfonso. Creciente del río San Pedro cuyo nivel sube a 2 metros aproximadamente, a la altura de la fábrica Textiles.
- Calzada Californias. La presa es superada e inunda a una docena de viviendas. Además la zona es susceptible a deslizamientos.
- Presa la Colmena Col Francisco I. Madero. El río se desborda en la temporada de lluvias; en la parte de abajo hay asentamientos humanos los cuales sufren inundaciones. Se sugiere como obra más urgente, el dragado y rehabilitación de esta presa para que pueda contener las aguas que anegan las zonas bajas, particularmente de La Colmena.
- Calle Abasolo, Col 5 de Febrero. Casas ubicadas en barranca donde se presentan inundaciones. Existe susceptibilidad a movimientos de ladera.
- Continuación de la calle Abasolo. Se encuentran casas muy pegadas a la corriente. Este punto puede considerarse de alto riesgo debido a la baja calidad de las construcciones como su cercanía a la corriente.
- Ejido Azotlan parte baja. Se ubican casas a la orilla del río antes de la represa, las cuales resultan afectadas durante las lluvias.
- Av. Emiliano Zapata, Col. Jorge Jiménez Cantú. Las calles sirven como canal conduciendo el agua a partes bajas con gran fuerza, el escurrimiento llegó a afectar una iglesia, casas y escuela.

Para obtener esta información, se procedió a recabar información de Protección Civil, tanto documental como oral, y visitas a campo para hacer una evaluación visual de las zonas en peligro. Adicionalmente se realizó cartografía general de inundaciones históricas. Se realizó un levantamiento general de infraestructura dañada y se registró en un mapa con escala 1:35000. Se realiza el análisis estadístico de las variables precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años, que resultó en un promedio de 65mm en una hora en la cabecera municipal. Se elaboró cartografía de zonas inundables.

Para la determinación de zonas inundables se generaron una serie de escenarios de los valores de caudal máximo para los periodos de retorno de 2,10, 50, 100 y 200 años en las áreas que en base a los registros históricos se han presentado las mayores inundaciones, siendo tales lugares La Colmena, Arcoíris, San Ildelfonso y Juárez.

El caso de La Colmena, el río del que se investigó el caudal máximo es el Xinté; para Arcoíris, se realizó con el arroyo que alimenta a Presa de Lara; para San Ildelfonso fue Arroyo Grande y Arroyo Chiquito en la parte donde se intersectan, y para Juárez fue el Río San Pedro.

Río Xinté

El río Xinté drena las aguas provenientes del poniente del municipio pero principalmente de los municipios de Isidro Fabela y Jilotzingo, por lo que a veces las avenidas de agua ocurren sin que se haya observado lluvia en el territorio municipal. Descarga en Presa de Guadalupe. Lleva agua de lluvia en verano, y todo el año es usado como drenaje urbano al aire libre. Consiste de un cauce poco ancho que fácilmente es desbordado.

El río Xinté presentó los siguientes valores de caudal máximo en los periodos de retorno de 2, 10, 50, 100 y 200 años:

Periodo de Retorno:	2 años	10 años	50 años	100 años	200 años
Intensidad de la Lluvia:	2.13 cm/h	4.77 cm/h	10.68 cm/h	15.10 cm/h	21.36 cm/h
Caudal	71.07 m ³ /s	159.15 m ³ /s	356.35 m ³ /s	503.83 m ³ /s	712.71 m ³ /s
Concepto	Unidad				
Elevación máxima:	3538 m				
Elevación media:	2938 m				
Elevación mínima:	2339 m				
Longitud:	27899 m				
Pendiente Media:	4.30%				
Tiempo de Concentración:	169.05 (minutos)				
Área Drenada:	60.06 km ²				
Coefficiente de escurrimiento:	20%				

Tabla 5.20. Caudales máximos para varios periodos de retorno en el Río Xinté, y valores considerados para el análisis. Fuente: SIATL INEGI.

