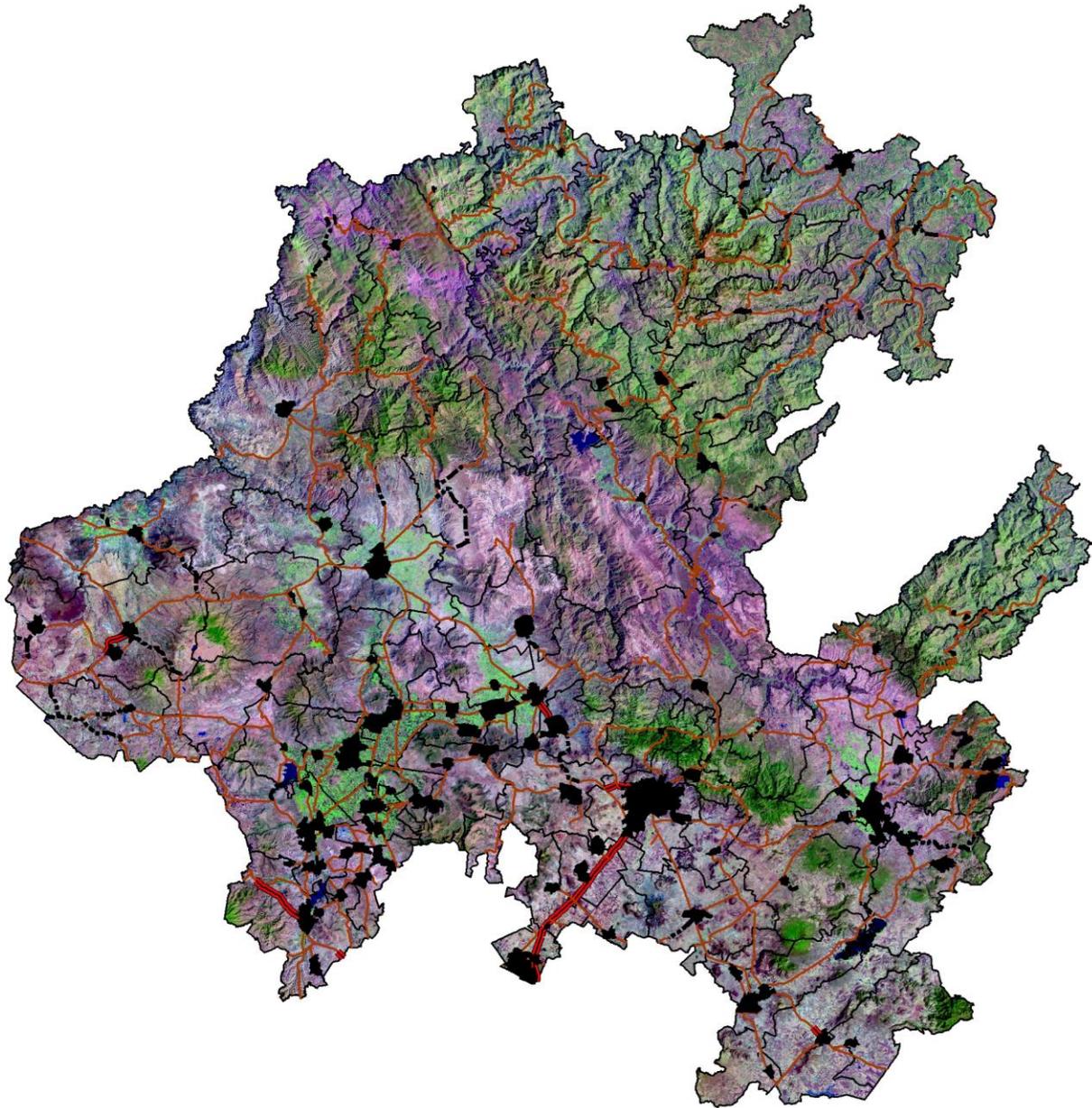


# Atlas de Riesgos del Estado de Hidalgo



## INDICE

### 1.- RESUMEN

### 2.- ANTECEDENTES

- 2.1.- Introducción
- 2.2.- Objetivo.
- 2.3.- Alcance.
- 2.4.- Metas
- 2.5.- Método de Trabajo
  - 2.5.1.- Trabajos de Gabinete
    - 2.5.1.1.- Compilación y análisis de la información.
    - 2.5.1.2.- Planimetría.
    - 2.5.1.3.- Altimetría
    - 2.5.1.4.- Manejo de la información a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG)

### 3.- METODOLOGÍAS

- 3.1.- Peligros Hidrometeorológicos.
  - 3.1.1.- Inundación
  - 3.1.2.- Erosión
- 3.2.- Peligro Geológicos.
  - 3.2.1.- Procesos de remoción en masa.
    - 3.2.1.1.- Deslizamientos.
    - 3.2.1.2.- Caída de bloques y rocas.
  - 3.2.2.- Hundimientos
  - 3.2.3.- Vulcanismo
  - 3.2.4.- Sismicidad
- 3.3.- Peligros antropogénicos
  - 3.3.1.- Bancos de Material
  - 3.3.2.- Análisis y Estudio de Ciudades a Semidetalle de ciudades propuestas por Protección Civil del Estado de Hidalgo.

### 4.- MARCO JURÍDICO

- 4.1.- Fundamentos Jurídicos
  - 4.1.1.- Legislación Federal.
  - 4.1.2.- Legislación Estatal
  - 4.1.3.- Reglamentos
  - 4.1.4.- Normas

### 5.- GENERALIDADES

- 5.1.- Localización y acceso, división regional y municipal.
- 5.2.- Vías de Comunicación
- 5.3.- Fisiografía
- 5.4.- Clima
- 5.5.- Vegetación
- 5.6.- Hidrografía
- 5.7.- Principales Ecosistemas
- 5.8.- Recursos Naturales
- 5.9.- Clasificación y Uso del Suelo

## 6.- GEOLOGIA

- 6.1.- Marco geológico regional.
- 6.2.- Estratigrafía
- 6.3.- Geología Estructural
- 6.4.- Geología Histórica
- 6.5.- Tectónica.

## 7.- CLASIFICACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE PELIGRO, VULNERABILIDAD Y RIESGO.

### 7.1. Hidrometeorológicos

- 7.1.1.- Precipitación
- 7.1.2.- Tormentas
- 7.1.3.- Granizadas
- 7.1.4.- Heladas
- 7.1.5.- Sequías
- 7.1.6.- Erosión
  - a) Peligro
  - b) Vulnerabilidad
  - c) Riesgo
- 7.1.7.- Inundación
  - a) Peligro
  - b) Vulnerabilidad
  - c) Riesgo

### 7.2.- Geológicos

- 7.2.1.- Procesos de remoción en masa
  - 7.2.1.1.- Deslizamientos
    - a) Peligro
    - b) Vulnerabilidad
    - c) Riesgo
  - 7.2.1.2.- Caída de bloques y rocas
    - a) Peligro
    - b) Vulnerabilidad
    - c) Riesgo
- 7.2.2.- Hundimientos
  - a) Peligro
  - b) Vulnerabilidad
  - c) Riesgo
- 7.2.3.- Vulcanismo y lahares
  - a) Peligro
  - b) Vulnerabilidad
  - c) Riesgo
- 7.2.4.- Sismicidad
  - a) Peligro
  - b) Vulnerabilidad
  - c) Riesgo

### 7.3.- Peligros Antropogénicos

- Bancos de Material.
  - a) Peligro
  - b) Vulnerabilidad
  - c) Riesgo

#### 7.4.- Análisis a Semidetalle de ocho ciudades propuestas por Protección Civil.

- a) Agua Blanca de Iturbide
- b) Huehuetla
- c) Metztitlán
- d) Mineral del Monte
- e) San Bartolo Tutotepec
- f) Tenango de Doria
- g) Tulancingo de Bravo
- h) Huejutla de Reyes

#### 8.- CONCLUSIONES

#### 9.- RECOMENDACIONES

#### 10.- BIBLIOGRAFÍA

#### 11.- ANEXOS

##### 11.1.- Estereogramas

##### 11.3.- Secciones transversales de cauces

##### 11.2.- Glosario de términos

##### 11.4.- Metadatos

#### Índice de figuras.

Figura 2.5.1.2.1.- Presentación del despliegue de información en el Arc Gis.

Figura 7.2.1.2.1.- Clasificación de los diferentes mecanismos de movimiento de los bloques.

Figura 7.2.4.1.- Placas tectónicas y sus correspondientes velocidades relativas promedio.

Figura 7.2.4.2.- Regionalización sísmica de la republica mexicana.

Figura 7.2.4.3.- Principales sistemas de fallas de la Región.

#### Índice de fotografías.

Fotografía 7.1.6.1.- Localidad Plan Grande, erosión hídrica laminar media (Eh2) asociada a cárcavas.

Fotografía 7.1.6.2.- loc. de San Agustín Tlaxiaca, erosión hídrica laminar baja (Eh1) asociada al crecimiento urbano.

Fotografía 7.1.6.3.- Loc. cerro El Viejo, erosión hídrica laminar media asociado a cárcavas.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Fotografía 7.1.6.4.- Loc. La Cienega erosión hídrica laminar media (Eh2) asociada a cárcavas.

Fotografía 7.1.6.5.- loc. El Naranjal, Santa Cruz y Los Sabinos se presenta erosión hídrica laminar media (Eh2) con intensa deforestación Ea5

Fotografía 7.1.6.6.- Localidad Metztlán, erosión hídrica laminar alta (Eh3), con alto grado de pérdida de suelo.

Fotografía 7.1.6.7.- Zonas afectadas por erosión hídrica laminar media (Eh2).

Fotografía 7.1.6.8.- Loc. Majada Grande, La Ortiga y camino hacia mina la Paz se presenta Erosión hídrica laminar alta (Eh3).

Fotografía 7.1.6.9.- Erosión Hídrica laminar alta (Eh3), donde el suelo es casi nulo.

Fotografía 7.1.6.10.- Loc. El Llano Inicio de cárcavas por el tipo de roca donde no hay formación de suelo.

Fotografía 7.1.6.11.- Loc. La Puerta, se presenta erosión hídrica laminar media (Eh2), asociada a la deforestación de bosque para la ampliación de áreas de cultivo.

Fotografía 7.1.6.12.- Zona de Cárcavas en la Región VI.

Fotografía 7.1.6.13.- Loc. El Dexthi, Erosión hídrica tipo media (Eh2) asociada a crecimiento urbano (Ea1).

Fotografía 7.1.6.14.- Loc. de Pozuelos, erosión hídrica laminar alta (Eh3).

Fotografía 7.1.7.1.- Fracc. Los Tuzos, zona afectada por desbordamiento periódico en el río Las Avenidas.

Fotografía 7.1.7.2.- Loc. Palma Gorda, zona de cultivos de cebada sujeta a desbordamiento periódico y encharcamiento causado en el río de Las Avenidas.

Fotografía 7.1.7.3.- Asentamientos de poblaciones sobre los meandros del río Venados, en la barranca de Metztlán.

Fotografía 7.1.7.4.- Río Amajac en su curso encañonado por el puente de la localidad de Boca de León, en el municipio de Tlahuiltepa.

Fotografía 7.1.7.5.- Loc. de Apetlaco, en las inmediaciones del cauce del río Caimantla, afectada por desbordamiento.

Fotografía 7.1.7.6.- Barrio del Bondho, municipio de Ixmiquilpan, asentado dentro del cauce del Río Tula.

Fotografía 7.1.7.7.- Socavación causada por avenida fluvial en la localidad de Maguey Blanco.

Fotografía 7.1.7.8.- Cauce del río Tula.

Fotografía 7.1.7.9.- Río Tula, nivel alcanzado en el mes de Julio de 2008 generó socavamiento en bordos e inestabilidad.

Fotografía 7.1.7.10.- Tirante máximo en la ciudad de Tula generada por fuertes avenidas.

Fotografía 7.1.7.11.- Detalle del cauce del río Tula.

Fotografía 7.2.1.1.1.- Loc. San Jerónimo Deslizamiento combinado con desprendimiento de bloques.

Fotografía 7.2.1.1.2.- Loc. Omitlán asentamiento diferencial en casa habitación.

Fotografía 7.2.1.1.3. Calle Miguel Mancera, Barda fracturada.

Fotografía 7.2.1.1.4.- Mina de Acosta, viviendas en riesgo por deslizamiento.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Fotografía 7.2.1.1.5.- La Trinidad, deslizamiento sufrido en viviendas.

Fotografía 7.2.1.1.6.-Loc. Toxtla deslizamiento sobre el camino.

Fotografía 7.2.1.1.7.- Río Venados municipio de Metztitlán, deslizamiento de material sedimentario no consolidado.

Fotografía 7.2.1.1.8.- Agua Blanca a Zacualpan Veracruz, afectación a vías de comunicación, fracturas de tensión.

Fotografía 7.2.1.1.9.- Loc. Huehuetla corona de erosión.

Fotografía 7.2.1.1.10.- Deslizamiento en el corte del camino que comunica a La Esperanza, San Guillermo y El Veinte.

Fotografía 7.2.1.1.11.- Loc. San Guillermo, barda deformada e inclinada y patio agrietado.

Fotografía 7.2.1.1.12.- Loc. La Esperanza-San Gregorio escalonamiento en la ladera, producto de deslizamiento.

Fotografía 7.2.1.1.13.- Escuela Primaria José Ma. Morelos, muro de contención de mampostería.

Fotografía 7.2.1.1.14.- Loc. El Aguacate, Estructuras de deslizamiento en forma de media luna.

Fotografía 7.2.1.1.15.- Loc. San Francisco La Laguna, escuela asentada sobre una ladera inestable.

Fotografía 7.2.1.1.16.- Loc. Tenango de Doria, Escuela Secundaria No. 43, material desprendido con bloques de hasta 2 metros.

Fotografía 7.2.1.1.17.- Loc. San Bartolo Tutotepec-Huehuetla, plano de falla en forma semi-circular.

Fotografía 7.2.1.1.18.- Loc. Santa Mónica, flujo de lodos registrado en el año 1998-1999.

Fotografía 7.2.1.1.19.- Loc. El Salitre, material poco consolidado generando oquedades en los taludes.

Fotografía 7.2.1.1.20. Convento de los Santos Reyes con fracturamiento por asentamiento diferencial.

Fotografía 7.2.1.1.21.- Loc. Puerto La Cumbre y Malila, deslizamiento en camino de terracería.

Fotografía 7.2.1.1.22.- Loc. Itztamichapa, ladera del cerro deslizada.

Fotografía 7.2.1.1.23.- Loc. Tlapepexco, escurrimientos naturales factor que facilita la formación de deslizamientos.

Fotografía 7.2.1.1.24.- Mantenimiento de camino hacia Molango, debido a deslizamiento.

Fotografía 7.2.1.1.25.- Loc. de Tlahuiltepa, afectada por deslizamiento.

Fotografía 7.2.1.1.26.- Loc. Nueva Era, deslizamiento que afectó a 7 casas.

Fotografía 7.2.1.1.27.- Camino de Eloxochitlan Juárez-Tlahuiltepa, deslizamientos acompañados con fragmentos de roca.

Fotografía 7.2.1.1.28.- Loc. Lolotla-Calnali, deslizamiento afectando a vías de comunicación.

Fotografía 7.2.1.1.29.- Loc. Loma Tepehuixco, deslizamiento que afecta a vías de comunicación.

Fotografía 7.2.1.1.30.- Loc. Acatepec- Texacal y Tenango, vías afectadas por deslizamiento.

Fotografía 7.2.1.1.31.- Deslizamiento en suelo y fragmentos de lutita-arenisca.

E



## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Fotografía 7.2.1.1.32.- Loc. Los Frailes, deslizamiento cubierto por vegetación.

Fotografía 7.2.1.1.33.- Loc. Pismayo-Amolo-Mesa Cueteada-Textoloc, afectación a las vías de comunicación por deslizamiento.

Fotografía 7.2.1.1.34.- Loc. El Rincón y Fray Francisco, vías de comunicación afectadas por deslizamientos.

Fotografía 7.2.1.1.35.- Loc. Santa María Amajac, ruptura de la cúpula, producto del deslizamiento.

Fotografía 7.2.1.1.36.- Loc. Santa María Amajac, deslizamiento que afecta la Iglesia y Panteón.

Fotografía 7.2.1.1.37.- Loc. Huiloco, deslizamientos afectando a vías de comunicación.

Fotografía 7.2.1.1.38.- Loc. de Hualula, vía de comunicación afectada por deslizamientos.

Fotografía 7.2.1.1.39.- Loc. Ixtlacuayo, escuela ubicada en la parte baja de la ladera.

Fotografía 7.2.1.1.40.- Loc Yatipán-Chiatipán, fracturamiento de camino.

Fotografía 7.2.1.1.41.- Loc Ixcotitlán-Tonchintlán, flujo de detritos.

Fotografía 7.2.1.1.42.- Loc. Joquela a Mazahuacán, material deslizado.

Fotografía 7.2.1.1.43.- Loc. Mixtla-Cuatlamayan, camino afectado por caída de detritos.

Fotografía 7.2.1.1.44.- Loc. Texacal-Tenango, camino de terracería afectado por deslizamientos.

Fotografía 7.2.1.1.45.- Loc. Michumita, flujo de detritos.

Fotografía 7.2.1.1.46.- Loc. Texcaco, viviendas edificadas en las faldas del cerro con riesgo a deslizarse.

Fotografía 7.2.1.1.47.- Colonia Las Cuevas (Zacualtipán), material afectando a viviendas.

Fotografía 7.2.1.1.48.- Loc. San José Piedra Gorda, viviendas ubicadas en las faldas del cerro.

Fotografía 7.2.1.1.49.- Loc. San Ignacio Nopala, zona de deslizamientos.

Fotografía 7.2.1.1.50.- Loc. San Buenaventura, peligro por deslizamiento.

Fotografía 7.2.1.1.51.- Loc. Santa María Quelites, asentamientos de viviendas en las partes bajas del cerro.

Fotografía 7.2.1.1.52.- Loc. Noxtongo, oquedades provocadas por escurrimiento de agua.

Fotografía 7.2.1.2.1.- Loc. Nueva Estrella, vivienda con peligro alto, por caída de bloques.

Fotografía 7.2.1.2.2.- Asentamientos irregulares cerca del escarpe del labrado de la veta Lagartijos.

Fotografía 7.2.1.2.3.- Bloque de roca andesítica sujeta por cable de acero.

Fotografía 7.2.1.2.4.- Barrio España, deslizamiento de los bloques hacia la terraza.

Fotografía 7.2.1.2.5.- Barrios San Nicolás y La Alcantarilla, movimiento de material balconado por el corte del camino.

Fotografía 7.2.1.2.6.- Zona de peligro por caída de bloques, que afectan a la parte norte de la colonia La Cruz.

Fotografía 7.2.1.2.7.- Zona de peligro por caída de bloques sobre la carretera Mineral del Chico.

Fotografía 7.2.1.2.8.- Intenso fracturamiento, carretera federal Pachuca-Real del Monte.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

- Fotografía 7.2.1.2.9.- Loc. Omitlán de Juárez, desprendimientos de grandes bloques.
- Fotografía 7.2.1.2.10.- Laderas muy escarpadas, se presentan constantes caídas de bloque sobre el camino.
- Fotografía 7.2.1.2.12.- Loc. C. Huapalcalco, viviendas que se encuentran asentadas en las laderas.
- Fotografía 7.2.1.2.13.- Loc. Huapalcalco, desprendimiento de bloques.
- Fotografía 7.2.1.2.14.- Loc. colonia La Cañada, bloques con alto grado de desprendimiento del talud.
- Fotografía 7.2.1.2.15.- Carretera federal No 130, roca muy fracturada, el talud es vertical y con presencia de agua.
- Fotografía 7.2.1.2.16.- Roca de origen ígneo, muy fracturada, afectando a la vía de comunicación.
- Fotografía 7.2.1.2.17.- Bloques caídos en dirección al población.
- Fotografía 7.2.1.2.18.- Viviendas en peligro medio, existe una reducida zona de amortiguamiento.
- Fotografía 7.2.1.2.19.- Discontinuidades a favor del corte del camino.
- Fotografía 7.2.1.2.20.- Bloques de grandes dimensiones que se desprenden del corte del talud.
- Fotografía 7.2.1.2.21.- Loc. San Bartolo Tutotepec, desprendimientos de roca del talud, afectando la vía de comunicación.
- Fotografía 7.2.1.2.22.- Barrio Plan del Recreo, inestabilidad debido a que el nivel freático es muy somero e intenso fracturamiento en la roca.
- Fotografía 7.2.1.2.23.- Metepec-Tenango de Doria, vía que comunicación afectada por desprendimientos de bloques de roca.
- Fotografía 7.2.1.2.24.- Loc. San Ambrosio, zona de frecuentes caídos de bloques (movimiento tipo plana y volteo), por la erosión diferencial que presenta la roca.
- Fotografía 7.2.1.2.25.- Loc. Temango-Jalpa, roca calcárea, la discontinuidad está a favor del corte del camino, facilitando el desprendimiento de los bloques.
- Fotografía 7.2.1.2.26.- Loc. Acoyotla-Xiliapa, roca calcárea, material extraído para uso de la construcción, provocando inestabilidad del talud.
- Fotografía 7.2.1.2.27.- Loc. Cuatolol, la deforestación acelera la inestabilidad de la ladera.
- Fotografía 7.2.1.2.28.- Loc. Quimixtla Ula, Hueyapa, San Miguel, ladera inestable, debido a que la discontinuidad del macizo rocoso está a favor del ángulo de corte del camino.
- Fotografía 7.2.1.2.29.- Loc. Tepehuacan de Guerrero-Cuazahuatl, rocas calcáreas inestables, estratificación delgada e intenso fracturamiento.
- Fotografía 7.2.1.2.30.- Loc. San Francisco-Xilocuatitla, roca con erosión diferencial generando mecanismo de movimiento por volteo en los bloques inestables.
- Fotografía 7.2.1.2.31.- Loc. Agua del Capulin, estratos a favor del talud del camino, generando bloques inestables.
- Fotografía 7.2.1.2.32.- Loc. Gilo ladera muy inestable, constituida por material de pie de monte no consolidado.
- Fotografía 7.2.1.2.33.- Loc. Eloxochitlán-Ixmoltitla-Acuatitlán-Malila, material terrígeno fracturado y foliado, originando que los planos de discontinuidad

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Fotografía 7.2.1.2.34.- Loc. San Cristóbal-Amajatlán-Tlatepexe, viviendas en peligro alto por la constante caída de bloques.

Fotografía 7.2.1.2.35.- Loc. Tlanchinol-Tehuettlan, en temporadas de lluvias se incrementa la caída de grandes bloques.

Fotografía 7.2.1.2.36.- Vía federal No 105 (México-Tampico), bloques inestables, mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo.

Fotografía 7.2.1.2.37.- Rocas sedimentarias en posición vertical, el mecanismo de movimiento de los bloques es por falla plana y cuña.

Fotografía 7.2.1.2.38.- Loc. Coahuazas, erosión diferencial que forman bloques que se desprenden del talud.

Fotografía 7.2.1.2.39.- Loc. Atempa-Papatlatla, inestabilidad en la ladera por caída de bloques originadas por las discontinuidades.

Fotografía 7.2.1.2.40.- Loc. Yahualica-Santo Tomas, zona de constantes caídas de bloques sobre la vía de comunicación.

Fotografía 7.2.1.2.41.- Loc. Acatepec, inestabilidad en el talud generada por la litología, grado de intemperismo y corte de talud.

Fotografía 7.2.1.2.42.- Loc. Tlanchinol-Quetzaltongo, estratos verticales originando bloques desprendidos.

Fotografía 7.2.1.2.43.- Loc. Huiznopala–Acatepec, inestabilidad de talud generada por corte del talud y fracturamiento intenso.

Fotografía 7.2.1.2.44.- Loc. Ixcatlan–Tlazintla, constantes desprendimientos de bloques de la ladera.

Fotografía 7.2.1.2.45.- Loc. Molango, material rocoso fuertemente fracturado.

Fotografía 7.2.1.2.46.- Loc. El Encino- Pontadho, roca fuertemente fracturada, los planos de discontinuidad están a favor del corte de talud.

Fotografía 7.2.1.2.47.- Material rocoso terrígeno que se encuentra plegado y fracturado, originando la inestabilidad de la ladera.

Fotografía 7.2.1.2.48.- Loc. Zacualtipan, secuencia de caliza-lutita, muy fracturada, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo.

Fotografía 7.2.1.2.49.- Loc. La Esperanza, parte de la ladera que presenta caída de bloques y flujo de detritos, afectando a la vía de comunicación.

Fotografía 7.2.1.2.50.- Carretera Calnali-San Andrés, por la estratificación e intenso fracturamiento se producen constante caída de bloques, afectando a la vía de comunicación.

Fotografía 7.2.1.2.51.- Localidad Tlamamala, zona de constantes caídas, el problema se incrementa en temporada de lluvias.

Fotografía 7.2.1.2.52.- Loc. Chinameca, sedimentos terrígenos moderadamente intemperizados, susceptibles a generar movimiento por deslizamiento y/o caída de bloques.

Fotografía 7.2.1.2.53.- Loc. Tenango, rocas calcáreas presentando caída de bloques por volteo y falla plana.

Fotografía 7.2.1.2.54.- Loc. carretera Atotomoc-Oxpantla, camino reciente en donde se tienen problemas de inestabilidad por caída de bloques.

H



## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Fotografía 7.2.1.2.55.- Laderas del C. El Nixtamal, se realizan obras de ampliación y pavimentación, existe inestabilidad en los taludes.

Fotografía 7.2.1.2.56.- Loc. Tripuente, camino de terracería que frecuentemente es afectada por caída de bloques.

Fotografía 7.2.1.2.57.- Loc. Pisaflores-El Entronque, formación de bloques por el fracturamiento de la roca.

Fotografía 7.2.1.2.58.- Loc. Santa Ana de Allende, gran cantidad de bloques sueltos, producto del balconeo y de la erosión diferencial.

Fotografía 7.2.1.2.59.- Loc. Chapuluacan, desprendimientos de bloques, debido a la posición de los estratos y al nivel freático somero.

Fotografía 7.2.1.2.60.- Loc. Jacala, una zona inestable del material de pie de monte mal consolidado.

Fotografía 7.2.1.2.61.- Loc. Santa María Miraflores-Milpas Viejas-El Fraile Parte del camino donde se presentan problemas de inestabilidad.

Fotografía 7.2.1.2.62.- Loc. Jiliapan, ladera con constantes caídos de bloques, la zona de amortiguamiento es amplia.

Fotografía 7.2.1.2.63.- Loc. Jacala-Quetzalapa, estratificación a favor del corte del camino, originando mecanismo de movimiento tipo planar.

Fotografías 7.2.1.2.64.- Loc. Tierras Amarilla-Los Mármoles, zona de inestabilidad, planos de discontinuidad a favor del corte del camino.

Fotografía 7.2.1.2.65.- Loc. Tierras Amarilla-Los Mármoles, material fuertemente fracturado, frecuentes caídos de bloques inestables.

Fotografías 7.2.1.2.66.- Loc. Calera, parte de la ladera presenta escarpe, lo que originando los bloques inestables.

Fotografía 7.2.1.2.67.- Loc. Calera, generación de bloques desprendidos debido al corte vertical y erosión diferencial.

Fotografía 7.2.1.2.68.- Loc. Codornices-La Mohonera, vía de comunicación con taludes inestables.

Fotografía 7.2.1.2.69.- Loc. Nicolás Flores-Cerro Prieto, inclinación de estratificación superior a 55°, favoreciendo el deslizamiento de bloques.

Fotografía 7.2.1.2.70.- Loc. La Loma, vía que comunica a la presa de Zimapán, talud casi vertical, originando inestabilidad de ladera.

Fotografía 7.2.1.2.71.- Loc. Santa María Miraflores, bloques desprendidos de la ladera.

Fotografía 7.2.1.2.72.- Loc. El Manantial-Cuesta Colorada, fracturamiento perpendicular a la estratificación y a favor del corte del talud.

Fotografía 7.2.1.2.73.- Loc. Emes-La Lagunita, camino con inestabilidad en las laderas.

Fotografía 7.2.1.2.74.- Loc. El Santuario, contacto litológico entre una secuencia de caliza-lutita y hacia la cima basalto, originando laderas escarpadas susceptibles al desprendimientos de bloques.

Fotografía 7.2.1.2.75.- Loc. La Cruz, contacto litológico, originando un cambio de pendiente.

Fotografía 7.2.1.2.76.- Loc. Atengo, contacto litológico, originando inestabilidad en los taludes.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Fotografía 7.2.1.2.77.- Loc. San Francisco, laderas en proceso de denudación.

Fotografía 7.2.1.2.78.- Loc. San Antonio-La Esquina, roca muy deleznable generando socavación originado por la acción del viento y agua.

Fotografía 7.2.1.2.79.- Loc. La Esquina, bloques desprendidos y asentados sobre material arenoso.

Fotografía 7.2.1.2.80.- Loc. La Magdalena, basalto muy fracturado en taludes escarpados, originando caída de los bloques.

Fotografía 7.2.1.2.81.- Loc. San Jerónimo, grandes bloques desprendidos de la ladera.

Fotografía 7.2.1.2.82.- Loc. San Jerónimo, bloques de 25 m<sup>3</sup>, a una distancia de 100 m se ubica una escuela primaria.

Fotografía 7.2.1.2.83.- Loc. Boxaxni-San Nicolás, afectación a la vía de comunicación.

Fotografía 7.2.1.2.84.- Loc. El Conejo-Lomas de Guillen, secuencia de arenisca-lutita de estratificación delgada con fuerte plegamiento, el material es deleznable generando de fragmentos de diversos tamaños.

Fotografía 7.2.1.2.85.- Loc. San Miguel Vindho, desprendimientos de bloques en las laderas inestables.

Fotografía 7.2.1.2.86.- Loc. San Miguel Vindho, desprendimientos de bloques en las laderas inestables.

Fotografía 7.2.1.2.87.- Loc. San Miguel Vindho, fuerte fracturamiento y erosión diferencial generando inestabilidad de laderas por caída de bloques.

Fotografía 7.2.1.2.87.- Loc. Carretera Tepeji del Río-San Juan del Río, talud escarpado y roca intensamente fracturada.

Fotografía 7.2.1.2.88.- Loc. Cañada de Madero, asentamiento de viviendas en las proximidades de las laderas inestables.

Fotografía 7.2.1.2.89.- Loc. San Juan Teacalco, planos de debilidad a favor del camino, provocando movimientos por falla planar y flujos de detritos.

Fotografía 7.2.1.2.90.- Loc. San Ignacio Nopala, bloques desprendidos de la ladera, afectando a viviendas y vías de comunicación.

Fotografía 7.2.2.1. Hundimiento suscitado en la calle Peñuñuri No. 305, Barrio el Arbolito.

Fotografía 7.2.2.2.- Cancha construida sobre el tiro San Guillermo, en Mineral de la Reforma.

Fotografía 7.2.2.3.- Fracturamiento del muro perimetral del estacionamiento en el Barrio Dolores.

Fotografía 7.2.2.4.- Zona de la veta Santa Inés, afectaciones a algunas viviendas por movimiento del terreno.

Fotografía 7.2.2.5. Hundimiento de 30 m en la localidad Nuevo Monterrey.

Fotografía 7.2.2.6 Cavernas ubicadas sobre el camino Nueva Era-Nueva Monterrey.

Fotografía 7.2.2.7. Fracturamiento de viviendas del poblado Chipoco.

Fotografía 7.2.2.8. Hundimiento en la ex unidad minera de Otongo.

Fotografía 7.2.2.9.- Dolina ubicada en la Colonia El Polvorín, Jacala de Ledezma.

Fotografía 7.2.2.10. Loc. Cieneguilla-Barrio Manzanitas y La Laguna, disolución de la caliza.

Fotografía 7.2.2.11.- Diámetro del hundimiento ocurrido en la colonia El Cielito.

J

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

- Fotografía 7.2.2.12.- Unidad Habitacional PEMEX, postes ladeados, fracturas en casas y sobre el pavimento.
- Fotografía 7.2.2.13.- Oquedades presentes en la Colonia Noxtongo.
- Fotografía 7.3.1.- Loc. San Juan Tizahuapan, viviendas en uno de los flancos de un banco de material.
- Fotografía 7.3.2.- Banco de materiales dentro de la zona urbana de la ciudad de Tulancingo.
- Fotografía 7.3.3.- Banco de materiales en la ciudad de Tulancingo, casas ubicadas en los alrededores.
- Fotografía 7.3.4.- Loc. Caravallo, banco de materiales inactivo.
- Fotografía 7.3.5.- Cerro El Jihuingo, existen distribuidos al menos 30 bancos de material.
- Fotografía 7.3.6.- Loc. El Rincón, banco de material relleno con materiales heterogéneos.
- Fotografía 7.3.7.- Loc. El Zoquite, talud vertical, casas ubicadas en unos de los flancos del banco de material.
- Fotografía 7.3.8.- Loc. Cerro Colorado, casas ubicadas en unos de los flancos del banco de material.
- Fotografías 7.3.9 y 7.3.10 Banco de materiales inactivo, se han establecido 2 viviendas.
- Fotografía 7.3.11.- Loc. Tehuetlan, banco de material con inadecuada forma de explotación.
- Fotografía 7.3.12.- Loc. Zacualtipán, casas asentadas en los flancos del banco de material.
- Fotografía 7.3.13.- Loc. Jacala, bancos de material abandonados, ubicados dentro de la zona urbana.
- Fotografías 7.3.14. y 7.3.15.- Loc. Jacala, banco de material inactivo, efecto de deslizamientos que produce.
- Fotografías 7.3.16., 7.3.17. Carretera Federal hacia Querétaro, infraestructura cerca de un corte de un banco de material.
- Fotografía 7.3.18.- Loc. La Estancia, banco de materiales inactivo.
- Fotografía 7.3.19.- Loc. Tizayuca, relleno de material heterogéneo en la zona de explotación.
- Fotografía 7.3.20.- Loc. Pacheco de Allende, banco de material abandonado.
- Fotografía 7.3.21.- Loc. Yolotepec, casas establecidas en unos de los flancos del talud.
- Fotografía 7.3.22.- Loc. Emiliano Zapata, casas establecidas en unos de los flancos del talud.

### Índice de Tablas

- Tabla 3.1.- Tipos de vivienda en base a su vulnerabilidad física (CENAPRED, 2005).
- Tabla 3.2.- Matriz de peligro vs vulnerabilidad (Fuente: DINAPRE, Lima, Perú, 2006)
- Tabla 3.1.2.- Tipo, grado y simbología de erosión.
- Tabla 3.2.1.1.- Descripción y grado de afectación por deslizamientos.
- Tabla 7.1.3.1 Afectaciones por granizadas del Estado.
- Tabla 7.1.6.1. Incremento de superficie de cambio de uso de suelo en el Estado.



## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Tabla 7.1.6.2.- Deforestación en el Estado.

Tabla 7.1.6.3.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de maíz de la Región I.

Tabla 7.1.6.4.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de frijol de la Región I.

Tabla 7.1.6.5.- Cultivos con vulnerabilidad alta en la Región II.

Tabla 7.1.6.6.- Cultivos con vulnerabilidad alta en la Región III.

Tabla 7.1.6.7.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de maíz de la Región IV.

Tabla 7.1.6.8.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de frijol de la Región IV.

Tabla 7.1.6.9.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de frijol de la Región V.

Tabla 7.1.6.10.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de maíz de la Región V.

Tabla 7.1.6.11.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de cebada de la Región V.

Tabla 7.1.6.12.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de maíz de la Región V.

Tabla 7.1.6.13.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de frijol de la Región V.

Tabla 7.1.6.14.- Distribución granulométrica por tipo de suelo.

Tabla 7.1.6.15.- Valores del factor C (porcentaje de cobertura vegetal).

Tabla 7.1.6.16.- Valores del factor P (infraestructura de protección contra la erosión).

Tabla 7.1.6.17.- Resultados y parámetros utilizadas en la formula universal de predicción de pérdida de suelos para las regiones del Estado.

Tabla 7.1.7.1.- Subcuencas principales en el Estado.

Tabla 7.1.7.2.- Orden de los principales ríos en el Estado.

Tabla 7.2.1.1.1.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamiento en viviendas de la Región I.

Tabla 7.2.1.1.2.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamiento en viviendas de la Región III.

Tabla 7.2.1.1.3.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamiento en viviendas de la Región IV.

Tabla 7.2.1.1.4.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamiento en viviendas de la Región V.

Tabla 7.2.1.1.5.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamiento en viviendas de la Región VI.

Tabla 7.2.1.1.6.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamiento en vías de comunicación de la Región I.

Tabla 7.2.1.1.7.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamiento en vías de comunicación de la Región II.

Tabla 7.2.1.1.8.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamiento en vías de comunicación de la Región III.

Tabla 7.2.1.1.9.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamiento en vías de comunicación de la Región IV.

Tabla 7.2.1.1.10.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamiento en vías de comunicación de la Región V.

L



## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

- Tabla 7.2.1.1.11.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamiento en vías de comunicación de la Región VI.
- Tabla 7.2.1.1.12.- Municipios con mayor vulnerabilidad de la Región I.
- Tabla 7.2.1.1.13.- Municipios con mayor vulnerabilidad de la Región III.
- Tabla 7.2.1.1.14.- Municipios con mayor vulnerabilidad de la Región IV.
- Tabla 7.2.1.1.15.- Municipios con mayor vulnerabilidad de la Región V.
- Tabla 7.2.1.1.16.- Municipios con mayor vulnerabilidad de la Región VI.
- Tabla 7.2.1.1.17.- Riesgo por deslizamientos y afectación de las localidades de la Región I.
- Tabla 7.2.1.1.18.- Riesgo por deslizamientos y afectación de las localidades de la Región II.
- Tabla 7.2.1.1.19.- Riesgo por deslizamientos y afectación de las localidades de la Región III.
- Tabla 7.2.1.1.20.- Riesgo por deslizamientos y afectación alta de las localidades de la Región IV.
- Tabla 7.2.1.1.21.- Riesgo por deslizamientos y afectación media de las localidades de la Región IV.
- Tabla 7.2.1.1.22.- Riesgo por deslizamientos y afectación de las localidades de la Región V.
- Tabla 7.2.1.1.23.- Riesgo por deslizamientos y afectación de las localidades de la Región VI.
- Tabla 7.2.1.2.1.- Clasificación de la dureza de las rocas.
- Tabla 7.2.1.2.2.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región I.
- Tabla 7.2.1.2.3.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región II.
- Tabla 7.2.1.2.4.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región III.
- Tabla 7.2.1.2.5.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región IV.
- Tabla 7.2.1.2.6.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región V.
- Tabla 7.2.1.2.7.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región VI.
- Tabla 7.2.1.2.8.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región I.
- Tabla 7.2.1.2.9.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región II.
- Tabla 7.2.1.2.10.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región III.
- Tabla 7.2.1.2.11.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región IV.
- Tabla 7.2.1.2.12.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región V.
- Tabla 7.2.1.2.13.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región VI.
- Tabla 7.2.1.2.14.- Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región I.

M



## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

- Tabla 7.2.1.2.15.- Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región II.
- Tabla 7.2.1.2.16.- Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región III.
- Tabla 7.2.1.2.17. Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región IV.
- Tabla 7.2.1.2.18. Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región V.
- Tabla 7.2.1.2.19.- Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región VI.
- Tabla 7.2.1.2.20.- Riesgo y afectación por caída de bloques en las localidades de la Región I.
- Tabla 7.2.1.2.21.- Riesgo y afectación por caída de bloques en las localidades de la Región II.
- Tabla 7.2.1.2.22.- Riesgo y afectación por caída de bloques en las localidades de la Región III.
- Tabla 7.2.1.2.23. -Riesgo alto y afectación por caída de bloques en las diferentes localidades de la Región IV.
- Tabla 7.2.1.2.24.-Riesgo medio y bajo; afectación por caída de bloques en las diferentes localidades de la Región.
- Tabla 7.2.1.2.25.- Riesgo alto, afectación por caída de bloques en las diferentes localidades de la Región V.
- Tabla 7.2.1.2.26.- Riesgo medio, afectación por caída de bloques en las localidades de la Región V.
- Tabla 7.2.1.2.27.-Riesgo y afectación por caída de bloques en las diferentes localidades de la Región VI.
- Tabla 7.2.2.1 Localidades de la Región VI con problema de hundimientos y sus afectaciones.
- Tabla 7.2.2.2.- Colonias con vulnerabilidad alta por hundimiento en la Cd. de Pachuca.
- Tabla 7.2.2.3.- Colonias con vulnerabilidad alta por hundimiento en la Cd. de Real del Monte.
- Tabla 7.2.2.4.- Colonias con vulnerabilidad alta por hundimiento en la Región V.
- Tabla 7.2.2.5.- Colonias con vulnerabilidad alta por hundimientos en la Región VI.
- Tabla 7.2.2.6.- Colonias en riesgo alto, medio y bajo de la Región I, y las principales afectaciones.
- Tabla 7.2.2.7. Localidades en riesgo alto de la Región IV y sus principales afectaciones.
- Tabla 7.2.2.8.- Localidades con problema de hundimiento en la Región V y sus afectaciones.
- Tabla 7.2.2.9.- Localidades de la Región VI con problema de hundimiento y sus afectaciones.
- Tabla 7.2.3.1.- Distribución de los aparatos volcánicos en la Región I.
- Tabla 7.2.3.2.- Distribución de aparatos volcánicos de la Región II.
- Tabla 7.2.3.3.- Distribución de aparatos volcánicos en la Región V.
- Tabla 7.2.3.4.- Distribución de los aparatos volcánicos en la Región VI.
- Tabla 7.2.4.1.- Localidades cercanas a los epicentros registrados en el Estado.
- Tabla 7.2.4.2.- Clasificación de la Escala de Mercalli.
- Tabla 7.2.4.3.- Número de habitantes en los municipios del Estado.
- Tabla 7.3.1. Bancos de materiales censados por la SCT en el Estado.

Tabla 7.3.2. Localidades con vulnerabilidad alta producidos por la cercanía de bancos de material-población y peligro ocasionado(activos y abandonados).

### Índice de Figuras.

Figura 2.5.1.3.1.- Figura con curvas de nivel y límite municipal.

Figura 5.1.1.- Ubicación del Estado de Hidalgo.

Figura 5.1.2.- División regional propuesta por protección civil del Estado de Hidalgo.

Figura 6.1.1.- Carta Geológico-Minera del Estado de Hidalgo (SGM-2006)

Figura 6.2.1.- Distribución de las unidades litológicas de la Región.

Figura 6.2.2.- Distribución de las unidades litológicas de la Región.

Figura 6.2.3.- Distribución de las unidades litológicas de la Región.

Figura 6.2.4.- Distribución de las diferentes unidades litológicas de la Región.

Figura 6.2.5. Distribución de unidades litológicas de la Región.

Figura 6.2.6.- Distribución de las unidades litológicas de la Región.

Figura 6.3.1.- Principales estructuras regionales del Estado.

Figura 6.3.2.- Distribución de las estructuras más relevantes de la Región.

Figura 6.3.3.- Principales estructuras de la Región.

Figura 6.3.4.- Distribución de las estructuras más relevantes de la Región.

Figura 6.3.5.- Distribución de las principales estructuras que afectan a la Región

Figura 6.3.6.- Distribución de las principales estructuras de la Región

Figura 6.3.7.- Distribución de las principales estructuras

Figura 7.1.1.1.- Distribución de la frecuencia de precipitaciones a nivel Estatal.

Figura 7.1.1.2.- Zonificación del Riesgo por precipitación en el Estado.

Figura 7.1.1.3.- Distribución de la precipitación en la Región I.

Figura 7.1.1.4.- Distribución de la precipitación en la Región II.

Figura 7.1.1.5.- Distribución de la precipitación en la Región III

Figura 7.1.1.6.- Distribución de la precipitación en la Región IV.

Figura 7.1.1.7.- Distribución de la precipitación en la Región V.

Figura 7.1.1.8.- Distribución de la precipitación en la Región VI.

Figura 7.1.2.1.- Zonificación de tormentas pluviales en el Estado

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

- Figura 7.1.2.2.- Zonificación de riesgo por tormentas pluviales.
- Figura 7.1.2.3.- Distribución de tormentas pluviales Región I.
- Figura 7.1.2.4.- Distribución de Tormentas pluviales Región II.
- Figura 7.1.2.5.- Zonificación de tormentas pluviales Región III.
- Figura 7.1.2.6.- Zonificación de tormentas pluviales en la Región V.
- Figura 7.1.2.7.- Distribución de tormentas pluviales en la Región VI.
- Figura 7.1.3.1.- Distribución de granizadas en el Estado.
- Figura 7.1.3.2.- Zonificación Estatal de riesgo por granizadas.
- Figura 7.1.3.3.- Zonificación de granizadas en la Región I.
- Figura 7.1.3.4.- Zonificación de granizadas en la Región II.
- Figura 7.1.3.5.- Zonificación de granizadas en la Región III.
- Figura 7.1.3.6.- Distribución de granizadas en la Región IV.
- Figura 7.1.3.7. Distribución de granizadas Región V.
- Figura 7.1.3.8.- Zonificación de granizadas en la Región VI.
- Figura 7.1.4.1.- Frecuencia de heladas del Estado.
- Figura 7.1.4.2.- Zonificación de riesgo por heladas en el Estado.
- Figura 7.1.4.3.- Distribución de heladas en la Región I.
- Figura 7.1.4.4.- Distribución de heladas en la Región II
- Figura 7.1.4.5.- Distribución de la frecuencia de heladas en la Región III
- Figura 7.1.4.6.- Distribución de heladas en la Región IV.
- Figura 7.1.4.7.- Distribución de heladas en la Región V.
- Figura 7.1.4.8.- Distribución de heladas en la Región VI.
- Figura 7.1.5.1.- Principales periodos de sequía del siglo XX en México.
- Figura 7.1.5.2.- Zonas de afectación por severidad de sequía.
- Figura 7.1.5.3.- Temperaturas Máximas del Estado de Hidalgo.
- Figura 7.1.5.4.- Distribución de sequías del Estado de Hidalgo.
- Figura 7.1.5.5.- Figura de Riesgo por Sequías en el Estado.
- Figura 7.1.5.6.- Registro de sequías en la Región I.
- Figura 7.1.5.7. Distribución de sequías de la Región II.
- Figura 7.1.5.8.- Distribución de sequías en la Región III.



## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

- Figura 7.1.5.9.- Distribución de las sequías en la Región IV.
- Figura 7.1.5.10.- Distribución de sequías en la Región V.
- Figura 7.1.5.11.- Zonificación de Sequías en la Región VI.
- Figura 7.1.6.1.- Distribución de los distintos tipos de erosión en la Región I,
- Figura 7.1.6.2.- Distribución de la erosión hídrica laminar (Eh1, Eh2, Ec2).
- Figura 7.1.6.3.- Distribución de la erosión hídrica en la Región III.
- Figura 7.1.6.4.- Distribución de la erosión hídrica laminar (Eh1, Eh2 y Eh3).en la Región IV.
- Figura 7.1.6.5.- Distribución de la erosión hídrica laminar (Eh1, Eh2, Eh3 y Ec2) en la Región V.
- Figura 7.1.6.6.- Distribución de la erosión hídrica laminar (Eh1, Eh2, Eh3) en la Región VI.
- Figura 7.1.6.7.- Distribución de la erosión hídrica laminar de acuerdo a su tipo en el Estado.
- Figura 7.1.6.8.- Superficie de bosques y selvas en el año de 1976.
- Figura 7.1.6.9.- Cobertura de bosques y selvas hasta el año 2000 en el Estado.
- Figura 7.1.6.10.- Cubierta territorial de las comunidades vegetales de bosque y selva entre el periodo del año de 1976 al 2000 en el Estado
- Figura 7.1.6.11.- Vulnerabilidad por erosión en el Estado
- Figura 7.1.6.12.- Erosión proyectada al año 2059 en el Estado.
- Figura 7.1.6.13.- Pérdida de suelo anual de cada Región en toneladas por hectárea.
- Figura 7.1.7.1.- Regiones hidrológicas en el Estado.
- Figura 7.1.7.1.- Áreas de peligro de inundación en la Región I.
- Figura 7.1.7.2.- Zonificación del riesgo por desbordamiento en la zona urbana de Pachuca de Soto.
- Figura 7.1.7.3.- Zonificación del riesgo por encharcamiento en la zona urbana de Pachuca de Soto.
- Figura 7.1.7.4.- Áreas de peligro de inundación en la Región II.
- Figura 7.1.7.5.- Áreas de riesgo por inundación en la ciudad de Tulancingo de Bravo y zona conurbada por desbordamiento de cauces.
- Figura 7.1.7.6.- Localización de las zonas de riesgo por encharcamiento de la ciudad de Tulancingo y zona conurbada.
- Figura 7.1.7.7.- Áreas de peligro de inundación en la Región III.
- Figura 7.1.7.8.- Áreas de peligro de inundación en la Región IV.
- Figura 7.1.7.9.- Áreas de peligro de inundación en la Región V.
- Figura 7.1.7.10.- Áreas de peligro por inundación en la Región VI.
- Figura 7.1.7.11.- Zonificación de la vulnerabilidad en el Estado por inundación.
- Figura 7.1.7.12.- Localidades y zonas urbanas sujetas a riesgo por encharcamiento en el Estado.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

- Figura 7.1.7.13.- Localidades y zonas urbanas que presentan riesgo por desbordamiento de cauces en el Estado.
- Figura 7.1.7.14.- Zonificación de riesgo en el Estado por el fenómeno de Inundación.
- Figura 7.1.7.15.- Riesgo por desbordamiento de cauces y encharcamiento en la Región I.
- Figura 7.1.7.16.- Riesgo por desbordamiento de cauces y encharcamiento en la Región II.
- Figura 7.1.7.17.- Riesgo por desbordamiento de cauces en la Región III.
- Figura 7.1.7.18.- Riesgo por desbordamiento de cauces en la Región IV.
- Figura 7.1.7.19.- Riesgo por desbordamiento de cauces y encharcamiento en la Región V.
- Figura 7.1.7.20.- Riesgo por desbordamiento de cauces y encharcamiento en la Región VI.
- Figura 7.2.1.1.1.- Ubicación de deslizamientos en la Región I.
- Figura 7.2.1.1.2.- Ubicación de deslizamientos en la Región II.
- Figura 7.2.1.1.3.- Ubicación de deslizamiento de la Región III.
- Figura 7.2.1.1.4.- Ubicación de deslizamientos en la Región IV.
- Figura 7.2.1.1.5.- Ubicación de deslizamientos presentes en la Región V.
- Figura 7.2.1.1.6.- Ubicación de deslizamiento de la Región VI.
- Figura 7.2.1.1.7.- Zonificación de vulnerabilidad y áreas susceptibles a fenómeno de deslizamientos.
- Figura 7.2.1.1.8.- Zonificación de riesgo en el Estado por deslizamientos.
- Figura 7.2.1.1.9.- Distribución y zonificación del fenómeno de deslizamiento de la Región I.
- Figura 7.2.1.1.10.- Distribución y zonificación de deslizamiento de la Región II.
- Figura 7.2.1.1.11.- Distribución y zonificación de deslizamiento de la Región III.
- Figura 7.2.1.1.12.- Distribución y zonificación de deslizamiento de la Región IV.
- Figura 7.2.1.1.13.- Distribución y zonificación de deslizamiento de la Región V.
- Figura 7.2.1.1.14.- Distribución y zonificación de deslizamiento de la Región VI.
- Figura 7.2.1.2.1.- Inestabilidad de laderas por caída de bloques de la Región I.
- Figura 7.2.1.2.2.- Distribución de las zonas de peligro por caída de bloques en Pachuca, Hidalgo.
- Figura 7.2.1.2.3.- Distribución de inestabilidad de laderas por caída de bloques en la Región II.
- Figura 7.2.1.2.4.- Distribución de inestabilidad de laderas por caída de bloques en la Región III.
- Figura 7.2.1.2.7.- Ubicación de inestabilidad de laderas por caída de bloques de la Región V.
- Figura 7.2.1.2.8.- Ubicación de inestabilidad de laderas por caída de bloques de la Región VI.
- Figura 7.2.1.2.9.- Zonificación estatal de vulnerabilidad y áreas susceptibles a la inestabilidad de laderas por caída de bloques.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

- Figura 7.2.1.2.10.- Zonificación estatal de riesgo de inestabilidad de laderas por caída de bloques.
- Figura 7.2.1.2.11.- Zonificación de riesgo de inestabilidad por caída de bloques de la Región I.
- Figura 7.2.1.2.12.- Zonificación de riesgo de inestabilidad por caída de bloques de la Región II.
- Figura 7.2.1.2.13. Localidad parte norte de la Cd. de Tulancingo, viviendas que se encuentran en alto riesgo por el fenómeno de caída de bloques.
- Figura 7.2.1.2.14.- Zonificación de riesgo de inestabilidad por caída de bloques de la Región III.
- Figura 7.2.1.2.15.- Localidad Huehuetla.- Barrio Plan del Recreo, problemas de inestabilidad de laderas.
- Figura 7.2.1.2.16.-. Zonificación de riesgo de inestabilidad por caída de bloques de la Región IV.
- Figura 7.2.1.2.17.-. Zonificación de riesgo de inestabilidad por caída de bloques de la Región V.
- Figura 7.2.1.2.18.- Zonificación de riesgo de inestabilidad por caída de bloques de la Región VI.
- Figura 7.2.2.1.- Localización de las zonas con peligro por hundimiento en la Región I.
- Figura 7.2.2.2.- Zonificación por riesgo alto y medio en la Cd. de Real del Monte.
- Figura 7.2.2.3.- Los hundimientos de la Región IV.
- Figura 7.2.2.7.- Resultados del estudio geofísico realizado por PERGEO S. A. de C. V., identificando las zonas de peligro alto por hundimientos.
- Figura 7.2.2.8.- Ubicación de hundimientos de la Región V.
- Figura 7.2.2.9.- Zonificación de riesgo alto por hundimientos en la Región V.
- Figura 7.2.2.10.- Zonas donde se han presentado hundimiento en la Región VI.
- Figura 7.2.2.11.- Zonificación de vulnerabilidad y áreas susceptibles a fenómeno de hundimientos en el Estado.
- Figura 7.2.2.12.- Zonificación de riesgo en el Estado de por el fenómeno de hundimiento
- Figura 7.2.2.13.- Zonificación de riesgo por hundimiento en Pachuca de Soto, Hidalgo
- Figura 7.2.2.14.- Áreas de riesgo por hundimiento de la Región IV
- Figura 7.2.2.15.- Zonificación (rosa) de riesgo alto por hundimientos en la Región V
- Figura 7.2.3.1.- Sistema principal de fallas y fracturas, aparatos volcánicos más grandes y representativos del Estado.
- Figura 7.2.3.2.- Alineación de aparatos volcánicos en el Estado
- Figura 7.2.4.1.- Epicentros registrados en el Estado (Editada por el SGM).
- Figura 7.2.4.2.- Distribución geológica del Estado con sus principales estructuras geológicas.
- Figura 7.2.4.3.- Epicentros registrados en la década de 1990-2000 en el Estado (Editada por el SGM).
- Figura 7.2.4.4.- Zonificación de riesgo sísmico en el Estado, de acuerdo a las magnitudes y epicentros registrados en 1990-2000.
- Figura 7.2.4.5.- Epicentros y estructuras volcánicas en el Estado,

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Figura 7.2.4.6.- Zonificación de riesgo sísmico para la Región II.

Figura 7.2.4.7.- Zonificación de riesgo sísmico para la Región III.

Figura 7.2.4.8.- Zonificación de riesgo sísmico en la Región IV.

Figura 7.2.4.9.- Zonificación de riesgo sísmico en la Región V.

Figura 7.3.1. Zonas de riesgo para la población que se ubica cerca de los bancos de material de la Región I.

Figura 7.3.2.- Zonas de riesgo para la población que se ubica cerca de los bancos de material de la Región II.

Figura 7.3.3.- Zonas de riesgo para la población que se ubica cerca de los bancos de material de la Región III.

Figura 7.3.4.- Zonas de riesgo para la población que se ubica cerca de los bancos de material de la Región IV.

Figura 7.3.5.- Zonas de riesgo para la población que se ubica cerca de los bancos de material de la Región V.

Figura 7.3.6.- Zonas de riesgo para la población que se ubica cerca de los bancos de material de la Región VI.

Figura 7.4.1.- Zonificación del riesgo en las inmediaciones de la ciudad de Agua Blanca de Iturbide.

Figura 7.4.2.- Zonificación del riesgo en la ciudad de Huehuetla.

Figura 7.4.3.- Zonificación del riesgo en la ciudad de Metztlán.

Figura 7.4.4.- Zonificación del riesgo en la ciudad de Mineral del Monte.

Figura 7.4.5.- Zonificación del riesgo en la ciudad de San Bartolo Tutotepec.

Figura 7.4.6.- Zonificación del riesgo en la ciudad de Tenango de Doria.

Figura 7.4.7.- Zonificación del riesgo en la ciudad de Tulancingo de Bravo.

Figura 7.4.8.- Zonificación del riesgo en la ciudad de Huejutla de Reyes.

### Índice de Gráficas.

Grafica 7.1.1.1.- Precipitación anual 1986-2005.

Gráfica 7.1.2.1.- Frecuencia de tormentas pluviales, 1978-2001.

Grafica 7.1.6.1.- Pérdida de vegetación por cambio de uso de suelo para el Estado.

Grafica 7.1.6.2.- Distribución porcentual de la erosión hídrica laminar en el Estado.

Gráfica 7.1.6.3.- Comparación de la pérdida de suelo en Estado de acuerdo a la Región.

Gráfica 7.1.6.4.- Proyección a 50 años de la pérdida de suelo por tonelada anual en el Estado.



## 1.- RESUMEN

El Estado de Hidalgo se ubica en la porción centro-oriente de la República Mexicana, su entorno geográfico es de gran diversidad, comprende desde sierras amplias con elevaciones superiores a los dos mil metros sobre el nivel del mar hasta grandes extensiones de planicies que se presentan en la parte nororiente y sur del Estado, formando así, una gran cantidad de depresiones topográficas, amplias extensiones de rocas de origen lacustre e importantes cuencas hidrológicas.

En la búsqueda para satisfacer necesidades primarias, como el abasto del agua, muchas veces las comunidades se establecen en sitios vulnerables, esto es, en zonas escarpadas o bien en llanuras de inundación de los ríos y arroyos principales en donde se corre el riesgo de generarse el fenómeno por remoción de masas.

Bajo este contexto, el Estado de Hidalgo presenta diversos peligros tanto hidrometeorológicos como geológicos, tales como: Inundación, deslizamiento, caída de bloques, hundimiento, vulcanismo, sismos, fallas, fracturas y erosión.

Para el caso de las inundaciones el fenómeno se origina por tres causas principales: desbordamiento, encharcamiento y obstrucción de drenaje, siendo frecuente este evento en las llanuras y planicies ubicadas en la parte sur y nororiente del Estado.

Con respecto a riesgos por remoción de masas, su origen está en función de las características físico-químico del macizo rocoso, distribución de las discontinuidades en la misma, características topográficas, intensidad de lluvia, y patrón estructural, la afectación principal se cartografió en la parte centro-norte del Estado.

El hundimiento es propiciado en rocas carbonatadas donde el agua reacciona con los minerales y los disuelve, provocando así la karstificación, que es un proceso importante de alteración a través de fracturas y estratificación en rocas carbonatadas, que contribuye al

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

modelado de los macizos rocosos provocando la formación de oquedades, inestabilidad en taludes y procesos de colapso como los cartografiados en los municipios de Jacala y Pacula; también se asocia a las obras mineras abandonadas y en ocasiones rellenas de materiales no compactados, principalmente donde la población ya invadió las zonas de desarrollo, este problema se cartografió en las ciudades de Pachuca, Real del Monte y Chipoco.

No se presenta actividad volcánica en la Entidad, sin embargo se tienen manifestaciones termales que son aprovechados para el desarrollo turístico. Aunque la actividad sísmica no es relevante en el Estado, este fenómeno puede afectar a los municipios ubicados sobre el Eje Neovolcánico tales como: Huichapan, Tula de Allende, Ajacuba, Mineral del Chico, Pachuca, Apan, entre otros. Hidalgo, actualmente presenta pérdida de suelo, siendo este intenso donde la pendiente tiene un grado mayor y poca cobertura vegetal, la erosión predominante es la hídrica laminar en grados bajo (Eh1), medio (Eh2) y alto (Eh3), hacia la porción sur y nororiente del Estado, predomina la erosión hídrica en grados bajo (Eh1) y medio (Eh2) asociado a erosión concentrada con cárcavas (Ec2), hacia la parte serrana se tiene la erosión hídrica en grados medio (Eh2) y alto (Eh3).

## 2.- ANTECEDENTES

### 2.1.- Introducción

El acelerado crecimiento territorial de las poblaciones en áreas y zonas urbanas cuya aptitud del suelo no es adecuada para el asentamiento humanos, tiende a incrementar la vulnerabilidad de las viviendas frente a amenazas de origen natural y antrópico. Las condiciones socioeconómicas de las familias de escasos recursos, asentadas en áreas carentes de infraestructura, servicios y viviendas inseguras, son de consideradas dentro de las zonas alta marginalidad, la combinación de ambos factores incrementa potencialmente las posibilidades de ocurrencia de un desastre. En este sentido, el Gobierno Constitucional del Estado, la Secretaría de Gobernación a través del Fondo de Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) y del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) como órgano rector en colaboración con el Servicio Geológico Mexicano (SGM) presentan el Atlas de Riesgos del Estado de Hidalgo. La finalidad de dicho documento es la de proporcionar a las autoridades locales, información relevante sobre las zonas de mayor impacto por peligros naturales y antropogénicos identificados a nivel entidad, regional y de manera puntual en algunas ciudades propuestas por la Dirección General de Protección Civil (DGPC) de la Entidad.

La información documentada y precisa contenida en el Atlas, será clave para actuar en el plano preventivo y en el fundamento de estrategias de autoprotección orientadas a reducir los costos económicos y sociales, además de pérdidas humanas que pudieran ocurrir a consecuencia de algún desastre. Este documento hará posible, al mismo tiempo, disminuir el plazo requerido para iniciar las labores de apoyo y reconstrucción de daños, resultado en todo caso de la interacción entre autoridades, damnificados, socorristas y el resto de la sociedad.

La ubicación de las zonas de riesgos y el nivel de peligro identificado en las diferentes estructuras que conforman la entidad, constituyen los primeros pasos para reforzar el Sistema Estatal de Protección Civil y del Proceso de Gestión de Riesgos en esta importante

entidad. Con ello se avanza hacia uno de los objetivos sustanciales de los gobiernos en sus tres niveles con la finalidad de: ***propiciar el mejoramiento de las condiciones de vida de quienes residen en las áreas marginadas en el Estado de Hidalgo, mediante la modificación del plan de desarrollo urbano de construcción en zonas de laderas y montañas.***

Para Hidalgo en proceso de cambio, cuyo objetivo es lograr un desarrollo humano integral, equitativo y sustentable, las cifras anuales de pérdidas provocadas por el embate de los fenómenos naturales y antropogénicos constituyen una condición inaceptable. Por ello es indispensable establecer estrategias, políticas y programas de largo alcance enfocados a prevenir y reducir el efecto de los fenómenos perturbadores con la participación y corresponsabilidad de los diferentes niveles de gobierno, sectores social y privado. Este tipo acciones deben lograr que la sociedad sea capaz de afrontar los peligros asegurando al mismo tiempo que el desarrollo no incremente su vulnerabilidad y, por ende, el riesgo. Sólo así se podrá garantizar una sociedad menos vulnerable y una población más preparada y segura.

## 2.2.- Objetivo.

Determinar y cuantificar los peligros naturales llegando a la microzonificación de la afectación hacia el ser humano y su infraestructura pública, estableciendo acciones e información para atender estas contingencias, mediante la generación del conocimiento Geológico-Ambiental en una base de datos apoyada con información cartográfica digital previamente validada en campo, la cual se integrará en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

## 2.3.- Alcance.

Integración de la información disponible y la determinación de peligros y riesgos naturales que se presentan en el Estado de Hidalgo, debido a que se encuentran dentro de una gran superficie con pendientes variables, en la cual se presentan condiciones que favorecen el desarrollo y la evolución de fenómenos perturbadores.

## 2.4.- Metas.

Elaboración de base de datos, fichas técnicas de peligros naturales, metadatos, glosario determinos, informe final acompañado de de resumen ejecutivo, cartas temáticas, todo el proyecto integrado dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG) en plataforma Arc Gis 9.2, herramienta de consulta rápida del proyecto.

## 2.5.- Método de Trabajo:

Para la elaboración del presente Atlas se tomó como base, la metodología vigente desarrollada a nivel nacional por la SEDESOL y el SGM denominada “Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel Ciudad (Identificación y Zonificación) edición 2004, y la desarrollada por el órgano rector que es el CENAPRED “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos”.

### 2.5.1.- Trabajos de Gabinete

#### 2.5.1.1.- Compilación y análisis de la información.

El análisis y procesamiento de la información se llevó a cabo en dos etapas:

##### - Primera Etapa

Inicia con la recopilación de información digital cartográfica, impresa y bibliografía, así como el análisis de la misma, con el propósito de utilizar los fundamentos que lleven a la identificación de los peligros naturales y antropogénicos que son aquellos fenómenos cuya ocurrencia tiempo y espacio han sido cuantificados, cualificados y referidos en base en los desastres donde han ocurrido pérdidas y actividades humanas acontecidos al menos en los últimos 20 años.

Con el apoyo de la interpretación de las imágenes de satélite, ortofotos, fotografías aéreas y el modelo digital de elevación para extraer información relativa a la expresión regional de los peligros causados por fenómenos naturales y en la definición de las zonas de peligro en áreas urbanas o por urbanizar, se pudieron identificar de manera preliminar, las zonas susceptibles de presentar alguna problemática de tipo geológico o hidrometeorológico, lo cual sirvió para programar la verificación de campo

### - Segunda Etapa

Esta etapa se refiere al trabajo de campo en donde para cada uno de los tipos de peligros se siguió una metodología apropiada y adaptada para el área de estudio según las condiciones del terreno y de las necesidades propias de este proyecto.

La verificación de campo, consiste en corroborar y describir las características, litológicas, estructurales, geotécnicas y ambientales del área de estudio, mediante el llenado de una ficha técnica para cada nivel de información.

El formato contiene, entre otros datos, la fotografía del sitio e información relacionada con su ubicación, clave de identificación según el nivel de información, fecha de visita, coordenadas UTM, así como un espacio para la descripción de las observaciones o características más relevantes del sitio visitado. Cabe mencionar que para algunos temas específicos, además de los datos anteriores, se incluyó información especial del rubro que se estuvo analizando, para, posteriormente, elaborar una base de datos completa, a partir de la cual se pudieran elaborar los planos correspondientes a cada tema.

Para los peligros geológicos, se tomaron los datos estructurales correspondientes y predominantes en cada uno de los sitios visitados, como son: azimut de la dirección de inclinación máxima del plano de discontinuidades (estratificación, fallas y fracturas) y la intensidad o ángulo de inclinación.

Para la identificación de los diferentes tipos de erosión se describió el tipo de vegetación asociada, cobertura en km<sup>2</sup>, precipitación y tipo de roca, entre otros parámetros.

En esta sección del proyecto, se establecen los criterios para determinar las áreas con peligros hidrometeorológicos. La base para este trabajo es la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales del CENAPRED.

El peligro de inundación se analizó en función de las condiciones actuales de la precipitación, topografía, tipo y cobertura del suelo. En una zona donde el cambio de uso de suelo es modificado de acuerdo a las necesidades requeridas como en Estado, la topografía puede ser modificada al construir un puente, una carretera. La cobertura de suelo es modificada al construir en zonas que antes eran matorral o bosque. Estas propiedades del área de estudio tienen una fuerte influencia en el peligro de inundación. Por lo tanto sólo se considerarán las condiciones del presente, no del pasado ni de posibles cambios en el futuro.

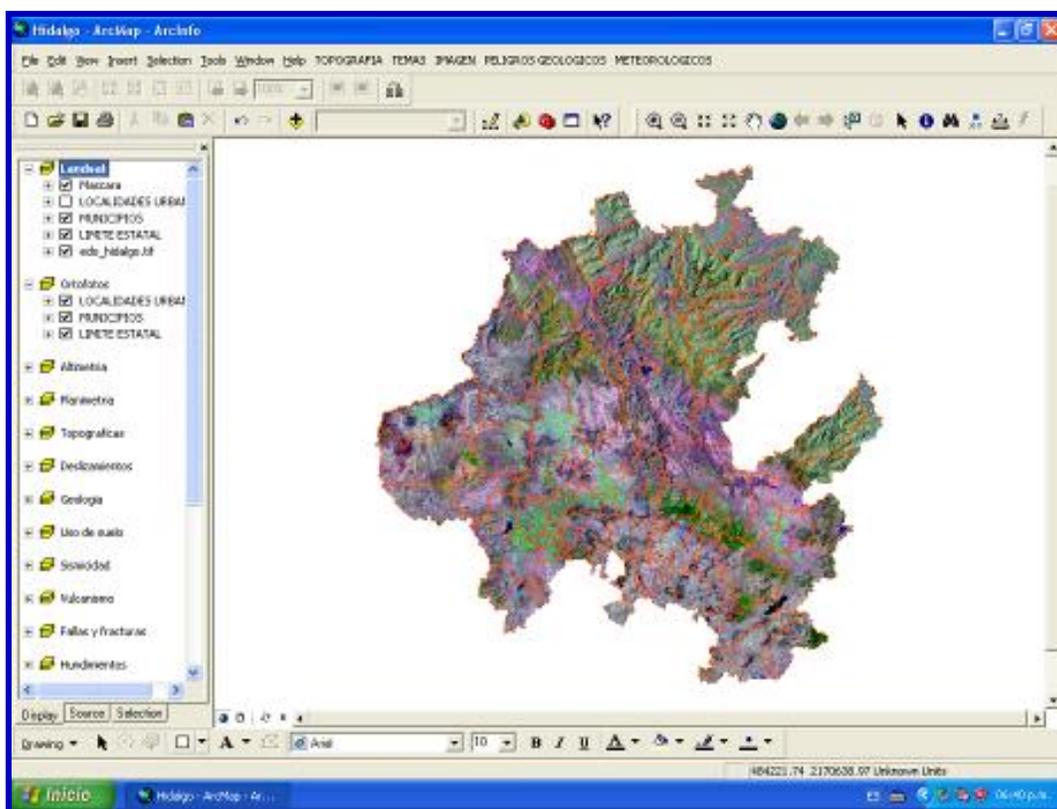
Los Figuras y productos finales que se obtienen luego del procesamiento de los datos son:

- Una capa de información de peligro de inundación a lo largo de los cauces y áreas adyacentes a los mismos.
- Una capa de información de peligro de encharcamiento.
- La identificación de los puntos conflictivos, identificados en función del cruce de la red hidrológica y el equipamiento vial y ferroviario en la zona de estudio.
- Una capa de puntos de peligro aparece representada la información de salidas de verificación en campo, de inundaciones históricas y puntos obtenidos en trabajos previos.

### 2.5.1.2.- Planimetría.

La realización de planos en computadora tiene como ventajas, cambiar con facilidad su escala y composición en cualquier momento, además de que permite ordenar los objetos que

se deseen representar en distintas capas, por lo que los elementos de interés se pueden ver o imprimir en cualquier momento así como asignarles distintos colores, esto es muy útil cuando se trata de representar unidades estratigráficas por separado, o varias a la vez, así como a la hora de hacer transparencias para una exposición y análisis (Figura 2.5.1.2.1.).



**Figura 2.5.1.2.1.- Presentación del despliegue de información en el Arc Gis.**

### 2.5.1.3.- Altimetría

La altimetría comprende la información que describe el relieve de la superficie terrestre y está definida por las curvas de nivel. Se encarga también de la medición de las diferencias de cota o elevación entre los diferentes puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia. La determinación de las alturas o distancias verticales también se puede hacer a partir de la medición de las pendientes o grado de inclinación del terreno y de la distancia inclinada entre dos puntos. Como resultado se obtiene el esquema vertical.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Las curvas de nivel son las líneas que representan puntos y lugares de la superficie terrestre con la misma altura respecto al nivel del mar. Se representa con líneas sólidas y tienen el atributo del valor de la altura en metros (Figura 2.5.1.3.1.). En el área de estudio, están definidas cada 20 m, teniendo como elevaciones principales los Cerros La Peñuela con 3,350 msnm, Jihuingo con 3,240, La Paila con 3,200, Las Navajas con 3,180, El Agua Azul con 3,040, La Estancia 3,040, Los Pitos 3,000, Ojo de Agua 2,180 y el de menor elevación Cerro Tepeco con 1,840 m.s.n.m. Estas curvas se utilizaron para conformar el modelo digital de relieve.

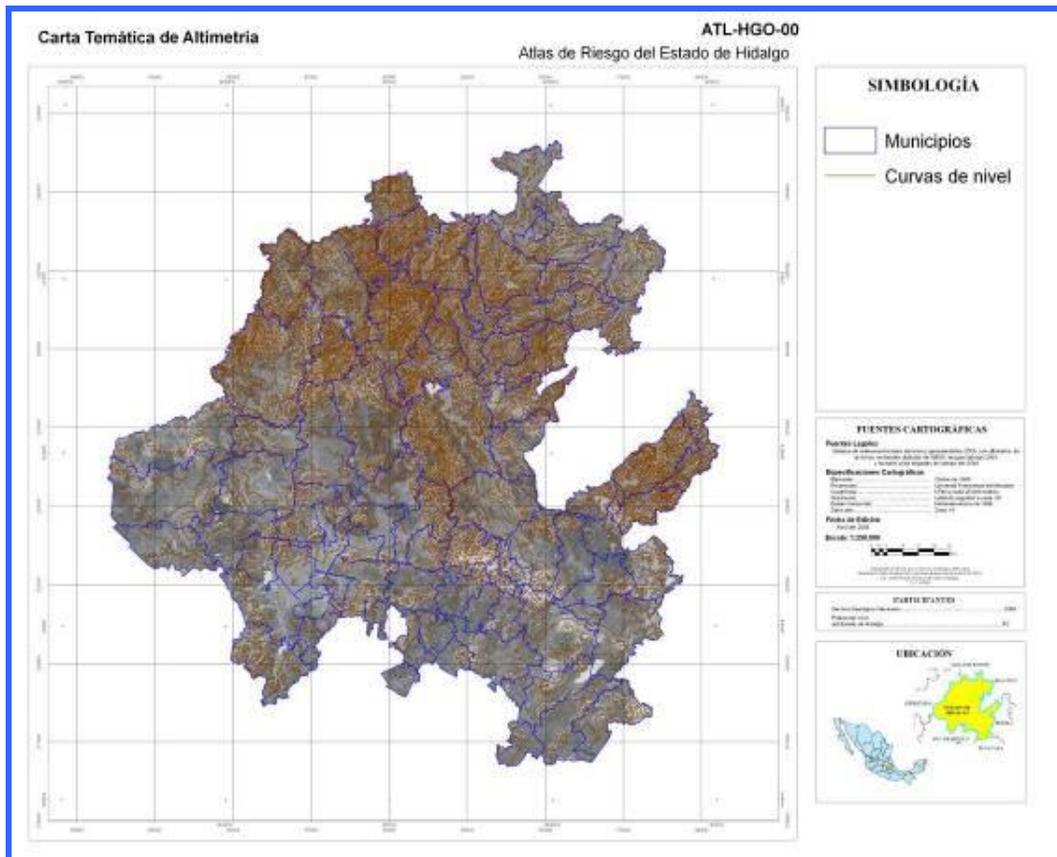


Figura 2.5.1.3.1.- Curvas de nivel y límite municipal.

### 2.5.1.4.- Manejo de la información a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG)

A partir de la integración y el análisis de información generada en campo y gabinete se procede a la conformación de planos base por nivel de información, los resultados se

integran en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y se actualiza al finalizar cada periodo de campo.

Para elaborar los Figuras del atlas, se tomo como base el formato cartográfico de la zonificación geográfica internacional empleada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), a escala 1:50,000 con claves (E14 B22, E14 A18, E14 A19, E14 B11, E14 B12, E14 B13, F14 C87, F14 C78, F14 C79, F14 D71, F14 D72, F14 D73, F14 C67, F14 C68, F14 C69, F14 D61, F14 D62, F14 D63, F14 C58, F14 C59, F14 D51, F14 D52, F14 D53, F14 C48, F14 C59, F14 D51, F14 D52, F14 D53, F14 C48, F14 C49, F14 D41, F14 D42, F14 C39, F14 D31, F14 D32), a partir del cual se hicieron las ampliaciones necesarias según el nivel de información analizada.

La proyección cartográfica utilizada fue la Universal Transversa de Mercator “UTM” con las siguientes características:

Unidades en metros

Zona 14

Datum WGS84

Elipsoide GRS80

Origen de coordenadas en x: 500,000 m

### 3.- METODOLOGÍAS.

Con el análisis de la información digital cartográfica, impresa, bibliografía y datos obtenidos en campo se generaron los diferentes niveles de información en Arc Gis versión 9.2 para cada uno de los peligros como pueden ser: pendientes, geología, edafología, precipitaciones geología, estructuras geológicas. Con la ayuda de este software se evaluaron las zonas por Región en un marco referente a la infraestructura pública, social, económica y en el sector salud, obteniendo los niveles de riesgo y vulnerabilidad.

En la verificación en campo de cada tipo de peligro analizado a detalle, levantando una ficha técnica por nivel de información en cada punto visitado.

El análisis se realizó en base a las metodologías vigentes establecidas por CENAPRED como órgano rector, modificadas por el SGM (Tabla 3.1.).

**Tabla 3.1.- Tipos de vivienda en base a su vulnerabilidad física (CENAPRED, 2005).**

Vivienda	Características	Valor
<b>Tipo I</b>	Corresponde a los hogares más humildes, una vivienda consta de un solo cuarto multifuncional, construido con material de desecho. Asimismo, el menaje es el mínimo indispensable.	<b>12,500</b>
<b>Tipo II</b>	Hogares que pueden ser clasificados como clase baja, donde la vivienda puede ser equiparada como una casa de autoconstrucción o moradas construidas con materiales de la zona, la mayoría de las veces sin elementos estructurales. Con respecto al menaje, la hipótesis es que las diferentes habitaciones cuentan con sus muebles propios y están más o menos definidas.	<b>50,000</b>
<b>Tipo III</b>	El tercer tipo de viviendas también puede ser clasificado como clase - baja, similar al tipo II, pero con techos más resistentes, construida la mayoría de las veces sin elementos estructurales. El menaje corresponde al necesario para las diferentes habitaciones, como en el anterior nivel; sin embargo, se consideran de mayor calidad y por lo tanto un mayor costo.	<b>150,500</b>
<b>Tipo IV</b>	El cuarto tipo de viviendas se identifica como la típica para la clase media, es decir, que puede ser equiparada con una vivienda de interés social, construida la mayoría de las veces con elementos estructurales. El menaje que se ha seleccionado corresponde con el de una casa típica de una familia de profesionistas que ejercen su carrera y viven sin complicaciones económicas.	<b>300,000</b>

<p><b>Tipo V</b></p>	<p>Finalmente, el último sector de viviendas, corresponde al tipo residencial, construida con acabados y elementos decorativos que incrementan sustancialmente su valor. El menaje está formado por artículos de buena calidad y con muchos elementos de confort.</p>	<p><b>450,000</b></p>
----------------------	---	-----------------------

Para la cuantificación de riesgo se consideran los siguientes aspectos:

El peligro que refiere a la probabilidad de que un fenómeno natural cause pérdidas de vidas humanas o daños a bienes materiales, ésta se establece en función de la zona e intensidad del fenómeno natural que causa una inundación por ejemplo, por lo que este nivel cubre la cartografía realizada en campo, donde se levantaron las dimensiones del área geométrica e hidráulica de los principales ríos, este nivel de información fue afinado con interpretación de curvas de nivel (altimetría), definiendo mejor el cauce de los ríos y las planicies de inundación, en la citada cartografía también fueron considerados los tirantes de agua, registrados por punto de verificación.

Vulnerabilidad, es el grado de pérdida que se causaría en un elemento de riesgo la ocurrencia de una inundación. Para ello se tomó en cuenta el grado de marginación del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2005-2006), Censo de Población Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI 2006). El levantamiento a nivel ciudad, se realizó efectuando un conteo de las viviendas establecidas en las zonas de peligro y se estimó la población afectada en base al conteo de población INEGI (2006).

El riesgo se obtiene a partir de la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos analizados (peligro) y vulnerabilidad de los elementos que pueden sufrir daños. Para ello se sobrepusieron las variables de vulnerabilidad y de peligro, analizando la combinación de estas de acuerdo a lo establecido por el Instituto Nacional de Defensa Civil (Dirección Nacional de Prevención, DINAPRE, Lima, Perú, 2006) (Tabla 3.2.).

**Tabla 3.2.- Matriz de peligro vs vulnerabilidad (Fuente: DINAPRE, Lima, Perú, 2006)**

<b>Peligro Alto</b>	<b>Riesgo Medio</b>	<b>Riesgo Alto</b>	<b>Riesgo Alto</b>
<b>Peligro Medio</b>	<b>Riesgo Bajo</b>	<b>Riesgo Medio</b>	<b>Riesgo Alto</b>
<b>Peligro Bajo</b>	<b>Riesgo Bajo</b>	<b>Riesgo Bajo</b>	<b>Riesgo Medio</b>
	<b>Vulnerabilidad Baja</b>	<b>Vulnerabilidad Media</b>	<b>Vulnerabilidad Alta</b>

Finalmente, se generaron mapas por nivel de información donde se aprecian las zonificaciones de las localidades afectadas y/o afectables, incluyendo en las ciudades estudiadas a semidetalle.

### 3.1.- Peligros Hidrometeorológicos.

Para el desarrollo de este nivel de información se tomaron en cuenta las variables de sequía, precipitación, granizadas y tormentas, registradas en la mayoría de las 155 estaciones meteorológicas distribuidas en el Estado y proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), ubicando la distribución de la mayor incidencia de cada una de las variables mencionadas y se graficaron los mismos niveles para cada una de las 6 regiones de riesgo que comprende el Estado.

El resultado obtenido del análisis se interpretó y plasmó en el informe final, acompañado de las gráficas correspondientes al comportamiento de cada variable, estas gráficas se realizan en una hoja de cálculo el cual realiza ejercicios matemáticos especializados.

Para obtener un análisis de datos históricos, fueron consideradas publicaciones en periódicos y revistas locales, que junto a la interpretación obtenida de las estaciones meteorológicas, permite determinar las zonas afectadas por esos fenómenos. El resultado final fueron las cartas temáticas de granizadas, heladas, precipitación, sequías y tormentas.

### 3.1.1.- Inundación

Se realizó la revisión bibliográfica correspondiente para tener antecedentes de estos eventos en el Estado. Con las reseñas históricas obtenidas, se pondero la evolución de la intensidad de las inundaciones sobre la población.

Se analizaron en el Software Arc Gis, versión 9.2 las capas de información referentes al coeficiente de escurrimientos, pendientes, geología, localidades, precipitación, para así poder determinar las zonas urbanas con mayor problemática referente a este nivel de información.

Se realizó la cartografía en campo, en cada punto de verificación se levantó y capturo una fichas que contiene los parámetros de identificación de las tres principales causas de inundación, siendo éstas (1) el desbordamiento de cauces, (2) obstrucción o insuficiencia del drenaje y (3) acumulación en zonas bajas y encharcamientos.

Los datos tomados sobre el cauce y que contiene la ficha técnica mencionada son: para el tipo 1 son: nombre, tirante, pendiente, ancho del cauce, ancho de la planicie de inundación, rugosidad y evidencia de desbordamientos anteriores; así como el levantamiento de una sección del cuerpo de agua y observaciones. Para el tipo 2 son: tipo de obstrucción y la descripción de la obstrucción y las observaciones pertinentes. Para el tipo 3 son: nombre, tipo de embalse, elevación máxima del nivel, distancia al poblado más próximo aguas abajo, evidencia de inundaciones anteriores, así como las observaciones pertinentes.

### 3.1.2.- Erosión

Basado en los datos vectoriales de las cartas topográficas a escala 1:50,000 e imágenes de digitales a diferentes escalas, se realizó y analizó el plano de pendientes, se determinaron las zonas más susceptibles a erosionarse.

Una vez identificadas las zonas, de la observación en campo se determina el tipo y grado de erosión, las cuales se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 3.1.2.- Tipo, grado y simbología de erosión.**

Tipo	Grado	Simbología
Erosión Hídrica	Bajo	Eh1
	Medio	Eh2
	Alto	Eh3
	Extremo	Eh4
Erosión Concentrada	Asociada a causas y cañadas	Ec1
	Asociado a cárcavas	Ec2
Erosión Eólica	Bajo	Ee1
	Alto	Ee2
Erosión Antrópica	Crecimiento urbano	Ea1
	Obras civiles	Ea2
	Aprovechamiento de recursos geológicos	Ea3
	Ampliación de frontera agrícola o industrial	Ea4
	Deforestación	Ea5

Una vez realizado el levantamiento en campo se procede a la descripción del informe por regiones, analizando los puntos integrados en el SIG y usando las diferentes capas de información como son pendiente, vegetación, uso de suelo, edafología y geología entre las principales; con lo que se obtiene el peligro por este fenómeno. Posteriormente se calcula la Erodabilidad y Erosividad utilizando la Formula Universal.

**A = RKLSCP** donde:

**A** es pérdida del suelo estimada como promedio anual; **R** es factor de erodabilidad; **K** es factor de erosividad, **L** es longitud; **S** es pendiente; **C** es el factor cultivo (constante) y **P** son las prácticas de manejo (constante), estos parámetros en función de una ladera.

Vulnerabilidad, para este análisis se compara el uso de suelo en dos modalidades: Sistemas Agrícolas y Cobertura Vegetal en un mismo tiempo y espacio, para estimar las pérdidas económicas de acuerdo a la superficie destinada para cada una de las dos modalidades, de

esta forma se compara cuanta cosecha se obtiene, cuantas se pierden, así como la superficie que es destinada a la cobertura vegetal (INEGI, 2006).

Para determinar la vulnerabilidad por erosión se consulto el Censo Económico (INEGI, 2006), donde se obtuvo el uso de suelo, siendo el agrícola, de mayor importancia como factor para determinar la vulnerabilidad debido a la pérdida de suelo por esta actividad y a las pérdidas monetarias de acuerdo a la superficie sembrada y a la cosechada.

La evaluación del riesgo se toma en cuenta la vulnerabilidad y los siguientes factores: tipo de erosión, el tipo de suelos, la erosividad (erosión potencial), la precipitación anual, dan como resultado un Figura de ampliación de fronteras agrícolas debido a la pérdida de suelos.

Así mismo fue realizado un plano con la proyección de la pérdida de suelo a 50 años, considerando el modelo de cambio climático Geophysical Fluids Dynamics Laboratory (GFDL) y Canadian Climate Center Model (CCCM), de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por (E. García,1998), obteniéndose así los suelos susceptibles a erosionarse de acuerdo con las características de la cobertura vegetal, cartografía actual, pendientes y variables meteorológicas, basándose en el Instituto Nacional de Ecología (INE).

## 3.2.- Peligros Geológicos

### 3.2.1.- Procesos de Remoción de Masas.

#### 3.2.1.1.- Deslizamientos

Los trabajos de campo consistieron en la posición geográfica de los sitios, tomando evidencias de conchas o deslizamientos antiguos, en donde se le asigna un valor para cada variable sumándolo para clasificarlo, los cuales con la tabla correspondiente se obtiene el grado, descripción y cálculo de volumen del material a deslizar. Se obtiene un valor numérico de los parámetros analizados, indicando el grado de amenaza de la ladera (Tabla 3.2.1.1.).

**Tabla 3.2.1.1.- Descripción y grado de afectación por deslizamientos**

Grado	Descripción	Suma de calificaciones
1	Amenaza muy alta	Más de 10
2	Amenaza alta	8.6 a 10
3	Amenaza moderada	7.1 a 8.5
4	Amenaza baja	5 a 7
5	Amenaza muy baja	Menos de 5

### 3.2.1.2. Caída de Bloques.

En campo se tomaron además de los parámetros descritos anteriormente, la intensidad de discontinuidades en el macizo rocoso (fracturas, fallas, estratificación, diaclasas etc.), con esta información se determina el tamaño, forma de los bloques inestables, basándose además con los datos estructurales, espaciamiento, rugosidad, abertura y tipo de relleno; así como las observaciones pertinentes del entorno y las posibles afectaciones. En cada estación se levantaron como mínimo 100 datos estructurales (rumbo de echado e inclinación), todo lo anterior fue integrado en el Captura Fichas.

El análisis se realizó mediante las aplicaciones del Software StereoNet, donde se obtuvieron las diferentes familias de discontinuidades, el tipo, dirección de caído y/o falla, respecto al talud y al ángulo de fricción.

### 3.2.2.- Hundimiento.

Se tomaron en cuenta 3 tipos de factores causantes de hundimientos: por kársticidad, extracción de agua y por obras mineras. Se hizo un análisis en gabinete previo a la salida a campo donde se analizaron las cartas topográficas 1:50,000 y geológicas 1:250,000 así como la recopilación bibliográfica de datos históricos.

Se identificaron y determinaron las zonas susceptibles a hundimientos con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica (Arc Gis).

Para el análisis por kársticidad se sobrepusieron las capas de litología, precipitación, estructuras geológicas, vegetación, escurrimientos y ortofotos digitales (Escala 1:20,000), para las obras mineras se sobrepusieron las capas de poblados, tiros, vetas, fallas y geología, en cuanto al riesgo por extracción de agua se recabo información de los pozos existentes en el Estado tomado del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA).

Finalmente se determinaron las áreas de colapso y subsidencia de acuerdo a su intensidad y en función de su proximidad con las estructuras y las poblaciones. Para el desarrollo del mismo fueron consultados manuales de CENAPRED, se levantaron fichas en campo, para posteriormente ser integrados en el Software Captura Fichas, generando los planos de peligro y riesgo.

### 3.2.3.- Vulcanismo.

Mediante la interpretación de imágenes de satélite y ortofotos, se identificaron y analizaron las localidades y vías de comunicación que podrían ser afectadas, con su posterior verificación de campo. Durante la cartografía, en las fichas correspondientes se incluyó: la clasificación del volcán (estratovolcán, cono cinerítico, domo, o algún otro), tipo de evento (derrame lávico, explosión o lahar), dimensión del aparato volcánico, edad y origen, así como las observaciones pertinentes del entorno.

### 3.2.4. Sismicidad.

La identificación de las zonas con mayor incidencia de este fenómeno y su evolución histórica, con ello se desarrolló el análisis de periodos de retorno.

Las bases de datos de epicentros fueron proporcionados por Protección Civil del Estado y el Servicio Sismológico Nacional, zonas sísmicas, localidades y analizadas por regiones, también fueron tomados datos de publicaciones en prensa y hemerotecas, datos históricos y

registros actuales de eventos sísmicos, todo lo anterior fue analizado en la plataforma del SIG, donde se obtuvo la zonificación de este peligro.

Una vez identificados los epicentros, se procedió a la verificación en campo de los mismos, obteniendo así comentarios de la población del lugar. Las variables levantadas en campo, fueron capturadas en el Software Captura Fichas. El análisis se hizo en base a los manuales emitidos por CENAPRED complementándolos con variables utilizadas por el SGM.

La vulnerabilidad sísmica es una expresión que relaciona las consecuencias probables de un sismo sobre una construcción, una obra de ingeniería o un conjunto de bienes o sistemas expuestos con la intensidad del temblor que podría generarlas.

Para la evaluación de la vulnerabilidad se tomo en cuenta la clasificación propuesta por CENAPRED determinados en la tabla 3.1., además se consideró el grado de marginación (CONAPO 2005). En cuanto al riesgo, se evaluó a partir de la vulnerabilidad y de las zonas sísmicas del Manual de Obras Civiles de la CFE (1993). Dando como resultado un modelo de efectos sísmicos.

### **3.3.- Peligros Antropogénicos.**

#### **3.3.1.- Bancos de material.**

Descripción de los distritos mineros actuales y activos del Estado, verificación de las estructuras geológicas mayores y principales presentes en el Estado, mediante el SIG y la sobreposición de capas de información (estructuras geológicas, topografía y localidades urbanas, principalmente), con lo que se llega a hacer una descripción por Región.

Se referenciaron geográficamente las canteras, bancos de materiales pétreos y minas a cielo abierto, la ficha técnica se tomaron datos de: tipo de roca, dimensiones, relieve, afectación, observaciones, inclinación y altura de la ladera, tipo de suelos o roca existentes en el punto,

aspectos estructurales en las unidades litológicas, vegetación, evidencias de huecos o deslizamientos antiguos, en donde se le asigna un valor para cada variable sumándolo para clasificarlo. En la ficha se agregan observaciones en caso de existir afectación directa a infraestructura, población, etc. (CENAPRED 2005).

### 3.3.2.- Análisis y estudio a semidetalle de ciudades propuestas por Protección Civil del Estado de Hidalgo

Los estudios de semidetalle-detalle, se realizaron para las 8 ciudades propuestas por la Dirección de Protección Civil del Estado, utilizando la traza urbana, siendo estas: Agua Blanca de Iturbide, Huehuetla, Metztlán, Mineral del Monte, San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria, Tulancingo de Bravo y Huejutla de Reyes.

Una vez capturada la información, se subieron las bases de datos en la plataforma (Arc Gis) versión 9.2, donde se analizaron los diferentes niveles de información con el apoyo de la altimetría, imágenes SPOT y ortofotos.

Para el análisis de las variables antropogénicas, se sobrepusieron niveles de información de cada uno de los peligros naturales cartografiados, con la finalidad de analizar el comportamiento de la población con respecto a estos y obtener finalmente, un nivel de vulnerabilidad que considera el valor de predios y viviendas, distribuidos en la zona urbana.

#### 4).- MARCO JURÍDICO.

##### 4.1.- Fundamentos Jurídicos.

###### 4.1.1.- Legislación Federal.

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Plan Nacional de Desarrollo 2001 - 2006.
- Ley General de Protección Civil, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el día 12 de mayo de 2000.
- Ley General de Población, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 07 de enero de 1974.
- Ley de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 31 de diciembre de 1974.
- Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 31 de diciembre de 1982.
- Ley de Planeación, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 05 de enero de 1983.
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 29 de diciembre de 1976 y sus reformas.

###### 4.1.2.- Legislación Estatal.

- Ley de Protección Civil para el Estado de Hidalgo, aprobada por el H. Congreso del Estado, el 26 de julio de 2001.
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Hidalgo.

###### 4.1.3.- Reglamentos.

- Reglamento de la Ley General de Población, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 14 de abril de 2000.

- Reglamento Interior de la Secretaría de Gobernación, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de agosto de 1998.
- Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 07 de abril de 1993.
- Reglamento de la Ley de Protección Civil para el Estado de Hidalgo.

#### 4.1.4.- Normas.

- Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEGOB-2002, relativa a Señales y Avisos para Protección Civil.
- Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-1998, relativa a Colores y Señales de Seguridad e Higiene e Identificación de Riesgos por Fluidos Conducidos en Tuberías.
- Comité Consultivo Nacional de Normalización sobre Protección Civil y Prevención de Desastres, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 3 de agosto de 2001.

5.- GENERALIDADES.

5.1.- Localización y acceso, división regional y municipal.

El Estado, se sitúa en el centro oriente del país, entre los paralelos 19°36' y 21°24' de latitud Norte y los 97°58' y 99°54' de longitud Oeste. Está enclavado en tres provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Oriental y la Llanura costera del Golfo Norte (Figura 5.1.1.).

Comprende 20,905 km<sup>2</sup> de superficie, que representan el 1.1 % de la superficie total del país, distribuida en 84 municipios. Sus límites son: al norte con San Luis Potosí, al noreste con Veracruz, al sureste con Puebla, al Sur con Tlaxcala y el Estado de México, y al Oeste con el Estado de Querétaro.

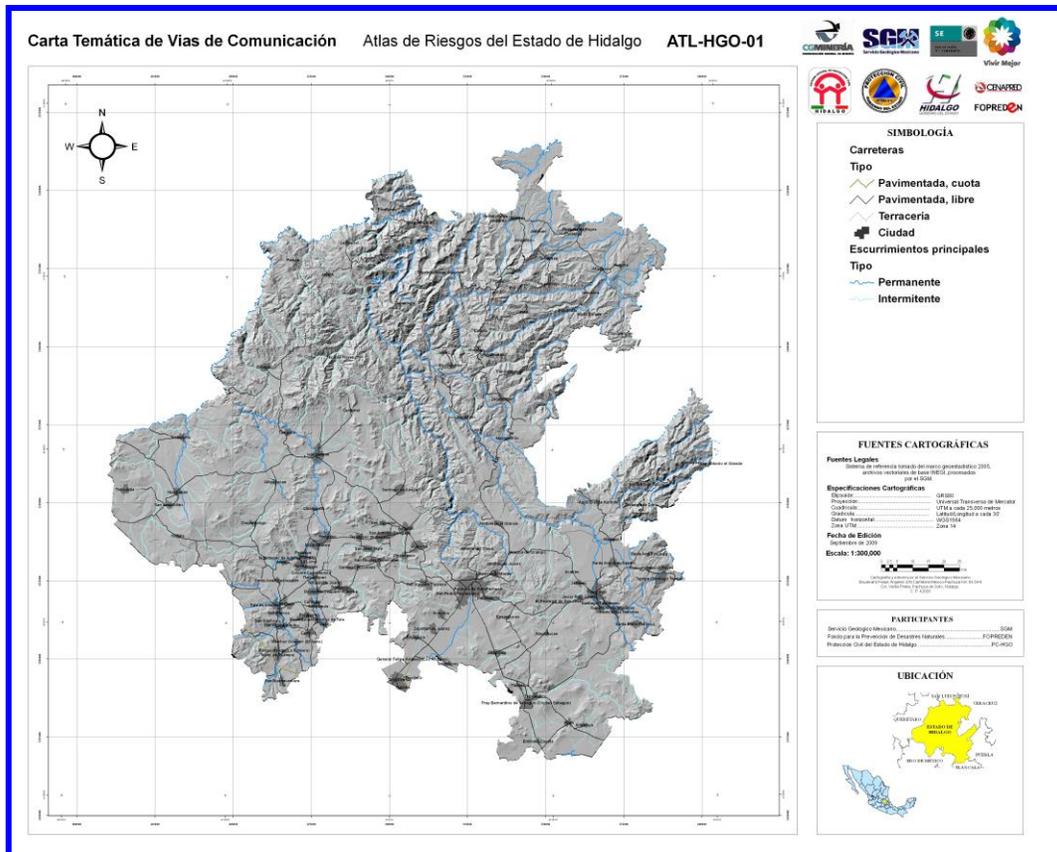
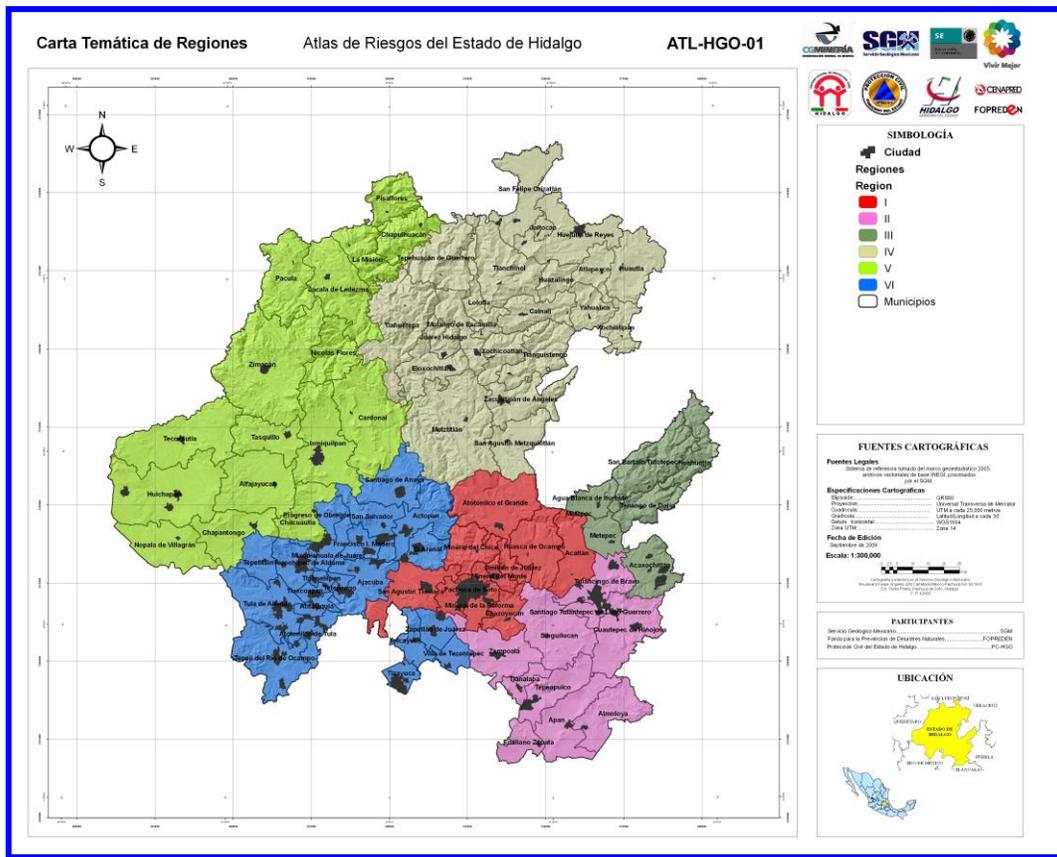


Figura 5.1.1.- Ubicación del Estado de Hidalgo.

La división propuesta por Protección Civil está conformada por 6 regiones, las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- **Región I.-** Se localiza en la parte centro-sur del Estado, comprende los municipios de Acatlán, Atotonilco el Grande, Epazoyucan, Huasca de Ocampo, Mineral del Chico, Mineral del Monte, Omitlán de Juárez, Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca y Pachuca de Soto.
- **Región II.-** Se localiza en la parte sureste, comprende los municipios de Almoloya, Apan, Cuautepec de Hinojosa, Emiliano Zapata, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Singuilucan, Tepeapulco, Tlanalapa, Tulancingo de Bravo y Zempoala.
- **Región III.-** Se localiza al oriente, comprende los municipios de Acaxochitlán, Agua Blanca de Iturbide, Huehuetla, Metepec, San Bartolo Tutotepec y Tenango de Doria.
- **Región IV.-** Se ubica en la porción centro-noreste, comprende los municipios de Atlapexco, Calnali, Eloxochitlán, Huautla, Huazalingo, Huejutla de Reyes, Jaltocán, Juárez Hidalgo, Lolotla, San Agustín Metzquitlán, Metzquitlán, Molango de Escamilla, San Felipe Orizatlán, Tepehuacán de Guerrero, Tianguistengo, Tlahuiltepa, Tlanchinol, Xochiatipan, Xochicoatlán, Yahualica, Zacualtipan de Ángeles.
- **Región V.-** Es una de las regiones más extensas dentro de la Entidad, se ubica en la parte centro-poniente, comprende los municipios de Alfajayucán, Cardonal, Chapantongo, Chapulhuacán, Chilcuautla, Huichapan, Ixmiquilpan, Jacala de Ledezma, La Misión, Nicolás Flores, Nopala de Villagrán, Pacula, Pisaflores, Tasquillo, Tecozautla y Zimapán.
- **Región VI.-** Se ubica en la porción suroeste, comprende los municipios de Actopan, Ajacuba, El Arenal, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Francisco I. Madero, Mixquiahuala de Juárez, Progreso de Obregón, San Salvador, Santiago de Anaya, Tepeji del Río de Ocampo, Tepetitlán, Tetepango, Villa de Tezontepec, Tezontepec de Aldama, Tizayuca, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan, Tolcayuca, Tula de Allende, Zapotlán (Figura 5.1.2.).



**Figura 5.1.2.- División regional propuesta por Protección Civil del Estado.**

## 5.2.- Vías de Comunicación.

Las vías principales que cruzan el Estado son: las autopistas México-Pachuca y México-Querétaro, además de las carreteras federales 85 México Nuevo Laredo, la cual comunica al Estado con la Región del Valle del Mezquital, la 105 México-Tampico y la 130 México-Tlaxpan, las cuales comunican a la Región de la Huasteca Hidalguense, así como a la zona industrial de Tulancingo y Ciudad Sahagún, Autopista Arco Norte que dentro del Estado cruza la parte sur que comunica a los municipios de Tula y Tulancingo.

- Ferrocarriles.- El Estado cuenta con 752 km de vías férreas de los cuales 445 km corresponden a las troncales nacionales que pasan por la entidad, los otros 307 km pertenecen a los ramales de estas mismas. Esta infraestructura se encuentra distribuida sólo en la parte sur del Estado, cruzando principalmente la Región cementera de Tula y Huichapan, así como la zona industrial de Tizayuca.

- Aeropistas.- En el Estado existen actualmente 14 aeropistas, siendo de mayor longitud la de Pachuca con 1,850m. De las cuales 7 se encuentran asfaltadas, las demás son de terracería.
- Telecomunicaciones.- Desde 1990 el Estado de Hidalgo tiene comunicación nacional e internacional mediante los servicios que presta la Red Federal de Microondas y el Sistema de Satélite Morelos, mediante una estación terrena de recepción de ondas en la población de Tulancingo.

### 5.3.- Fisiografía.

Está conformado por tres provincias fisiográficas: Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y Llanura Costera del Golfo del Norte, estas presentan características litológicas y estructurales muy particulares, por lo que indican que existieron diferentes eventos geológicos de tipo orogénico, asociado al vulcanismo y rellenos de cuencas que dieron el carácter particular de esta entidad.

La provincia Sierra Madre Oriental se encuentra ampliamente extendida en el Estado, constituida por rocas sedimentarias de origen continental y marino, al oriente de la Región, afloran pequeñas ventanas tectónicas en la porción occidental del Anticlinorio de Huayacocotla.

El Eje Neovolcánico se encuentra cubriendo la parte sur del Estado, se encuentra constituido por rocas volcánicas terciarias y cuaternarias de composición y textura variada, predominando brechas, tobas, derrames riolíticos, intermedios y basálticos.

La Llanura Costera del Golfo Norte cubre la porción noreste del Estado, se encuentra conformada principalmente por una secuencia de rocas sedimentarias clásticas de origen marino. Los sedimentos depositados en la zona indican que era una cuenca marina profunda (Antefosa de Chicontepec), que gradualmente se fue rellenando con potentes depósitos terrígenos.

#### 5.4.- Clima.

El Estado de Hidalgo presenta diferentes tipos de clima, que van del frío al cálido, siendo los más representativos los que a continuación se describen.

- Clima templado.- Comprende una superficie de 60%, se localiza principalmente en la porción central del Estado, en los municipios de Ixmiquilpan y Actopan, con una precipitación de 514 mm, y una temperatura media de 17°C.
- Clima Frío.- Comprende una superficie del 10%, abarca los municipios de Apan, Pachuca, Tulancingo y Tula de Allende, donde la precipitación media anual es de 702 mm y una temperatura media anual de 17° C.
- Clima semifrío.- Abarca una superficie de 10%, se localiza en la parte centro y noreste, abarca los municipios de Huichapan, Zacualtipán y Molango, la precipitación media anual es de 1,102 mm y una temperatura media anual de 17°C.
- Clima subcálido.- Comprende el 7%, se presenta en la parte baja del norte del Estado, en los alrededores del municipio de Zimapán, la precipitación media anual es de 1,070 mm y una temperatura promedio de 21°C.
- Clima cálido.- Tiene una superficie del 10%, se presenta en la porción noreste del Estado, en los municipios de San Felipe Orizatlán, Jaltocan, Huejutla de Reyes y Atlapexco. La precipitación media anual es de 1,852 mm y una temperatura media anual de 22°C.
- Clima extremoso.- Comprende un 3% de superficie, se localiza en las inmediaciones del municipio de Huautla, con una precipitación media anual de 1, 852 mm y una temperatura promedio de 22°.

#### 5.5.- Vegetación.

Se presentan cinco tipos de vegetación que son: selva, bosque, matorral, cultivo y pastizal.

- Vegetación tipo selva.- predomina al noroeste, en la Región conocida como La Huasteca, selva tipo mediana, subperennifolia y baja caducifolia.
- Vegetación tipo bosque.- se localiza en la Región conocida como Sierra Madre Oriental, en la Sierra de Pachuca y al centro y sureste. El bosque es de pino-encino.
- Vegetación tipo matorral.-se localiza al oriente y centro del Estado y una porción al sur, el tipo de matorral predominante es subinerme, espinoso, subespinoso, nopaleras y cardonales.
- Áreas de cultivo.- predominan al sur y poniente, donde existen grandes áreas de cultivo.
- Pastizales naturales e inducidos.- comprende la Región poniente y centro del Estado, gran parte de la vegetación ha sido suplantada por áreas de cultivo.

## 5.6.- Hidrografía

Los ríos importantes son: Río Tula, San Juan, Moctezuma, Metztitlán, Amajac, Los Hules, Calabozo, Río de las Avenidas.

Las principales lagunas son: Metztitlán, Zuputlán (Tulancingo), de San Antonio, Pueblilla, Carrillos (Apan), de Azteca (Molango), de San Miguel (Huasca), y de San Francisco (Tenango de Doria), Tecocomulco (Cuautepec, Tepeapulco).

Las presas importantes son: Endhó, Requena, Omiltémetl, Vicente Aguirre, Tejocotal, Madero, Esperanza y San Salvador, Fernando Hiriart (Zimapán) entre otras.

También existen aguas termales sulfurosas y medicinales en: la Cantera (Tula), Mixquiahuala, Vito (Atotonilco/Tula), Tephé (Ejido Tephé), Humedades y Dios Padre (Ixmiquilpan), Tolantongo e Ixtacapa (Cardonal), Tzindeje (Tasquillo), Pathé Grande (Tecoautla), San Francisco (Acaxochitlán), Amajac (Atotonilco el Grande), Atempa (Calnali), Texidhó (Tecoautla), etc.

## 5.7.- Principales Ecosistemas

El Estado presenta grandes cambios de altitud, desde los 172 msnm (Huejutla), hasta 2679 msnm (Real del Monte), presentando una gran diversidad de flora y fauna en toda la Región.

La flora es de medio millón de hectáreas de matorrales de tipo desértico, bosque tipo pino-encino, vegetación de selva alta en la porción de la Huasteca.

En relación a la fauna, el Estado comprende por lo menos 31 variedades de serpientes, 13 especies de patos, 6 de palomas, 4 de codornices y gorriones, 3 de halcones, 3 de zorrillos y 2 tortugas. También existen nutrias, águila real americana, mono araña, jabalí de collar, hecofaisán, oso hormiguero y zorra gris.

## 5.8.- Recursos Naturales.

Hidalgo cuenta con una gran variedad y cantidad de recursos naturales de todo tipo, dentro de los más destacables se pueden mencionar:

- Productos Minerales.- oro, plata, plomo, cobre, zinc, cadmio, azufre, etc.
- Producción Forestal Maderable.- coníferas (pino-oyamel), latifoliadas (encino), de la no maderable se pueden mencionar el hongo blanco, el musgo y el heno.
- Producción Pesca.- carpa en su variedad: barrigona, espejo, plateada, negra, brema, cabezona y herbívora, así como el alevín.
- Productos extraídos del petróleo.- gas seco, gas licuado, gasolina, gasolvente, turbosina, diesel, combustóleo industrial, combustóleo, asfaltos y propileno.

## 5.9.- Clasificación y Uso del Suelo.

En la Provincia de la Sierra Madre Oriental, los suelos tienen alto contenido de carbonatos, derivados de la caliza por acción de la precipitación y temperatura, que son de origen residual. En orden de abundancia se tienen suelos tipo: rendzinas, litosoles, feozems y luvisoles.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

En la Provincia del Eje Neovolcánico es de tipo feozem asociado con vertsoles, planasoles, rendzinas, regosoles, litosoles, pluvisoles, cambisoles y andosoles

Provincia de la Llanura Costera del Golfo Norte (noreste del Estado), se tienen suelos tipo feozem calcáreo, asociado a pluvisoles calcáreos, regosoles asociados a rendzinas.

La superficie agrícola (temporal-riego) cubre el (29%), superficie ganadera (pradera-agostadero) el (38.1%), superficie forestal (bosque-selva) el (21.9%), superficie de cuerpos de agua (1%), otros usos (9.2%)

6. Geología

6.1.- Marco Geológico Regional.

La geología del Estado está constituida por un basamento de rocas metamórficas de edad precámbrica que soporta en discordancia a una potente secuencia de rocas sedimentarias paleozoicas. Rocas sedimentarias mesozoicas del Triásico Jurásico y Cretácico sobreyacen en discordancia angular a las rocas anteriores estando éstas a su vez cubiertas por un paquete de rocas cenozoicas que en su base es marino, para cambiar hacia su cima a rocas volcánicas de composición andesítica y basáltica (Figura 6.1.1.).

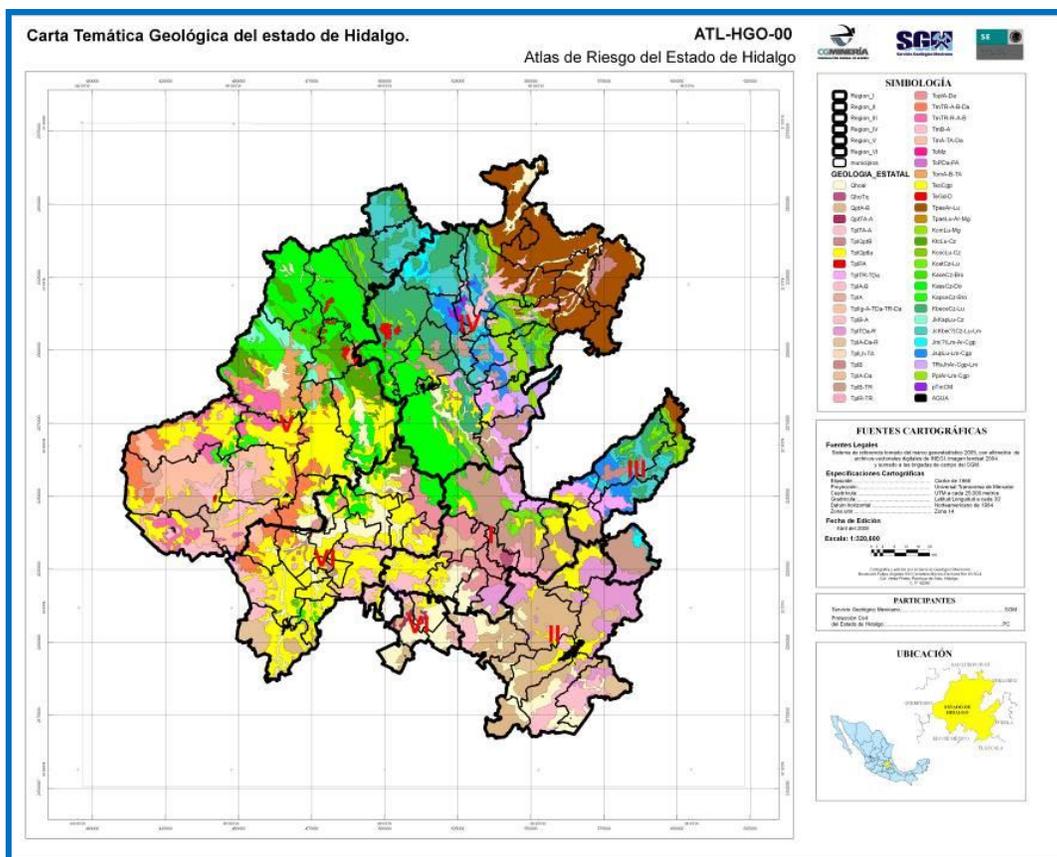


Figura 6.1.1.- Carta Geológico-Minera del Estado de Hidalgo (SGM-2006).

De acuerdo a las características de la roca y variables como pendientes, escurrimientos, precipitación, vegetación actividad antropogénica etc, estas unidades litológicas responden de manera particular, y de acuerdo a la variable o variables que la afectan se originan deslizamientos, flujo de lodos o caídas de bloques que llegan a dañar asentamientos

humanos, vías de comunicación o infraestructura. Para entender las características de las mismas, a continuación se describen estas unidades litológicas de acuerdo a la zonificación estatal proporcionada por la Dirección de Protección Civil Estatal.

## 6.2.- Estratigrafía.

### Región I

Se encuentra representada por pequeños afloramientos de rocas sedimentarias de edad mesozoica, pertenecientes a la Sierra Madre Oriental y extensas zonas de rocas volcánicas que se exponen tanto en la provincia antes mencionada y Eje Neovolcánico, así como depósitos lacustres y aluviales (Figura 6.2.1.).

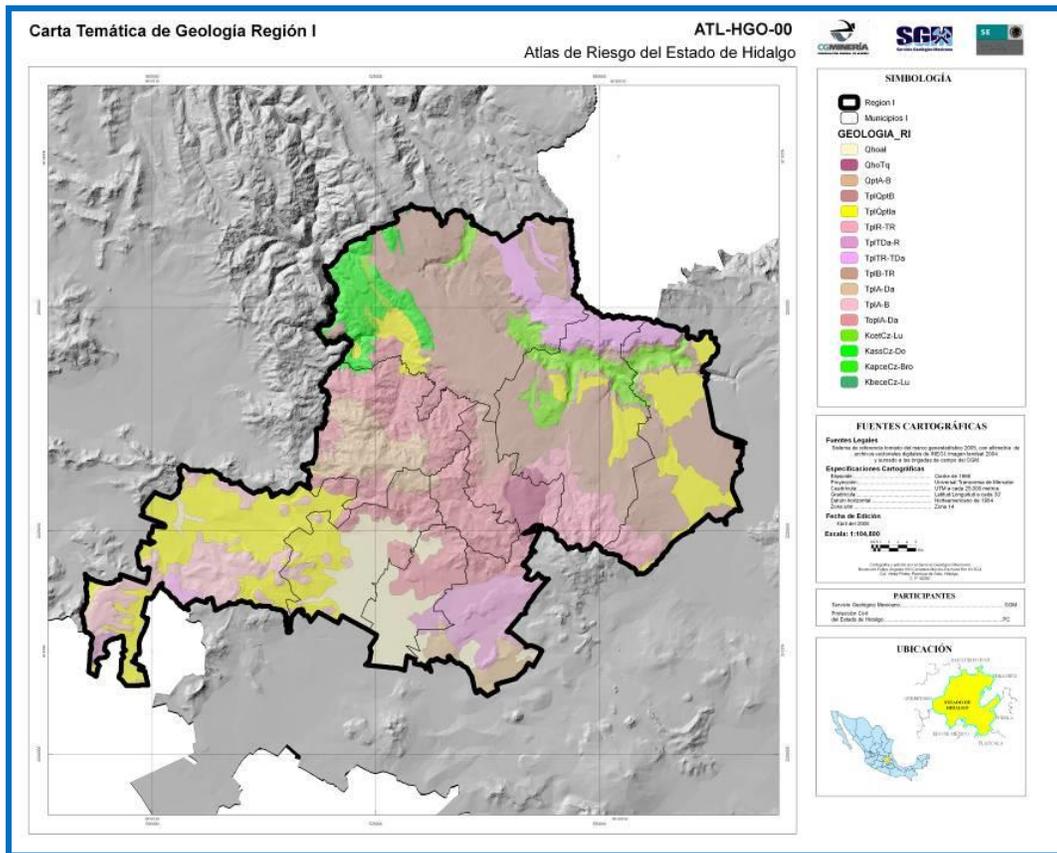
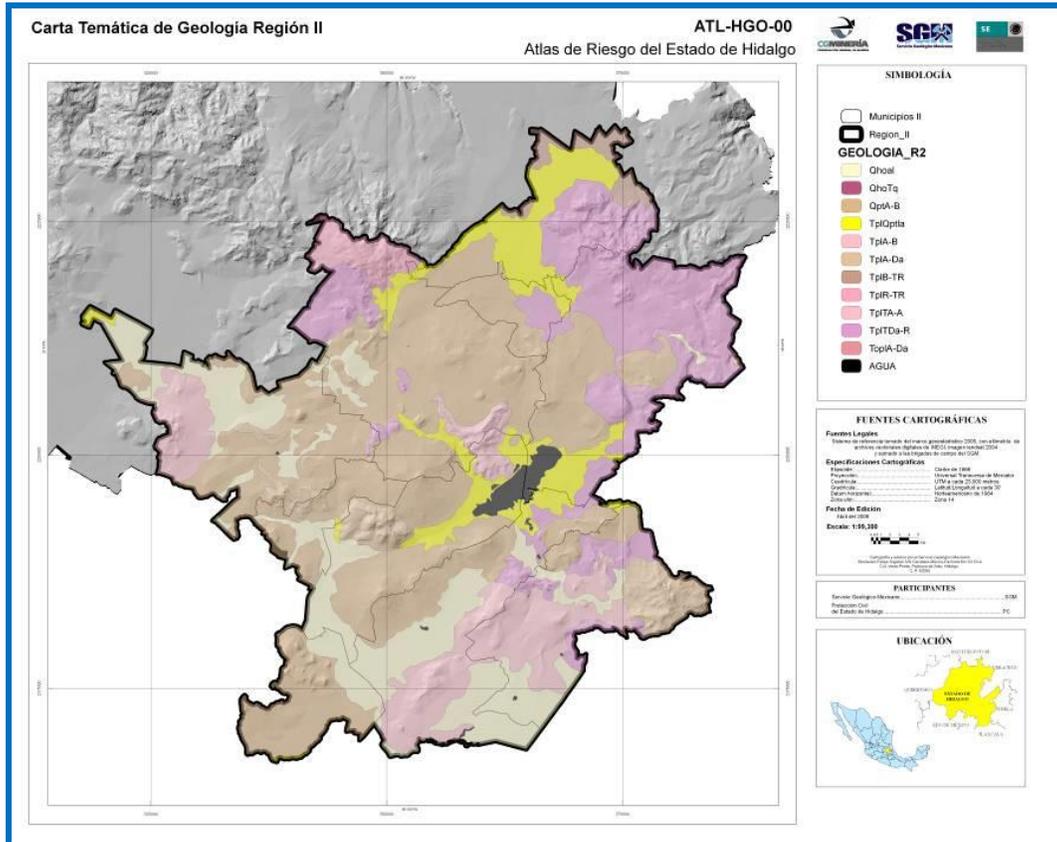


Figura 6.2.1. Distribución de las unidades litológicas de la Región.

**Región II**

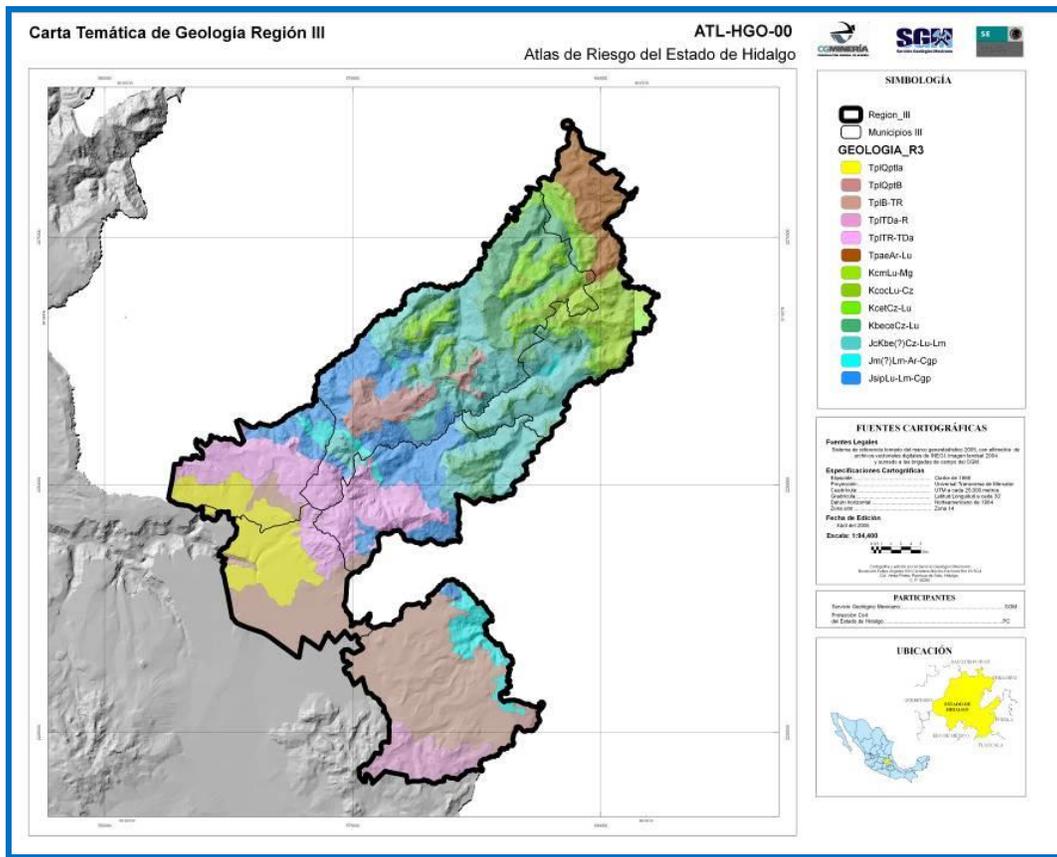
Comprende rocas volcánicas del Eje Neovolcánico de edad terciaria y depósitos aluviales del reciente, la morfología del lugar es de cerros con pendientes abruptas, mesetas y valles. (Figura 6.2.2.).



**Figura 6.2.2.- Distribución de las unidades litológicas de la Región.**

**Región III**

Está representada por rocas calcáreas que van del Jurásico al Cretácico Superior, rocas terrígenas y volcánicas de edad Terciaria., todas estas pertenecientes a la Sierra Madre Oriental y a la Cuenca Tampico Mizantla (Ilanura Costera del Golfo Norte.) (Figura 6.2.3.).



**Figura 6.2.3.- Distribución de las unidades litológicas de la Región.**

### Región IV

Constituida por rocas de la Sierra Madre Oriental y de la Cuenca Tampico Mizantla (Llanura Costera del Golfo Norte), están representadas por rocas sedimentarias que van del Precámbrico al Terciario, así como rocas volcánicas intrusivas y extrusivas de edad terciaria, (Figura 6.2.4.).



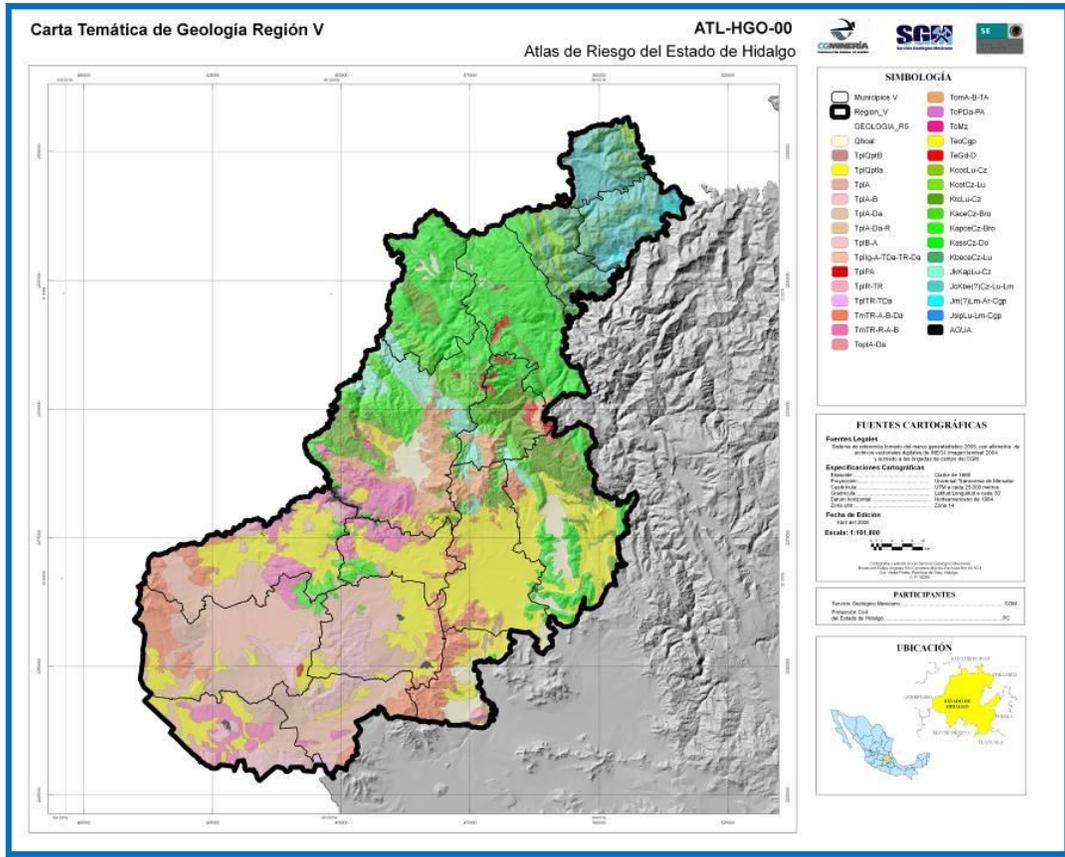


Figura 6.2.5. Distribución de unidades litológicas de la Región.

## Región VI

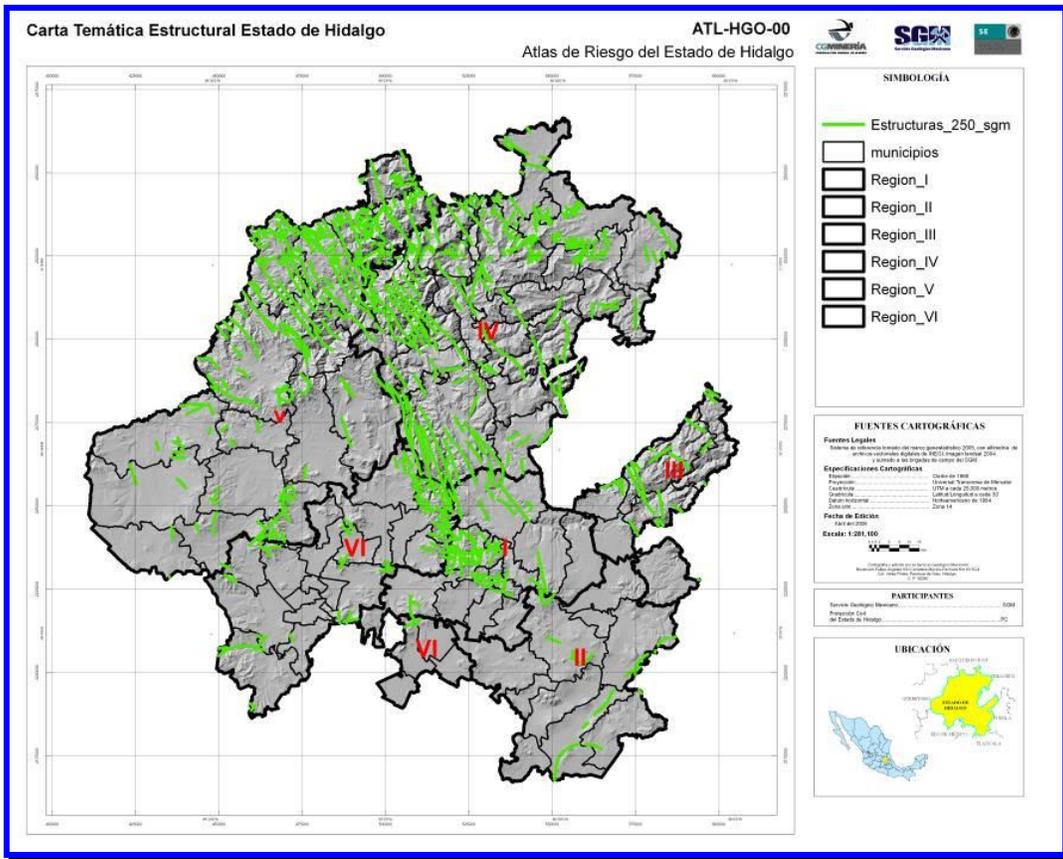
Las unidades que comprenden esta Región pertenecen en mayor proporción al Eje Neovolcánico y en menor grado a la Sierra Madre Oriental. La litología está representada por una secuencia de rocas sedimentarias de edad cretácica, derrames volcánicos y depósitos continentales de edad Terciario-Cuaternario, así como depósitos aluviales del reciente, (Figura 6.2.6.).



El estilo distensivo esta dado por el sistema de fracturamiento y fallamiento, asociado a dos direcciones, siendo el principal con tendencia NW-SE, el secundario con orientación NE-SW, las fracturas comprendidas en estos sistemas están orientadas principalmente al NORTE-SUR, aunque hay una segunda tendencia con orientación E-W.

El Eje Neovolcánico está íntimamente relacionado con una actividad volcánica que se inicio a principios del Terciario y se desarrolló durante el Pleistoceno inferior, (hace 65 Ma). Se caracteriza en términos generales por la presencia de una gran cantidad de aparatos volcánicos asociados en su mayor parte a fracturas regionales.

Los sedimentos que caracterizan a la Llanura Costera del Golfo Norte presentan una ligera inclinación al oriente, en los límites con Sierra Madre, estos sedimentos se encuentran fracturados y plegados debido a los esfuerzos tectónicos (Figura 6.3.1.).



**Figura 6.3.1.- Principales estructuras regionales del Estado.**

Las estructuras principales también se describen por Región:

### Región I

Predominan fallas, fracturas y curvilineamientos con distintas direcciones prevaleciendo la tendencia NW-SE y NORTE-SUR, principalmente en rocas volcánicas, en las rocas sedimentarias se tienen anticlinales y sinclinales, entre ellos destaca el Anticlinal Cerro Blanco, la cual se ubica en el municipio de Atotonilco El Grande, esta estructura es del tipo recumbente con una orientación NW 25° SE buzando al NE, el núcleo está formado por rocas calcáreas de la formación El Abra-Tamasopo, tiene una longitud dentro de la Región

de 8 km, los poblados que se localizan en las cercanías de dicho anticlinal son: Doñana, Sauz Xathe y Sanctorum, todos dentro del municipio de Atotonilco (Figura 6.3.2.).

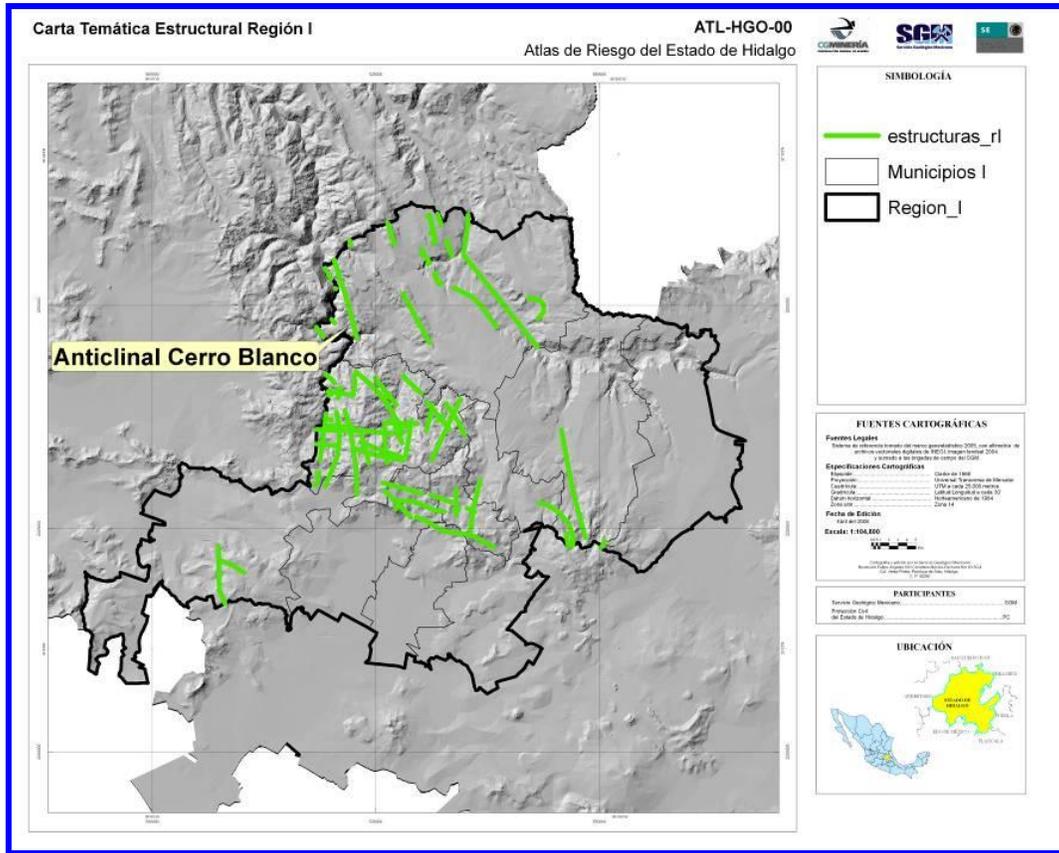
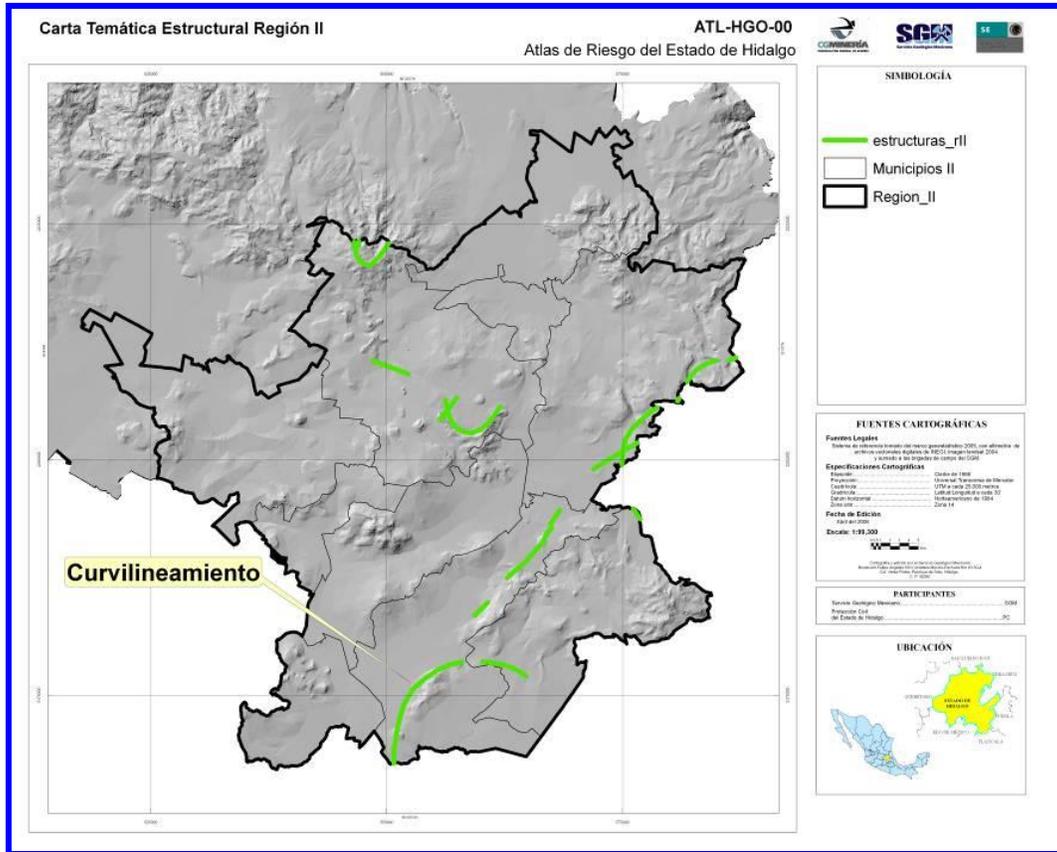


Figura 6.3.2.- Distribución de las estructuras más relevantes de la Región I.

## Región II

En el municipio de Apan existe un curvilineamiento, fracturas y una falla normal, estas estructuras cortan rocas de tipo andesítico y riolítico, cuentan con una orientación preferencial NE-SW y se extienden a lo largo de 25 km, a pesar de tener una amplia longitud no existen poblaciones cercanas a dichas estructuras. Al sur de este mismo municipio se localiza una falla circular que se extiende hasta el municipio de Almoloya, atraviesa materiales andesíticos y cuenta con una longitud de 10 km, las poblaciones cercanas dentro del municipio de Apan son: Chimalpa y Apan, mientras que en el municipio de Almoloya el poblado más cercano a esta estructura es Almoloya, en la porción nororiental de este

municipio se localizan dos fracturas importantes con orientación norte-sur, cada una de las estructuras tienen una longitud de 7.5 km y cortan a basaltos y dacitas, no se localizan poblaciones cercanas a estas dos fracturas (Figura 6.3.3.).



**Figura 6.3.3.- Principales estructuras de la Región II.**

En el municipio de Singuilucan se localizan tres fallas normales, una de las cuales es del tipo circular y están desplazadas en toba riolítica, tiene una longitud de 8 km y se localiza en las faldas del cerro Las Navajas, las dos fallas restantes tienen una longitud de 3 y 4 km, no se localizan poblaciones cercanas a estas estructuras; en este municipio se localiza una fractura primaria de 4 km de longitud con un rumbo de 69° NW-SE, se localiza a 1.8 km en línea recta del poblado Singuilucan.

En el municipio de Cuautepec de Hinojosa, en la porción oriental, prácticamente en el límite estatal, se localiza un fracturamiento circular causado por el colapso de una caldera y esta

desplantada sobre rocas de origen riolítico, tiene una longitud de 20 km, la población más cercana a esta es La Cañada, que pertenece a el municipio de Cuauteppec.

Existe una fractura primaria que cruza los municipios de Tepeapulco, Tlanalapa y Singuilucan, se desplanta sobre basaltos y dacitas, tiene un rumbo NE-SW con una longitud de 10 km y no existen poblaciones próximas a dicha fractura. Finalmente, en el cerro La Paila que se conforma por material basáltico, se ubica una fractura primaria que atraviesa los municipios de Tepeapulco y Singuilucan, tiene un rumbo norte-sur con una longitud de 6.5 km, las poblaciones cercanas a dicha estructura son: Bellavista, municipio de Tlanalapa y Francisco I Madero perteneciente al municipio de Singuilucan.

### Región III

La estructura principal que predomina en la Región es el Anticlinorio Huayacocotla, la cual se localiza dentro de los municipios de Acaxochitlán, Tenango de Doria y San Bartolo Tutotepec, en los municipios de Tenango y San Bartolo el eje del anticlinal se extiende a lo largo de 20km sobre una secuencia de lutita, limonita y conglomerado, pertenecientes a la formación Huayacocotla y en menor medida dacita y basalto, en el municipio de Acaxochitlán el eje corre a lo largo de 2 km en una secuencia de limonita, arenisca y conglomerado, pertenecientes a la formación Cahuassas-Tenexcate, dicho eje tiene un rumbo preferencial NW 36 SE recostado hacia el NE, en este mismo lineamiento se localizan dos fracturas primarias y una falla normal en los municipios de Tenango de Doria y San Bartolo, la longitud de las fracturas es de 11 y 8 km con un rumbo general NW-SE, mientras que la falla tiene una longitud de 3.5 km con una orientación NW 33 SE, la cual se localiza al occidente de San Bartolo. Las poblaciones cercanas a este complejo estructural son: El Damo, Tenango de Doria, San Francisco Ixmiquilpan, El Bopo, El Xuti, La Reforma y Peña Blanca, dentro del municipio Tenango; y dentro del municipio San Bartolo Tutotepec las localidades próximas a este lineamiento son: La Vareda, Tenantitlan y Tutotepec (Figura 6.3.4.).

En el municipio de San Bartolo Tutotepec existen dos fracturas primarias, desplantadas en rocas calcáreas y en una secuencia de caliza y lutita pertenecientes a las formaciones Tamaulipas, Agua Nueva y San Felipe; cada estructura cuenta con una longitud de 8.5 km, el rumbo preferencial de cada fracturamiento es NE-SW y NW-SE, la única población cercana a estas fracturas es San Sebastián. En este mismo municipio se localiza una falla con un rumbo NW 54 SE y cuenta con 7 km de longitud, esta estructura corta a una secuencia de caliza, lutita y arenisca que pertenecen a las formaciones Tepexic, Santiago, San Andrés, Chipoco y San Pedro, las poblaciones que se localizan cerca de la estructura son: El Paraíso y San Jerónimo.