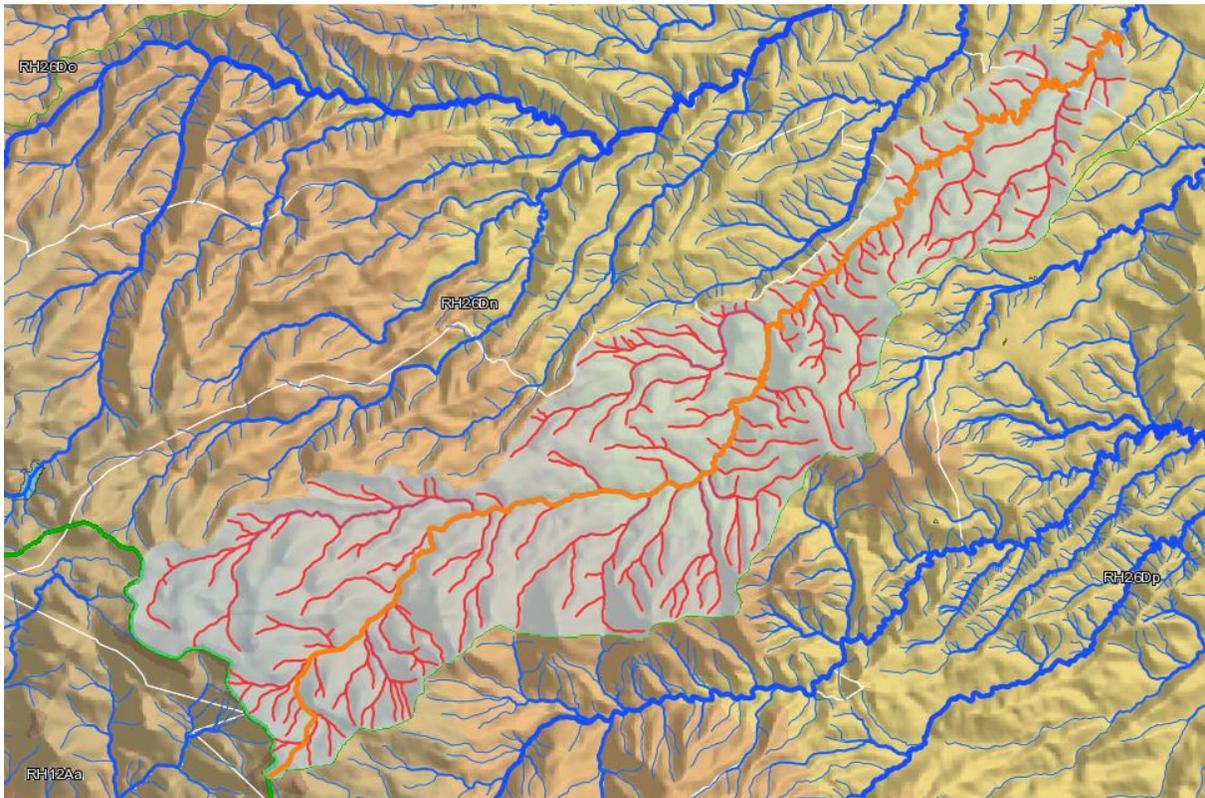


Fig. 5.15 Área drenada por el río Xinté desde el punto de mayor inundación. Fuente: SIATL INEGI

En base a estos resultados se estima que el Río Xinté presenta probabilidad de inundar las áreas que se encuentran a las márgenes de su cauce a partir de la Presa la Colmena y hasta su desembocadura a la Presa de Guadalupe, siendo las zonas más afectadas el pueblo de La Colmena, y las partes bajas de la Presa La Colmena, debido a que esta última se encuentra totalmente azolvada, por lo que su propósito de cuerpo de agua regulador está completamente desvirtuado. Se sugiere como obra principal, desazolver esta presa para que retenga las aguas de las partes altas de la subcuenca del Río Cuautitlán y prevenga inundaciones de carácter catastrófico en esta porción de la cabecera municipal.



Fig. 5.16 Dos aspectos de la Presa La Colmena en donde se observa que la cortina de la presa y el nivel del fondo de la presa están a pocos centímetros de diferencia, salvo por la formación de un pequeño arroyo dentro de los terrenos azolvados.

Arroyo Lara

El Arroyo Lara es un cauce que drena una pequeña área y que sólo en época de lluvias trae agua, aunque se ha aprovechado su trazo para descargar aguas residuales domesticas. En circunstancias normales, sería un cauce poco significativo, pero adquiere mayor relevancia debido a que el proceso de urbanización bloqueó su cauce en ciertas partes, creando un embudo que en lluvias extraordinarias obliga un aumento considerable de la presión con la que se desfoga el agua. Se ubica en el sureste del municipio, y está casi en su totalidad dentro de la cabecera municipal, salvo por sus partes mas altas que se ubican en Atizapán.

Periodo de Retorno:	2 años	10 años	50 años	100 años	200 años
Intensidad de la Lluvia:	4.01 cm/h	8.98 cm/h	20.09 cm/h	28.41 cm/h	40.19 cm/h
Caudal	7.46 m3/s	16.71 m3/s	37.38 m3/s	52.87 m3/s	74.79 m3/s

Concepto	Unidad
Elevación máxima:	2479 m
Elevación media:	2406 m
Elevación mínima:	2333 m
Longitud:	4372 m
Pendiente Media:	3.34%
Tiempo de Concentración:	42.81 (minutos)
Área Drenada:	3.35 km ²
Coefficiente de escurrimiento:	20%

Tabla 5.21. Caudales máximos para varios periodos de retorno en el Arroyo Lara, y valores considerados para el análisis. Fuente: SIATL INEGI.

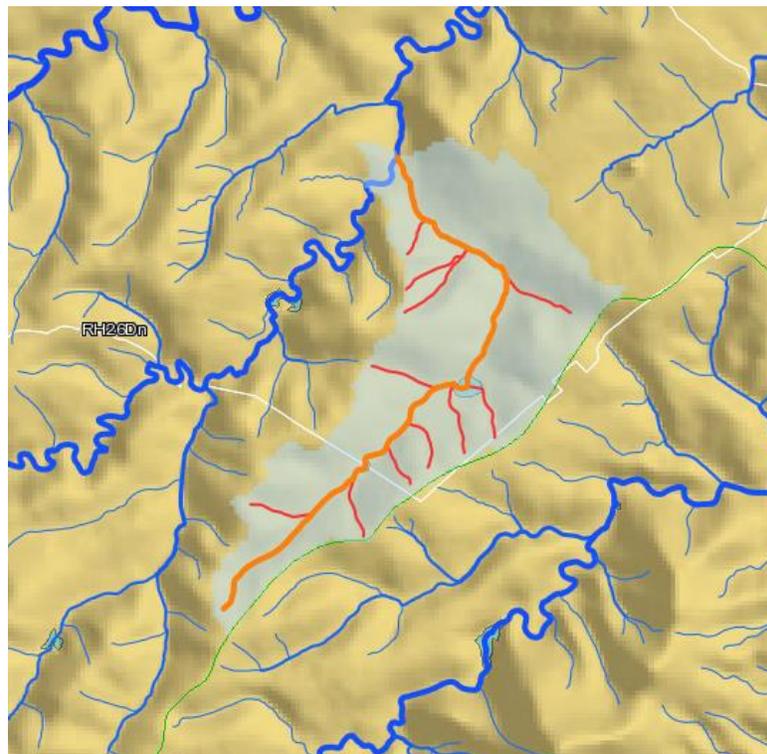


Fig. 5.17 Área drenada por el arroyo Lara desde el punto de mayor inundación. Fuente: SIATL INEGI

El caso del arroyo Lara es particularmente importante porque a pesar de que no se trata de un área de dren extenso, se han presentado eventos de alta peligrosidad en este sitio, debido principalmente a que la expansión de la mancha urbana, y la falta de estrategias de planeación, ha hecho que las aguas no tengan libre tránsito en época de lluvias, por lo que suelen acumularse en un par de calles y liberarse con una gran presión que, por la estrechez de los pasos, llega a arrasar incluso con el pavimento y alcanzar una altura de 1.7m. El espacio que ocupaba el arroyo, seco en la mayor parte del año, se usó en algunas porciones para fincar viviendas, las cuales han sufrido inundaciones y pérdida de menaje.

Se estima que en un caso extremo, se inundarán la mayor parte de las casas de la colonia Arcoíris, y que la avenida puede alcanzar una gran velocidad y violencia. De hecho, en esta área, ya hubo un muerto que intentó cruzar con auto a una avenida de agua, el cual fue arrastrado por la corriente y depositado a varios metros de distancia.



Fig. 5.18 La violencia de la avenida de agua en la Colonia Arcoíris arrastró el pavimento de las calles; una testigo del evento señala la altura que alcanzó el agua.