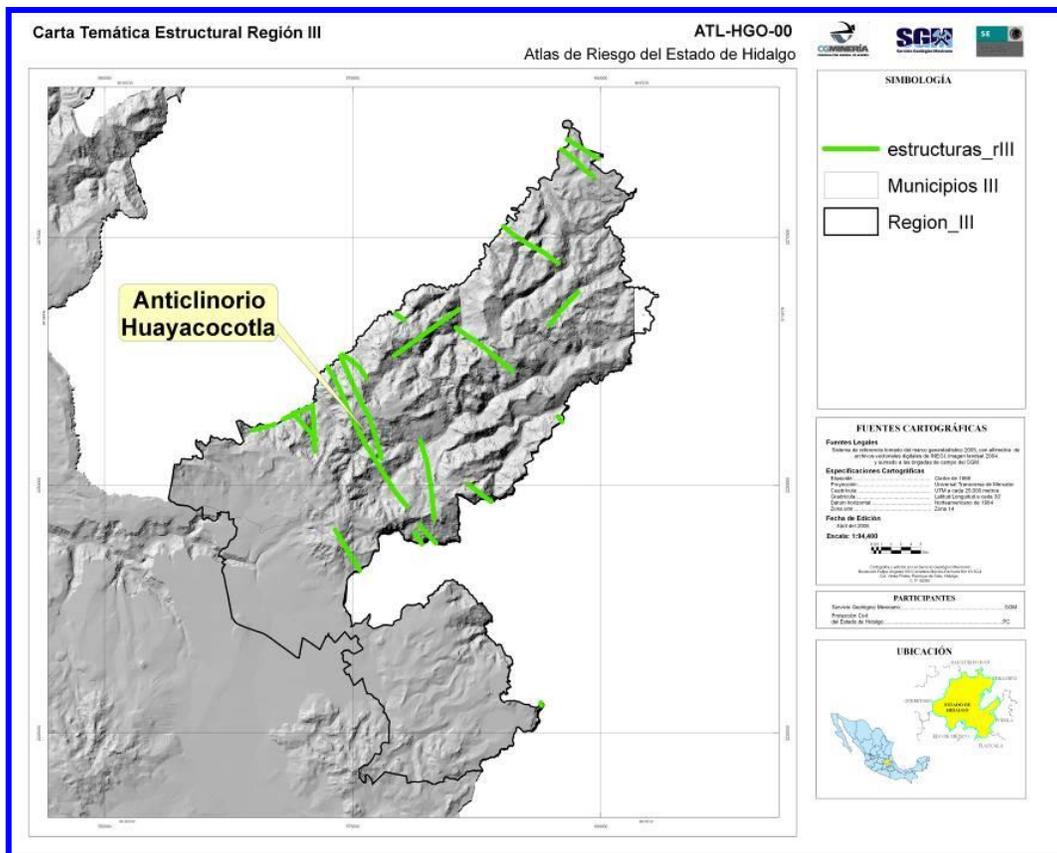


Figura 6.3.4.- Distribución de las estructuras más relevantes de la Región III.

En la porción norte del municipio de Huehuetla se localiza un complejo conformado por un anticlinal y un sinclinal, constituido por una secuencia de lutita y arenisca de la formación Chicontepec, el eje de ambas estructuras tiene un rumbo NW 52 SE, y cuenta con 5 km de

longitud dentro de la Región, no se localizan poblaciones o infraestructuras en la cercanías de ellos.

### Región IV

Zona donde se presenta la mayor cantidad de fallas, fracturas, anticlinales, sinclinales, cabalgaduras, etc. por lo que indica que esta Región es una de las más inestables estructuralmente, debido a los sistemas de debilidad generados en el macizo rocoso, por lo que mecánicamente la roca está rota y movida de su lugar de origen. Entre estas estructuras destaca la **Cabalgadura Huiznopala** ubicada al noreste del Estado, expone en la superficie a rocas Precámbricas como es el Gneiss Huiznopala sobre rocas Jurásicas, presenta una longitud aproximada de 15 km con una orientación NE-SW e inclinación al NW; **Cabalgadura Santiago** localizada en la parte norte del Estado, con longitud aproximada de 60 km orientada al NW-SE con inclinación al SW, constituida por rocas calcáreas de la formación El Abra-Tamasopo, depositada sobre rocas calcáreo-arcillosas de la formación Agua Nueva (Figura 6.3.5.).

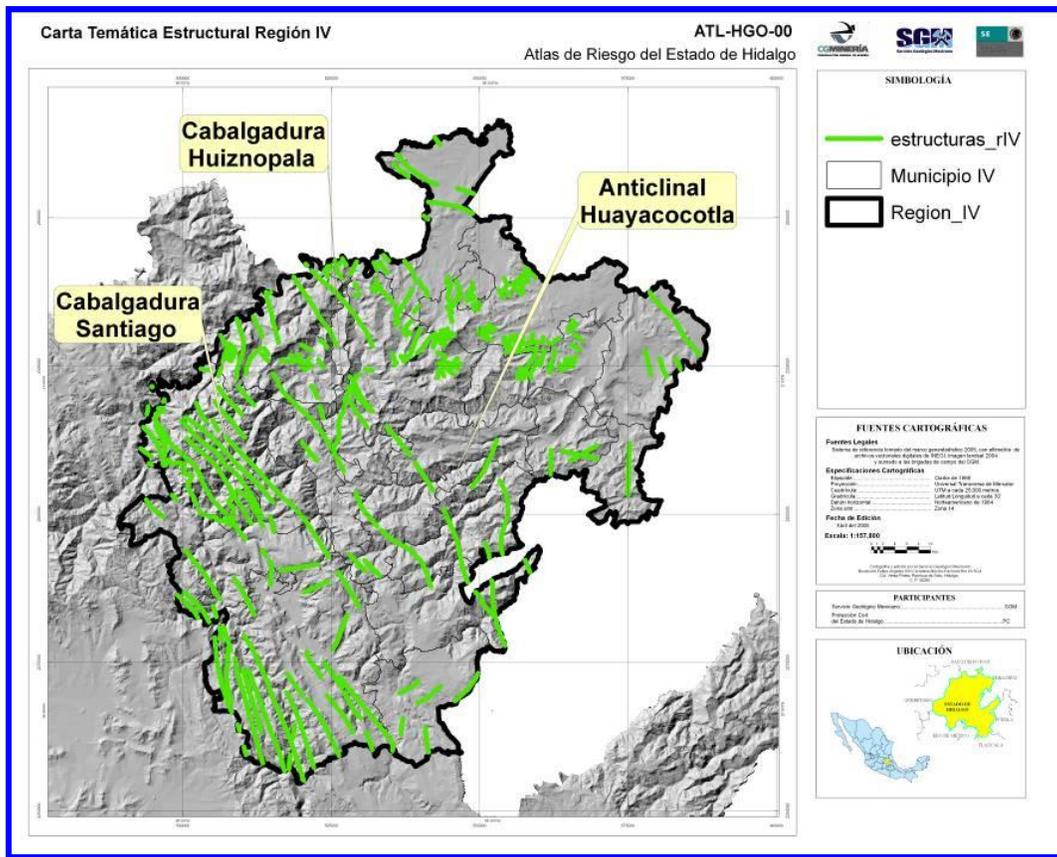
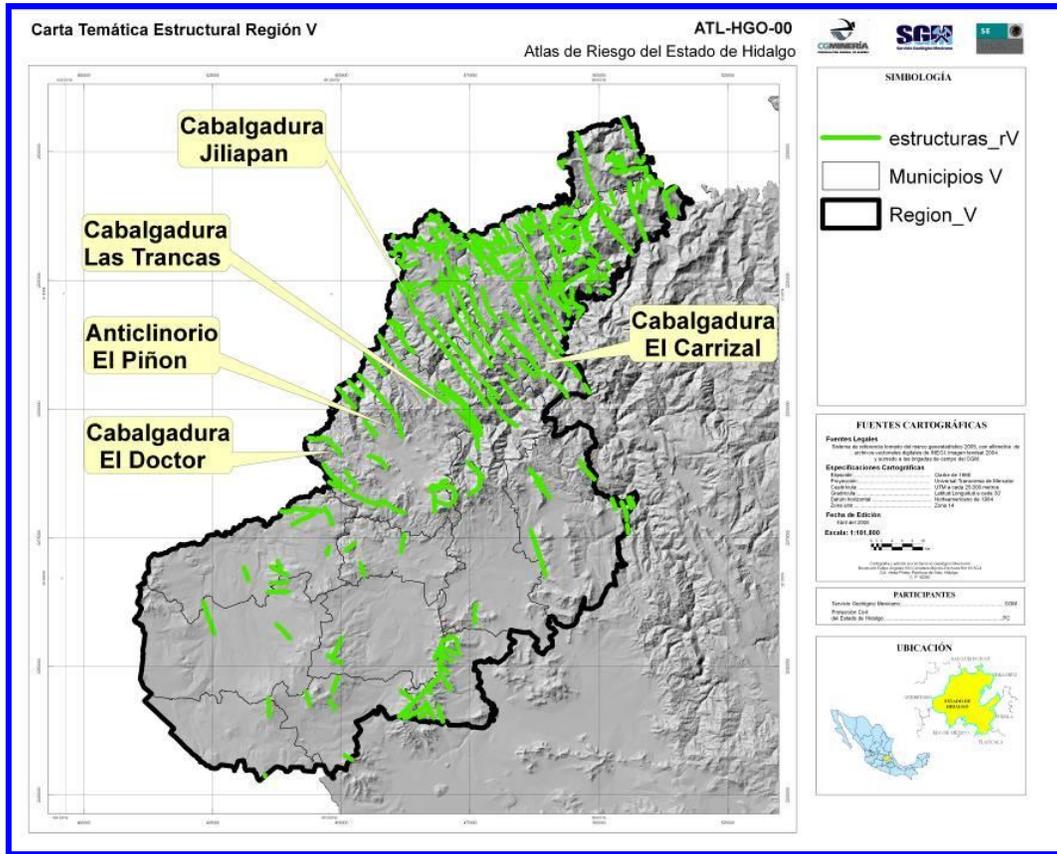


Figura 6.3.5.- Distribución de las principales estructuras que afectan a la Región IV.

## Región V

Se localiza en la porción noroeste del Estado, a grandes rasgos se puede dividir en dos zonas, hacia la parte sur predominan rocas volcánicas donde se tienen fallas y fracturas, hacia la parte norte se tienen rocas sedimentarias con estructuras predominantes como anticlinales, sinclinales, cabalgaduras, fallas y fracturas (Figura 6.3.6.).



**Figura 6.3.6.- Distribución de las principales estructuras de la Región V.**

Existe un complejo estructural conformado por sinclinales y anticlinales, el rumbo de sus ejes es NW-SE, corta a las formaciones: Tamaulipas superior e inferior, Otates, Tepexic, Santiago, San Andrés, Chipoco, San Pedro, Tamán, Pimienta, Cahuasas, Tenaxcate, El Abra, Tamasopo, Soyatal, Tamabra, Santuario, Las Trancas y El Doctor.



Andrés Tianguistengo, municipio de Actopan y Santa Rosa y Fray Francisco, municipio de El Arenal.

#### 6.4.- Geología Histórica

Los mares a fines del Paleozoico tuvieron una amplia distribución cubriendo gran parte del oriente de México en una franja de orientación norte sur, donde se depositaron sedimentos orogénicos de Facie Flysch, los cuales fueron levantados y plegados durante la Orogenia Ouachita.

En los pliegues Paleozoicos del Anticlinorio de Huayacocotla (Sierra Madre Oriental), los esfuerzos de compresión parecen provenir del oriente, produciendo pliegues orientados norte sur, pero con las orogenias posteriores cambian de dirección quedando finalmente orientados Noroeste-Sureste.

A principios del Triásico se registró un levantamiento, acompañado de un intenso período de erosión que produjo gran cantidad de sedimentos, constituidos por clastos que se depositaron en grandes cuencas formando gruesos espesores de areniscas y conglomerados representados en el Estado por la formación Huizachal.

La segunda orogenia, al final del Triásico (Palizada) originó a muchas de las fosas que prevalecieron hasta el Jurásico inferior (Liásico), donde se desarrollaron mares someros dando origen a la formación Huayacocotla de edad Sinemuriano Pleinsbaquiano-superior Toarciano.

Durante el Jurásico inferior tuvo lugar una transgresión, depositándose un potente paquete de sedimentos de facies marina en cuencas cerradas o de circulación restringida. Al final de esta época se suscitó posiblemente un pequeño movimiento orogénico que dio lugar a movimientos ascendentes y descendentes que originaron el depósito rítmico de lutita y arenisca de la formación Huayacocotla para posteriormente ser levantada y plegada. Durante este evento, prosiguió el levantamiento y erosión que tuvo como consecuencia el depósito de lechos rojos representados al oriente del Estado por la formación Cahuassas, López Rubio (1966).

Al principiar el Jurásico superior hubo una transgresión marina que cubrió gran parte de la República Mexicana, que se inicia en el Calloviano y predomina durante el Oxfordiano, Kimmeridgiano y Tithoniano, López R. (1982). Posteriormente, durante el Oxfordiano y Kimmeridgiano se formaron rocas calcareníticas con abundantes oolitas (formaciones Tamán y Pimienta).

Durante el Cretácico inferior persistieron los mares y se desarrollaron algunas cuencas marinas de diferentes profundidades, dando origen a depósitos de cuenca y de aguas muy someras a veces de tipo lagunar.

Durante el tiempo de crecimiento de los arrecifes y debido a la acción dinámica de éstos, la cuenca de depósito se hundía paulatinamente, dando lugar al depósito de sedimentos de aguas profundas (formación Soyatal), mientras que hacia el oriente de estos depósitos los sedimentos eran de aguas menos profundas, de tal modo que dieron lugar al crecimiento de arrecifes de tipo biostroma como lo indican ciertas facies de la formación Tamaulipas superior.

En el Turoniano la costa debió adentrarse en el mar y la cuenca de depósito entro en subsidencia. Durante el Maestrichtiano comienzan las primeras pulsaciones de la Orogenia Laramide, que se manifiesta por el gran aporte de terrígenos hacia las cuencas, como se observa en la porción noroccidental del Estado, donde los sedimentos arcillo calcáreos de la formación Soyatal Méndez se hacen más arenosos.

A principios del Terciario toda la secuencia Mesozoica es levantada y plegada y se forman los grandes pliegues recostados y fallas inversas (cabalgaduras) hacia el noreste.

Probablemente durante el Eoceno y principios del Oligoceno se generó un fallamiento normal de distensión formándose grabens y horts, para quedar sometida la Región a una erosión prolongada, depositándose sedimentos del Grupo Chicontepec y Conglomerado El Morro así como actividad volcánica.

En el Oligoceno Mioceno se tiene la presencia de un arco volcánico intracontinental, activo en nuestros días, estando representado por el Eje Neovolcánico. La intensa actividad volcánica de esta época dio origen a las formaciones del Grupo Pachuca, que constan de alternancias de brechas, tobas, aglomerados y derrames lávicos de composición andesítica dacítica.

La actividad volcánica (intermedia y básica) se intensifica durante el Mioceno sobre todo al poniente del Estado y por consiguiente en el depósito de la formación Espinas. Hacia fines del Mioceno y principios del Plioceno las intrusiones de grandes cuerpos plutónicos (monzoníticos y dioríticos) y diques asociados afectan a las rocas mesozoicas descritas, provocando metamorfismo de contacto acompañado de fracturamiento.

A fines del Plioceno y principios del Pleistoceno (Cuaternario), se originó la emisión de lavas máficas que, por una parte, obstruyó el drenaje existente, formando cuencas endorreicas y por otra, pequeños lagos donde se depositaron sedimentos como la formación Tarango. Hacia fines del Pleistoceno se inicia el depósito de gravas y arenas. Durante el reciente ocurre la erosión de estas últimas, para que finalmente se depositen los sedimentos aluviales y regolíticos cuaternarios.

## 6.5.- Tectónica.

Las características del basamento Precámbrico y Paleozoico sobre el que evolucionó la amplia secuencia mesozoica del oriente de México no son claras, ya que en general son escasos los afloramientos. Los cinturones que conforman este basamento deben haber sido fuertemente dislocados por los movimientos laterales y verticales de la primera mitad del Mesozoico, cuando ocurrió la apertura del Golfo de México. Estos movimientos tectónicos prepararon la distribución paleogeográfica de cuencas y plataformas que posteriormente controlarían la sedimentación y las deformaciones laramídicas a finales del Mesozoico.

Durante el Triásico esta porción del país evolucionó en forma continental con el desarrollo de una tectónica distensiva que dio lugar a la formación de fosas y rellenos importantes de sedimentos continentales. Posteriormente, se instaura un dominio de tipo geosinclinal originado por la transgresión marina del Jurásico superior sobre el oriente del país, al tiempo de la apertura del Golfo de México. Esta transgresión dio lugar a depósitos calcáreos en el marco de una subsidencia intermitente.

A principios del Cretácico superior ocurre un marcado cambio en el régimen de sedimentación de esta Región, como consecuencia del levantamiento y deformación del

dominio occidental donde continuaba actuando la subducción de la Placa Paleopacífica debajo de la porción continental de México.

Los sedimentos detríticos que comienzan a cubrir la secuencia calcárea del oriente se distribuyen ampliamente y llegan a alcanzar grandes espesores en la Antefosa de Chicontepec en el Paleoceno, cuya formación anuncia la actividad orogénica que afectaría toda la Región. De esta manera los dominios occidental y oriental de México, que habían actuado de manera independiente y con características propias, están interrelacionados estrechamente con las deformaciones de finales del Mesozoico.

La Sierra de Pachuca se encuentra constituida por una serie de rocas volcánicas extrabasadas durante el Terciario. Este paquete volcánico cubre en discordancia las rocas sedimentarias del Cretácico. Esta serie volcánica forma una estructura sinclinal, ya que en la vertiente sur de las rocas tienen una inclinación de 10° a 15° al norte, en tanto que en la vertiente norte de 10° a 15° al sur. Las rocas intrusivas en forma de diques y troncos se encuentran distribuidas a lo largo de la Sierra de Pachuca y cortan gran parte de las formaciones volcánicas.

## 7.- CLASIFICACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE PELIGRO VULNERABILIDAD Y RIESGO.

### 7.1 Hidrometeorológicos

La República Mexicana, por su situación geográfica se ve afectada por sistemas meteorológicos provenientes tanto de las regiones tropicales, como los de la zona polar, dichos sistemas provocan la presencia de fenómenos que se manifiestan durante las cuatro estaciones del año, que pueden ocasionar diferentes formas de precipitación, tales como: lluvias, tormentas, heladas, granizadas y sequías.

Dichos fenómenos juegan un papel importante en el desarrollo económico y social de cada Región, sus efectos son impredecibles y algunas veces provocan serios daños a la población, como las inundaciones por desbordamiento y encharcamiento.

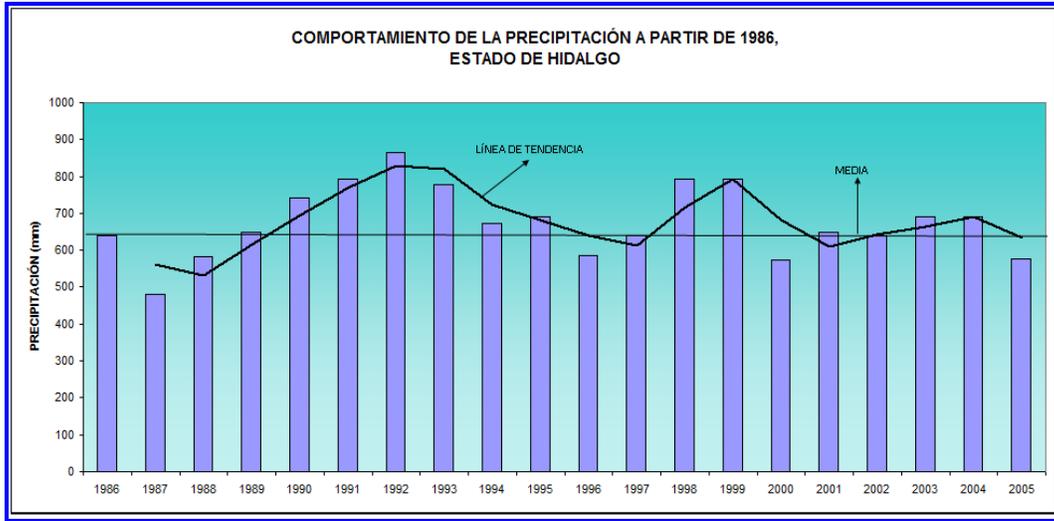
Con base, a la regionalización establecida y a la distribución de las estaciones meteorológicas se aborda y se describe la problemática de los fenómenos Hidrometeorológicos (Precipitaciones, Tormentas, Granizadas, Heladas, Sequías, Inundaciones y Erosión)

#### 7.1.1.- Precipitaciones.

En esencia, la precipitación por sí sola no es un peligro natural, sin embargo, es uno de los factores principales que puede favorecer la ocurrencia de sequías, inundaciones y peligros naturales tales como; caída de bloques o deslizamiento de laderas.

La distribución de la humedad y la precipitación en el Estado está determinada por la configuración del relieve y la dirección de los vientos alisios cálidos y húmedos procedentes del Atlántico y del Golfo de México que al alcanzar las laderas de la Sierra Madre Oriental se enfrían adiabáticamente depositando la mayor parte de su humedad.





**Grafica 7.1.1.1.- Precipitación anual 1986-2005.**

Un fenómeno relacionado con las precipitaciones, en su distribución y ocurrencia, son las tormentas, que se analizan respecto a su frecuencia y distribución espacial.

Las localidades urbanas más afectadas por la precipitación se localizan en las regiones III y IV hacia el oriente del territorio; sin embargo, existen zonas dispersas donde los fenómenos mencionados son una constante que afecta a la población (Figura 7.1.1.2.).



Presenta un riesgo medio bajo en los municipios que se localizan en colindancia con Mineral del Chico donde la precipitación media máxima es de hasta 1,400 mm/año.

Otras localidades con problemas similares son Mineral del Monte, Omitlán de Juárez y Pachuca ubicadas en los municipios del mismo nombre. Pachuca de Soto, tiene problemas por inundaciones provocadas por el desbordamiento de sus afluentes principales (Figura 7.1.1.3.). Las principales afectaciones en la Región son principalmente al sector agrícola.

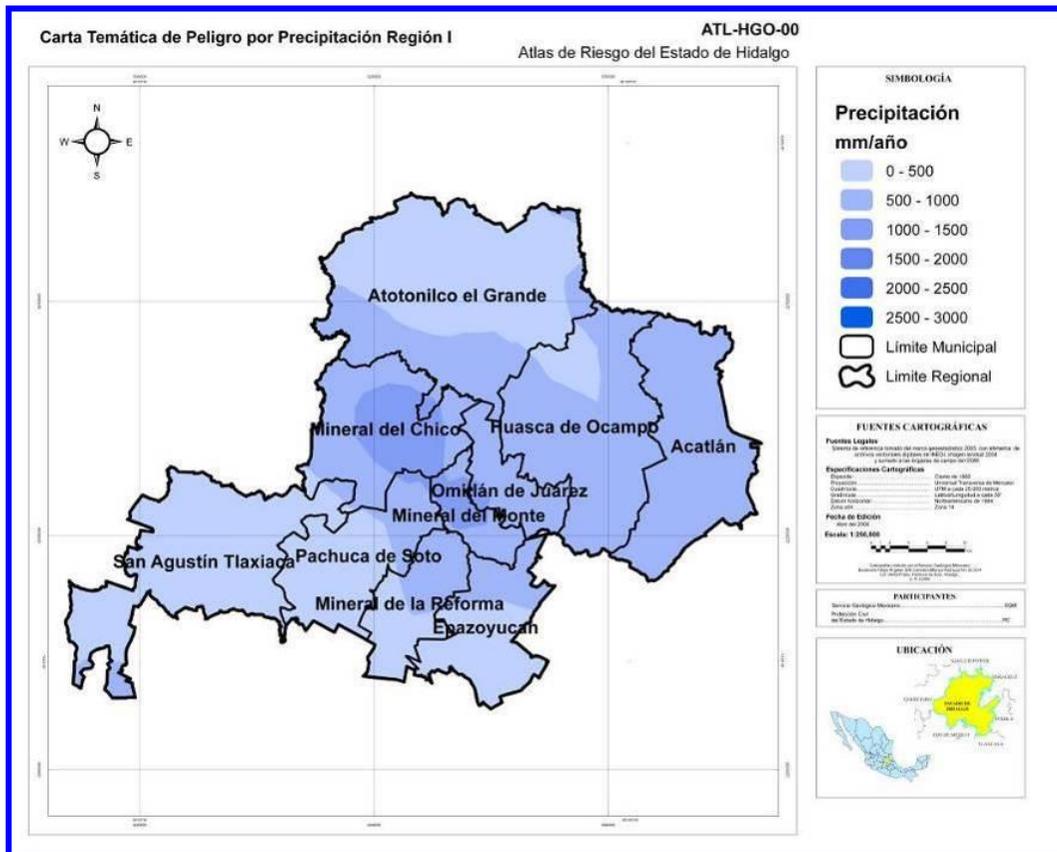


Figura 7.1.1.3.- Distribución de la precipitación en la Región I.

## b).- Región II

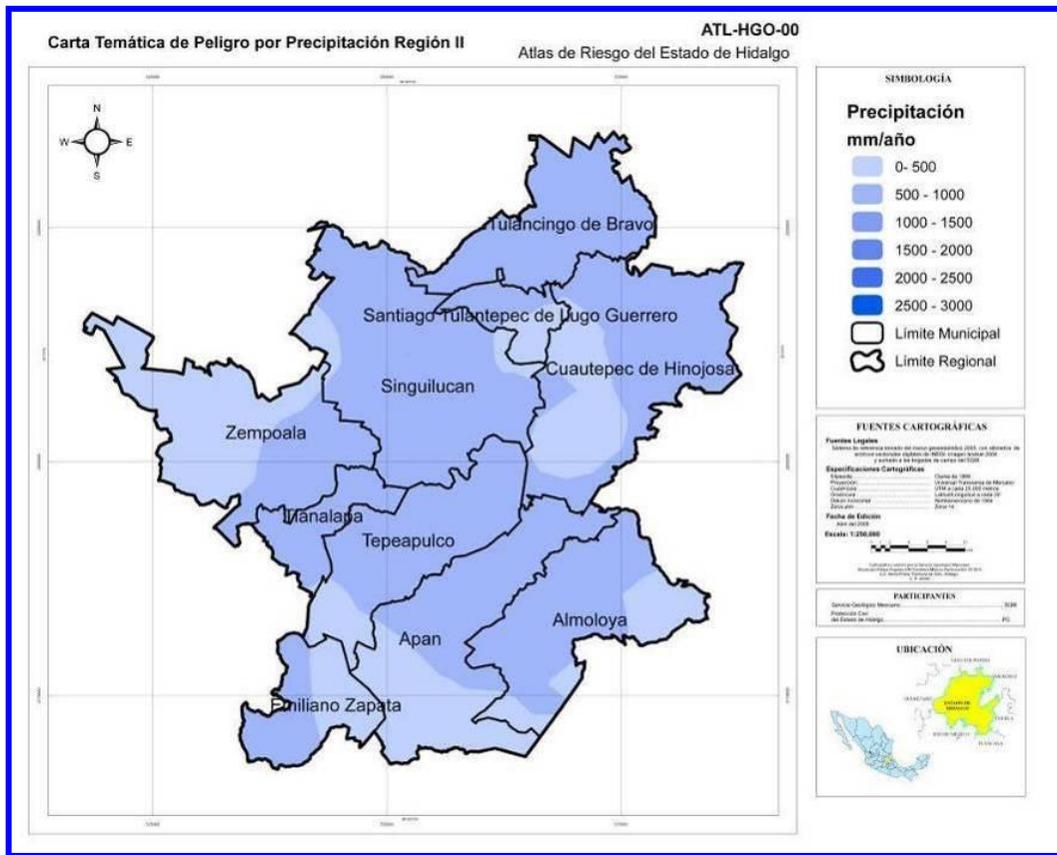
Las precipitaciones disminuyen en comparación con la Región I, alcanzando rangos de 750 a 1000 mm/año en la parte central del municipio de Tepeapulco y al oriente de los municipios de Tulancingo de Bravo y Cuautepec de Hinojosa. De las estaciones meteorológicas

localizadas dentro de ésta Región, la estación Llano Chico, en el municipio de Emiliano Zapata tiene el mayor valor de precipitación media anual, siendo esta de 758 mm/año; en contraparte la estación Santiago Tulantepec, es la que presenta la menor precipitación media anual, siendo de 810 mm/año.

Esta Región es la más perjudicada por los fenómenos derivados de la precipitación. Los fenómenos más recurrentes son la inundación y el deslizamiento de laderas, presentándose al noreste de la misma, afectando así, la actividad agrícola y de servicios.

El municipio más afectado es Tulancingo de Bravo, cuya precipitación máxima anual puede ser superior a los 900 mm originando un riego medio en la zona; el principal problema en el municipio se presenta por el desbordamiento de sus cauces principales, como sucede en: Santa Ana Hueytlalpan y la cabecera municipal (Tulancingo) (Figura 7.1.1.4.).

Algunos municipios igualmente afectados son Santiago Tulantepec y su cabecera municipal al igual que Cuautepec de Hinojosa.



**Figura 7.1.1.4.- Distribución de la precipitación en la Región II.**

**c).- Región III**

Las precipitaciones en esta Región aumentan, en comparación con la Región II, notablemente alcanzando 1500 mm/año, concentrándose preferencialmente en la parte central del municipio de Tenango de Doria y en la parte norte de los municipios de Huehuetla y San Bartolo Tutotepec. La estación con el menor valor de precipitación es Huasquilla, al norte, en el Municipio de Tenango de Doria, con un valor medio anual de 413 mm/año. Dentro del mismo municipio localizada al centro del mismo, se ubica la Estación Tenango de Doria donde registra un valor medio de precipitación de 1,600 mm/año.

Por localizarse en la ladera de Barlovento de la Sierra Madre Oriental es una Región lluviosa donde la mayor parte de los municipios reciben precipitaciones anuales medias-altas,

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

oscilando entre los 600 y 1,500 mm anuales, presentando así un nivel de riesgo medio. Esto provoca que en la mayor parte de la Región existan problemas originados por el reblandecimiento del terreno, como caídas de bloques y deslizamientos de laderas (Figura 7.1.1.5.).

Los municipios con un alto índice en daños, entre ellos la agricultura son: Tenango de Doria con una precipitación anual máxima de 1,500 mm, Agua Blanca de Iturbide, Acaxochitlán y Huehuetla.

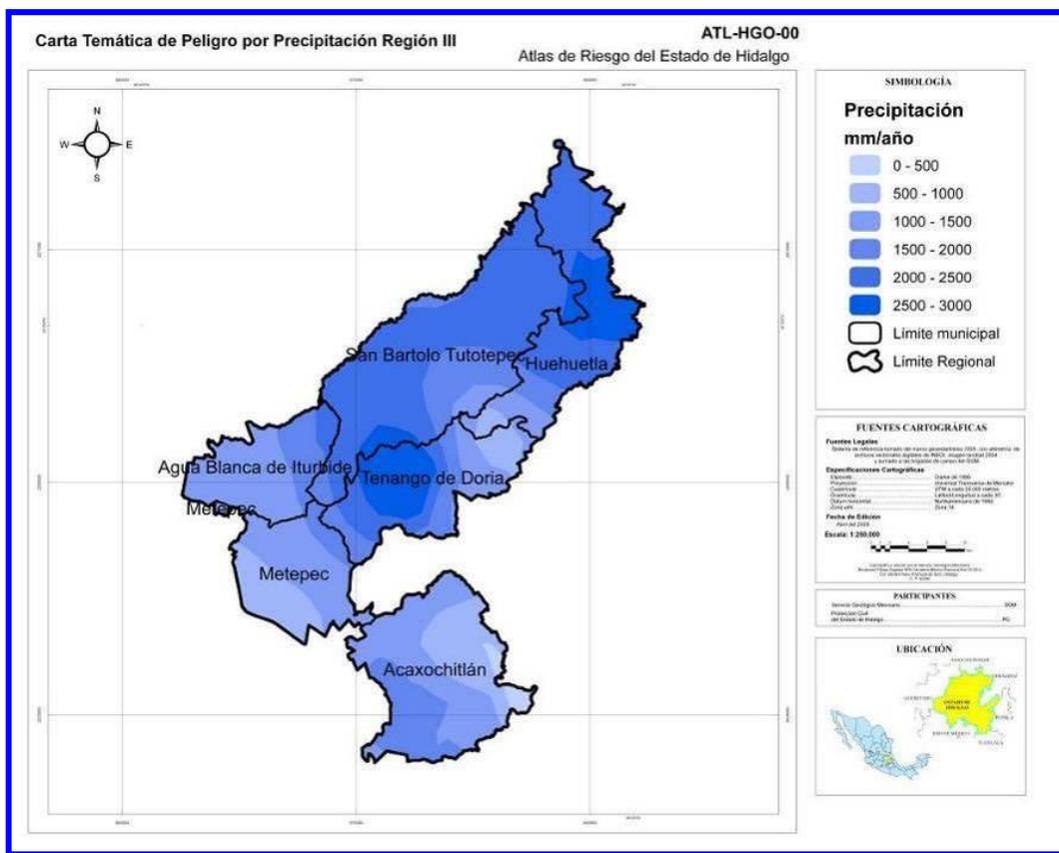


Figura 7.1.1.5.- Distribución de la precipitación en la Región III

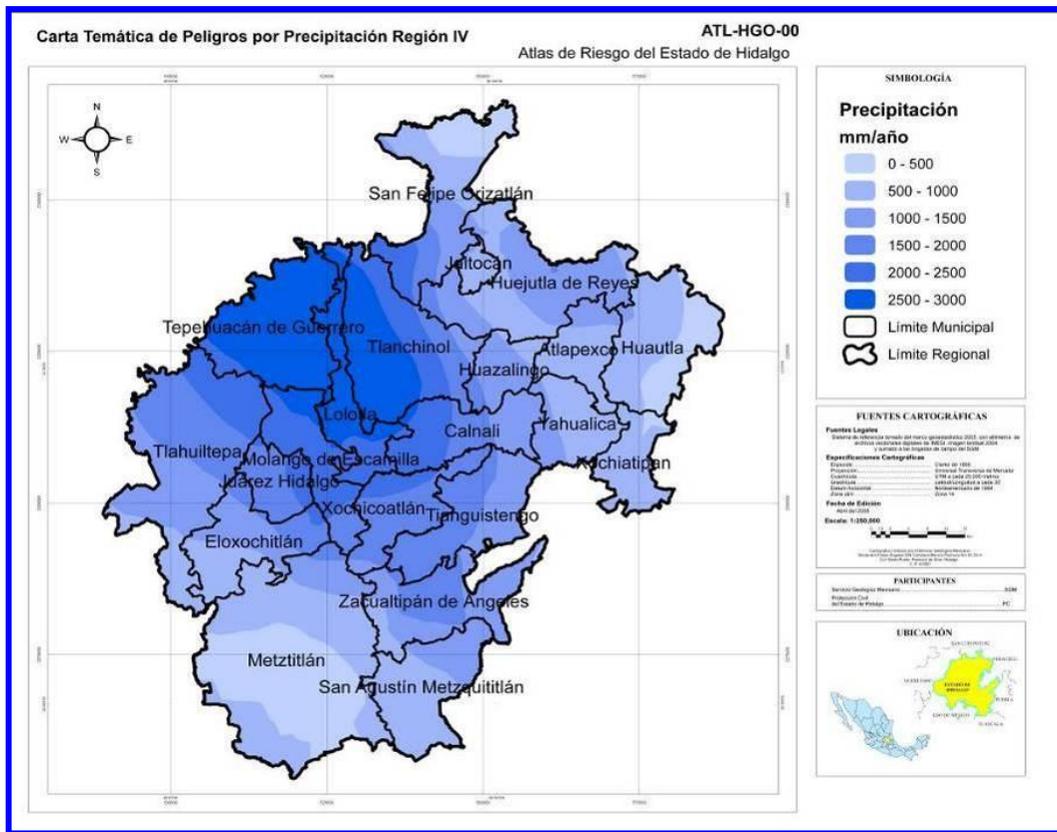
#### d).- Región IV

En esta zona se presentan las precipitaciones más abundantes de todo el Estado, reflejadas en los municipios de Tepehuacan de Guerrero, Lolotla y Tlanchinol, la media anual alcanza valores de 2,500 mm/año. En la estación de Tlanchinol el valor de la media anual de precipitación es de 2,468 anual; hacia la parte sur, las precipitaciones decaen hasta los 300 mm/año, en la estación San Cristóbal, municipio de Metztlán, el valor medio anual es de 390 mm/año.

Al noreste de la Región se ubican algunos de los municipios más lluviosos del Estado y por lo tanto algunos de los que tienen mayores problemas generados por el exceso de agua, con valores de precipitación media superiores a los 2,500 mm/año y mínimos de 500 mm/año, resultando un riesgo medio-alto.

Los municipios más afectados por son: Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, San Felipe Orizatlán, Calnali, Huejutla de Reyes, Molango y Zacualtipán de Ángeles, en sus cabeceras municipales (Figura 7.1.1.6.).

Los principales problemas influenciados por la precipitación son los deslizamientos de laderas y caídas de bloques, sobre todo en la Huasteca Hidalguense, afectando las actividades económicas de la Región (principalmente la siembra de maíz).



**Figura 7.1.1.6.- Distribución de la precipitación en la Región IV.**

**e).- Región V**

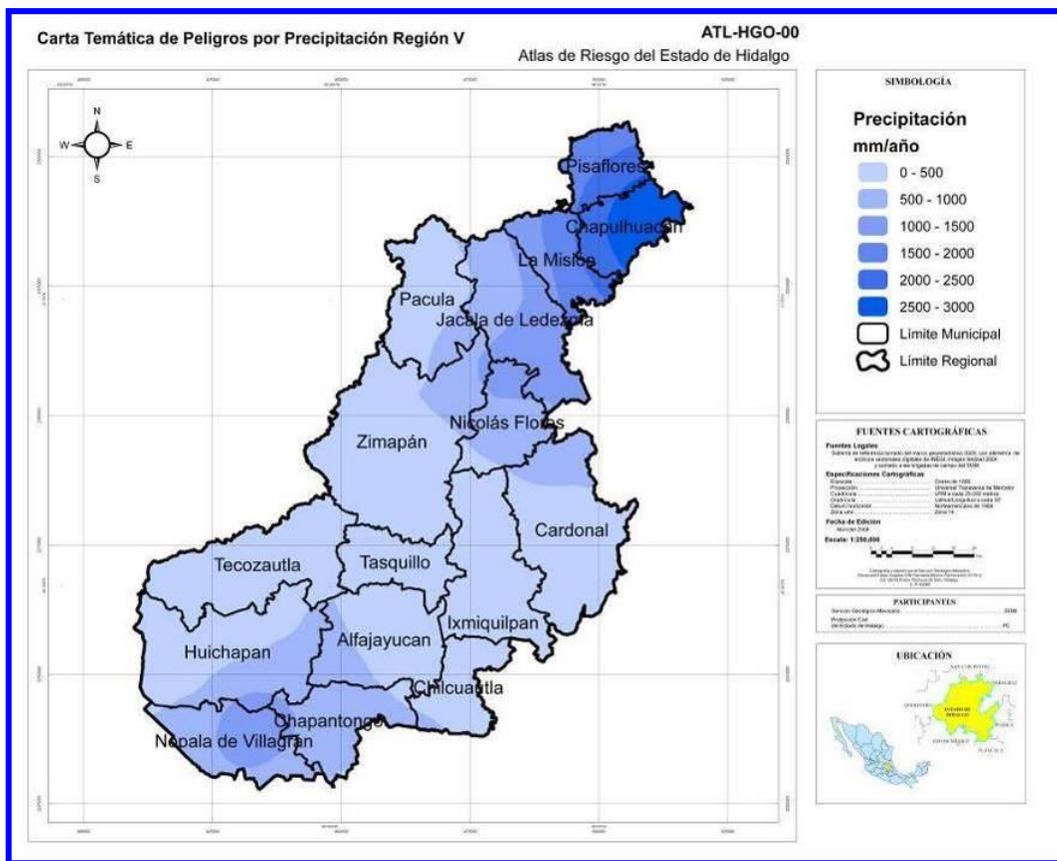
En la parte norte, específicamente en el municipio de Chapulhuacán, se presentan precipitaciones que alcanzan los 2,500 mm/año, éste valor disminuye drásticamente hacia la parte central y sur de la Región, donde los valores medios anuales oscilan entre 200 mm/año en Ixmiquilpan (zona central) y los 1,100 mm/año en Nopala de Villagrán (zona sur). La estación Presa Felipe Ángeles, en Ixmiquilpan tiene el registro más bajo de precipitación media anual, 156 mm/año; mientras que la Estación Chapulhuacán, alcanza el valor de 2,618 mm/año, el mayor en todo el Estado.

Al norte de la Región se localiza Chapulhuacán de Guerrero que es el municipio más lluvioso del Estado y que frecuentemente se ve afectado por las altas precipitaciones, llegando a ser de hasta 2,600 mm anuales.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

La Región en general tiene un riesgo medio bajo y sólo en la parte norte, esta situación cambia a riesgo alto. Pisaflores y Jacala, recibe una precipitación media anual de 2,000 mm anuales, con intensas lluvias en verano provocan mayores mermas en el sector agrícola y ganadero.

Esta Región es la más extensa, engloba zonas de precipitación variable, un ejemplo de esto son los municipios de Huichapan y Nopala de Villagrán donde la media anual máxima es de 1,200 mm anuales, misma que se presenta en una pequeña extensión de las localidades mencionadas (Figura 7.1.1.7.).



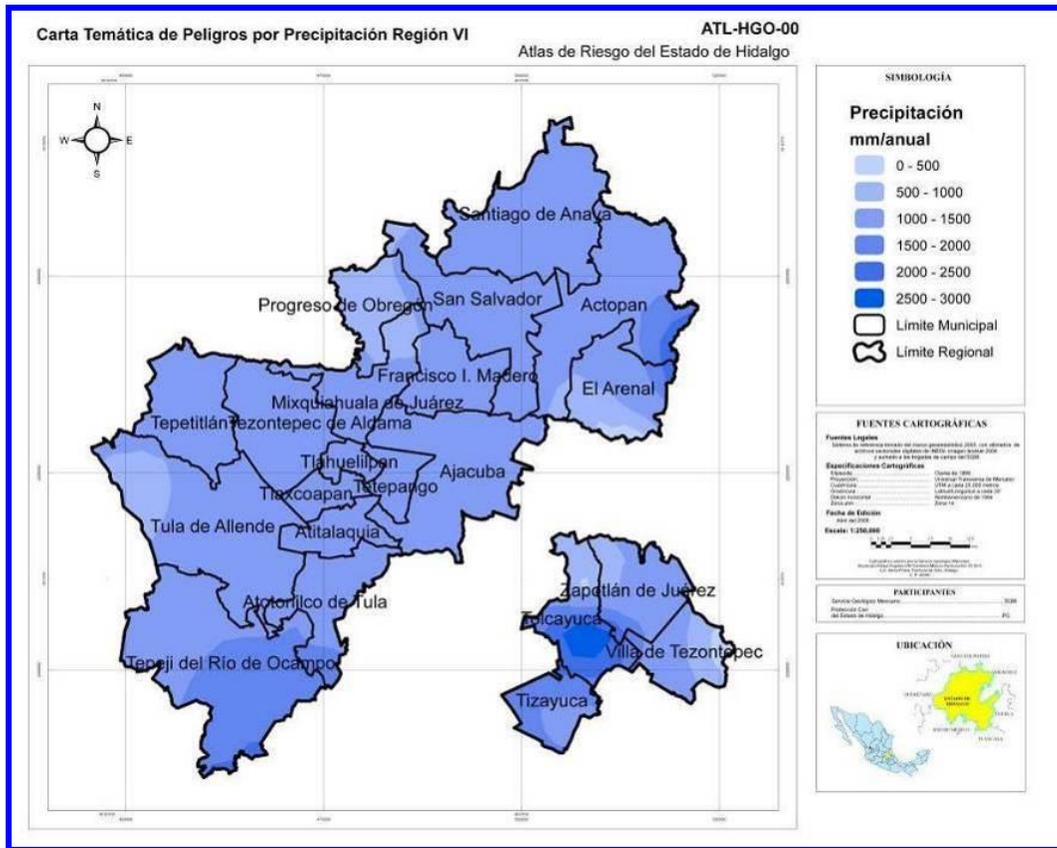
**Figura 7.1.1.7.- Distribución de la precipitación en la Región V.**

**f).- Región VI**

Las precipitaciones en esta Región son escasas, no superan los 900 mm/año en el Valle Pachuca-Tizayuca, en la mayoría de la zona estas oscilan entre los 400 y 600 mm/año, las estaciones con el mínimo y máximo valor medio anual de precipitación, se localizan en el municipio de Tolcayuca, la estación Tlajomulco registra 229 mm/año y la estación Tolcayuca 1,008 mm/año.

Al sureste de la Región se localiza el municipio de Tolcayuca el cual tiene riesgo medio debido a las precipitaciones máximas de 1,000 mm anuales, generando área inundables, al igual que en las localidades de San Marcos y San Miguel Vindhó, en el Municipio de Tula de Allende cuyo principal problema es el desbordamiento del río del mismo nombre (Figura 7.1.1.8.).

En la misma Región se ubican los municipios de Tula de Allende, problemas por el desbordamiento del Río Tula en las localidades de San Marcos y San Miguel Vindhó.



**Figura 7.1.1.8.- Distribución de la precipitación en la Región VI.**

**7.1.2.- Tormentas.**

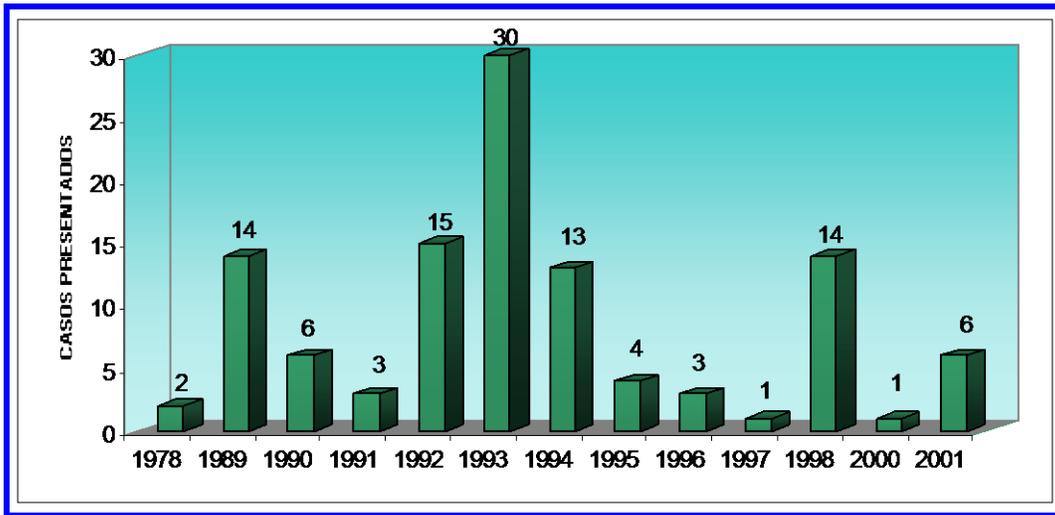
El mayor número de tormentas que afectan al Estado son derivadas de Huracanes que se originan en el Océano Atlántico y Golfo de México (o bien que provienen del Atlántico y se intensifican o aminoran en el Golfo de México) presentándose en el mes de septiembre. Las tormentas de mayor intensidad se presentan cada 4 y 6 años, siendo un peligro constante, considerando que este fenómeno puede influir y causar serios problemas de deslizamiento, caída de bloques, flujos de lodo, etc.

Los registros históricos de tormentas graves que afectaron el estado, indican que los municipios más vulnerables han sido: Pachuca, Tulancingo y Huehuetla. Las tormentas tropicales número 11 y 14 originadas en 1999, junto con el Ciclón Tropical Dean en el 2007,

se originaron en el Atlántico, y provocaron graves y cuantiosas pérdidas económicas en la mayor parte del Estado, afectando principalmente al Municipio de Tulancingo de Bravo, donde varios ríos se desbordaron ocasionando severas inundaciones.

En un periodo de 54 años la mayor frecuencia de lluvias torrenciales derivadas de tormentas fue de 30 días, y se registraron en el año de 1993.

Otros datos históricos de lluvias torrenciales como las suscitadas en el año 1989 registraron 14 días de lluvia en promedio, en 1992 15 días, en 1994 fueron 13 días y en 1998 14 casos. (Gráfica 7.1.2.1).



**Gráfica 7.1.2.1.- Frecuencia de tormentas pluviales, 1978-2001, (modificado del Atlas Estatal de Riesgos, Dirección de Protección Civil, 2004).**

Las tormentas han provocado afectaciones a más del 60 % de los municipios del Estado.

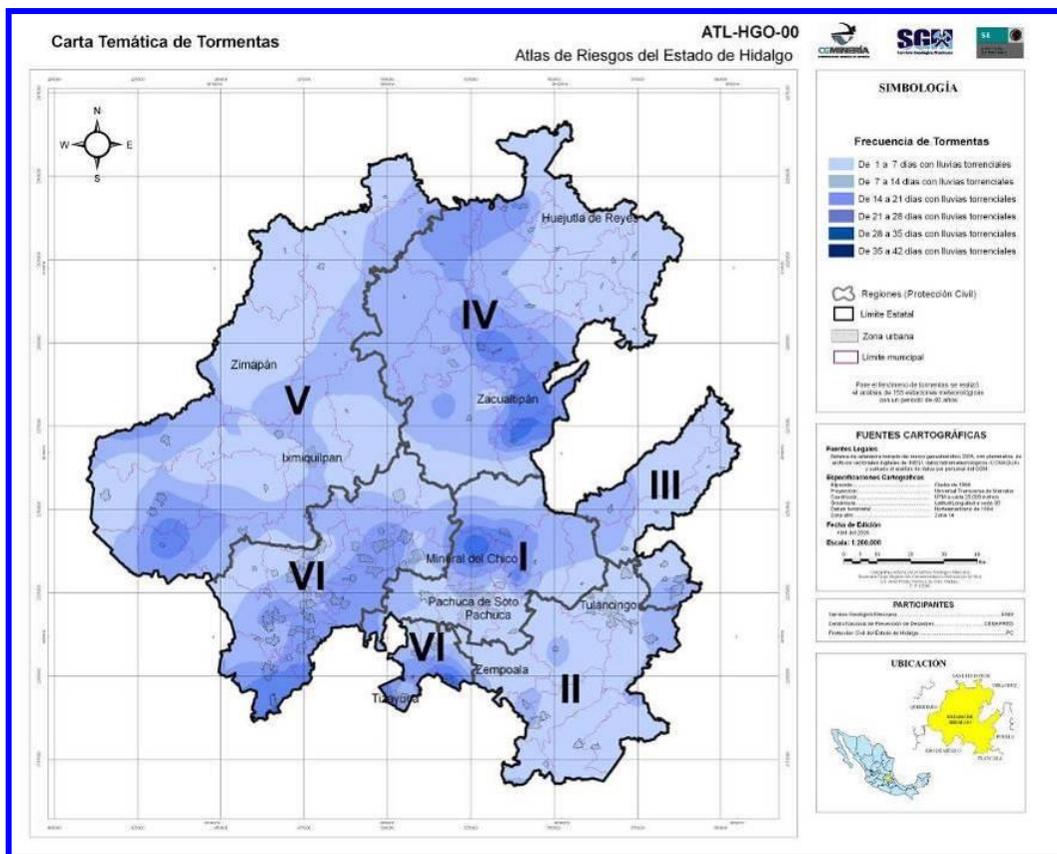
El huracán Cosme y la tormenta tropical Diana originados en 1989, afectaron 10 municipios, incluyendo las ciudades de Pachuca y Tulancingo.

En 1998, la depresión tropical número 2 afectó los municipios de; Huasca de Ocampo, Ixmiquilpan, Huehuetla, Lolotla, San Agustín Tlaxiaca, Tenango de Doria, Tepehuacán de

Guerrero, Tianguistengo, San Bartolo Tutotepec, San Salvador, Zapotlán, Molango, Agua Blanca y Atlapexco.

En agosto del 2007, se presentó el ciclón tropical Dean, que afectó 60 municipios (Diario Oficial de la Federación, 14 de septiembre del 2007).

De acuerdo al análisis de las estaciones meteorológicas se determinó un lineamiento de isolíneas en dirección noreste-sureste (Figura 7.1.2.1.).



**Figura 7.1.2.1.- Zonificación de tormentas pluviales en el Estado, presenta una acumulación de eventos en la parte centro norte.**

La mayor frecuencia de tormentas se registra en Tezontepec, en el municipio del mismo nombre, donde se reporta una frecuencia media de 39 días anuales, con presencia de lluvias torrenciales.

Estas lluvias afectan en gran medida la zona serrana, debido a las características topográficas y geológicas de la misma, propiciando deslizamientos, flujos de lodo e inundaciones.

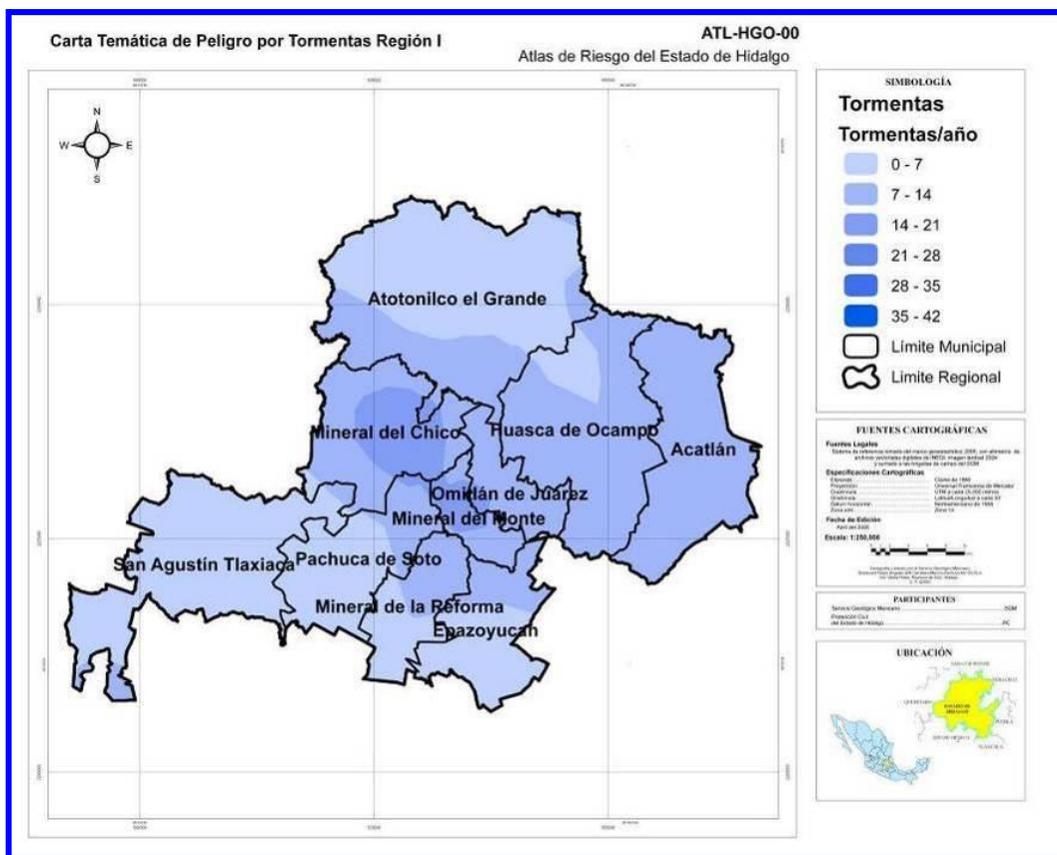
La temporada de lluvias y tormentas, se presenta en la temporada más cálida del año, entre los meses de mayo y septiembre, sin embargo, se observa que existen estaciones en que se registra de junio a septiembre dependiendo de la altitud del lugar con respecto al nivel del mar.

Las localidades urbanas más afectadas por la precipitación se localizan en las regiones I, IV y VI y en la parte sur de la Región V, existen zonas dispersas donde el fenómeno es una constante que afecta a la población (Figura 7.1.2.2.).



La Región presenta una frecuencia media máxima de 34 días con lluvias torrenciales al año en el área de Mineral del Chico, de manera general la temporada de tormentas es de junio a septiembre.

Los valores mayores de precipitación y tormentas, son condicionados por el enfriamiento adiabático provocado por las elevaciones del Eje Neovolcánico en la parte del Parque Nacional El Chico, descargando gran parte de la humedad y vientos provenientes del Atlántico y Golfo de México (Figura 7.1.2.3.).



**Figura 7.1.2.3.- Distribución de tormentas pluviales Región I, el municipio más afectado es Mineral del Chico.**

El riesgo por tormentas es medio-alto y los municipios más afectados son: Mineral del Chico (cabecera municipal) donde la frecuencia de lluvias torrenciales es de 34 días al año clasificándose como una zona con riesgo alto, además de, Omitlán de Juárez y Atotonilco El

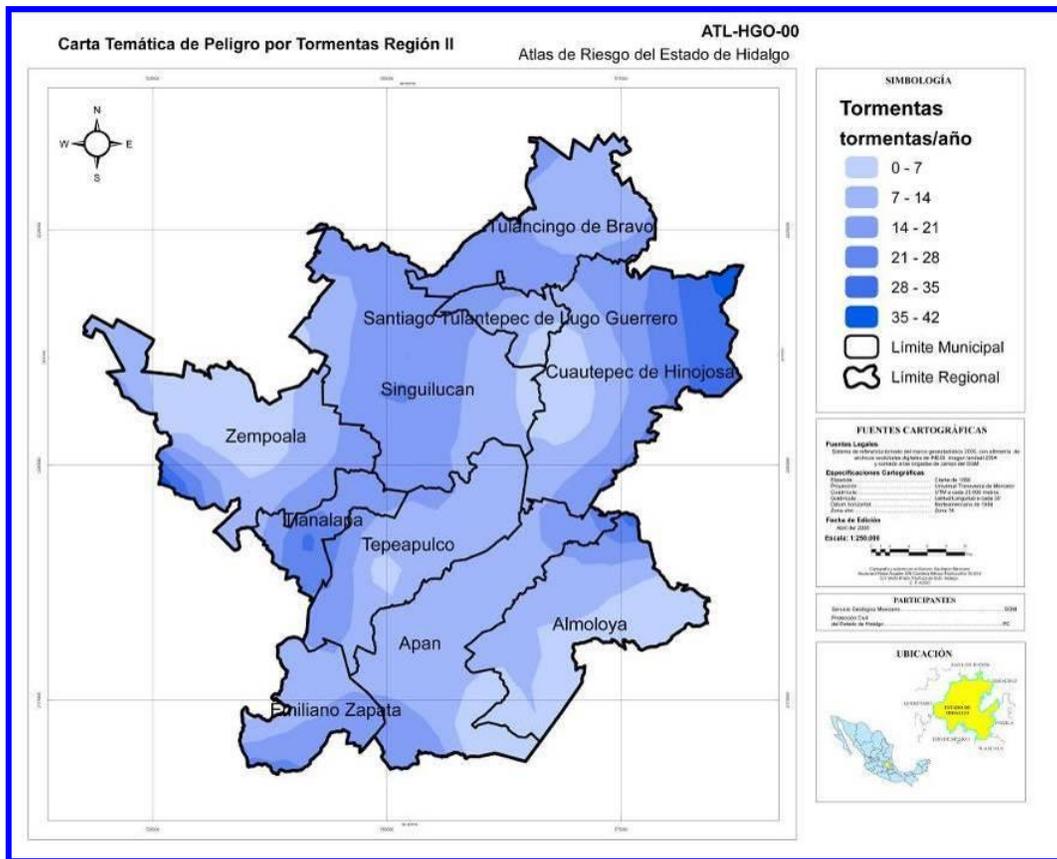
Grande donde se presentan 26 casos anuales. El principal problema derivado de las precipitaciones torrenciales en la zona es la caída de bloques que afecta principalmente la infraestructura, como las vías de comunicación.

### **b).- Región II**

Es la segunda Región más árida del Estado, con una precipitación media anual de 520 mm, de acuerdo a este valor, la estación más representativa es la ubicada en el municipio de Tulancingo de Bravo, donde se presentan medias anuales de 512 mm. En este municipio, el año de 1958 fue el más lluvioso, registrando 923 mm/año que representa la precipitación histórica más alta en la zona. En 1999 fue el segundo año más lluvioso debido a las depresiones tropicales número 11 y 14, que dejaron como resultado graves y cuantiosos daños a la población del municipio.

Cada 3 y 5 años la zona es afectada por lluvias torrenciales que contribuyen a desbordar los principales arroyos tributarios, afectando en gran medida a la población. La temporada de lluvias en esta Región se presenta en los meses de junio y septiembre.

La frecuencia de tormentas es baja, se registran 14 días con lluvias torrenciales al año en la estación Presa-Tezoyo, ubicada en el municipio de Almoloya de Juárez cerca de la localidad Las Maravillas (Figura 7.1.2.4.).



**Figura 7.1.2.4.- Distribución de Tormentas pluviales Región II.**

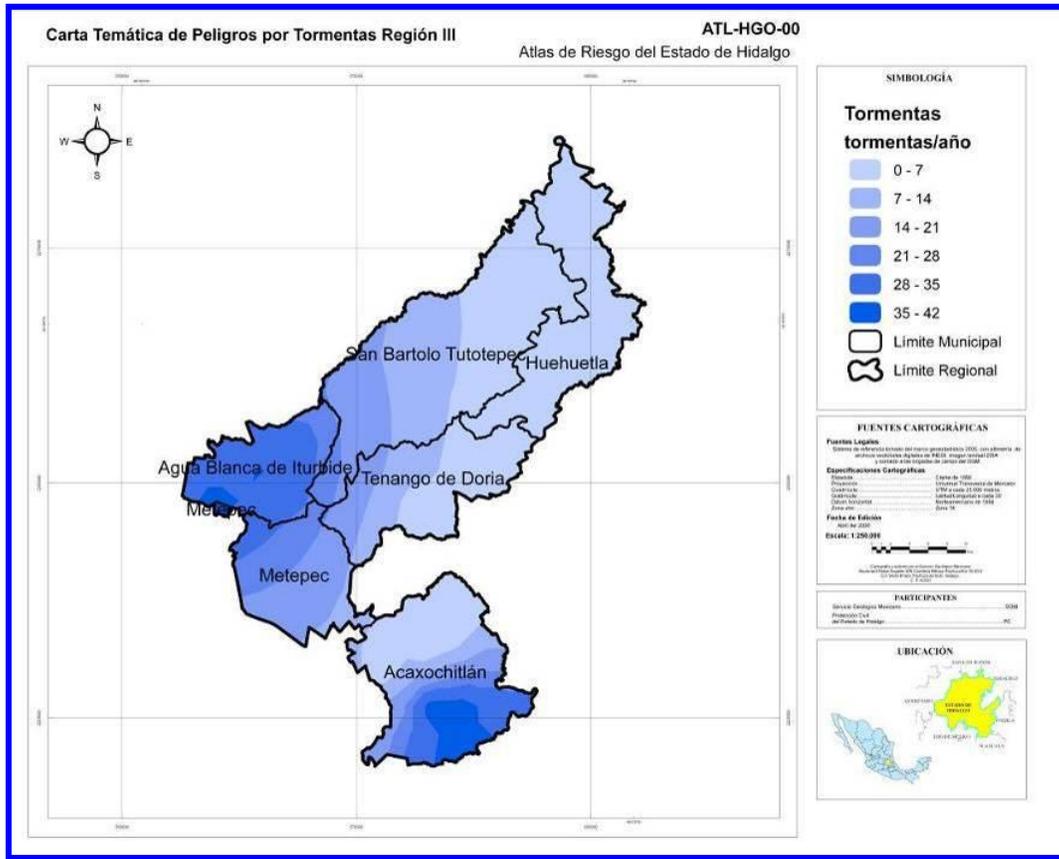
En la Región se tiene un riesgo medio en los municipios de Cuautepec de Hinojosa, esto en la cabecera municipal y la comunidad de Santa María Paliseca que recibe una frecuencia máxima de lluvias torrenciales de 11 días al año. En la misma Región se localiza el municipio de Almoloya que recibe una frecuencia de 14 días lluviosos al año, sin embargo, Almoloya, la localidad más cercana a la estación Presa Tezoyo que registró este valor está a más de 15 km de distancia por lo que no representa un riesgo de consideración.

**c).- Región III**

Esta es una de las regiones más húmedas del Estado y recibe una precipitación media anual de alrededor de 850 mm/año. Los municipios que presentan una frecuencia mayor de

precipitación y de tormentas es Acaxochitlán registrando 753 mm/año con un período que comprende los meses de junio a septiembre.

Destacan las precipitaciones de Tenango de Doria donde la media anual es de poco más de 1,600 mm/año y las precipitaciones medias anuales más severas se presentan cada 4 años (Figura 7.1.2.5.).



**Figura 7.1.2.5.- Zonificación de tormentas pluviales Región III.**

En esta zona, las tormentas se presentan entre junio y septiembre y la frecuencia máxima se registró el año de 1989 con 55 días lluviosos, producto de las mismas, lo que afectó a todos los municipios de la Región. De manera general, existe un incremento en el conteo de tormentas anuales en la Región a partir de 1983.

El municipio con mayor incidencia de lluvias torrenciales en la Región es Acaxochitlán, que tiene un riesgo medio a ser afectado y que recibe una frecuencia máxima anual de 13 días con este tipo de lluvia en la localidad de Tepepa que se ubica al sureste del municipio.

El municipio de Agua Blanca de Iturbide recibe al año un promedio de 15 días con lluvias torrenciales, factor que ha propiciado remoción de masas y grietas en la comunidad de Plan Grande cerca de la cabecera municipal.

#### **d).- Región IV**

Se presenta la precipitación media más alta, registrando 1,099 mm/año, en la Huasteca Hidalguense se presenta la zona más lluviosa, incluyendo la Sierra Alta, y Zacualtipán (cabecera municipal), el cual ha registrado una precipitación de hasta 1,176 mm/año; el régimen de lluvias anual se distribuye en los meses más cálidos (junio- septiembre), aunque es importante mencionar que suele llover durante todo el año. En septiembre se presentaron las precipitaciones más intensas, alcanzando 675 mm/mes durante 1984.

Esta Región, se caracteriza por grandes volúmenes de lluvia y uno de los municipios con mayor precipitación es Tlanchinol, que tiene una media de 2,397 mm/año; registró precipitaciones máximas anuales de hasta 4,402 mm en 1944 y 3,787 mm/año en 1952.

El municipio con mayor frecuencia de tormentas es San Agustín Metzquititlán, que presenta un promedio de más de 30 tormentas anuales. La estación San Agustín Metzquititlán, tiene el mayor número de datos en el municipio registrando 55 días de lluvias torrenciales en el año de 1959. Estos fenómenos meteorológicos se presentan durante los meses de abril a septiembre.

El riesgo por lluvias torrenciales de la Región es alto. Los municipios más afectados son: San Agustín Metzquititlán (cabecera municipal), Zacualtipán. Molango de Escamilla, Xochicoatlán,

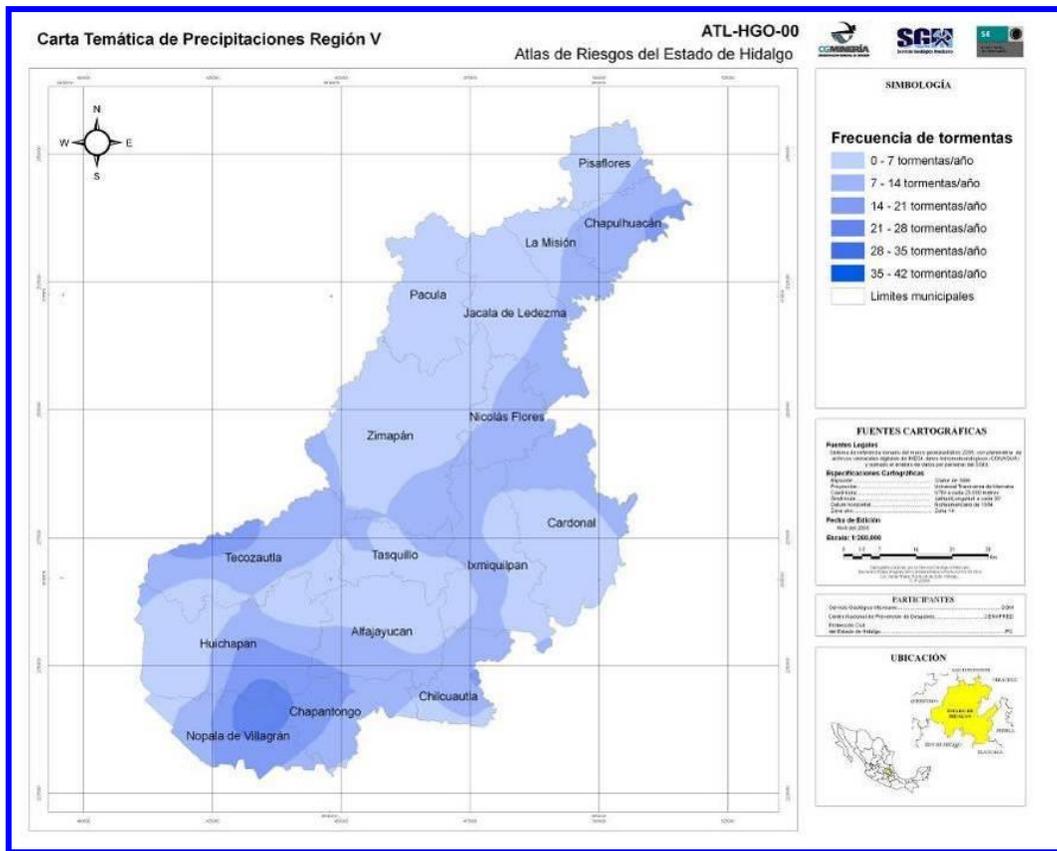
San Felipe Orizatlán, Lolotla, Tlanchinol y Tepehuacán de Guerrero, donde este factor acelera el fenómeno de remoción de masas (Figura 7.1.2.1. Región IV Figura estatal).

### e).- Región V

La precipitación media es de 694 mm/año. El periodo de lluvias comprende los meses calurosos del año, de junio a septiembre, siendo el municipio más afectado Jacala de Ledezma que registra una media de 603 mm/año.

En general la Región es árida y sólo en la parte norte, en una pequeña porción de la Huasteca Hidalguense, las precipitaciones son intensas como en Chapulhuacán, cuyo municipio presenta una media de 2,270 mm/año.

Las tormentas suelen ocurrir con mayor frecuencia en la zona suroeste de la Región, sobre todo en Huichapan y Nopala de Villagrán (Figura 7.1.2.6.). La temporada de tormentas tiene lugar entre los meses de abril y septiembre.



**Figura 7.1.2.6.- Zonificación de tormentas pluviales en la Región V.**

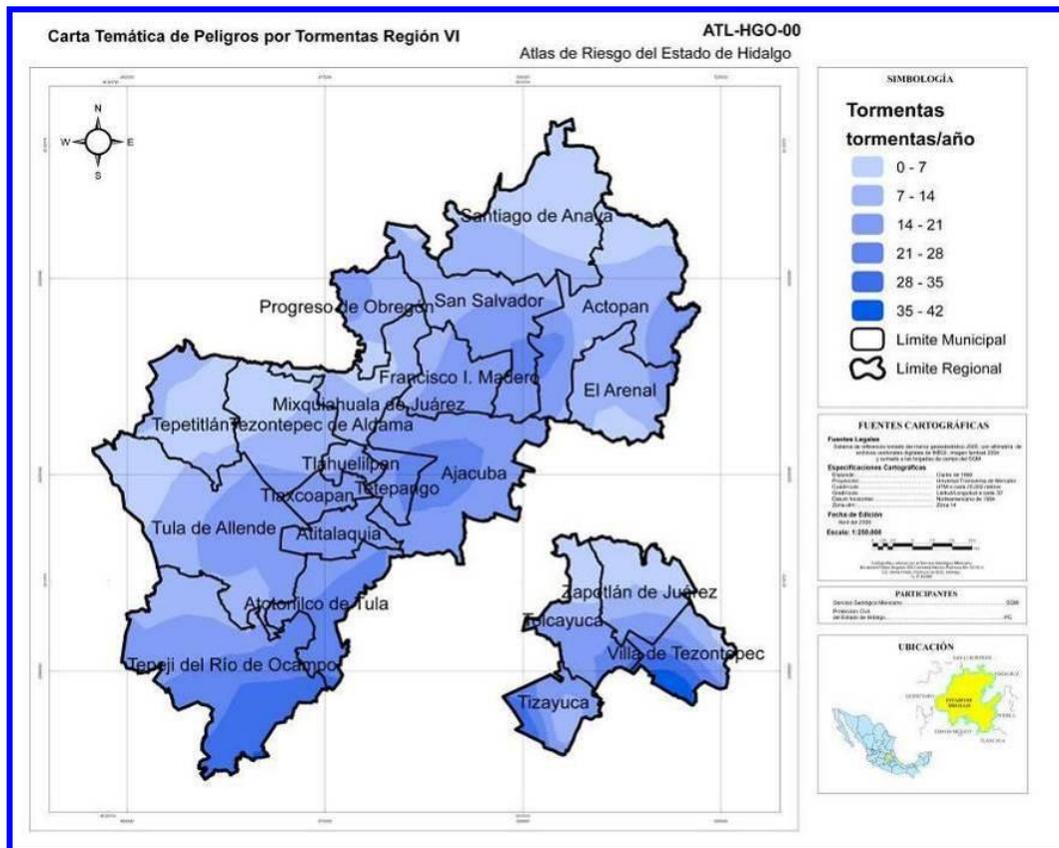
Presenta riesgo medio-alto, al ser afectada por tormentas. Los municipios más dañados se localizan al sureste en la zona, siendo Huichapan y Nopala de Villagrán, en las comunidades de San José Atlán y Nopala, donde la frecuencia máxima anual es de 27 días de lluvias torrenciales al año.

Otros municipios con problemas por los fenómenos mencionados son: Chapulhuacán donde la frecuencia anual máxima es de 15 días desencadenando deslizamientos de laderas y reptación del terreno; además de Chilcuautla y Tecozautla.

**f).- Región VI**

La mayor parte de los municipios se localizan en el Valle del Mezquital, por esta razón las precipitaciones son inferiores a los 500 mm/año. El municipio con mayor daño es Mixquiahuala de Juárez con una precipitación media de 465 mm/año, con presencia de lluvias de mayo a septiembre, siendo que los periodos más lluviosos ocurren en un lapso de 6 a 10 años.

Los municipios con mayor incidencia torrencial son: Tizayuca, Tolcayuca, Villa de Tezontepec y Zapotlán; siendo Tizayuca el municipio con un registro de 572 mm/año, donde históricamente indica que el año con mayor ocurrencia pluvial fue en 1992 con una media de 739 mm/año. (Figura 7.1.2.7.).



**Figura 7.1.2.7.- Distribución de tormentas pluviales en la Región VI.**

El municipio de Villa de Tezontepec registra la media anual más alta con un promedio de 38 días lluviosos, donde en 1962 se presentaron 110 casos. Este fenómeno se presenta entre los meses de mayo y septiembre, provocando inundaciones.principalmente, clasificándose como riesgo alto.

En el municipio de Tizayuca se ubican las localidades de Huitzila y Tepojaco que son afectadas por la incidencia de 29 días con lluvias torrenciales al año. Otros municipios afectados son: Tepeji del Río y Tetepango que presentan una frecuencia anual de 31 y 21 días respectivamente.

### 7.1.3. Granizadas.

Este fenómeno meteorológico se presenta con menor frecuencia en el Estado, pero que no por ello deja de contribuir a generar afectaciones, el cual se analiza tomando como base los registros de las estaciones meteorológicas.

La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño. En las zonas rurales, los granizos destruyen las siembras y plantíos; algunas veces causan también la pérdida de animales de cría, a diferencia de las zonas urbanas donde el mayor índice de daño es a viviendas, infraestructura y áreas verdes. No obstante, en ocasiones el granizo se acumula en grandes cantidades en los sistemas drenaje y en consecuencia obstruye el paso del agua y genera inundaciones durante algunas horas.

En Hidalgo las granizadas se presentan de manera irregular y constituyen uno de los riesgos climáticos más dañinos para las actividades agrícolas. En los meses de marzo a septiembre, se concentran más del 50% de los sucesos ocurridos, las distintas poblaciones sufren, en diverso grado de incidencia, las consecuencias de este fenómeno.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

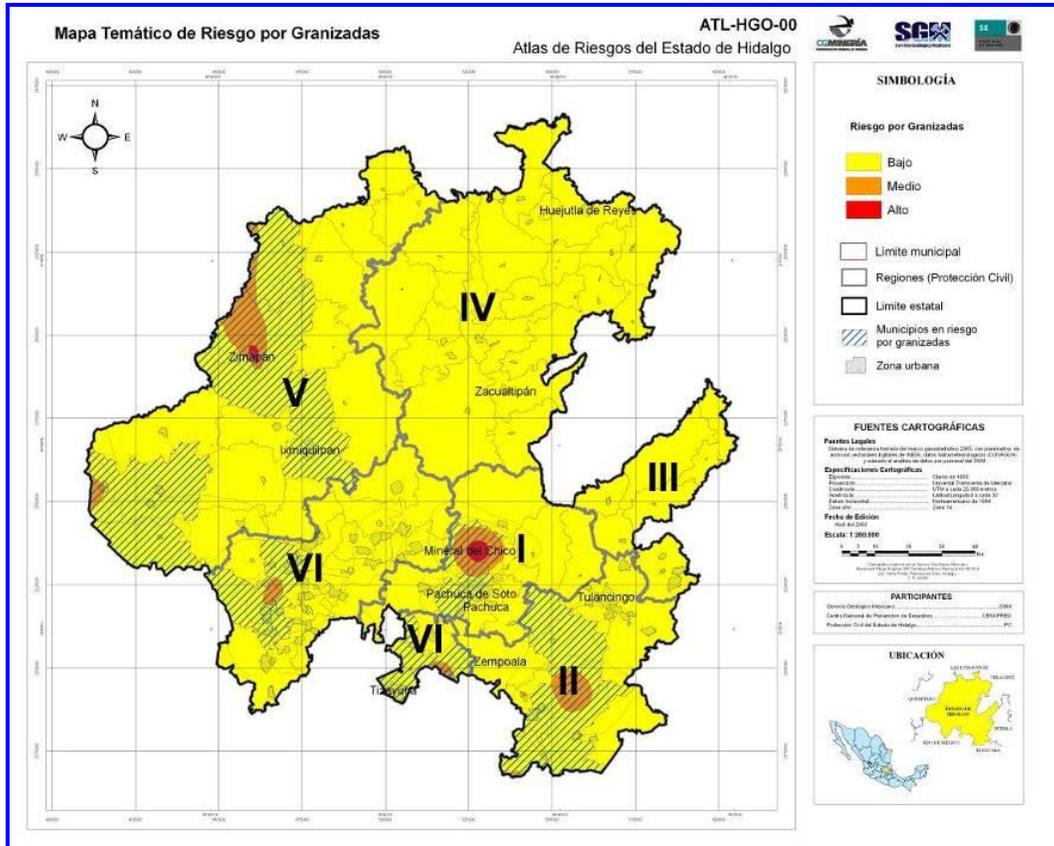
Para las regiones I, II, IV y VI; la frecuencia es del orden de 6 días por año y en otras aumenta de manera considerable, como lo indican las estación meteorológica de Zimapán para los años 1972, 1973 y 1975, y la estación de Huichapan, que en 1989 registró las mayores granizadas del Estado.

Las regiones III y IV, no tienen problemas de granizadas, en algunas estaciones no hay registros de este fenómeno, sin embargo, en las que lo tienen, el rango de incidencia es de 2 días por año; el factor determinante para que no se desarrolle dicho fenómeno es su ubicación geográfica, que impide la penetración de los vientos húmedos provenientes del Golfo de México debido a la barrera que forman las montañas.

De las 155 estaciones meteorológicas ubicadas en el Estado, 112 presentaron registros de granizada. Los municipios que mayor afectación les ocasiona este fenómeno meteorológico son Mineral del Chico, Tepeapulco y Zimapán (Figura 7.1.3.1.).



Los cultivos alimenticios básicos que se producen en el Estado son maíz, frijol, calabacita, chile verde y tomate, sin embargo, la producción de estos cultivos se ve gravemente afectada por granizadas (Figura 7.1.3.2.).

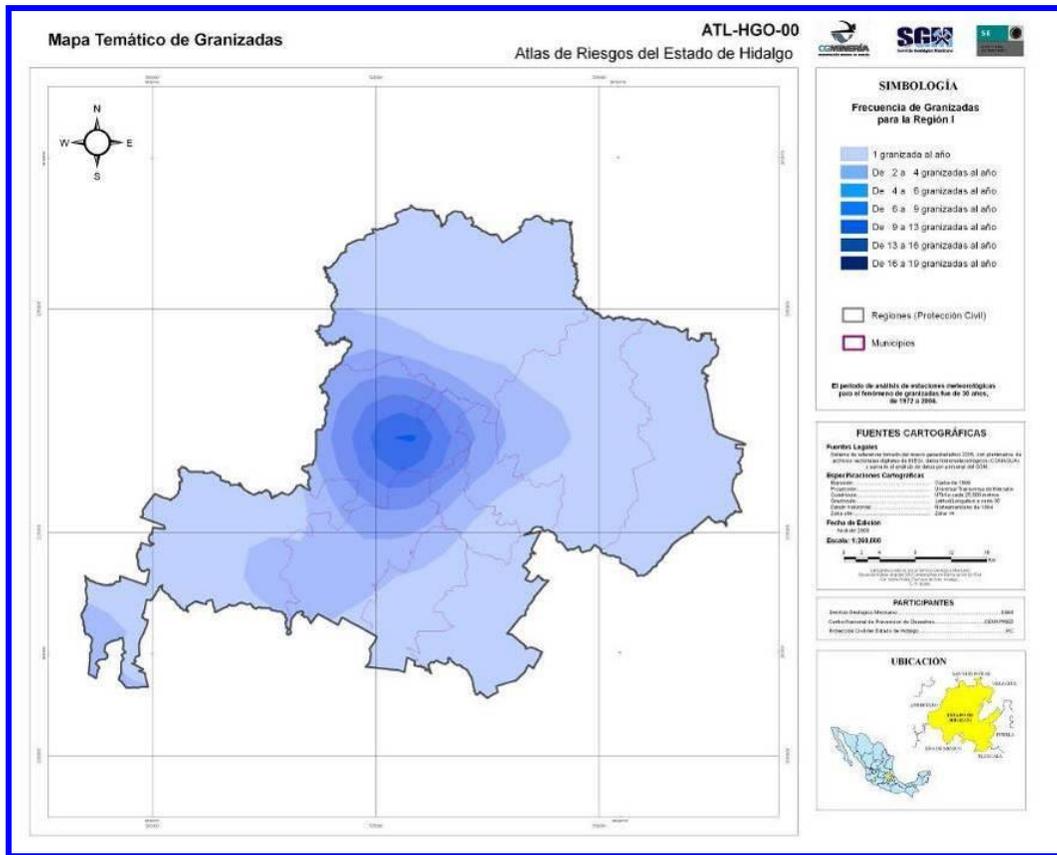


**Figura 7.1.3.2.- Zonificación Estatal de riesgo por granizadas, la mayor incidencia se presenta en Zimapán, Mineral El Chico, Apan.**

**a).- Región I**

El fenómeno se presenta en toda la Región, se han registrado durante todo el año, pero con mayor frecuencia en los meses de verano, principalmente en los municipios de Pachuca de Soto, Atotonilco el Grande y Mineral del Chico, donde su aparición promedio es de 1 a 2 veces al mes, siendo la frecuencia máxima registrada de 7 veces en la estación meteorológica en Mineral del Chico, con un periodo de mayor incidencia en los meses de

mayo a agosto. En el centro de la Región existe una concentración notable de registros del fenómeno de granizadas (Figura 7.1.3.3.).

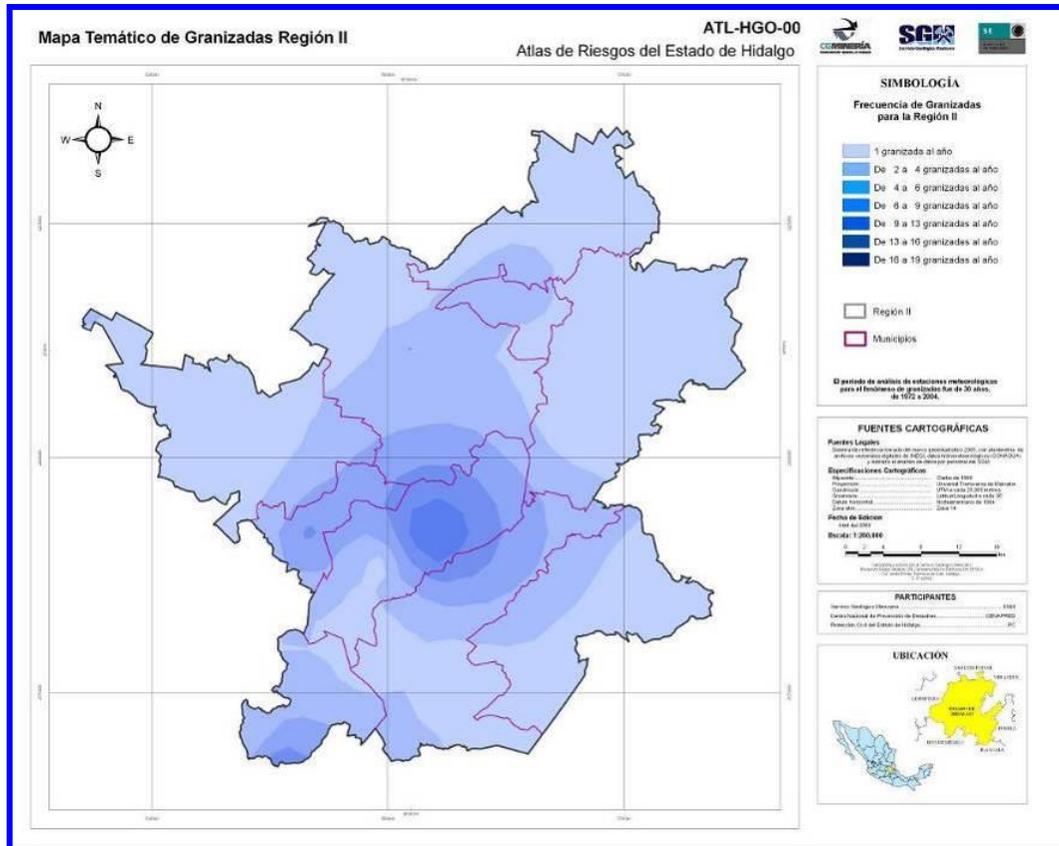


**Figura 7.1.3.3.- Zonificación de granizadas en la Región I.**

En Pachuca de Soto las principales afectaciones son sobre el drenaje pluvial y vialidades, así como a cultivos de cebada que se encuentran en el valle Pachuca-Tizayuca que es una zona agrícola y de recarga del acuífero Cuautitlán-Pachuca. En el municipio de Atotonilco el Grande existen cultivos de maíz y cebada en grandes extensiones, que pudieran verse afectados.

**b).- Región II**

Es una de las que presenta mayor índice de afectación por granizadas, estas aparecen con mayor ocurrencia en los meses de abril a septiembre, con un rango de frecuencia de 1 a 3 granizadas mensual, se han tenido registros de hasta 12 eventos en un mes (Figura 7.1.3.4.).



**Figura 7.1.3.4.- Zonificación de granizadas en la Región II.**

El municipio de Tepeapulco es uno de los más afectados por este fenómeno, donde se registró el mayor número de granizadas de la Región, sin embargo, los municipios de Tlanalapa, Apan, Emiliano Zapata y Santiago Tulantepec también se ven afectados pero en menor grado. El periodo de retorno es de 3 años.

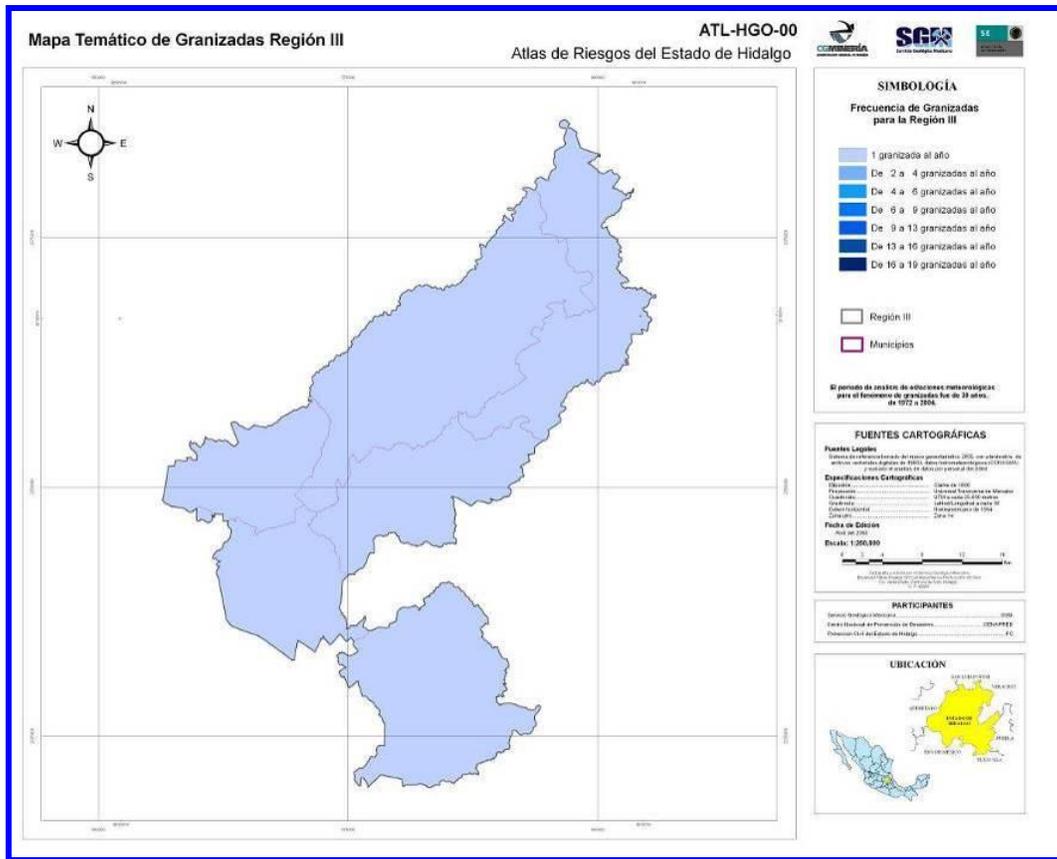
Los municipios con mayor incidencia de este fenómeno son Tepeapulco, Emiliano Zapata, Singuilucan, Apan y Tlanalapa.

En Tepeapulco las principales afectaciones se presentan en cultivos de maíz, frijol, alfalfa y maguey pertenecientes al distrito de riego 05-Tulancingo. De igual forma el fenómeno, afectaría al drenaje pluvial y vialidades.

Dentro de los límites del municipio de Emiliano Zapata se generan pérdidas en cultivos de maíz, cebada y frijol, hacia el sur en el municipio de Singuilucan se cultiva maíz, cebada y avena, esta actividad se ve afectada por las granizadas.

### c).- Región III

A diferencia de las regiones anteriores, esta se caracteriza por la baja presencia de granizadas (Figura 7.1.3.5.), sólo se ha registrado este evento en 4 estaciones de las 9 que la conforman. Esto se debe a su ubicación geográfica que impide la penetración de los vientos húmedos provenientes del Golfo de México debido a la barrera que forman las montañas del norte y noreste del Estado.

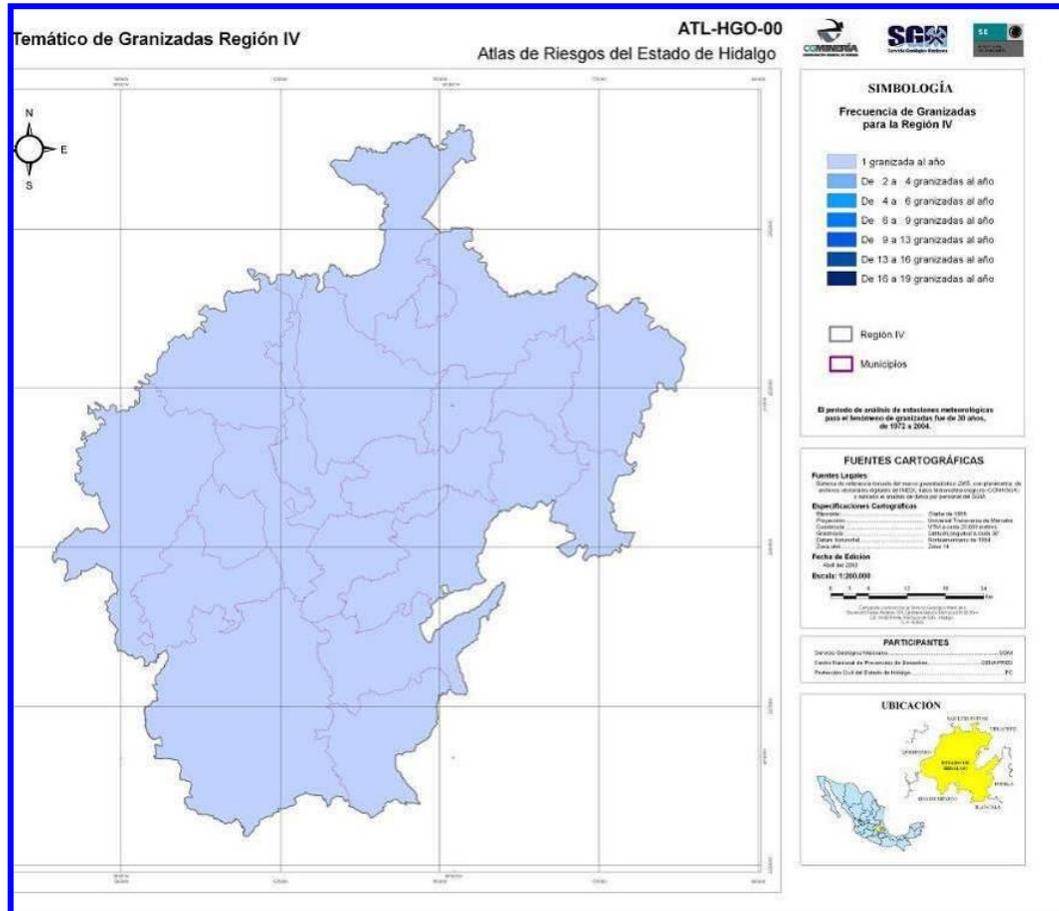


**Figura 7.1.3.5.- Zonificación de granizadas en la Región III.**

La estación meteorológica que ha registrado la mayor cantidad de datos en esta Región es la del Municipio de Agua Blanca de Iturbide, las estaciones restantes registran granizadas nulas o casi ausentes. El periodo de retorno es de 12 años.

**d).- Región IV**

Se registra baja presencia de este fenómeno. El mes en el que se presentan el mayor número de granizadas corresponde a mayo, donde la frecuencia máxima que se ha registrado es de 4 eventos al año, con un rango de aparición de 1 a 2 granizadas anuales (Figura 7.1.3.6.).

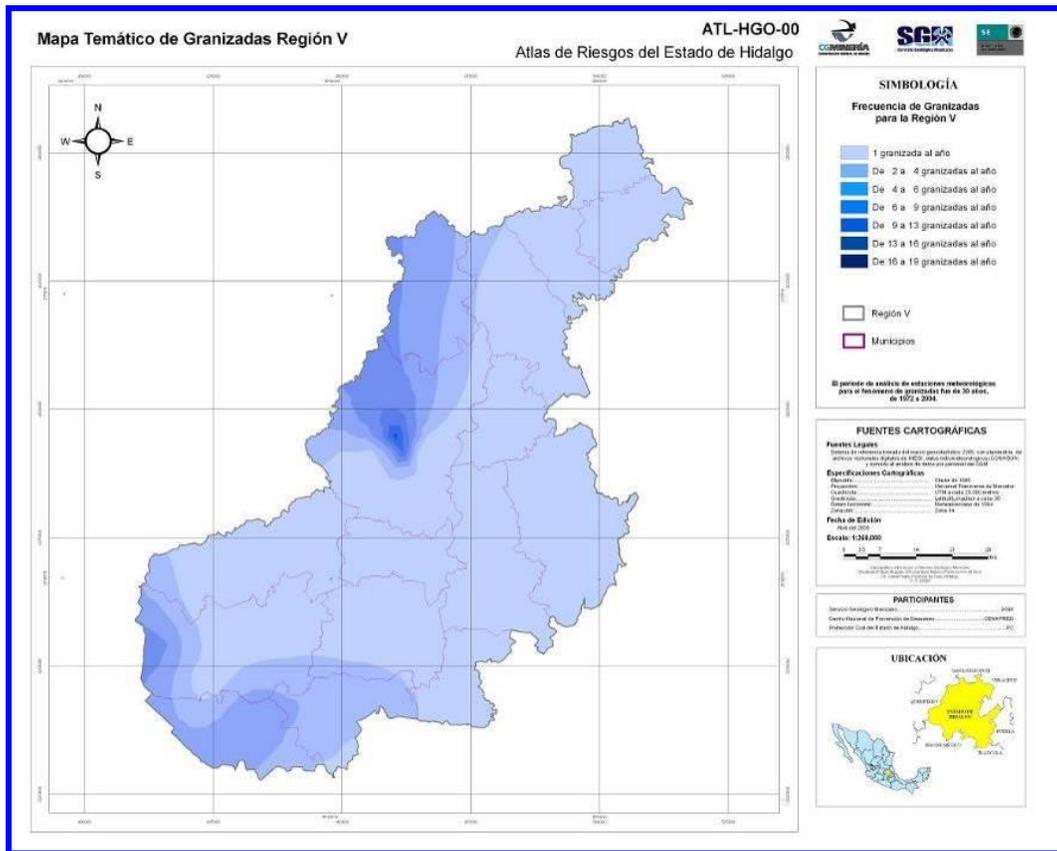


**Figura 7.1.3.6.- Distribución de granizadas en la Región IV.**

En la estación meteorológica Metzquititlán, se han registrado los sucesos con mayor incidencia en la Región; el rango de frecuencia es de 4 granizadas al año, con un periodo de retorno de 6 años.