Arroyo Grande

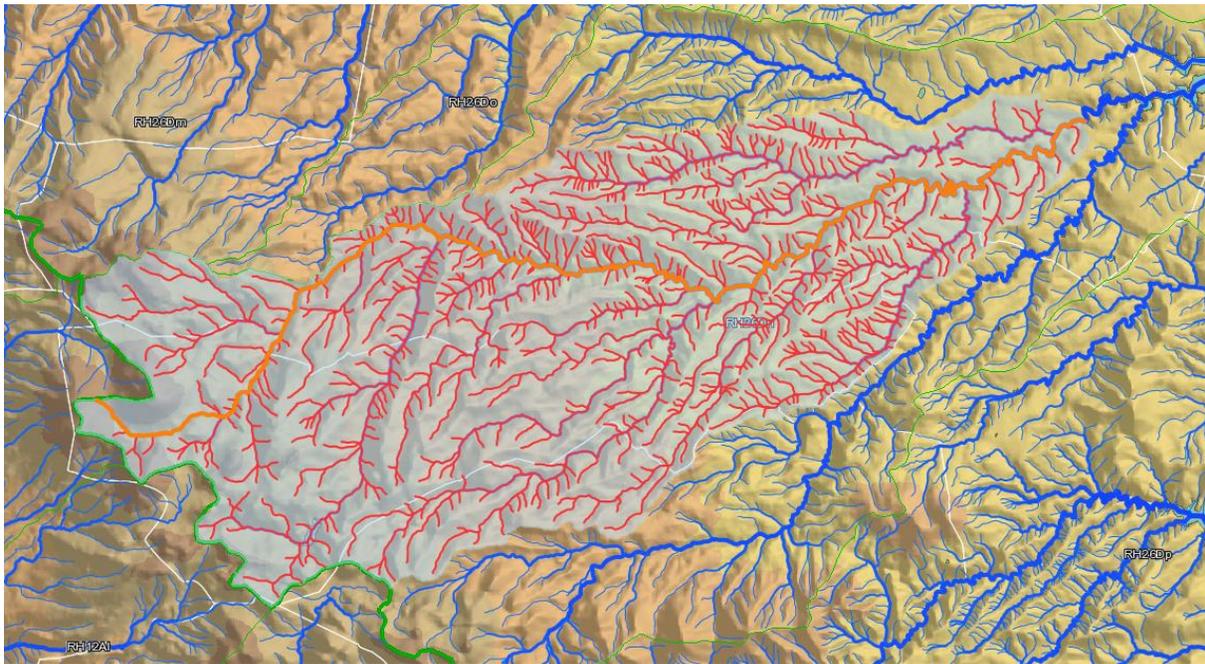
El Arroyo Grande es un río que atraviesa a todo el municipio en sentido W-E y poco antes de descargar en Presa de Guadalupe se une con el Arroyo Chico, un arroyo paralelo más pequeño. Es usado como canal de drenaje urbano al aire libre. En la parte mas baja y que se ubica en la cabecera municipal, consiste de un cauce relativamente ancho pero poco profundo, con varias terrazas de limos entre los meandros que forma.

Se estimaron los siguientes valores de caudales máximos para este río, los cuales, por su capacidad volumétrica, son los mayores de todos los ríos del municipio:

Periodo de Retorno:	2 años	10 años	50 años	100 años	200 años
Intensidad de la Lluvia:	1.88 cm/h	4.22 cm/h	9.43 cm/h	13.34 cm/h	18.87 cm/h
Caudal	167.84 m ³ /s	376.75 m ³ /s	841.88 m ³ /s	1190.96 m ³ /s	1684.67 m ³ /s

Concepto	Unidad
Elevación máxima:	3587 m
Elevación media:	2952 m
Elevación mínima:	2317 m
Longitud:	35448 m
Pendiente Media:	3.58%
Tiempo de Concentración:	221.42 (minutos)
Área Drenada:	160.7 km ²
Coeficiente de escurrimiento:	20%

Tabla 5.22. Caudales máximos para varios periodos de retorno en el Arroyo Grande, y valores considerados para el análisis. Fuente: SIATL INEGI.

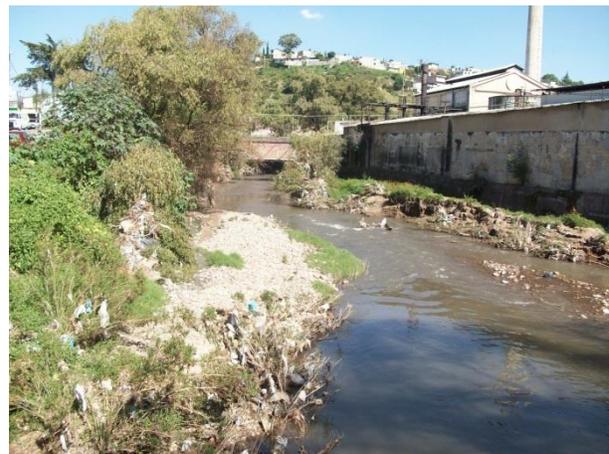


En el área de Sal Idelfonso, se han identificado potenciales inundaciones de gran magnitud, además de que históricamente ha sido una de las áreas más afectadas por estos fenómenos. En base a los análisis realizados, se ha determinado que los márgenes del río a la altura de la industria textil Texflen, pueden ser anegados por agua y presentar arrastres y derribos por la violencia de la avenida.