**e).- Región V**

Esta Región es una de las que presentan mayor número de eventos en el Estado; se presentan en todo el año, pero principalmente en los meses de abril y mayo con una frecuencia de 1 a 6 granizadas mensuales (Figura 7.1.3.7.).



**Figura 7.1.3.7. Distribución de granizadas Región V.**

Los municipio de Zimapán, Huichapan, Chapantongo e Ixmiquilpan presentan mayor índice de sucesos, destacando Zimapán, donde se ha registrado 23 granizadas en sólo un mes y 133 granizadas en un año, sin embargo, estas granizadas exclusivamente se presentaron en 1972 y 1975, a diferencia de la estación de Ixmiquilpan en la cual se presentaron granizadas en todos los años registrados aunque su frecuencia únicamente se presenta de 1 a 2 veces por mes, con un periodo de retorno de 4 años.



Esta afectación se enfoca primordialmente en la agricultura, deteriorando cultivos de maíz, frijol y chile en los municipios de Tula de Allende, Tezontepec de Aldama, Tlahuelilpan y Mixquiahuala, mientras que en los municipios de Tizayuca, Villa de Tezontepec y Tolcayucan el deterioro se presenta en cultivos de maíz, cebada y frijol.

La tabla 7.1.3.1., muestra un resumen de las regiones afectadas incluyendo los municipios que se ubican en ellas así como el tipo de cultivo que puede resultar afectado en caso de que se genere una tormenta de granizo.

**Tabla 7.1.3.1 Afectaciones por granizadas del Estado (INEGI, 2006).**

REGIÓN	MUNICIPIO	CULTIVOS
I	Mineral del Chico	Maíz, cebada, avena, maguey pulquero
	Pachuca	Maíz, frijol, avena, cebada, trigo
II	Apan	Maíz, cebada, frijol, trigo, jitomate, maguey pulquero.
	Emiliano Zapata	maíz, cebada, frijol, maguey pulquero
	Singuilucan	Maíz, cebada, avena. papa, trigo, maguey pulquero
	Tepeapulco	maíz, frijol, alfalfa, maguey pulquero
	Tlanalapa	maíz, cebada, maguey pulquero
VI	Huichapan	Maíz, cebada, frijol, calabaza, avena, tomate, jitomate, alfalfa, maguey pulquero
	Ixmiquilpan	Maíz, frijol, chile, calabaza, jitomate, tomate, avena, alfalfa, trigo, maguey pulquero
	Nopala	Maíz, cebada, frijol, avena, maguey pulquero
	Pacula	Maíz, frijol

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	Zimapán	Maíz, cebada, frijol, chile, calabaza, jitomate, alfalfa
<b>VI</b>	Mixquiahuala	Maíz, frijol, chile, calabaza, jitomate, avena, alfalfa, trigo, maguey pulquero
	Tezontepec de Aldama	Maíz, frijol, chile, calabaza, tomate, alfalfa, trigo, maguey pulquero
	Tizayuca	Maíz, cebada, frijol, jitomate, maguey pulquero
	Tlahuelilpan	Maíz, frijol, chile, calabaza, tomate, alfalfa, trigo, alfalfa
	Tolcayuca	Maíz, cebada, frijol, maguey pulquero
	Tula	Maíz, frijol, chile, calabaza, tomate, alfalfa, trigo, maguey pulquero
	Villa de Tezontepec	Maíz, cebada, maguey pulquero, alfalfa

En relación a la industria ganadera el municipio de Ixmiquilpan, es el que presenta mayor grado de afectación tomando en cuenta el número de unidades de producción de ganado bovino, le siguen Huichapan de la Región V, Tizayuca de la Región VI.

### 7.1.4.- Heladas.

Son manifestaciones de temperaturas extremas muy bajas y hacen que el agua presente en el aire se deposite en forma de hielo en las superficies, pero que debido a la falta de humedad, no llegan a producir precipitaciones de cristales de hielo, mejor conocidas como nevadas.

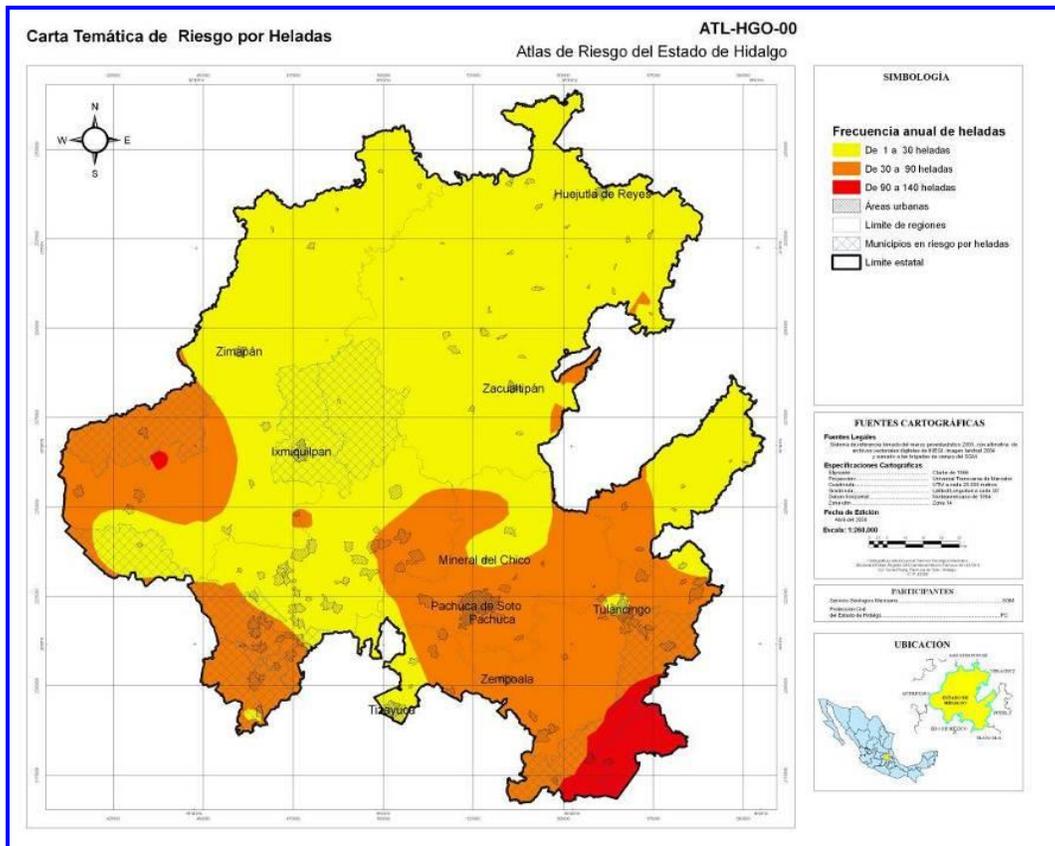
El Estado está influenciado por vientos y humedad proveniente del Golfo de México. De esta manera se establecen sobre el territorio estatal franjas alargadas de diferentes tipos climáticos, distribuyéndose según la forma y altitudes de la Sierra. Cuenta con 68 estaciones meteorológicas que registran heladas, las cuales, difieren principalmente en el número de



Las heladas, también ocasionan otro tipo de daños, muchas personas fallecen por intoxicación de bióxido de carbono, (Secretaría de Salud, en El Universal, 2008) al encender en sus viviendas anafores con carbón o leña con la finalidad de combatir el frío.

El daño a la salud, se manifiesta con cuadros clínicos (IMSS, ISSSTE en INEGI, 2007) de enfermedades respiratorias, quemaduras en la piel e hipotermia. Además el frío también puede provocar congelamiento de algunas partes del cuerpo, tal como, pies y manos, bajas en la presión arterial, lo que incrementa el riesgo de infartos y enfermedades cardiovasculares.

Las personas con mayor riesgo de sufrir algún padecimiento crónico son los adultos mayores y los infantes, ya que su organismo no es capaz de regular la temperatura corporal. En la Figura 7.1.4.2., se muestra la frecuencia de heladas a nivel estatal.



**Figura 7.1.4.2.- Zonificación de riesgo por heladas en el Estado.**

**a).- Región I**

La distribución del fenómeno de heladas, así como su concentración se muestran En la Figura 7.1.4.3.

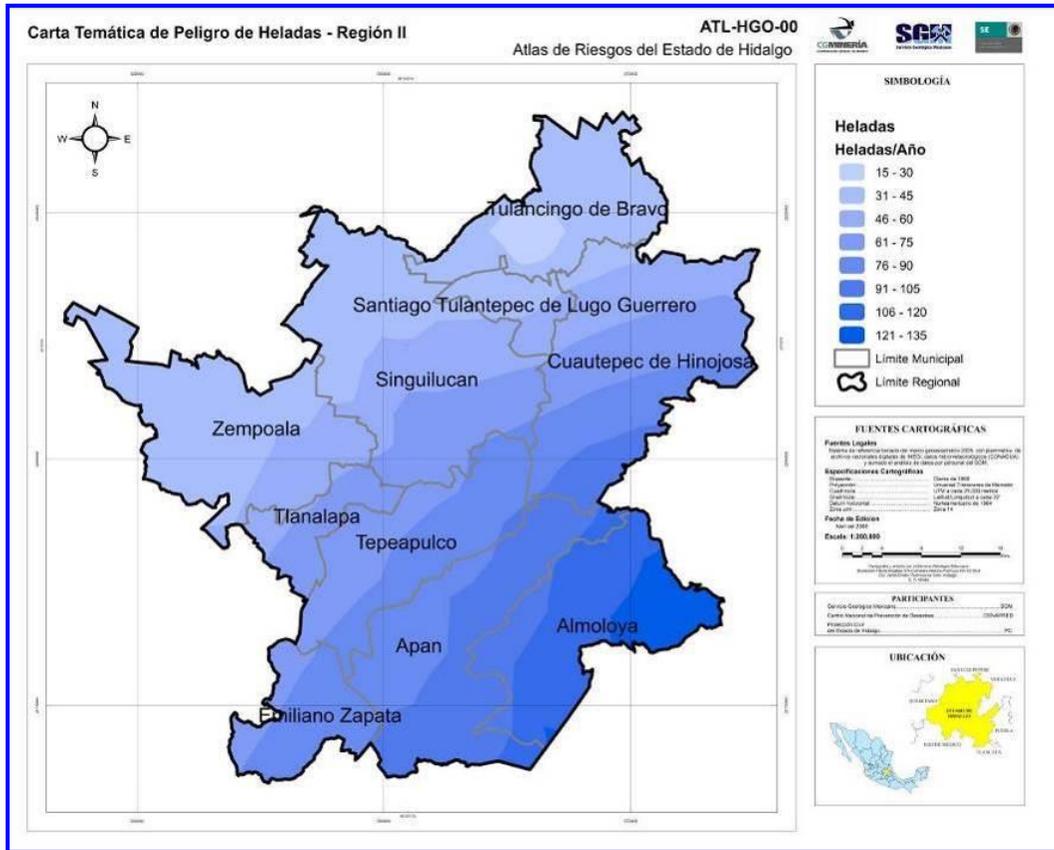


(IMSS, ISSSTE en INEGI, 2007) en personas que no cuentan con viviendas y se dedican a ambular pernoctando en lugares inapropiados sin ninguna protección contra el frío.

En municipios como Huasca de Ocampo, Mineral del Chico y Omitlán de Juárez, las heladas tienen mayor repercusión hacia la vegetación de pino, pino-encino y oyamel. En Huasca de Ocampo y Mineral del Chico, se cultiva el frijol y el maíz y en Omitlán de Juárez se cultiva el maíz y la cebada.

### b).- Región II

Se encuentran ubicadas 3 estaciones meteorológicas, la presencia de este fenómeno se presenta durante todo el año, con un mínimo de 1 a 8 veces; en los meses de primavera y verano. En el otoño se presenta en los meses de octubre y noviembre y en invierno en los meses de diciembre, enero, febrero y parte del mes de marzo como se puede apreciar En la Figura 7.1.4.4.



**Figura 7.1.4.4.- Distribución de heladas en la Región II con mayor incidencia en la parte sureste de la Región.**

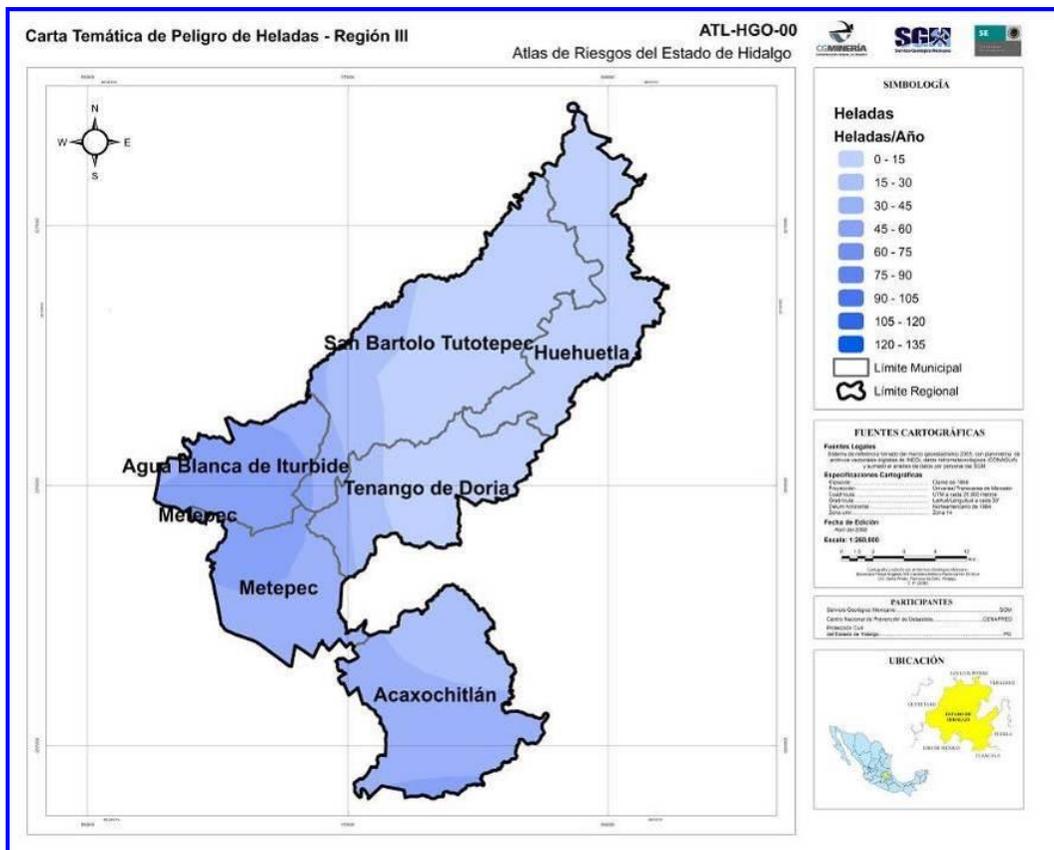
El fenómeno se presente durante todo el año, en los meses de enero y diciembre las heladas se intensifican con una frecuencia de 20 a 30 veces.

Los municipios que presentan riesgo alto por heladas son: Almoloya, Apan y Emiliano Zapata, en riesgo medio los municipios de Cuautepec de Hinojosa, Tulantepec de Guerrero, Tlanalapa, Singuilucan, Apan, y Tepeapulco. El mayor impacto se tiene en la agricultura, ya que en esta zona del Estado se cultivan gramíneas y leguminosas de donde se derivan los principales productos que conforman la canasta básica, como; el frijol, maíz, avena, trigo y cebada.

c).- Región III

El fenómeno de heladas se presenta en el otoño, en los meses de septiembre, octubre y noviembre, en invierno en los meses de diciembre, enero y febrero. La mayor intensidad de días con heladas se da en los meses de diciembre y enero. El promedio anual de esta Región es de aproximadamente 62 días con heladas.

En la Figura 7.1.4.5., la concentración de heladas se dispersa hacia la parte este de la Región, con menor incidencia en el resto de la misma.



**Figura 7.1.4.5.- Distribución de la frecuencia de heladas en la Región III con una mayor concentración hacia la parte oriente.**

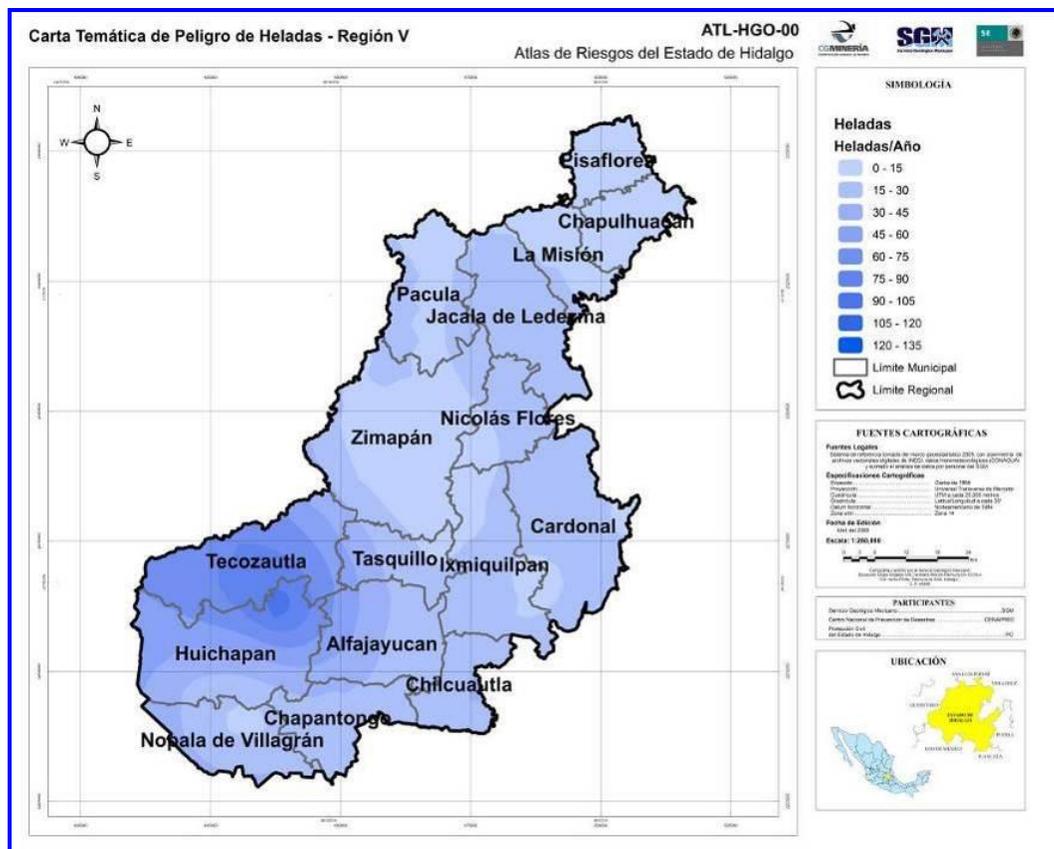
Los municipios con más afectaciones son Acaxochitlán, Metepec, Agua Blanca de Iturbide y Tenango de Doria, los cuales se dedican al cultivo de frijol, pero la superficie destinada al cultivo no es significativa en comparación con otros municipios.



**e).- Región V**

En esta Región se localizan 17 estaciones meteorológicas. Durante el otoño las heladas se presentan en los meses de octubre y noviembre, mientras que en invierno en los meses de enero y diciembre.

La frecuencia de heladas se presenta en un rango de 1 a 30 veces al mes, con mayor incidencia en los meses de enero y diciembre. La Región presenta una mayor incidencia del fenómeno en la porción oriente (Figura 7.1.4.7.).



**Figura 7.1.4.7.- Distribución de heladas en la Región V.**

En la zona de peligro alto se encuentra la parte norte del municipio de Huichapan, mientras que en peligro medio se sitúan los municipios de Tecozautla y Nopala de Villagrán y los municipios Ixmiquilpan, Cardonal y Chilcuautla presentan un peligro bajo, sin embargo, la superficie de riego aumentó y disminuyeron la de temporal, debido a que en estas tierras se

tiene una mejor producción de cosechas sin que estén bajo el riesgo de perderse por heladas.

Con respecto al sector ganadero este fenómeno puede afectar pastizales y matorrales, disminuyendo el alimento básico del ganado, en el municipio de Ixmiquilpan, Cardonal y Tecozautla, se destacan por su ganadería caprina y ovina.

#### f).- Región VI

Se ubican 16 estaciones meteorológicas que registran este fenómeno en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, presentándose con mayor frecuencia en diciembre y enero. En los últimos tres años ha disminuido la presencia del fenómeno.

En la Figura 7.1.4.8., se tiene una mayor concentración de registros de heladas en la porción sureste de la Región, con una frecuencia de hasta 75 veces al año.

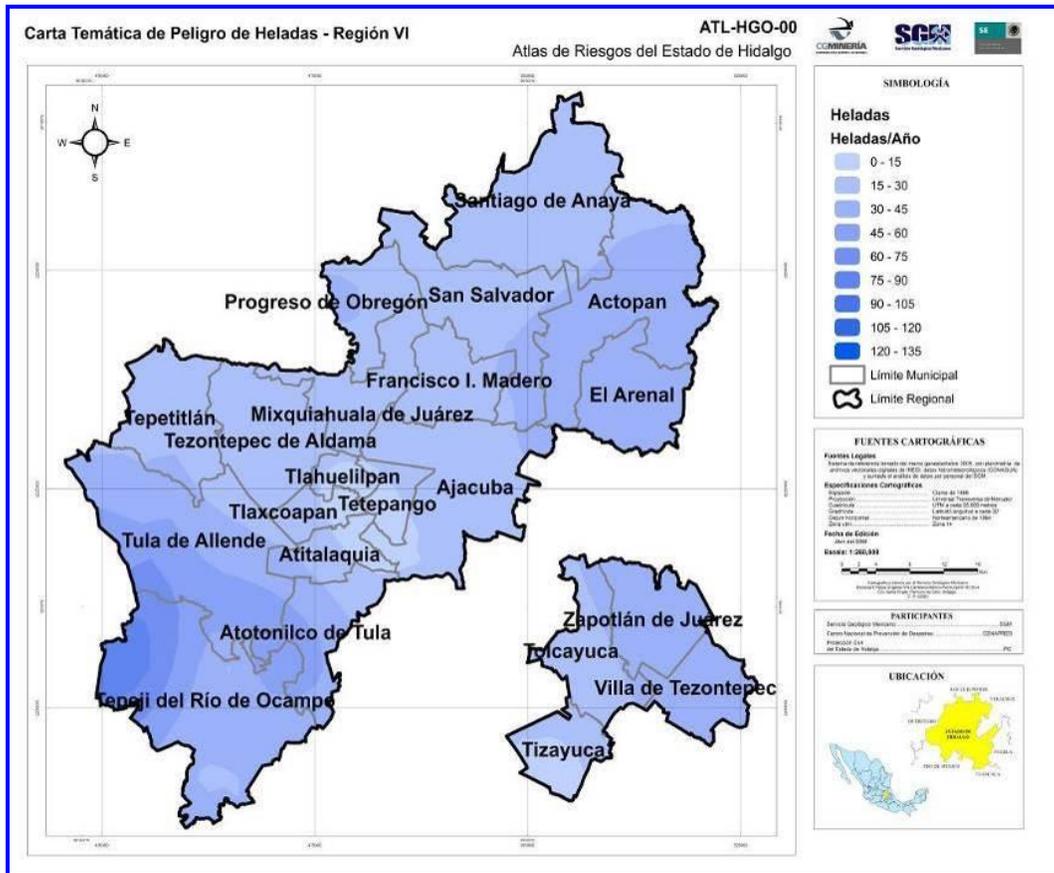


Figura 7.1.4.8.- Distribución de heladas en la Región VI.

Los municipios con mayor incidencia de heladas son Tepeji del Río, Atotonilco de Tula y Tula de Allende.

En Atotonilco de Tula, pueden ser afectados los cultivos de cebada que reincide su importancia en la industria cervecera. El frijol es otro de los cultivos característicos de la zona, sin embargo, la mayoría se destina para la producción de hortaliza y grano. En Tula de Allende, se poseen características agroclimáticas para el cultivo de chile, aquí también se dedica superficie para la producción de avena.

El trigo es otro de los cereales con mayor importancia como base en la alimentación y la economía del Estado, el cual puede verse afectado en caso de que ocurra este fenómeno.

### 7.1.5.- Sequías

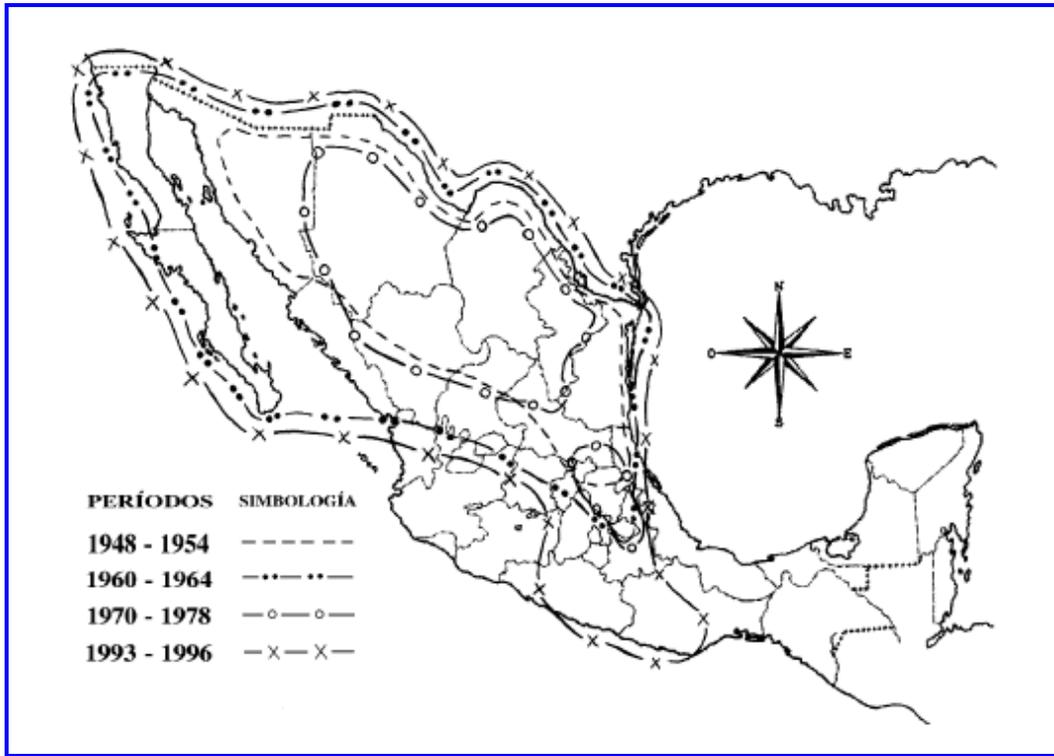
El fenómeno afecta múltiples actividades económicas y repercute en la salud de la población, favorece a la escasez de agua para consumo humano, uso ganadero y agrícola. Las sequías se encuentran relacionadas a las temperaturas altas de una Región. Ejemplos de las repercusiones de las sequías en la población y sus actividades son:

- Pérdida total o de calidad de cosechas, así como reducción de la capacidad productiva del suelo.
- Erosión de suelos, reducción de la materia orgánica contenida en el suelo.
- Favorece el riesgo de generación de incendios.
- Aumento de precios en productos de primera necesidad, debido a las pérdidas en las actividades agropecuarias.
- Aumento de enfermedades gastrointestinales y desnutrición en la población afectada.

Durante el siglo XX se presentaron en nuestro país importantes periodos de sequía, distribuidos en los años 1948-1954, 1960-1964, 1970 -1978 y 1993-1996 (Figura 7.1.5.1.), en los cuales en la entidad, el grado de afectación en el primer periodo fue regular y severo en el resto de los periodos.

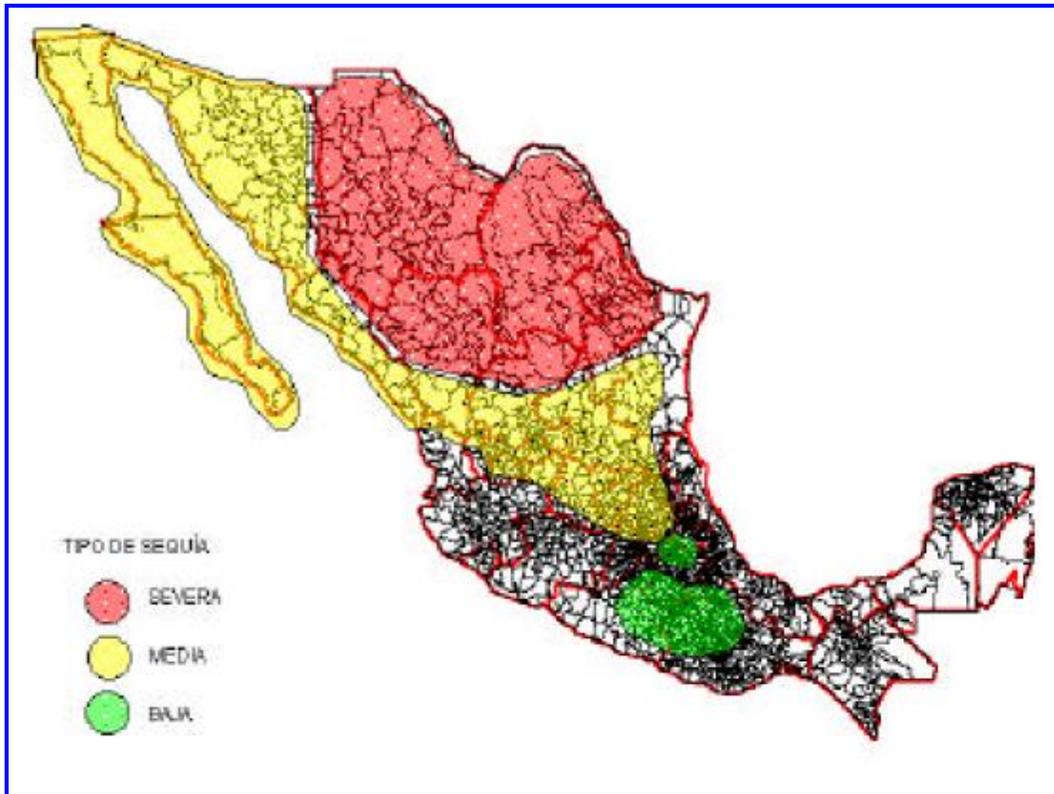
En la sequía del periodo 1960-1964 en Hidalgo las actividades agrícolas se encontraban paralizadas y en toda la Región afectada de México (centro y norte) los precios de los productos de primera necesidad se vieron incrementados.

En el periodo 1988-1994, el Estado se ubicó dentro de los 10 entidades federativas más afectados por sequías, siendo la actividad ganadera la más impactada por éste fenómeno, ya que cobró la vida de más 10,000 cabezas de ganado en un periodo de 7 años.



**Figura 7.1.5.1.- Principales periodos de sequía del siglo XX en México. García et al, 2002.**

Las porciones centro y norte del país son las de mayor incidencia de sequías. El Estado de Hidalgo se encuentra dentro de las zonas medianamente afectadas por sequías (Figura 7.1.5.2.).



**Figura 7.1.5.2.- Zonas de afectación por severidad de sequía. García et al, 2002.**

El clima del Estado está en función de la accidentada topografía, originada por la Sierra Madre Oriental, que forma barreras orográficas y por el paso de los vientos húmedos del Golfo de México. El noreste de la entidad tiene climas húmedos, mientras que hacia la franja central y suroeste llega a ser templado y semiseco respectivamente, con lo que la distribución de las sequías en el Estado se concentra hacia la parte suroeste de la entidad (Figuras 7.1.5.3., 7.1.5.4.).

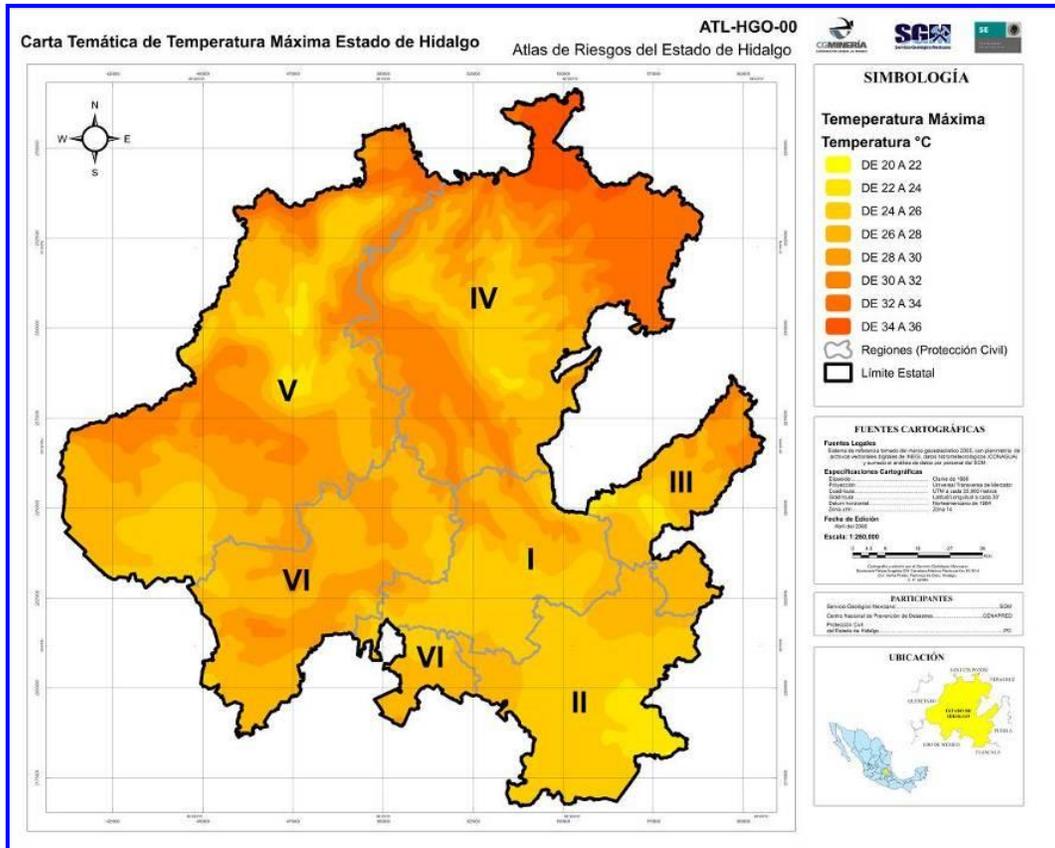
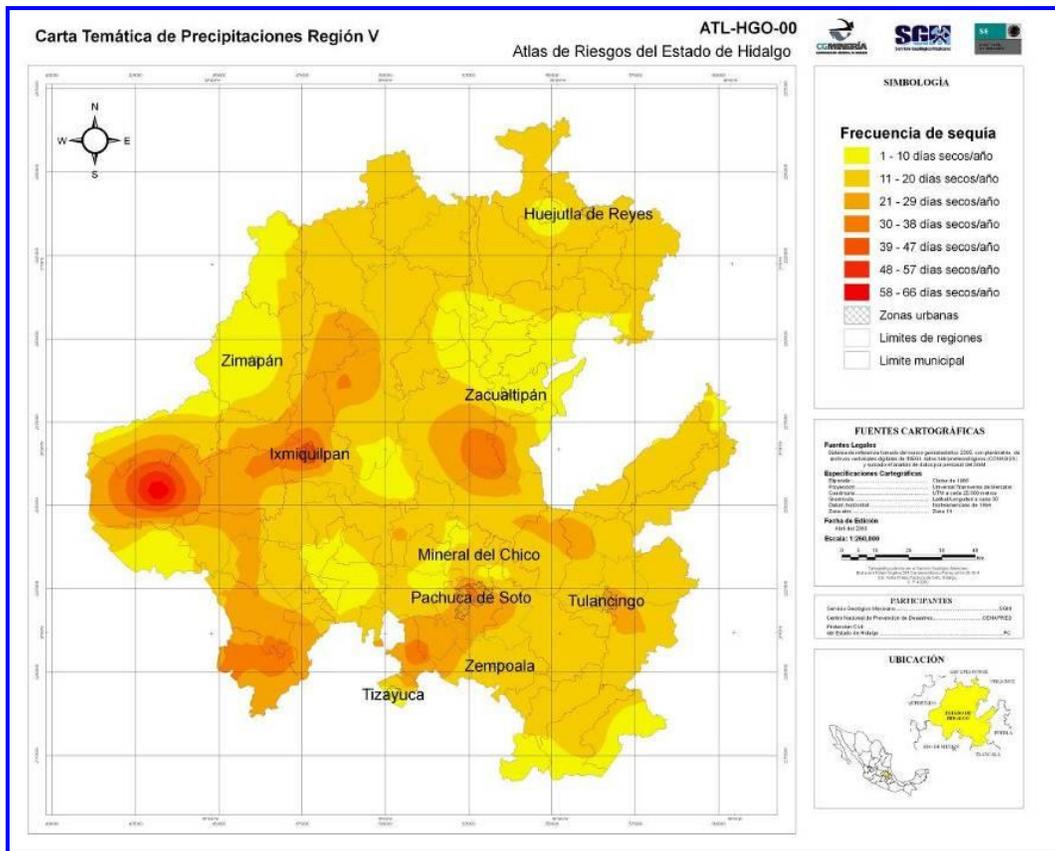
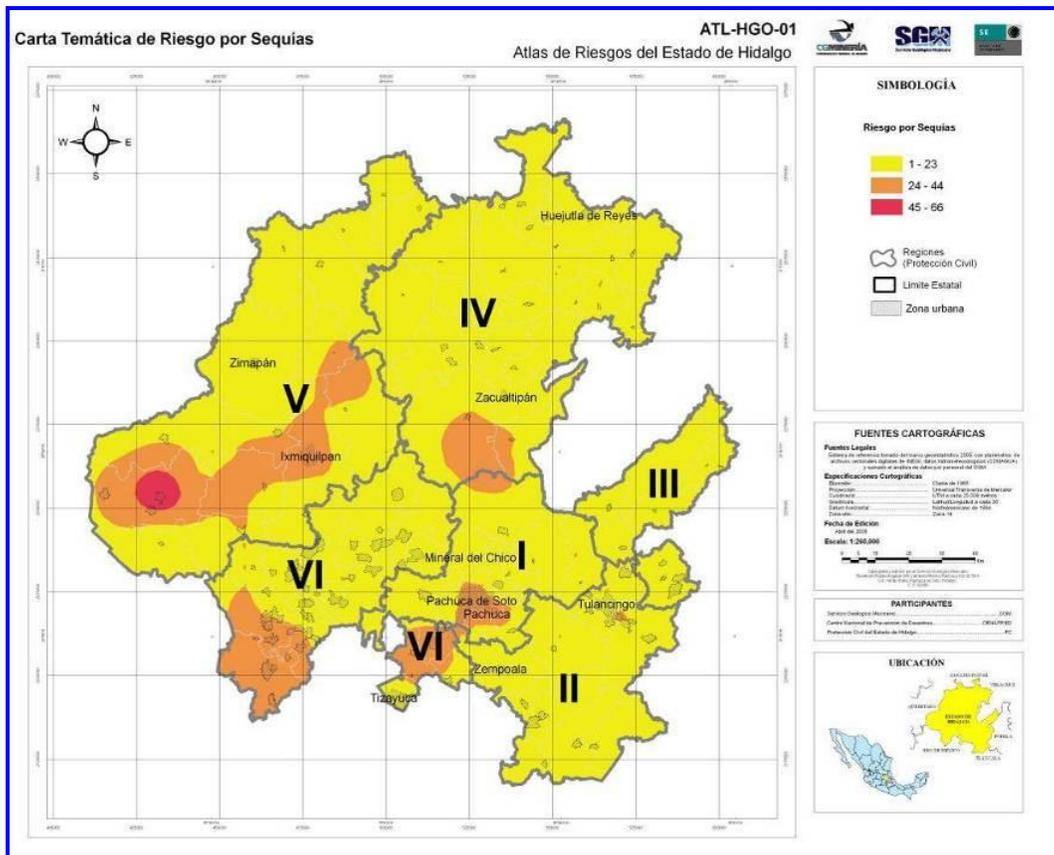


Figura 7.1.5.3.- Temperaturas Máximas del Estado de Hidalgo, con oscilaciones entre 24° y 28° C.



**Figura 7.1.5.4.- Distribución de sequías del Estado de Hidalgo, los municipios más afectados por este fenómeno se ubican en la porción central.**

En la Figura 7.1.5.5., se observa la distribución de las sequías en el Estado clasificándola en tres niveles de riesgo: alto, medio y bajo, permitiendo identificar los municipios afectados, tomando en cuenta que el fenómeno de la sequía afecta principalmente las actividades ganadera y agrícola. Para el análisis de sequías se tomaron en cuenta un total de 98 estaciones.



**Figura 7.1.5.5.- Figura de Riesgo por Sequías en el Estado.**

**a).- Región I**

Se caracteriza por climas templados húmedos distribuidos en la zona serrana, como lo es la Sierra de Pachuca, donde también se presentan áreas con clima semifrío. Hacia los flancos norte y sur de las sierras, en la zona del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental, el clima se torna semiseco. El Figura de isotermas, correspondientes a temperaturas máximas del Estado, muestra que en esta Región, las temperaturas máximas oscilan entre 24° y 28° C.

El fenómeno de sequías en esta Región, se concentra en los municipios de Atotonilco el Grande en la parte norte, y en la capital del Estado, Pachuca de Soto y en los municipios de Mineral de la Reforma y Epazoyucan ubicados en la zona sur (Figura 7.1.5.6.). En el municipio de Acatlán el fenómeno se presenta en menor grado.

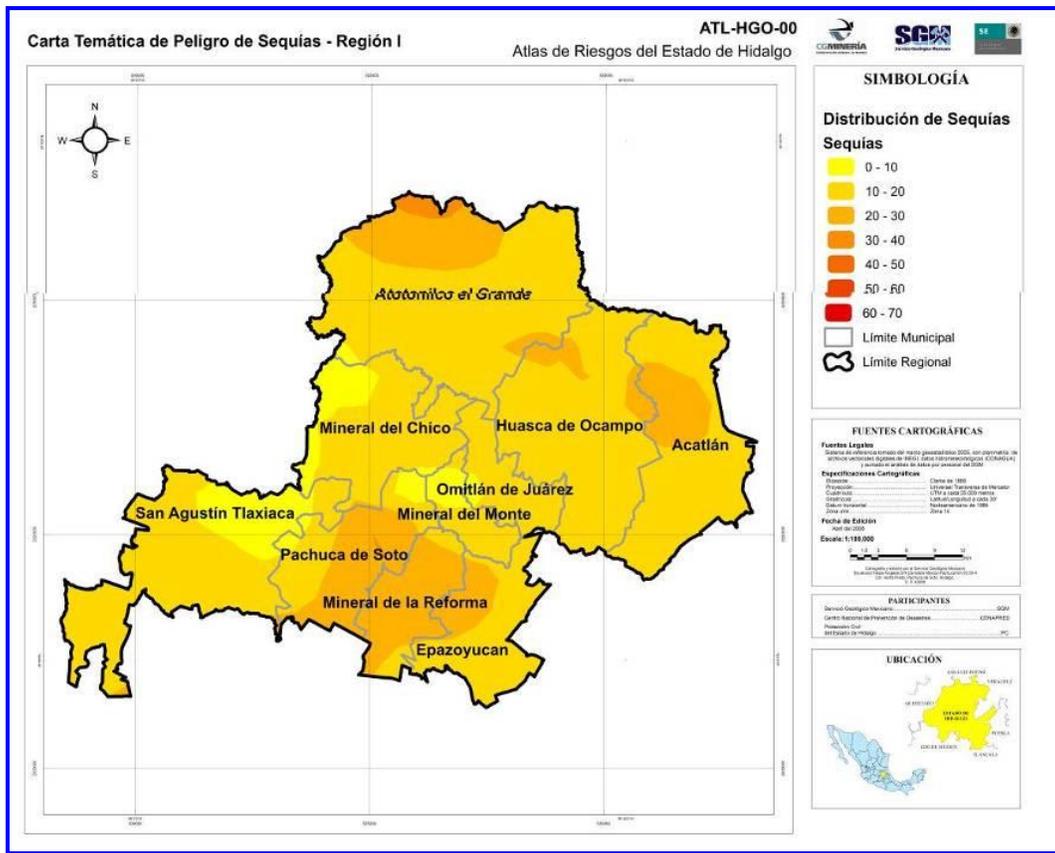


Figura 7.1.5.6.- Registro de sequías en la Región I.

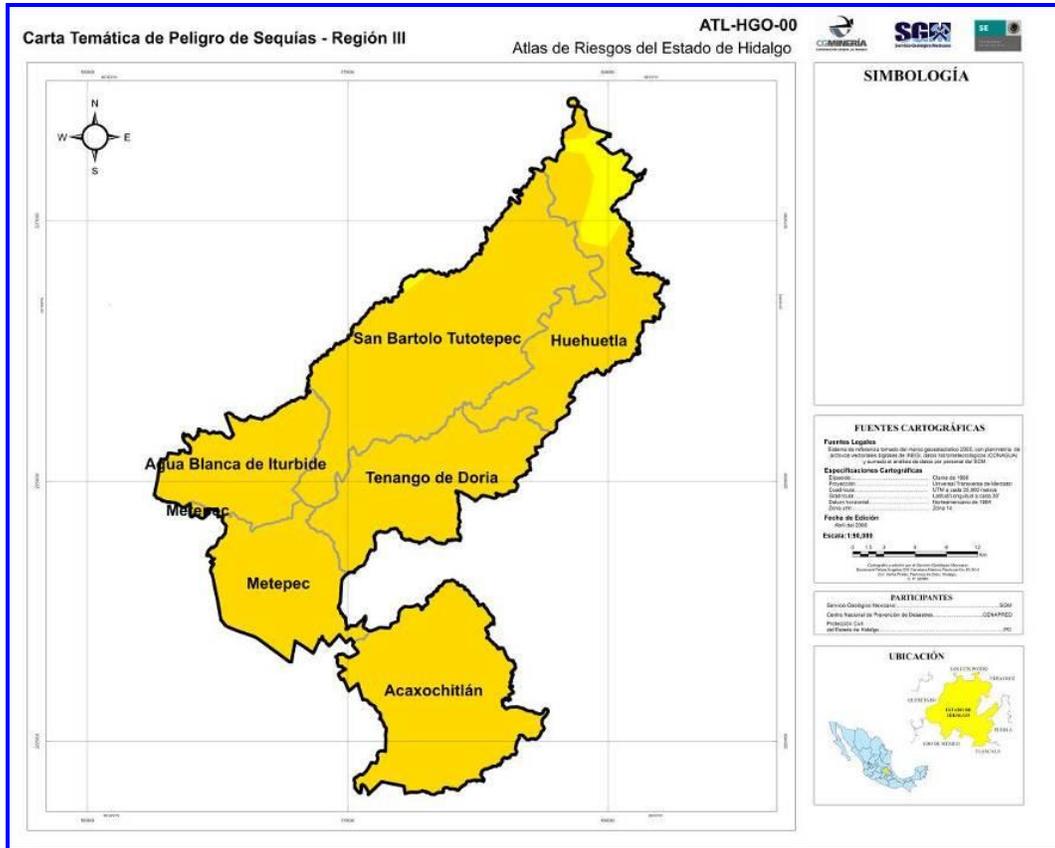
En las zonas afectadas por sequía, el uso de suelo corresponde a uso agrícola y pastizales, hacia la parte central de la Región se localizan bosques en la zona montañosa al norte de Pachuca de Soto.

Los municipios comprendidos dentro del nivel de riesgo medio son: al norte Atotonilco el Grande, Huasca de Ocampo y Acatlán; hacia las partes centro y sur de esta Región se encuentra afectada Pachuca de Soto y los municipios de Mineral de la Reforma, Epazoyucan, San Agustín Tlaxiaca, Mineral del Chico y Mineral del Monte.



**c).- Región III**

Se encuentra dividida en dos grandes áreas climáticas, hacia la parte sur y occidental el clima predominante es templado húmedo, en los municipios de Acaxochitlán, Tenango de Doria, Agua Blanca de Iturbide, Metepec y parte de San Bartolo Tutotepec; hacia la parte nororiente de la Región, el clima es cálido húmedo, abarcando el resto de San Bartolo Tutotepec y Huehuetla (Figura 7.1.5.8.).



**Figura 7.1.5.8.- Distribución de sequías en la Región III.**

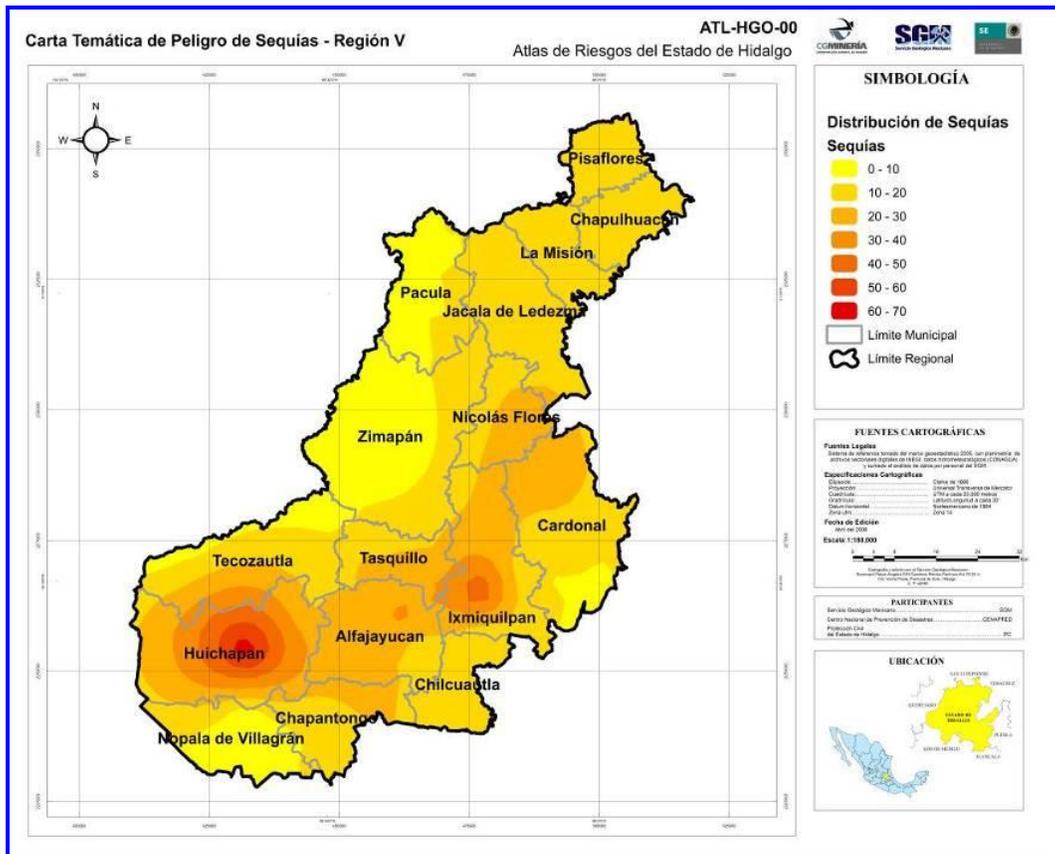
Debido a las características climáticas de la Región, el área de uso agrícola disminuye y las zonas de selva se desarrollan ampliamente en la Región, aunque en algunos casos el uso de suelo se ha modificado por el uso agrícola.



Los municipios más afectados son Metztlán, Tlahuiltepa, San Agustín Metzquititlán, San Felipe Orizatlán y Zacualtipán de Ángeles.

**e).- Región V**

Se encuentra dividida en dos climas predominantes, templado húmedo distribuido al norte y sur, y semiseco hacia la porción central. Las máximas temperaturas oscilan entre los 30° y 34° C y se presentan en la parte centro y norte, en los municipios de Ixmiquilpan, Tasquillo, Tecozautla y Zimapán en la parte central, y en Pisaflores y Chapulhuacán en la zona norte (Figura 7.1.5.10.).



**Figura 7.1.5.10.- Distribución de sequías en la Región V.**

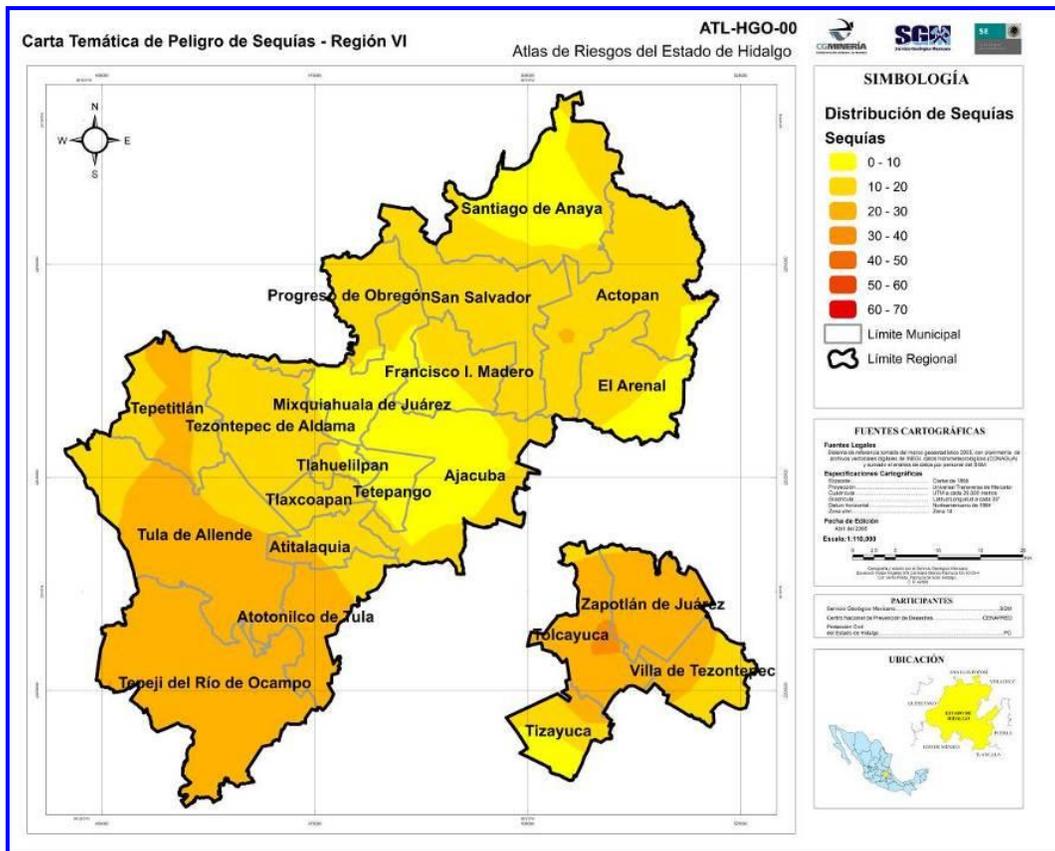
El uso de suelo en la Región está claramente dividido, mientras que en la parte norte predominan bosques y selvas, en la porción central y sur el uso es preferentemente agrícola,

cabe mencionar que parte del denominado Valle del Mezquital se encuentra dentro de esta Región, siendo ésta una de las más importantes zonas agrícolas del país.

Se presenta un nivel de riesgo alto, se encuentra el distrito de riego 03-Valle del Mezquital, zona agrícola de gran importancia en el país. Los municipios afectados son: Huichapan, Alfajayucan, Ixmiquilpan, Cardonal, Nicolás Flores, Tecozautla y dentro del nivel de riesgo medio, los municipios de: Tasquillo, Chapantongo, Jacala de Ledezma, Zimapán, Nopala de Villagrán y Chilcuautla.

#### f).- Región VI

El clima es semiseco, con algunas excepciones en la parte suroeste es templado. La Región se encuentra en el rango de los 26° a los 32°C. Las máximas temperaturas se presentan en los municipios de Mixquiahuala de Juárez, Tezontepec de Aldama y Tula de Allende (Figura 7.1.5.11.).



**Figura 7.1.5.11.- Zonificación de Sequías en la Región VI.**

La Región está comprendida por áreas agrícolas, salvo algunas zonas puntuales de bosques, éste hecho aumenta la afectación que implican las sequías para esta Región.

Los municipios con un nivel de riesgo alto son: Tepeji del Río, Tula de Allende, Tepetitlán, Atotonilco de Tula y riesgo medio los municipios de Actopan, Atitalaquia, Tezontepec de Aldama, San Salvador, Tlaxcoapan, El Arenal, Tolcayuca, Zapotlán de Juárez, Villa de Tezontepec y Tizayuca.

**7.1.6.- Erosión**

De manera general, la erosión y su intensidad depende de varios factores, como son la vegetación, topografía, tipo de suelo, espesor, además del clima y la precipitación. Conforme a estas variables, el norte del Estado de Hidalgo recibe mayor precipitación debido al tipo de

clima y por tanto posee mayor cubierta vegetal en comparación con el sur del estado, debido a esto, el espesor del suelo es mayor al norte y menor al sur.

El objetivo de este apartado es conocer y cuantificar los procesos de degradación hídrica, tipos, nivel de afectación, extensión que ocupa, la tasa actual que presentan y determinar y cuantificar en términos monetarios el costo de la pérdida de este recurso natural.

El grado de intensidad de la vegetación varía; los suelos con cubierta xerófila (matorrales) son más propensos a la erosión y los que están cubiertos por bosque o selva son menos erosionables.

El principal factor erosivo que tiene lugar en el Estado es producido por el escurrimiento de agua en las laderas, lo que ha degradado de gran manera la capa superficial del suelo al grado de que en algunas áreas ha desaparecido totalmente a lo que se le clasifica como erosión hídrica laminar alta (Eh3), este efecto ha sido acelerado debido a la deforestación.

Así mismo, la erosión hídrica laminar moderada (Eh2) es la que predomina en la mayor parte del territorio debido a las geoformas de cerros, lomeríos y montañas que prevalecen en la entidad. Es importante mencionar que la erosión se ha favorecido por el uso del suelo que es principalmente agrícola y ganadero, provocando debilidad y la consecuente pérdida de los mismos, además de azolver cuerpos de agua vitales para la supervivencia de algunas comunidades.

Otra constante es la deforestación (Ea5) que ha dejado tierras desprotegidas fácilmente erosionables, generando pérdida de suelo, asolvamiento de los cuerpos de agua, disminución de la zona de recarga a los mantos acuíferos, así como la contaminación de los mismos.

De la misma manera, en las ciudades, la ampliación de la zona urbana (Ea1) ha generado erosión que deriva en problemas de inundaciones donde no existía población, esto en ciudades grandes como Tulancingo y Pachuca.

Los suelos que son afectados por la erosión hídrica en el Estado son:

- Acrisol, se caracteriza por tener una capa superficial de color oscuro, rica en materia orgánica y pobre en nutrientes, estos suelos son aptos para las actividades agropecuarias mediante fertilización y encalado.
- Andasol, formados a partir de cenizas volcánicas y que por lo común tienen un horizonte superficial oscuro.
- Cambisol, presentan una capa superficial de color claro que puede ser o no pobre en materia orgánica, carecen de salinidad elevada.
- Castañozem, suelos ricos en materia orgánica de color pardo, en condiciones naturales sostienen vegetación de pastizal.
- Feozem, suelos que tienen una capa superficial blanda de color oscuro, rica en materia orgánica y nutriente.
- Litosol, no son aptos para cultivos de ningún tipo ya que carecen de materia orgánica y nutrientes, solo pueden destinarse a pastoreo.
- Planasol, su vegetación natural es de tipo pastizal, se caracterizan por tener una capa intermedia decolorada y muy permeable.
- Regosol, proceden de material no consolidada, con una capa superficial de color claro que puede ser o no pobre en materia orgánica.
- Rendzina, tienen una capa superficial blanda de color oscuro, rica en materia orgánica, se forman debido a la presencia de grandes cantidades de roca caliza.
- Vertisol se caracterizan por tener una capa superficial de color oscuro, de textura fina y un bajo contenido en materia orgánica, son comunes en zona áridas.

**a) Peligro.**

**a.1).- Región I**

La erosión predominante en la Región es la hídrica laminar en grado medio Eh2 abarcando una superficie de 1, 130.19 km<sup>2</sup>, afectando a suelos Feozem de 55 cm de espesor, la erosión hídrica laminar baja Eh1 cubre un área de 659.61 km<sup>2</sup> donde existen áreas de cultivo de riego y en algunas porciones pastizal, otra de las actividades comunes en la zona es el pastoreo de ganado bovino. Al norte de la Región se extiende un área de 118.71 km<sup>2</sup> afectada por erosión hídrica laminar alta Eh3, esto debido principalmente a dos factores, la pérdida de cubierta vegetal, debido a la deforestación y a las pendientes abruptas existentes en la zona, variables que facilitan el desgaste del suelo en la temporada de lluvias. Al oriente se localizan 6.98 km<sup>2</sup> de erosión concentrada asociada a la formación de cárcavas (Ec2), donde se observan sembradíos de cultivos de temporal, el suelo afectado es de tipo Castanozem fácil de remover en la temporada de lluvias. (Figura 7.1.6.1.).



En la localidad Plan Grande ubicado en el Mineral del Chico se aprecia un relieve de tipo cerros con pendientes de hasta 30° con intensa deforestación de bosque, en las que se encuentran rocas altamente deleznales, presentan comportamiento de tipo suelo, en temporada de lluvias, estas se saturan fácilmente dando lugar a deslizamientos, mismos que se activan por la pendiente, cabe mencionar que en el área hay cárcavas y circos de erosión, evidencia de inestabilidad en las laderas. (Fotografía 7.1.6.1.).



**Fotografía 7.1.6.1.- Localidad Plan Grande, erosión hídrica laminar en grado medio (Eh2) asociada a cárcavas.**

En la vertiente Sur de la Sierra de Pachuca es común encontrar zonas con presencia de cárcavas producto de la erosión hídrica concentrada (Ec2), donde la vegetación es escasa de tipo matorral además la deforestación es muy intensa por tanto el problema de erosión en esta zona se agrava ya que el transporte de los sedimentos por dicho factor puede azolar las principales presas de la zona las cuales son: Jaramillo y El Cedral desencadenando problemas aún más graves como el desbordamiento de dichas presas.

En el Valle Pachuca-Tizayuca, área comprendida entre los municipios de Acayuca y Zempoala la erosión predominante es la hídrica laminar baja (Eh1), la cobertura vegetal es de matorral lo que genera que el suelo sea más susceptible a erosionarse derivando la

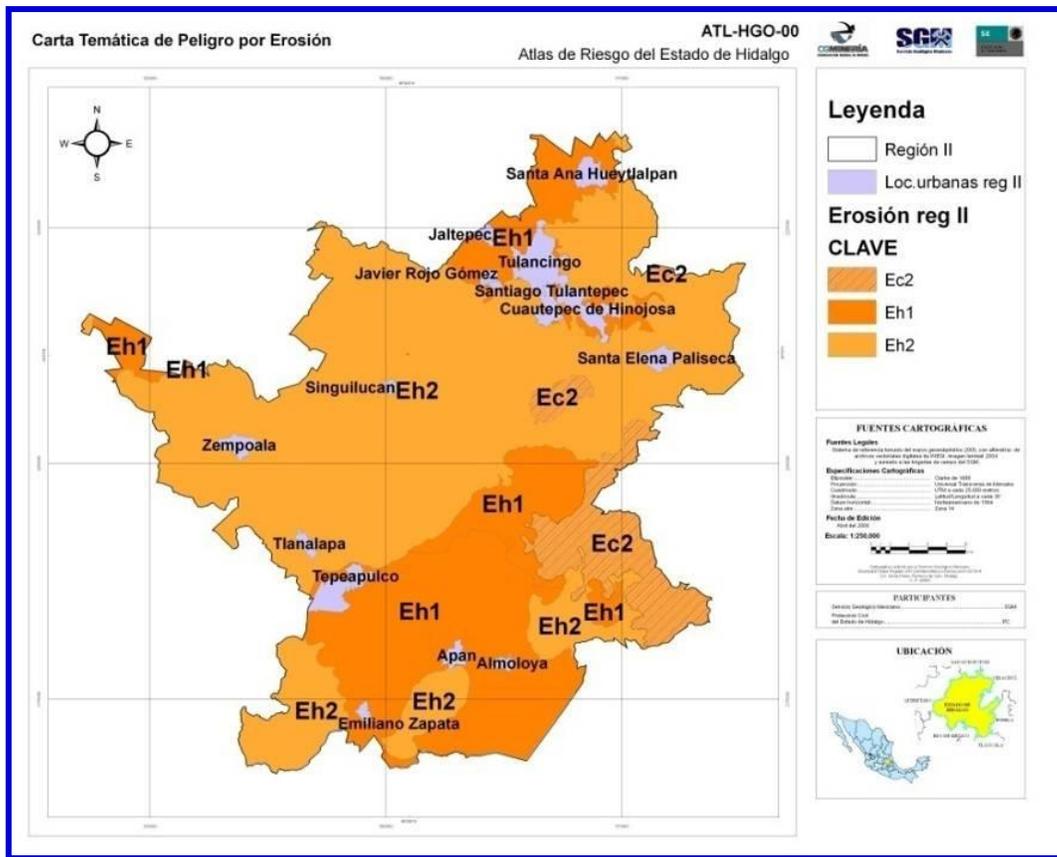
formación de cárcavas, en las partes serranas de las poblaciones de San Agustín Tlaxiaca es muy acelerada, generando la pérdida de suelo de cultivo (Fotografía 7.1.6.2).



**Fotografía 7.1.6.2.- En San Agustín Tlaxiaca al fondo se observa erosión hídrica laminar en grado bajo (Eh1) asociada al crecimiento urbano.**

### **a.2).- Región II**

La erosión hídrica laminar media (Eh2) abarca una superficie de 1509 km<sup>2</sup> afectando suelos de tipo feozem de 40 cm de espesor promedio, en los que se intensifica la actividad agrícola de temporal, existen manchones de deforestación desarrollados para ampliar la frontera agrícola y el crecimiento urbano. La erosión hídrica baja (Eh1) cubre un área de 768.41 km<sup>2</sup>, son planicies donde destaca la siembra de temporal, el tipo de suelo en esta porción es feozem, cabe mencionar que se encuentra una superficie de 172.32 km<sup>2</sup> de erosión concentrada asociada a cárcavas (Ec2), en esta superficie se desarrolla la actividad agrícola (Figura 7.1.6.2.).



**Figura 7.1.6.2.- Distribución de la erosión hídrica laminar en grados bajo y medio (Eh1, Eh2) y erosión concentrada asociado a cárcavas (Ec2).**

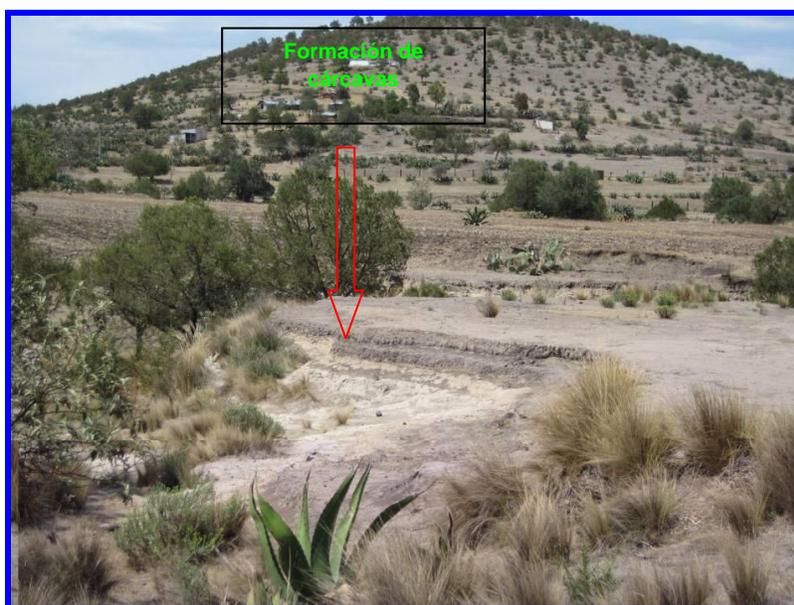
La erosión en la Región se distribuye de la siguiente manera, en el municipio de Zempoala la erosión predominante es la hídrica laminar en grado moderada (Eh2) asociada a vegetación Xerofila (matorrales), el municipio de Singuilucan se caracteriza por presentar una erosión hídrica laminar moderada asociada a la deforestación y ampliación de la frontera agrícola (Eh2+Ea5+Ea4), hacia la zona norte en el municipio de Tulancingo de Bravo predomina la erosión hídrica laminar media asociada al crecimiento urbano aunado a la ampliación de la frontera agrícola (Eh2+Ea1+Ea4).

Hacia el área de Cuautepéc de Hinojosa la erosión predominante es la hídrica laminar media asociada al crecimiento urbano mas la ampliación de la frontera agrícola (Eh2+Ea1+Ea4); en la zona sur de la Región en el municipio de Tepeapulco y Apan se observa una erosión hídrica laminar media asociada a la ampliación de la frontera agrícola (Eh2+Ea4); la erosión hídrica laminar media asociada a la vegetación Xerofila (matorrales) se encuentra en el

municipio de Emiliano Zapata y hacia el área sureste de la Región en el municipio de Almoloya predomina la erosión hídrica laminar media asociada a la ampliación de la frontera agrícola aunado a una vegetación de tipo boscosa (Eh2+Ea4+bosque).

La erosión que prevalece en la Región es la hídrica moderada asociada a la ampliación de la frontera agrícola (Eh2+Ea4) variando la cobertura vegetal, dándose de tipo matorral (xerofila) en la parte suroeste cambiando a boscosa hacia el este de la Región.

La erosión suele ser intensa en la parte que corresponde al centro-este de la Región, ya que se observa acarcavamiento en los cerros la Lagunilla, El Mirlo y Viejo de Tultenco, debido a la composición litológica y a la intensidad de las lluvias que generan gran impacto erosivo lo que origina la pérdida de suelo y la formación de cárcavas. (Fotografía 7.1.6.3.)



**Fotografía 7.1.6.3.- Loc. cerro El Viejo, erosión hídrica laminar media asociado a cárcavas.**

Hacia el centro de la Región se encuentra una cobertura de vegetación tipo boscosa la cual se encuentra deforestada, se debe a que los pobladores de las comunidades de Francisco I. Madero, San Ignacio y Altepemilla las utilizan para los cultivos de maíz y ganado vacuno.

Es de vital importancia regular este tipo de actividades ya que ejercerlas de manera excesiva asociado a las condiciones litológicas del área (basaltos, andesitas y aluvi3n en las partes bajas) aunado a las precipitaciones que en promedio son de 400 mm/año podrían acelerar la pérdida de suelo, la presencia de este tipo de erosión cubre una superficie estimada de 574 ha.

La porción centro-norte está representada por extensas zonas agrícolas que aceleran la erosión hídrica moderada (Eh2) además de erosión antrópica asociada al crecimiento urbano, sobre todo en Singuilucan. Al sur de la Región, se localiza la ciudad de Fray Bernardino de Sahagún, que junto con Tepeapulco forman una extensa zona urbana donde se asientan un gran número de industrias.

### Región III

La erosión con mayor superficie presente, es la hídrica laminar media (Eh2) con 1101.4 km<sup>2</sup>, afectando a suelo tipo feozem con espesores de 40 cm donde la deforestación de bosque y selva son un factor potencial para la pérdida de este, aunado al crecimiento urbano a la ampliación de la frontera agrícola y las fuertes precipitaciones. La erosión hídrica baja (Eh1) representa un área de 75.77 km<sup>2</sup> constituido por planicies con presencia de suelo donde se desarrolla la actividad agrícola, es importante destacar que existen también 10.16 km<sup>2</sup> de erosión concentrada asociada a cárcavas (Ec2) donde la actividad agrícola ha fomentado la pérdida de suelo y los escurrimientos naturales la formación de las cárcavas (Figura 7.1.6.3.).

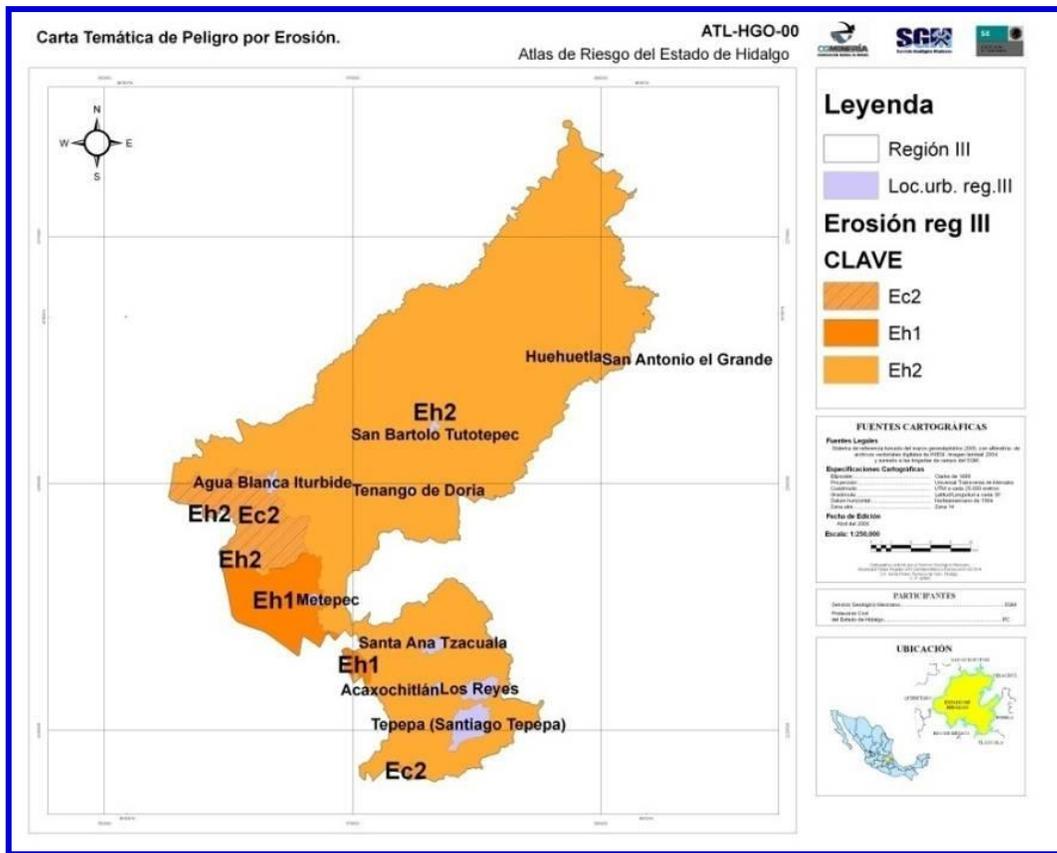


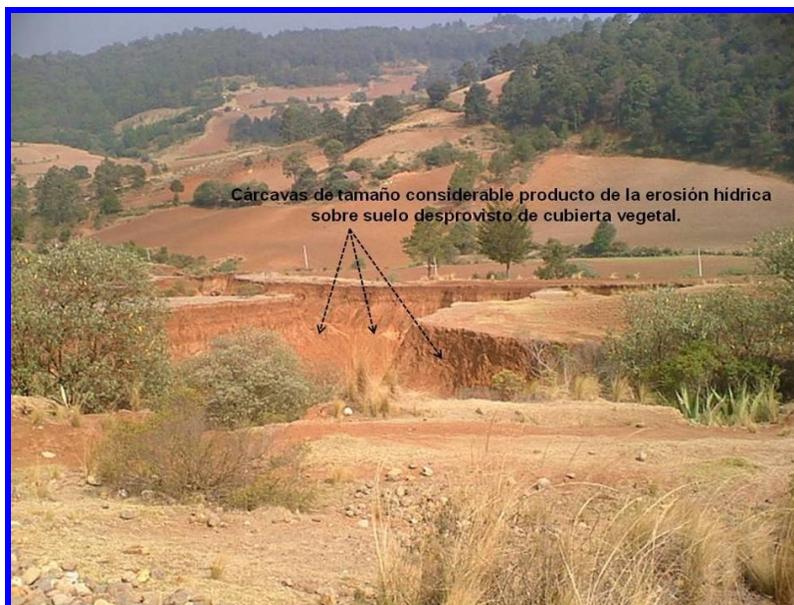
Figura 7.1.6.3.- Distribución de la erosión hídrica en la Región III.

Los tipos de suelo en la Región son: feozem, luvisol, planasol, regosol, cambisol y arisol, por sus características y su ubicación geográfica es una zona agrícola, rico en materia orgánica y nutrientes, con la circunstancia de que tratándose de una Región montañosa, son pocas las tierras de cultivo aprovechables obligándose a acondicionar pequeñas porciones en las laderas de los cerros, el espesor de suelo varía de 40 cm a 50 cm.

La vegetación es variable, en la zona sur de la Región existe matorral, mientras que en las partes altas existe bosque de pino con áreas muy deforestadas, el problema principal en esta zona es la ampliación de la frontera urbana, agrícola y ganadera.

Al sur de la Región la vegetación ha sufrido un deterioro considerable esto en los poblados Ojo de Agua y La Cienega, en el municipio de Acaxochitlan, donde la deforestación y el pastoreo han acelerado la erosión en el terreno, creando canales ó pequeños surcos en la

parte alta de la ladera, mientras que en la parte baja se tienen cárcavas, por lo que en algunos lugares la roca está aflorando (fotografía 7.1.6.4.).



**Fotografía 7.1.6.4.- Loc. La Cienega erosión hídrica laminar media (Eh2) asociada a cárcavas.**

En la parte norte de la Región la erosión predominante es la hídrica moderada (Eh2), mientras que al Oeste se observa un importante crecimiento de cárcavas en los poblados de Apulco, Agua Blanca de Iturbide, Cañada de Flores y Ranchería Los Cubes. Un factor importante que ha generado este grado de erosión, es la deforestación.

El noreste de la Región se caracteriza por presentar una erosión hídrica laminar media asociada a la formación de cárcavas (Eh2+Ea5+Ea4+Ec2), localizadas en escurrimientos naturales, estas estructuras deben su desarrollo a la presencia de humedad derivada de las intensas precipitaciones y escurrimientos de la Región.

Debido al grado de erosión existente en la Región es común observar terrazas de reptación y circos de erosión, estructuras que evidencian remoción de masas.

Región IV

Esta Región cuenta con 4,435.11 km<sup>2</sup> de erosión hídrica laminar media (Eh2), existe la presencia de suelo tipo leptosol de 55 cm de espesor, se practica la actividad agrícola. La erosión hídrica laminar alta (Eh3) se presenta al sur de la Región afecta 558.92 km<sup>2</sup>. La erosión hídrica laminar baja (Eh1) está dispersa en la Región cubriendo una superficie de 555.42 km<sup>2</sup> (Figura 7.1.6.4.).

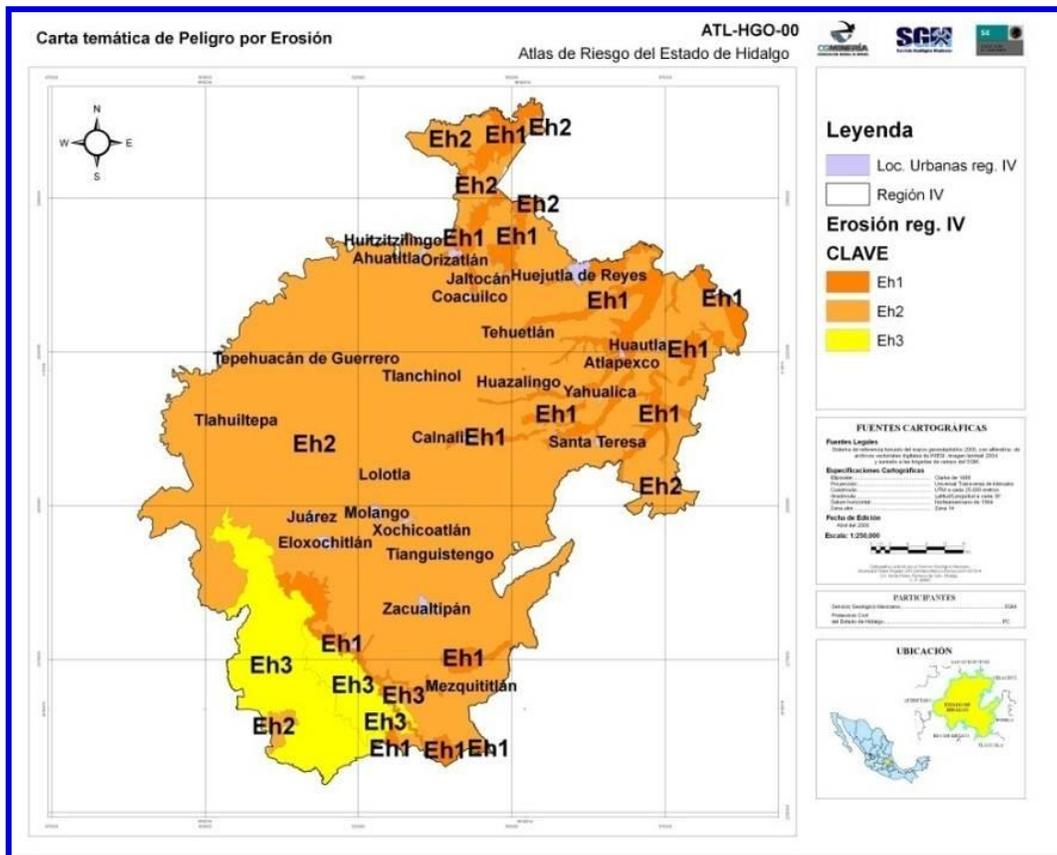


Figura 7.1.6.4.- Distribución de la erosión hídrica laminar (Eh1, Eh2 y Eh3).en la Región IV.

Los suelos existentes de la Región son de tipo litosol, feozem y rendzina con una vegetación de matorral xerófilo, bosque y selva, el espesor de suelo es variado, se encuentran espesores muy delgados desde los 10 cm en la parte sur de Molongo hasta espesores

medios de 1 m. en la comunidad Xilico ubicada en el municipio de Xochiatipan, los distintos espesores del suelo permiten que la erosión se comporte de distinta manera.

La erosión en la zona es hídrica media asociada a una intensa deforestación (Eh2+Ea5), resultado de la actividad antropogénica mediante la destrucción y quema de la vegetación, con la finalidad de preparar el terreno para los cultivos.

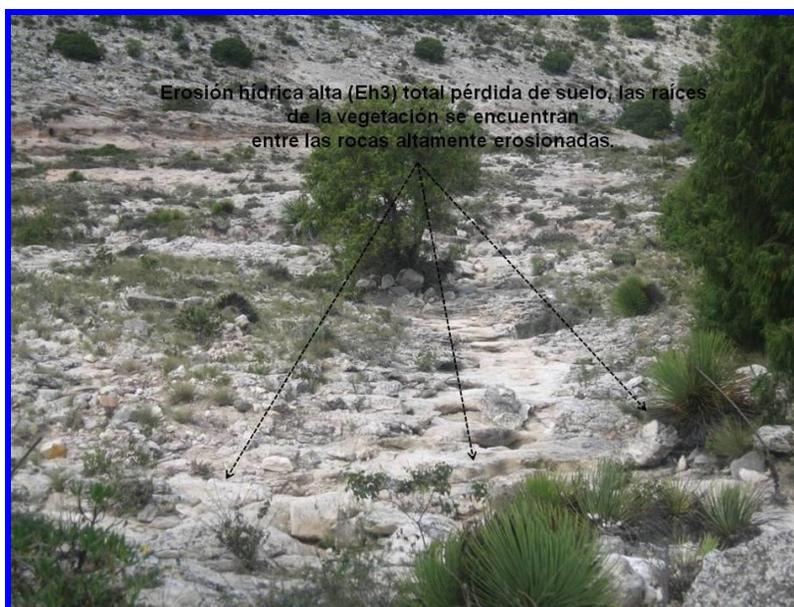
Al sur de la Región donde la vegetación es escasa, la erosión actuó de manera intensa por lo que se tiene una erosión hídrica laminar alta (Eh3), debido a la tala indiscriminada de los bosques, actividad que sigue incrementándose al paso de los años, provocando la formación de suelos más débiles, provocando deslizamientos en las vías de comunicación que conducen a los poblados: El Naranjal, Santa Cruz y Los Sabinos, existen en la Región manchones de bosque asociados a la erosión hídrica laminar media (Eh2) y a la intensa deforestación (Eh2+Ea5+bosque) (Fotografía 7.1.6.5.).



**Fotografía 7.1.6.5.- loc. El Naranjal, Santa Cruz y Los Sabinos se presenta erosión hídrica laminar media (Eh2) con intensa deforestación Ea5**

El tipo de erosión predominante en la Región de Metztitlán es hídrica laminar alta (Eh3), este tipo de erosión se efectúa de manera natural, en casi toda la Región, acentuándose en las

zonas montañosas donde afloran prácticamente las rocas, no hay presencia de suelo (Fotografía 7.1.6.6.).



**Fotografía 7.1.6.6.- Localidad Metztitlán, erosión hídrica laminar alta (Eh3), con alto grado de pérdida de suelo.**

En la comunidad de Itztayatla (municipio de Metztitlán) presenta erosión hídrica laminar moderada (Eh2) asociada a cárcavas por escurrimientos naturales. El camino que conduce al poblado de Atzoncintla-Zotola, se observa en la ladera de los cerros, indicios de escurrimientos que han generado cárcavas y erosión hídrica laminar alta (Eh3).

## Región V

Predomina un área de 4, 319 km<sup>2</sup> de erosión hídrica laminar media (Eh2) afectando a suelos tipo feozem, leptosol y vertisol , promediando un espesor de 25 cm, el crecimiento urbano es muy notorio además de la ampliación de la frontera agrícola dañando la vegetación para su expansión, la erosión hídrica laminar alta (Eh3) ocupa una extensión de 1,256 km<sup>2</sup>, en la zona prácticamente la pérdida de suelo es total, afloran rocas que entre sus fracturas crecen raíces de vegetación xerófila, la erosión hídrica laminar baja (Eh1) representa extensas



Los suelos de esta Región son susceptibles a erosionarse debido a la actividad antropogénica, condiciones climatológicas y condiciones topográficas (Fotografía 7.1.6.7.)



**Fotografía 7.1.6.7.- Zonas afectadas por erosión hídrica laminar media (Eh2).**

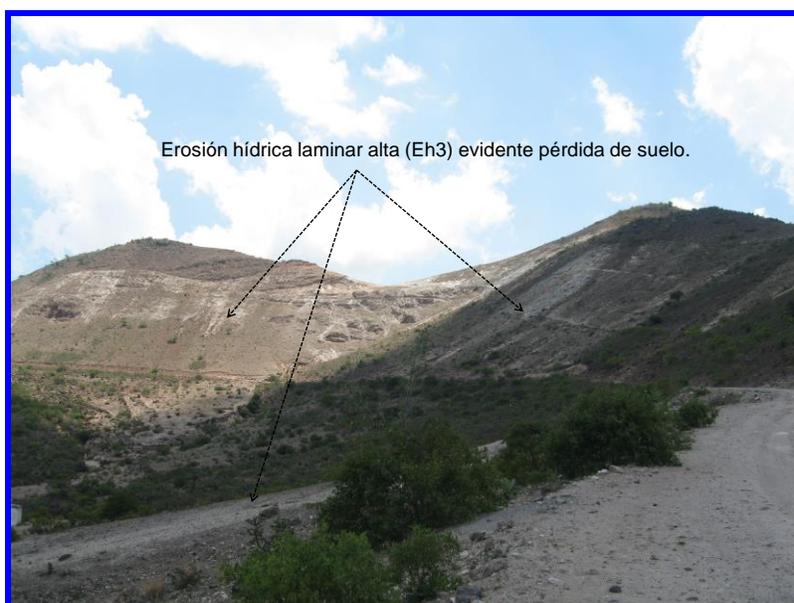
En las localidades de la Majada Grande, La Ortiga y el camino que comunica de San Felipe a La Mina La Paz, existe una erosión alta (Eh3+Matorral) ya que no se observa espesor de suelo, las pendientes son abruptas oscilando entre 35° y 60° de inclinación. (Fotografía 7.1.6.8.).



**Fotografía 7.1.6.8.- Loc. Majada Grande, La Ortiga y camino hacia mina la Paz se presenta Erosión hídrica laminar alta (Eh3).**

Al suroeste y sureste de la Región, en el municipio de Pisa Flores, la erosión predominante es hídrica laminar media (Eh2) acompañada de deforestación que se lleva a cabo para la ampliación de la frontera agrícola (Eh2+Ea5+Ea4+selva). Las principales actividades antropogénicas son agrícola y ganadera.

La erosión hídrica laminar alta (Eh3) se presenta en la inmediaciones de Zimapán, afectando al suelo, se prolonga hasta la parte sureste de dicho municipio en los alrededores de Caltimacan y en los poblados de La Cruz, San Nicolás y el Llano (Fotografía 7.1.6.9.).



**Fotografía 7.1.6.9.- Erosión Hídrica laminar alta (Eh3), donde el suelo es casi nulo.**

La erosión hídrica laminar alta (Eh3) se observa también hacia la parte sureste, en los alrededores de Tecozautla, en el poblado de Aljibes, Guadalupe, Banzha y Manguani.

En algunos de los poblados como: Danghu, Cerro La Petaca, El Llano y el Epazote se presentan indicios de cárcavas, esto, por el tipo de roca existente (toba deleznable) donde no hay formación de suelo, donde las precipitaciones pluviales afectan directamente la roca (Fotografía 7.1.6.10.).



**Fotografía 7.1.6.10.- Loc. El Llano Inicio de cárcavas por el tipo de roca donde no hay formación de suelo.**

Hacia los municipios de Nicolás Flores, Pacula, Jacala de Ledezma y Tlahuiltepa la erosión predominante es la erosión hídrica media seguida de la ampliación de la frontera agrícola asociada a una vegetación tipo boscosa (Eh2+Ea4).

Cerca del municipio de Zimapán hay erosión hídrica laminar media con presencia de cárcavas y terrazas de reptación (Eh2+Ec2) que denotan movimientos de suelo lentos y constantes, estos tienen forma de escalones. Existen pequeños manchones de bosque que se ubican en las partes altas de los cerros, además de existir sobrepastoreo de ganado vacuno.

Hacia el norte, comienza el bosque de pino, encino y cedro, los cuales exhiben un alto grado de deforestación, sobre todo en las proximidades de las comunidades con la finalidad de destinar estas tierras taladas para actividad agrícola.

En el municipio de Pacula cerca de la comunidad La Puerta se mantiene la erosión hídrica laminar media (Eh2) con actividad agrícola fuerte (Fotografía 7.1.6.11.) la vegetación cambia a matorral y unos pocos manchones de bosque en las partes altas.



**Fotografía 7.1.6.11.- Loc. La Puerta, se presenta erosión hídrica laminar media (Eh2), asociada a la deforestación de bosque para la ampliación de áreas de cultivo.**

Al sur de la Región se encuentra un extenso valle, donde predomina la erosión hídrica laminar baja (Eh1), aunado al crecimiento urbano y ampliación de la frontera agrícola (Ea1+Ea4), la cubierta vegetal principalmente es de tipo xerófila (matorrales).

Cuenta con un relieve de cerros y lomeríos con pendientes entre los 5° y 30° predomina la erosión hídrica laminar media (Eh2) asociada a vegetación tipo Xerofila (matorrales), existe además una extensa zona de planicie con pendientes menores a 4° donde se cultivan grandes extensiones tierra para la explotación agrícola.

La erosión hídrica laminar alta (Eh3) se encuentra localizada principalmente en los siguientes sitios:

Al Norte del poblado de Tlaxcalilla en el municipio de Huichapan, se encuentran los cerros de la Cruz, Colorado y Los Caballos los cuales están constituidos por roca tobacea, y con escaso espesor de suelo, por lo que se le clasificó como erosión hídrica laminar alta (Eh3).

Al oriente de la comunidad la Mesilla municipio de Tecozautla se encuentran lomeríos con pendientes suaves de hasta 8°, sin embargo la erosión cambia hacia la parte superior de los cerros donde ya no existe suelo y la roca se encuentra aflorando, por lo tanto es clasificada como erosión hídrica laminar alta (Eh3) asociada a vegetación tipo xerofila (matorrales y cactáceos).

Al noroeste del municipio de Tula y en los alrededores de las comunidades: La Salita, Taxteihé, El Mangui, El Tepeyac y San Sebastián de Juárez, se presenta una erosión hídrica laminar alta (Eh3), formación de cárcavas (Ec2). En la porción NE a la altura del poblado Ozocalpan, Sayula Pueblo, San Sebastián de Juárez y en el cerro Loma Tachuada sigue predominando este tipo de erosión (Eh3).

## Región VI

La extensión de la erosión hídrica se encuentra distribuida de la siguiente manera; 1343.47 km<sup>2</sup> de erosión hídrica laminar baja (Eh1) donde las planicies, son pequeños valles utilizados para el cultivo de temporal el tipo de suelo predominante es feozem con espesor de 25 cm, seguido por la erosión hídrica laminar media (Eh2) con una superficie de 1230 km<sup>2</sup> afectando a suelo feozem y leptosol, además se aprecia actividad agrícola, en cuanto a la erosión hídrica laminar alta (Eh3) afecta una porción de 560.58 km<sup>2</sup> donde ya no hay existencia de suelo. (Figura 7.1.6.6.)

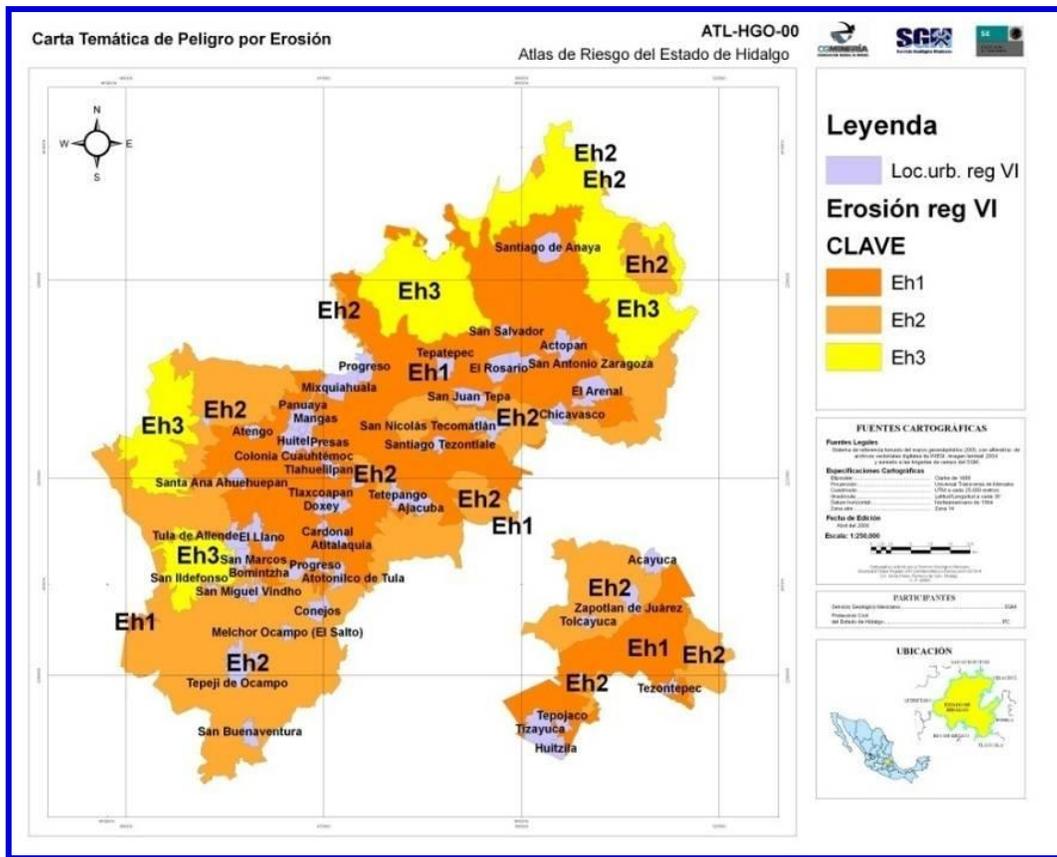
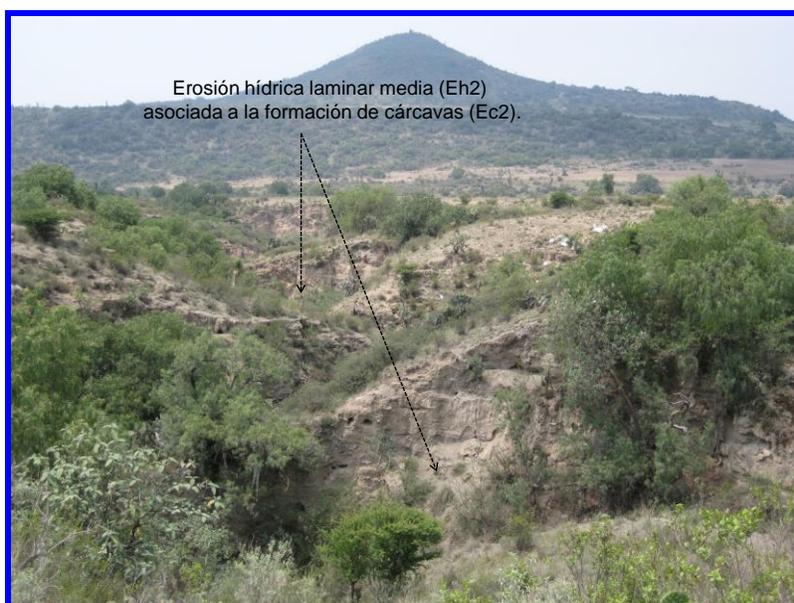


Figura 7.1.6.6.- Distribución de la erosión hídrica laminar (Eh1, Eh2, Eh3) en la Región VI.