Al igual que en todos los casos anteriores, la construcción de edificios ha obstaculizado el libre tránsito de las aguas, por lo que las inundaciones en este sentido son provocadas directamente por el hombre. Para evitar los daños, se sugiere que se drene el cauce del río a fin de aumentar su capacidad volumétrica.



(a)



(b)

Fig. 5.20 Arroyo Grande: (a) Aspecto de un puente en San Idelfonso que ha sido severamente dañado en inundaciones históricas, nótese el nivel del agua en época seca está a 2m de distancia del puente; (b) otro aspecto en el que se aprecian las construcciones pegadas al cauce del Arroyo Grande.

Río San Pedro

El río San Pedro drena las aguas provenientes del poniente del municipio y descarga en Presa de Guadalupe. Lleva agua de lluvia en verano, y el resto del año es usado como drenaje urbano al aire libre. En general, consiste de un cauce poco ancho pero relativamente profundo, que circula entre dos lomas, ambas urbanizadas en su totalidad, siendo la loma del sur donde se ubica la sede del palacio municipal.

Se estimaron los siguientes valores de caudales máximos para este río:

Periodo de Retorno:	2 años	10 años	50 años	100 años	200 años
Intensidad de la Lluvia:	2.21 cm/h	4.94 cm/h	11.05 cm/h	15.63 cm/h	22.11 cm/h
Caudal	36.47 m ³ /s	81.53 m ³ /s	182.38 m ³ /s	257.98 m ³ /s	364.93 m ³ /s

Concepto	Unidad
Elevación máxima:	2829 m
Elevación media:	2577 m
Elevación mínima:	2326 m
Longitud:	19467 m
Pendiente Media:	2.58%
Tiempo de Concentración:	156.88 (minutos)
Área Drenada:	29.71 km ²
Coeficiente de escurrimiento:	20%

Tabla 5.23. Caudales máximos para varios periodos de retorno en el Río San Pedro, y valores considerados para el análisis. Fuente: SIATL INEGI.

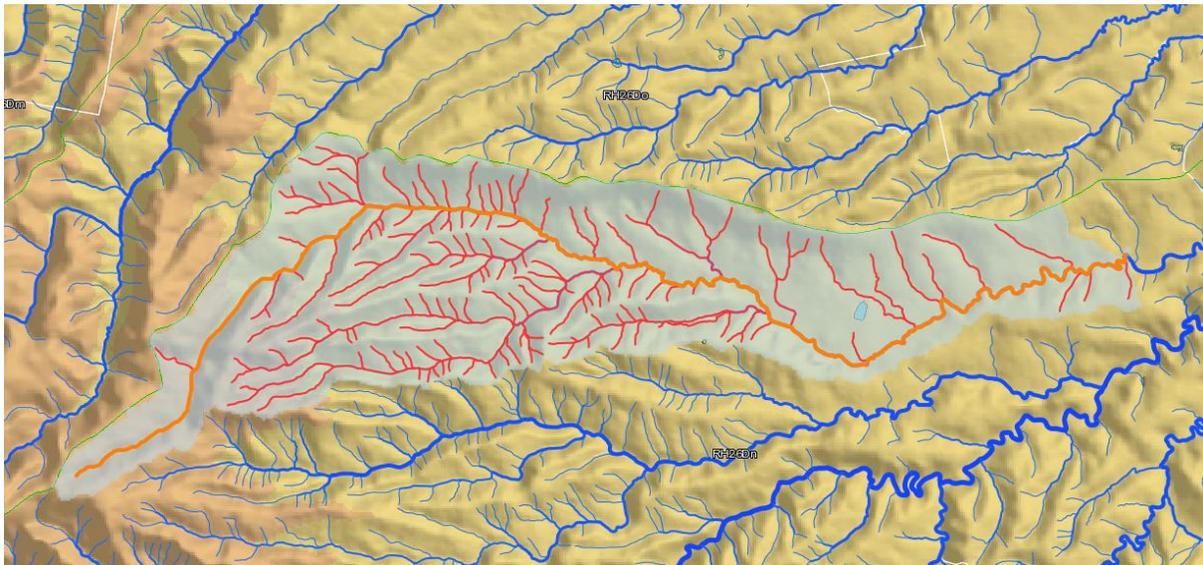


Fig. 5.21 Área drenada por el río San Pedro desde el punto de mayor inundación. Fuente: SIATL INEGI

El río San Pedro no ha presentado eventos de la magnitud de los anteriores, aunque si ha habido inundaciones significativas. El hecho de incluirlo en la lista de los más peligrosos se debe a que en los análisis de cauces, se identificó que es uno de los ríos con mayor capacidad de caudales máximos, por lo que se juzgó necesario zonificar su área de inundación. En este sentido, se identificó que el área con mayores daños posibles es el área de Lomas de Guadalupe, siempre y cuando no se lleve a cabo una planificación del crecimiento de la mancha urbana en los márgenes del río.

Vulnerabilidad y riesgo por inundaciones

La vulnerabilidad a las inundaciones en el Municipio de Nicolás Romero es muy alta debido a la falta de estrategias de planificación territorial. En toda la cabecera municipal -que es donde por la geografía de la zona ocurren los mayores eventos de inundación-, es muy común que la presión por construir viviendas haya llevado a fincar a escasos centímetros de los cauces, o incluso dentro de ellos, debido a una falta de conocimiento de que dichos cauces, a pesar de estar secos la mayor parte del año, transportan caudales considerables de líquido en las épocas de lluvia. Adicionalmente, las viviendas en casi todos los casos, no han atendido las normas más elementales de seguridad, como ubicar puertas y ventanas en la dirección opuesta a la circulación del río o arroyo, ni bardas perimetrales de protección o reforzamiento. Por el contrario, es común que haya nuevas casa o ampliaciones de casas en áreas afectadas previamente, sin que se atiendan normas básicas de seguridad.

En general, tomando en cuenta el costo que implica para el Municipio, el costo para las familias al perder su patrimonio, y la probabilidad de daños directos a la vida humana, se establece que el **riesgo por inundaciones es MUY ALTO**. Para la determinación de riesgos específica de cada área, se tomó en cuenta la evaluación de peligro potencial a un periodo de retorno a 2 años, y se desglosa de la siguiente manera (ver mapas 5.22, 5.23 y 5.24 en el anexo cartográfico):

AGEB	Calles / Áreas en peligro directo	Viviendas vulnerables	Riesgo
150600001019A	Calles Jaime Nuño, California	15 viviendas, 1 industria	Muy Alto
1506000010240	Calles Silverio Pérez, Del Río Frío	10 viviendas	Muy Alto
150600001026A	Colorines	1 campo deportivo	Alto
1506000010293	Camino a Pueblo Viejo, Morelos, Margaritas, Jazmín, Carpinteros, Calandrias, Avestruces, Benito Juárez, Emiliano Zapata, 21 de Mayo, Condominio 7, Condominio 8, Condominio 6, Condominio 5, Condominio 4, Condominio 3, Condominio 2.	35 viviendas	Alto
1506000010378	Pedro Anaya, Jacarandas	10 viviendas, 1 Escuela	Alto
1506000010448	Vía Corta a Morelia	5 viviendas	Muy Alto
1506000010541	Abasolo, Venustiano Carranza, Constitucionalistas, Mariano Escobedo, Av. Miguel Hidalgo	15 viviendas, 1 campo deportivo	Alto
1506000010556	Gregorio García, El Sabino, Cda. Del Sabino, La Herradura	20 viviendas, 1 escuela	Muy Alto
1506000010560	Dalia (alto), Daniel Delgadillo (muy alto)	10 viviendas	Muy Alto
1506000010575	Tepeyac, Cda. Del Norte	5 viviendas, 1 escuela	Muy Alto
150600001058A	21 de Marzo, Del Río	5 viviendas	Muy Alto
1506000010594	Av. Miguel Hidalgo, Cjon. Del Charco, Zacatecas, Principal, Sta. Clara, Jaime Nuño, Ranchería, Buenavista.	40 viviendas, 2 escuelas, 1 campo deportivo	Muy Alto
1506000010645	Municipio Libre, Cda. Zaragoza (alto), Atizapán, calles sin asignación de nombre (muy alto)	15 viviendas	Muy Alto
1506000010700	Vía Guadalupana, De Las Huertas, 1ra Cda. De Las Huertas, 2da Cda. De Las Huertas, 1ro de Mayo, Calandrias, San Felipe	50 viviendas	Muy Alto
1506000010715	Colmena	5 viviendas, 1 escuela	Muy Alto
1506000010734	Lerdo de Tejada, Guillermo Prieto	15 viviendas	Muy Alto
1506000010749	Chapala, Del Puerto	20 viviendas, 1 industria	Muy Alto
1506000010753	Álvaro Obregón, Ávila Camacho, Adolfo Ruiz Cortines, Lázaro Cárdenas,	35 viviendas	Muy Alto
1506000010768	Av. Atizapán, Francisco Villa, A Barrón, Corregidora, Morelos, Mina, Lerdo de Tejada	30 viviendas, 3 escuelas, 1 industria, 1 campo deportivo	Muy Alto

AGEB	Calles / Áreas en peligro directo	Viviendas vulnerables	Riesgo
1506000010787	Emiliano Zapata, Hidalgo, Allende	10 viviendas 1 escuela	Alto
1506000010823	Mariano Escobedo	5 viviendas	Medio
1506000010838	Guadalupe Victoria, Ailes	5 viviendas	Alto
1506000010842	Niños Héroes	<5 viviendas	Alto
1506000010908	José de la Macorra, Camino a la Presa, Crisálida, Casas Nuevas, Colmena	15 viviendas	Muy Alto
1506000010931	Begonia, Granada	5 viviendas	Alto
1506000011018	Vía Corta A Morelia	1 escuela	Medio
1506000011056	Graciano Sánchez, De Las Universidades, Fuente Blanca	10 viviendas	Muy Alto
1506000011060	Presa de Lara, Cda Presa de Lara, Emiliano Zapata, Lázaro Cárdenas, Flores Magón, 24 de Febrero, Camino de la Hera, Presa Ensolvada, Hormiga	70 viviendas	Muy Alto
1506000011075	Camino a Pueblo Viejo	<5 viviendas	Alto
1506000011111	Avispa, Hormiga, Grillo, La Colmena	20 viviendas	Muy alto
1506000011126	La Colmena, Langosta, Chapulín, Catarina, Avispa, Mariposa	40 viviendas	Muy Alto
1506000011130	6 de Enero, Romualdo Gutiérrez, Camino a la Era, Camino a la Presa	5 viviendas	Muy Alto
1506000011145	Aldama, Pedro Moreno	10 viviendas	Muy Alto
150600001115A	20 de Noviembre	35 viviendas	Muy Alto
1506000011179	Camino a la Presa	<5 viviendas	Muy Alto
1506000160683	A la Mina	<5 viviendas	Medio
150600016698	Emiliano Zapata	5 viviendas	Medio

Tabla 5.24 Zonificación del riesgo por inundaciones.

5.2.7 Masas de aire (heladas)

La helada es un fenómeno atmosférico que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua (0°C) y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies, el cual se presenta en las primeras horas del día (de las 3 a las 6 horas). Es un fenómeno particularmente dañino para la agricultura y para las personas en situación de indigencia, y en algunos casos para las familias en situación de alta marginación, en donde los niños y adultos mayores son los más vulnerables, llegando a causarles la muerte.

Peligrosidad por Heladas

En el municipio de Nicolás Romero, las heladas son constantes durante el año, ya que hay en promedio de 50 a 90 días al año con presencia de este fenómeno, dependiendo de la zona. En general, las heladas

son más comunes al poniente, y tienen un decremento hacia el este, en donde se ubica la población. Sin embargo, en la cabecera municipal se registran en promedio 60 días con heladas al año, lo cual lo hace altamente susceptible a presentar riesgos, particularmente a la población indigente.

En base a la información de la carta IV.4.7 Otros fenómenos climáticos del Atlas Nacional de México del Instituto de Geografía de la UNAM, se realizó una interpolación para segregarse los datos en menores rangos estadísticos. El procedimiento consistió en georreferenciar la cartografía del Atlas Nacional de México en un Sistema de Información Geográfica, y posteriormente crear un modelo del territorio tomando en cuenta las isolíneas de heladas, para después modificar los rangos y mejorar la visualización.

En general, como se observa en el mapa 5.25 del anexo cartográfico, el peligro por heladas es de moderado a alto en todo el municipio, debido a la constante presencia del fenómeno en el territorio, particularmente en los meses invernales.

Vulnerabilidad y Riesgo por Heladas

En el municipio de Nicolás Romero, a pesar de la prevalencia generalizada de heladas durante los meses fríos, la población ha aprendido a protegerse de este tipo de fenómenos, por lo que hasta ahora no se tienen noticias ni reportes de daños de tipo severo a la población, a los cultivos o a la infraestructura; salvo por las enfermedades estacionales (no directamente asociadas a las heladas) no se tienen reportes de decesos por frío, presencia de hielo en las vialidades, o caídas en la producción agrícola. Por lo tanto, la vulnerabilidad se toma como moderada, debido principalmente a la alta proporción de niños en la población del municipio.

El Riesgo en general resultó ser **MODERADO**, con la excepción de Quinto Barrio, donde la altitud de la localidad incide en la mayor presencia del fenómeno de heladas.

AGEB	Peligro por Heladas	Vulnerabilidad a Heladas	Riesgo por Heladas
1506000010132	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010170	Alto	Moderado	Moderado
150600001019A	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010240	Moderado	Moderado	Moderado
150600001026A	Alto	Moderado	Moderado
1506000010293	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010359	Alto	Moderado	Moderado
1506000010378	Moderado	Moderado	Moderado
150600001040A	Alto	Moderado	Moderado
1506000010448	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010537	Alto	Moderado	Moderado
1506000010541	Alto	Moderado	Moderado
1506000010556	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010560	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010575	Moderado	Moderado	Moderado
150600001058A	Moderado	Moderado	Moderado

1506000010594	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010607	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010611	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010626	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010645	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010700	Moderado	Moderado	Moderado
1506000010715	Moderado	Moderado	Moderado
150600001072A	Alto	Moderado	Moderado
1506000010734	Alto	Moderado	Moderado
1506000010749	Alto	Moderado	Moderado
1506000010753	Alto	Moderado	Moderado
1506000010768	Alto	Moderado	Moderado
1506000010772	Alto	Moderado	Moderado
1506000010787	Alto	Moderado	Moderado
1506000010804	Alto	Moderado	Moderado
1506000010819	Alto	Moderado	Moderado
1506000010823	Alto	Moderado	Moderado
1506000010838	Alto	Moderado	Moderado
1506000010842	Alto	Moderado	Moderado
1506000010857	Alto	Moderado	Moderado
1506000010876	Alto	Moderado	Moderado
1506000010880	Alto	Moderado	Moderado
1506000010908	Alto	Moderado	Moderado
1506000010912	Alto	Moderado	Moderado
1506000010931	Alto	Moderado	Moderado
1506000011003	Alto	Moderado	Moderado
1506000011018	Moderado	Moderado	Moderado
1506000011022	Alto	Moderado	Moderado
1506000011037	Alto	Moderado	Moderado
1506000011041	Moderado	Moderado	Moderado
1506000011056	Alto	Moderado	Moderado
1506000011060	Moderado	Moderado	Moderado
1506000011075	Moderado	Moderado	Moderado
150600001108A	Moderado	Moderado	Moderado
1506000011094	Moderado	Moderado	Moderado
1506000011107	Moderado	Moderado	Moderado
1506000011111	Moderado	Moderado	Moderado
1506000011126	Moderado	Moderado	Moderado
1506000011130	Alto	Moderado	Moderado
1506000011145	Moderado	Moderado	Moderado
150600001115A	Moderado	Moderado	Moderado
1506000011179	Alto	Moderado	Moderado
1506000011215	Moderado	Moderado	Moderado
1506000030414	Muy Alto	Moderado	Alto

150600030518	Alto	Moderado	Moderado
150600040081	Alto	Moderado	Moderado
1506000160679	Alto	Moderado	Moderado
1506000160683	Alto	Moderado	Moderado
1506000160698	Alto	Moderado	Moderado
1506000180382	Alto	Moderado	Moderado
1506000200984	Alto	Moderado	Moderado
1506000200999	Alto	Moderado	Moderado
1506000250429	Alto	Moderado	Moderado
1506000820946	Alto	Moderado	Moderado
1506000820950	Alto	Moderado	Moderado
1506000820965	Alto	Moderado	Moderado
150600082097A	Alto	Moderado	Moderado
1506000821164	Alto	Moderado	Moderado
1506000821183	Alto	Moderado	Moderado
1506000821198	Alto	Moderado	Moderado
1506000821200	Alto	Moderado	Moderado

Tabla 5.25 Zonificación del riesgo por Heladas.

5.3 Obras propuestas

Luego del diagnóstico de riesgos en el Municipio de Nicolás Romero, se sugieren las siguientes obras de mitigación de daños:

- Construcción de gaviones en la parte alta del Río Xinté, en asociación con el Municipio de Atizapán.
- Desasolve de la Presa Colmena, para que sirva como vaso regulador de las avenidas extraordinarias de agua.
- Desasolve de la Presa de Lara, para que sirva como vaso regulador de las avenidas extraordinarias de agua.