La Región se encuentra representada por suelos de tipo: feozem, redzina y litosol con espesores promedio de 25 cm.

La erosión predominante es hídrica laminar media (Eh2), sin embargo en las zonas de planicie encontramos erosión hídrica laminar baja (Eh1), las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

En el municipio de Tizayuca se observa una erosión hídrica laminar baja (Eh1) asociada a una extensa área de cultivos de cebada y trigo (Ea4), en la ladera de los cerros y lomeríos que rodean el valle la erosión se convierte a hídrica laminar moderada (Eh2) asociada a cárcavas (Ec2) (Fotografía 7.1.6.12.).



**Fotografía 7.1.6.12.- Zona de Cárcavas en la Región VI.**

En la parte norte de la Región hacia el municipio de Actopan se presentan diferentes tipos de erosión hídrica desde la baja (Eh1) hasta la alta (Eh3). En los alrededores de la población de Actopan se encuentra un extenso valle, en donde predomina la erosión hídrica laminar baja, aunado al crecimiento urbano y ampliación de la frontera agrícola (Eh1+Ea1+Ea4), las pendiente son de 2° a 4°, la cubierta vegetal se caracteriza por tener nopal, maguey y huizache.

En las inmediaciones de los poblados de Tavera, El Nopalillo, Lomas de Guillen, El Encino, Pontadho, predomina una erosión hídrica laminar alta (Eh3), con cubierta de matorral, este lugar presenta un relieve de lomeríos, donde se empiezan a tener inicios de erosión concentrada asociada a cárcavas (Ec2), esto es en gran medida a que la litología del lugar consiste de rocas arcillosas.

Lo que corresponde a la parte centro-sur y norte de Actopan en las inmediaciones de los poblados de San Andrés Tlanguistengo, Santa María Amajac, Benito Juárez y Tablón Chico, la erosión predominante es hídrica laminar alta (Eh3), la vegetación en general es de matorral tipo cactácea y pastizal, la litología del lugar principalmente es de origen calcáreo, lo

que genera una capa de hasta 50 cm. de caliche, esto origina que la vegetación no se desarrolle. Hacia la parte sur se tiene toba andesítica, que por sus características comienzan a tener inicios de cárcavas (Ec2). En los alrededores de los poblados de Atotonilco el Grande, San José Zoquital, Cerro Colorado, Santa María Autempa, se encuentra una extensa zona de planicie constituida por un derrame basáltico, en este lugar se tiene una erosión hídrica laminar baja (Eh1) asociado al crecimiento urbano y ampliación de la frontera agrícola (Eh1+Ea1+Ea4), el uso del suelo es principalmente de cultivo y pastoreo.

Al norte de la Región se prolonga la zona de valle con pendiente casi nula de 2° a 4° con grandes parcelas de cultivo de maíz y alfalfa clasificando la erosión como hídrica laminar baja (Eh1) asociada a la ampliación de la frontera agrícola y zona urbana (Eh1+Ea4+Ea1).

La roca de tipo basáltica se encuentra coronando lomeríos y cerros, las pendientes en este relieve van de los 25° a 30°, el espesor de suelo es de 15 cm. siendo éste, de tipo feozem, aquí se presenta erosión hídrica laminar de tipo medio (Eh2), asociada a vegetación xerofila (matorrales) como se observó en las cercanías de las localidades El Dexthi y alrededores de El Decá. (Fotografía 7.1.6.13.).



**Fotografía 7.1.6.13.- Loc. El Dexthi, Erosión hídrica tipo media (Eh2) asociada a crecimiento urbano (Ea1).**

En los poblados de Pazuelos, Ex-Hacienda Ocotza y La Flor en la porción norte de la Región se presenta erosión hídrica laminar alta (Eh3) aflorando roca caliza, el relieve se compone de cerros con pendientes de 30° y un espesor de suelo de escasos centímetros, la poca vegetación se encuentra enraizada sobre los planos de debilidad de dichas rocas. (Fotografía 7.1.6.14.).



**Fotografía 7.1.6.14.- Loc. de Pozuelos, erosión hídrica laminar alta (Eh3).**

Al centro de la Región existe erosión hídrica laminar baja (Eh1) con una extensa área de cultivos principalmente de maíz y frijol, las planicies tienen pendientes menores a 4°, también se puede observar en los alrededores de las poblaciones de: Progreso de Ocampo y Tepatepec de igual forma en la carretera que conduce de la colonia Morelos a la colonia Teñhé.

La erosión hídrica laminar media (Eh2) asociada a vegetación tipo xerofila (matorrales y arbustos) se presenta en cerros como el Picacho, cerro Grande, barranca las Águilas, cerro Los Crestones, barranco Rinconada, cerro Potrero y cerro Peñas Coloradas con pendientes de 20° asociada a vegetación tipo xerofila, en la localidad Chapultepec de Pozas se presenta formación de cárcavas.

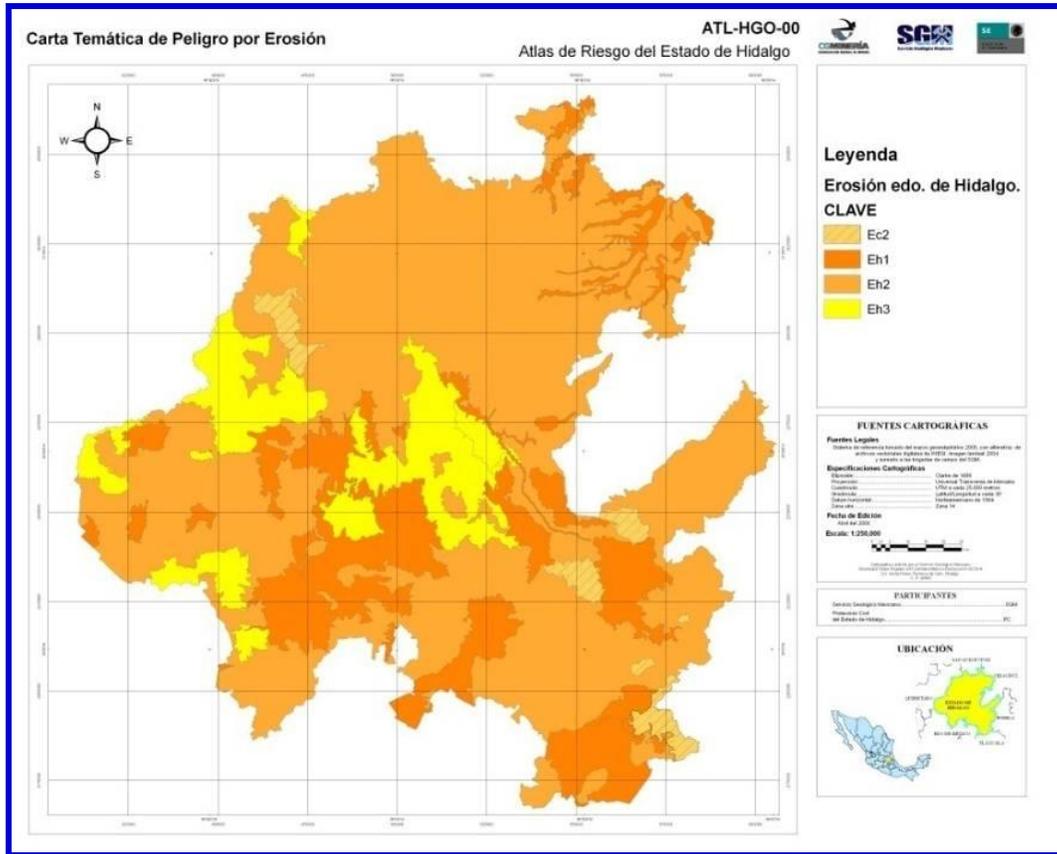
Al sur de la Región predomina la erosión hídrica laminar media (Eh2) asociada a vegetación tipo Xerofila, cabe destacar que en la localidad de Cuayuca perteneciente al municipio de Atotonilco de Tula se observa gran actividad de explotación de bancos de material donde extraen la roca caliza para la elaboración de cemento (CEMEX), esta actividad afecta considerablemente la vegetación dejando sin protección al suelo lo que intensifica el proceso de la erosión, este mismo problema se extiende hacia el poblado de El Pedregal en el municipio de Atotonilco.

En la localidad de San Buenaventura perteneciente al municipio de Tepeji del Río se observa una erosión hídrica laminar media (Eh2) asociada a cañadas (Ec2) donde además la zona urbana crece hacia las laderas de estos cerros.

Sobre el camino que va de San Miguel Vindho a Atotonilco de Tula se aprecia erosión de tipo media (Eh2) asociada a aprovechamientos de recursos geológicos ya que el cerro Soyatla litológicamente conformado de rocas calizas es explotado por la cementera Cruz Azul para la elaboración de cemento, esta actividad trae como consecuencia que la erosión se acelere convirtiéndose en menor tiempo en una de tipo alto (Eh3), se observan algunos manchones de este tipo de erosión.

En los límites con el Estado de México, esto al sur de Hidalgo, se encuentra la localidad de San Juan Tezontle donde el relieve deja de ser lomeríos y cerros para convertirse en planicies con grandes parcelas de cultivos de maíz donde el tipo de erosión se clasificó como hídrica laminar de tipo bajo (Eh1) asociado a la ampliación de la frontera agrícola (Eh1+Ea4).

Una vez analizadas cada una de las regiones que conforma el Estado de Hidalgo, la erosión hídrica laminar se distribuye de la siguiente manera (Figura 7.1.6.7.).



**Figura 7.1.6.7.- Distribución de la erosión hídrica laminar de acuerdo a su tipo en el Estado de Hidalgo.**

Con base al mencionado análisis, en el estado predomina la erosión hídrica laminar en grado medio (Eh2) cubriendo una superficie de 13,737 km<sup>2</sup> (66%), seguida por la erosión hídrica baja (Eh1) con 4,050 km<sup>2</sup> (19.45%) y la erosión hídrica laminar alta (Eh3) 2,494 km<sup>2</sup> (12%), además de una extensión de 532 km<sup>2</sup> (2.55%) de erosión concentrada asociada a cárcavas (Ec2).

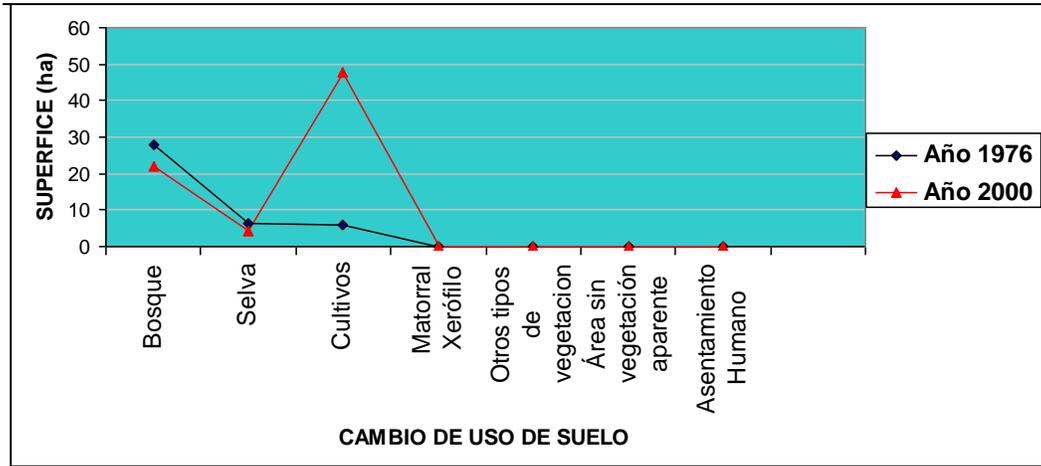
## b) Vulnerabilidad

El suelo es sometido a diferentes procesos por el hombre, lo que ha originado un desequilibrio entre la tasa de formación y la pérdida de suelo, arrojando pérdidas económicas implicadas por el fenómeno erosivo, en forma directa como indirecta.

Cuando la erosión excede la tasa de formación del suelo, la capa superficial comienza a adelgazarse y partes del subsuelo son incorporados a una capa arable. Este proceso es acompañado, por lo general por disminución de nutrientes y de materia orgánica, mayor compactación y disminución de la aeración.

Para el Estado de se tiene la comparación de Figuras en los cuales se muestra la pérdida de bosques y selvas en un lapso de 24 años partiendo desde 1976 hasta el 2000, con una tasa anual de deforestación del 78.4%. Este, porcentaje fue el mismo que se empleo como referencia para poder calcular el parámetro C de la formula universal para pérdida de suelo para cada Región.

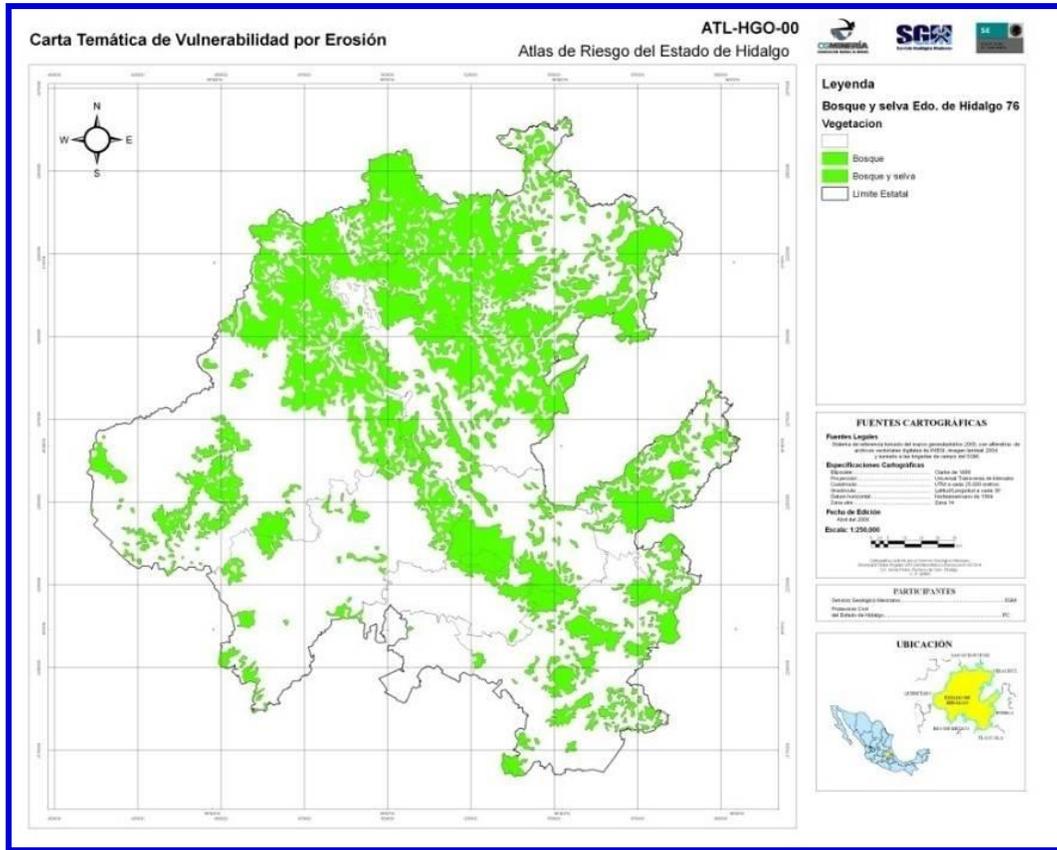
En la gráfica 7.1.6.1. se muestra la pérdida de vegetación contemplando los lapsos de tiempo (1976-2000) representando principalmente la pérdida bosques y selvas debido al cambio de uso de suelo También se observa que se reduce la cobertura vegetal de bosques y selvas, la frontera agrícola se acrecenta.



**Grafica 7.1.6.1.- Pérdida de vegetación por cambio de uso de suelo para el Estado. (Las cifras empleadas fueron tomadas del Anuario Estadístico de INEGI, 2008).**

Se determinó, que para un lapso de 24 años (1976-2000) se ha incrementado en un 12% la superficie dedicada al cultivo, por lo tanto; cada año aumenta la superficie de cultivo aproximadamente 1.75%. Esto, significa que desde 1976 hasta el 2000 se ha incrementado a 56 km<sup>2</sup> de superficie cultivable en el Estado.

En 1976, la superficie vegetal en el Estado cubría el 34.26% lo que equivale a 7,131.14 km<sup>2</sup> (Figura 7.1.6.8.).



**Figura 7.1.6.8.- Superficie de bosques y selvas en el año de 1976 (Fuente INE, 2000).**

La pérdida de áreas, se debió al cambio de uso del suelo por coberturas de mayor producción tales como cultivos y pastizales inducidos, esto condujo a la pérdida de suelos, especialmente en la temporada de lluvias, predominando este fenómeno en las regiones III y IV con menor grado en las regiones I, II, V y VI del Estado.

En la siguiente tabla (7.1.6.1.) se describe la ocupación territorial del uso de suelo durante el período 1976 al 2000.

**Tabla 7.1.6.1. Incremento de superficie de cambio de uso de suelo en el Estado (%), (INEGI, 2007).**

AÑO	1976 (%)	2000(%)	Incremento de uso de suelo	Incremento de superficie en (%)
Cultivos	5.72	47.77	42.05	12.0
Otros tipos de vegetación.	0.00	0.00	0	0.0
Área sin vegetación. aparente	0.04	0.05	0.01	0.01
Asentamiento humano	0.02	0.01	0.01	50.0

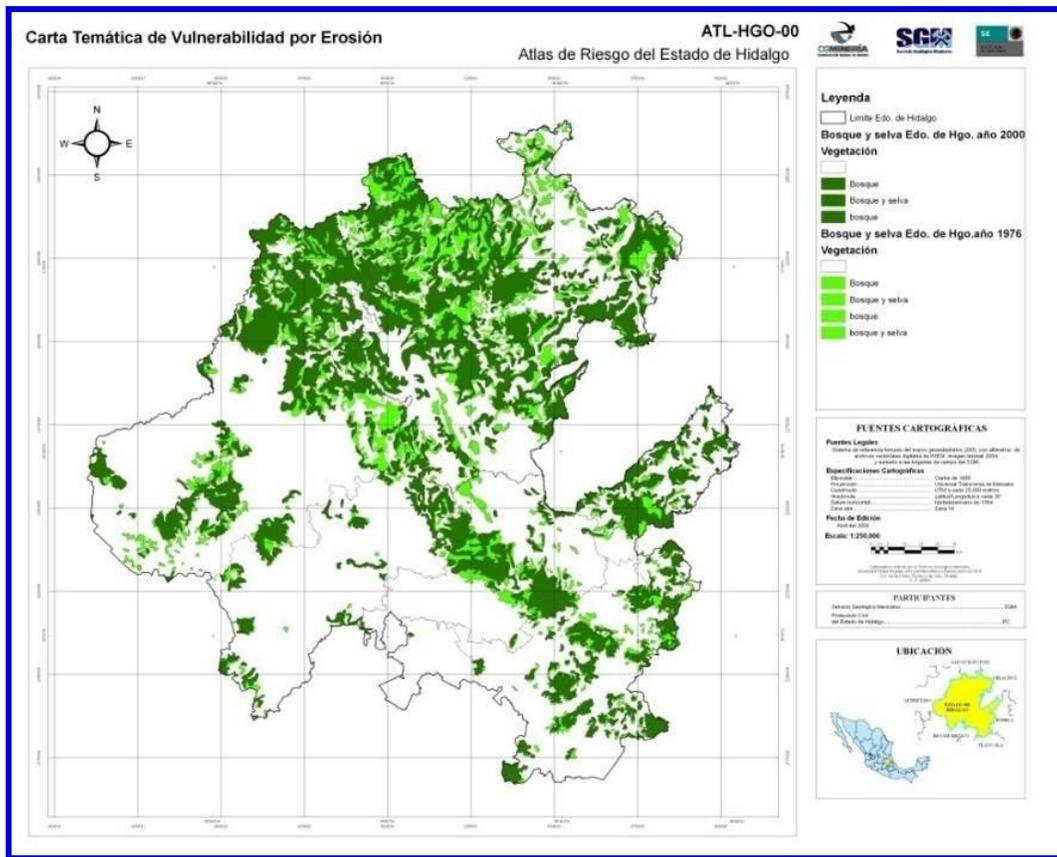
El 34.26 % de la superficie vegetal existente en el año 1976 se redujo un 7.38% en un lapso de 24 años, debido al incremento de cultivos y asentamientos humanos. (Figura 7.1.6.10., tabla 7.1.6.2.).

**Tabla 7.1.6.2.- Deforestación en el Estado (Anuario estadístico de INEGI 2008).**

AÑO	1976 (%)	2000 (%)	Pérdida en km <sup>2</sup>	% de deforestación
Bosque	27.77	21.78	5.99	78.4
Selva	6.49	4.22	2.27	65.0
Matorral Xerófilo	18.51	12.16	6.35	65.7

Hasta el año 2000, se poseía un 26.43% de selvas y bosques en el Estado, (Figura 7.1.6.9.).





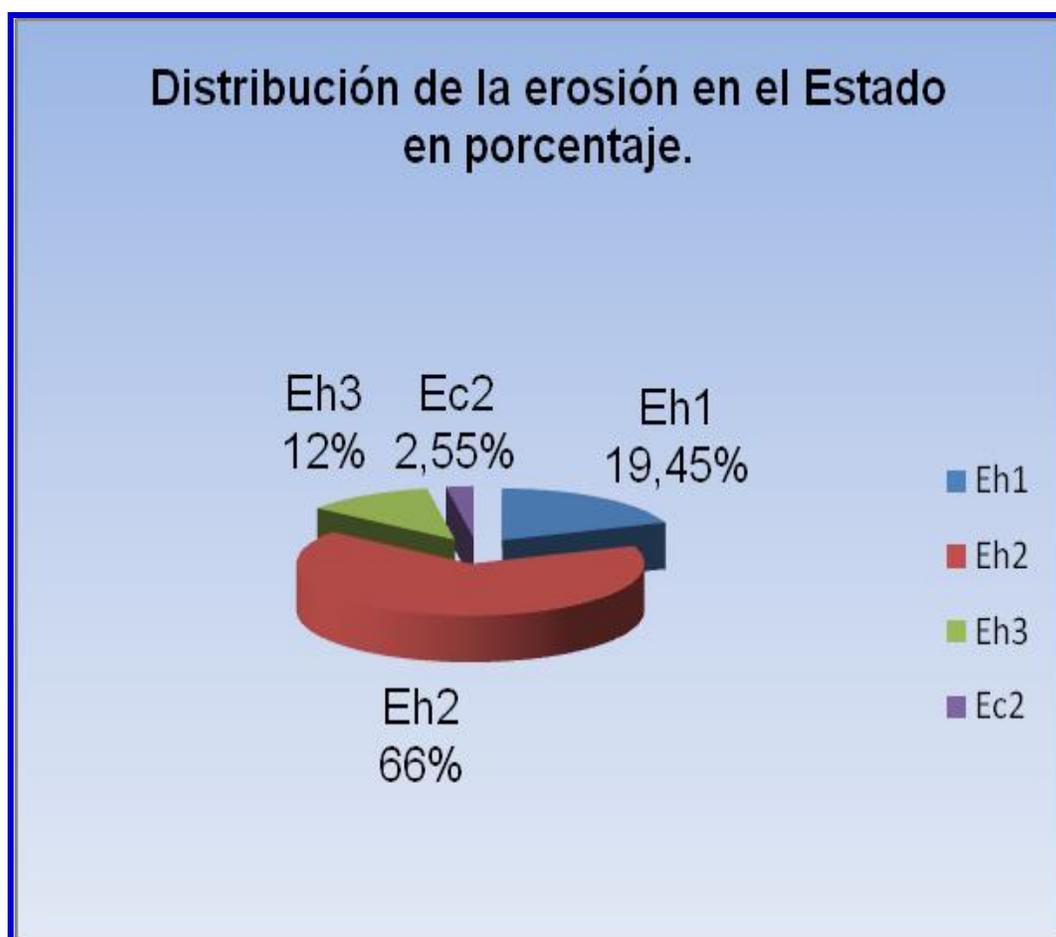
**Figura 7.1.6.10.- Cobertura territorial de las comunidades vegetales de bosque y selva entre el periodo del año de 1976 al 2000 en el Estado (Fuente INE, 2000).**

Los resultados espaciales indican que los bosques están perdiendo mayor número de hectáreas que las selvas, sin embargo, esta pérdida no se enfoca únicamente al problema de la deforestación, lo que implica la alteración o degradación de la vegetación natural, sin tener el reemplazo total de la misma.

La fragmentación es otro proceso que implica la transformación del paisaje dejando pequeños remanentes de la vegetación natural y que a su vez quedan rodeados de vegetación secundaria, cultivos, asentamientos humanos y vías de acceso.

Según la distribución de la topografía y clima en el Estado se determina el tipo de vegetación existente en el sitio. Estos factores y los que conocemos como aceleradores de la erosión juegan el papel fundamental para determinar la erosión hídrica laminar de cierto lugar.

El Estado, presenta en mayor proporción la erosión hídrica laminar en grado moderado, este comportamiento se manifiesta y se corrobora con el análisis espacial de los mapas de usos de suelo. En la siguiente grafica 7.1.6.2., se muestra la distribución en porcentajes de los diferentes tipos de erosión.



**Grafica 7.1.6.2.- Distribución porcentual de la erosión hídrica laminar en el Estado.**

Los efectos económicos de la erosión aumentan los costos o reducen los beneficios; la manera de cómo pueden ser evaluados económicamente es obteniendo la cantidad cultivada y cosechada para cada tipo de cultivo.

El valor del recurso natural suelo, se refleja en el bajo rendimiento de la cosecha. Un suelo rico en materia orgánica tiene mayores beneficios para la economía agrícola que un suelo tratado y sobreexplotado irracionalmente.

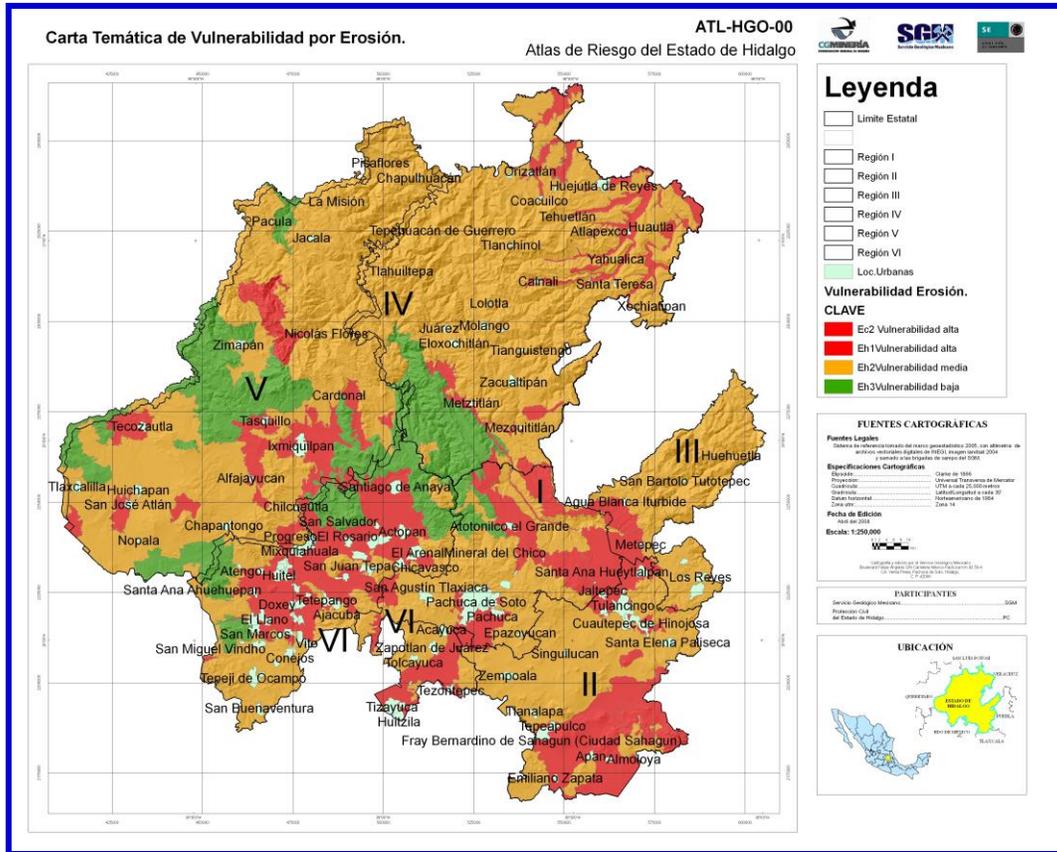


Figura 7.1.6.11.- Vulnerabilidad por erosión en el Estado.

En la Figura 7.1.6.11. se representa tres distintos parámetros de vulnerabilidad por erosión, en color rojo se diferencia la vulnerabilidad alta, esta se presenta en superficies donde la agricultura es muy frecuente (planicies), la vulnerabilidad media se refleja en polígonos de erosión hídrica laminar media Eh2 (color naranja), donde la actividad agrícola se practica mediante la construcción de terrazas sobre la laderas de los cerros, estas se practican en extensiones pequeñas de terreno, y en color verde se aprecia la vulnerabilidad baja sobre polígonos de erosión hídrica laminar alta Eh3 donde ya no existe la presencia de suelo, por lo que ya no es posible desarrollar actividad agrícola.

A continuación se describe la pérdida económica de las áreas agrícolas por diferentes factores, entre los cuales destaca la baja productividad del suelo.

**a).- Región I**

Por las características topográficas y climáticas esta Región es productora de maíz, frijol y avena, en las siguientes tablas se muestran las pérdidas económicas de los principales cultivos (Tabla 7.1.6.3.).

**Tabla 7.1.6.3.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de maíz de la Región I.**

Municipio	Cultivo	Cultivadas (ha)	Cosechadas (ha)	Hectáreas Vulnerables
Atotonilco el Grande	Maíz	6,378	5756	622
Epazoyucan		936	836	100
Omitlán de Juárez		1276	789	487
Pachuca		711	561	150
Mineral de la Reforma		1325	1136	189
<b>Total Región I</b>			10,626	9,078

Los municipios con mayor producción de cultivos de maíz son Atotonilco el Grande, Omitlán de Juárez y Mineral de la Reforma. En la tabla 7.1.6.4. se muestran los principales municipios afectados por la pérdida de frijol.

**Tabla 7.1.6.4.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de frijol de la Región I.**

Municipio	Cultivo	Cultivadas (ha)	Cosechadas (ha)	Hectáreas Vulnerables
Epazoyucan	Frijol	360	330	30
Pachuca de Soto		215	115	100
Mineral de Reforma		120	110	10
<b>Total Región I</b>		695	555	140

La Región con mayor vulnerabilidad a la pérdida de cosechas de cultivo de frijol corresponde al municipio de Pachuca de Soto.

**b).- Región II**

Se cultivan principalmente maíz, cebada, frijol y trigo. La tabla (7.1.6.5.) muestra las mermas en cultivos generadas.

**Tabla 7.1.6.5.- Cultivos con vulnerabilidad alta en la Región II.**

Cultivo	Superficie sembrada	Superficie Cosechada	Hectáreas vulnerables
Maíz	28,581	21,513	7,068
Cebada	78,481	73,392	5,089
Frijol	2,373	2,344	29
Trigo	107	100	7

Los cultivos más vulnerables en la Región son maíz y cebada.

**c).- Región III**

Se caracteriza por tener cultivos de maíz y frijol, sin embargo, en esta área no se registran grandes pérdidas. Los cultivos de maíz ascienden a una superficie de 23,397 ha.

En el municipio de Acoxochitlán se registra una pérdida de 2,20 ha de maíz los cultivos de frijol no registra perdida alguna, en el municipio de Metepec solo existen pérdidas de 4.2 ha de maíz, en los municipios de Agua Blanca y Tenango, no se registran pérdidas de ninguno de sus cultivos; en el municipio de San Bartolo se pierden 16 ha de maíz y en el municipio de Huehuetla se estimó una pérdida de 8 ha de frijol. A continuación se presenta una tabla con las pérdidas económicas en esta Región. (Tabla 7.1.6.6.).

**Tabla 7.1.6.6.- Cultivos con vulnerabilidad alta en la Región III.**

Cultivo	Superficie sembrada	Superficie cosechada	Hectáreas vulnerables
Maiz	26,044	24,003	2,041
Frijol	1,025	1,017	8

Los cultivos más vulnerables en la Región son maíz y frijol.

Gargicevich, A. y S. Massoni (1991), estiman que la erosión hídrica reduce los rendimientos de maíz, trigo y soya entre los 80, 40 y 35 kg/ha respectivamente, por cada centímetro de suelo perdido. Esto, significa que el maíz es mucho más sensible que el trigo a la erosión lo que una severa erosión ocasiona una reducción en los rendimientos de soya, trigo y maíz.

**d).- Región IV**

En esta Región es común la siembra de maíz y frijol, en algunos municipios como San Agustín Metzquititlan, Atlapexco y Xochiatipán se cultiva cebada, caña y naranja aunque estos no representan ninguna pérdida económica.

En la presente tabla se representan los municipios que integran esta Región así como hectáreas con vulnerabilidad alta en las cosechas de maíz y frijol. (Tabla 7.1.6.7. y 7.1.6.8.).

**Tabla 7.1.6.7.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de maíz de la Región IV.**

Municipio	Cultivo	Cultivadas (ha)	Cosechadas (ha)	Hectáreas vulnerables	
Metztitlán	Maíz	14,862	2,982	11,880	
San Agustín Metzquititlan		1,701	1,673	28	
Zacualtipán		794	738	56	
Eloxochitlan		634	534	100	
Tlahuiltepa		1,791	1,731	60	
Lolotla		1,100	976	124	
Huejutla		14,862	14,342	520	
Tlanchinol		4,400	4,201	199	
Xochicoatlan		2,314	1964	350	
Calnali		3,900	3,678	222	
Molango		1,424	1,290	134	
<b>Total Región IV</b>			<b>47,782</b>	<b>34,109</b>	<b>13,673</b>

**Tabla 7.1.6.8.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de frijol de la Región IV.**

Municipio	Cultivo	Cultivadas (ha)	Cosechadas (ha)	Hectáreas vulnerables
Metztitlan	Frijol	1,225	1173	52
San Agustín Metzquititlan		460	448	12
Eloxochitlan		373	293	80

<b>Total Región IV</b>		2,058	1,914	144
------------------------	--	-------	-------	-----

Los municipios con mayor vulnerabilidad respecto al cultivo maíz son Metztlán, Huejutla, Tlanchinol y Xochicoatlan; y a los cultivos de frijol son los municipio de Eloxochitlan y Metztlán.

**e).- Región V**

En la tabla 7.1.6.9. y 7.1.6.10, se representan los municipios con mayor vulnerabilidad con respecto a los cultivos de maíz y frijol.

**Tabla 7.1.6.9.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de frijol de la Región V.**

Municipio	Cultivo	Cultivadas (ha)	Cosechadas (ha)	Hectáreas vulnerables
Pisaflores	Frijol	2,311	1957	354
Chapatongo		1917	1834	83
Huichapan		5357	4952	405
Tecozautla		2594	2414	180
<b>Total Región V</b>			12,179	11,157

**Tabla 7.1.6.10.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de maíz de la Región V.**

Municipio	Cultivo	Cultivadas (ha)	Cosechadas (ha)	Hectáreas vulnerables
La Misión	Maíz	1603	1380.5	222.5
Jacala de Ledezma		2473	2291	182
Cardonal		4220	2133	2087
Chapatongo		3,408	3,264	144

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Huichapan		9,165	8,547	618
Nopala de Villagran		4,825	4,630	195
Pacula		581	519	62
<b>Total Región V</b>		26,275	22,764.5	3,510.5

Los municipios con mayor vulnerabilidad con respecto al cultivo de maíz son Cardonal y Huichapan, mientras que en el cultivo de frijol son los municipios de Huichapan y Pisaflores.

**f).- Región VI**

En esta Región el suelo es rico en nutrientes siendo este de tipo feozem donde los principales cultivos son de cebada, maíz y frijol, en las tablas 7.1.6.11., 7.1.6.12. y 7.1.6.13., se muestran los municipios con mayor vulnerabilidad con respecto a los cultivos de cebada, maíz y frijol.

**Tabla 7.1.6.11.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de cebada de la Región VI.**

Municipio	Cultivo	Cultivadas (ha)	Cosechadas (ha)	Hectáreas vulnerables
Tizayuca	Cebada	2180	1960	220
Zapotlan de Juárez		5126	4776	350
Tolcayuca		3980	3680	300
<b>Total Región VI</b>		11,286	10,416	870

**Tabla 7.1.6.12.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de maíz de la Región VI.**

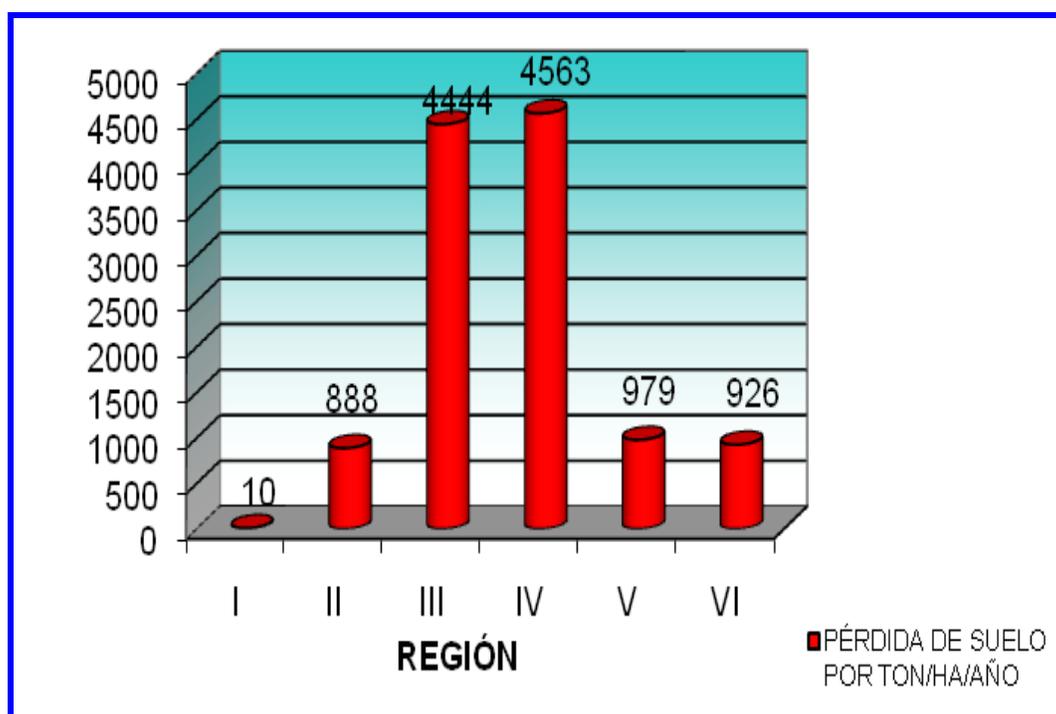
Municipio	Cultivo	Cultivadas (ha)	Cosechadas (ha)	Hectáreas vulnerables
Actopan	Maíz	3,023	753	2,270
Ajacuba		5,122	5,109	13
Francisco I. Madero		2,831	2,246	585
Progreso		1,362	1,230	132
Villa de Tezontepec		408	343	65
Tezontepec de Aldama		2,842	2,742	100
Tizayuca		420	250	170
Tolcayuca		254	204	50
Tula de Allende		4,260	3,995	265
<b>Total Región VI</b>			<b>22,522</b>	<b>16,872</b>

**Tabla 7.1.6.13.- Municipios con vulnerabilidad alta en el cultivo de frijol de la Región VI.**

Municipio	Cultivo	Cultivadas (ha)	Cosechadas (ha)	Hectáreas vulnerables
Actopan	Frijol	1,610	503	1,107
Francisco I. Madero		677	641	36
Tizayuca		25	5	20
<b>Total Región VI</b>			<b>2,312</b>	<b>1,149</b>

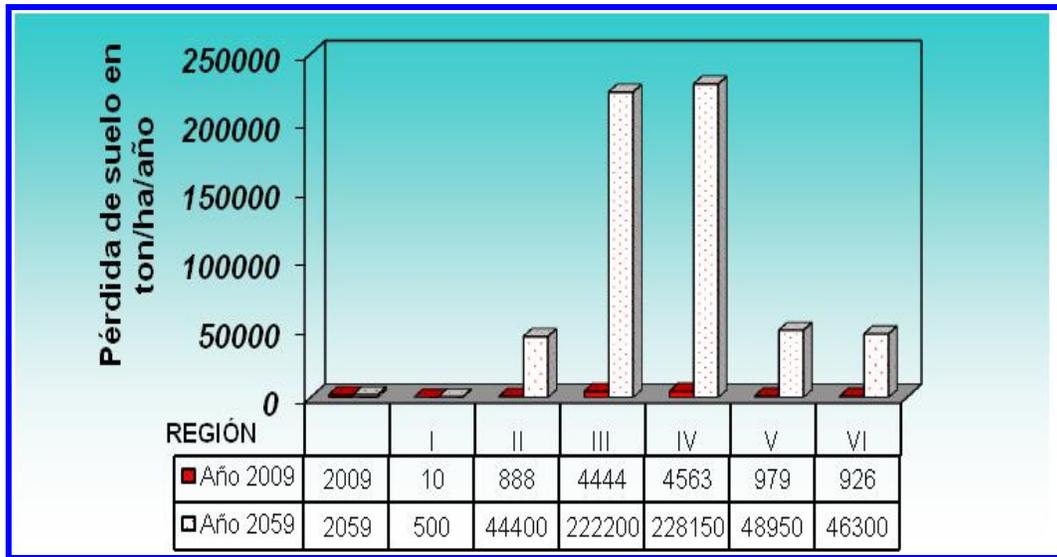
Los municipios con mayor vulnerabilidad en cuanto a pérdidas en cultivo de cebada es el municipio de Zapotlán de Juárez, en cuanto al maíz se refiere los municipios son Actopan, Francisco I. Madero, Tizayuca y Tula de Allende, finalmente con respecto al cultivo de frijol es el municipio de Actopan.

Las hectáreas vulnerables son producidas por la pérdida de cosecha, las cuales se encuentra relacionada con factores que fomentan la baja productividad de los suelos agrícolas como: la remoción de materia orgánica por medio de la producción de cosechas sin reponer la materia orgánica que trae como consecuencia, en primer instancia, la reducción de la profundidad de la capa cultivable, posteriormente, un descenso en fertilidad y finalmente la destrucción de la estructura física aunada a la desaparición de suelo. Debe surgir interés para aquellas áreas donde se obtiene una vulnerabilidad alta. Todas las regiones en especial la Región III, señala que la pérdida de suelos agrícolas, provocan un descenso de las rentas agrícolas percibidas en relación al nivel que estas alcanzarían si no hubiese erosión (Gráfica 7.1.6.3.).



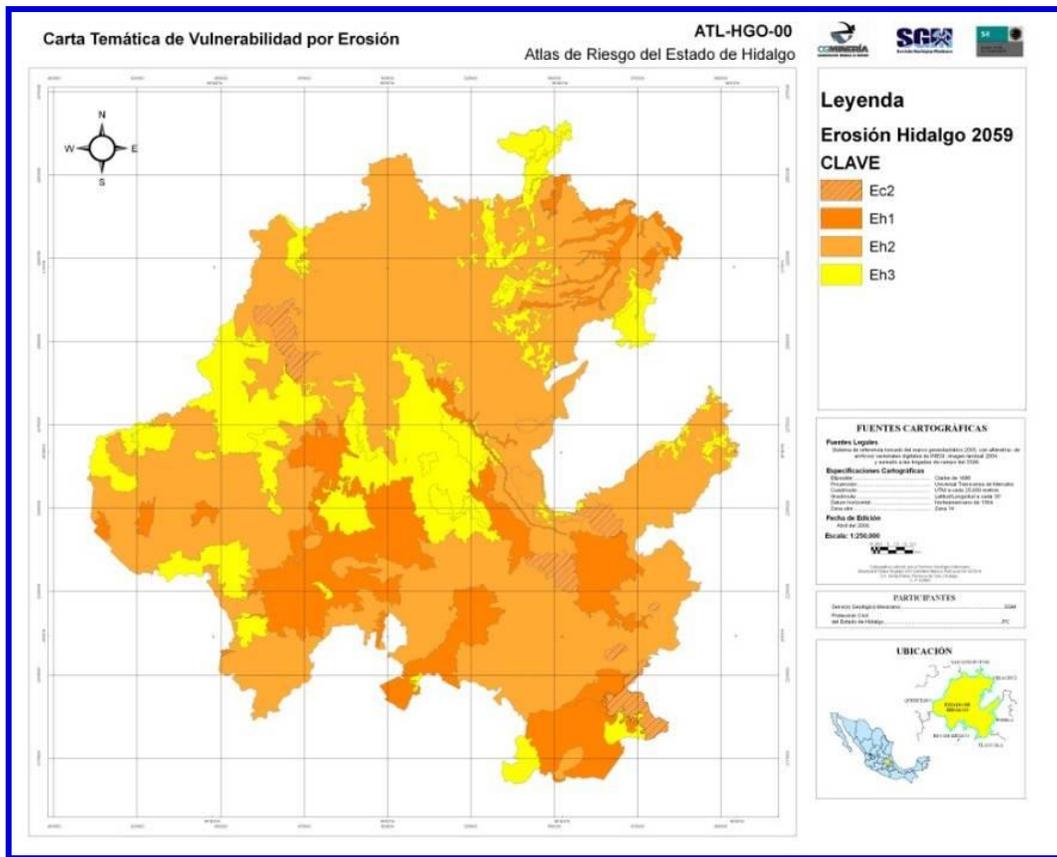
Gráfica 7.1.6.3.- Comparación de la pérdida de suelo en Estado de acuerdo a la Región.

A consecuencia de estos desajustes, se aumenta de manera considerable la erosión. Una ordenación adecuada de las cubiertas vegetales, sean naturales o cultivadas podría reducir las pérdidas de los suelos (Gráfica 7.1.6.4.).



**Gráfica 7.1.6.4.- Proyección a 50 años de la pérdida de suelo por tonelada anual en el Estado.**

En la gráfica se observan las cifras de pérdida de suelo para cada Región, de seguir con la misma tendencia en un lapso de 50 años el territorio hidalguense tendrá un incremento en el grado de erosión en su superficie, esto implica que para entonces, todos los ecosistemas habrán sufrido daños irreversibles (Figura 7.1.6.12.).



**Figura 7.1.6.12.- Erosión proyectada al año 2059 en el Estado.**

Esta Figura representa la transformación de la erosión hídrica en un periodo de 50 años, este escenario se creó mediante índices de degradación de suelos e índices de degradación biológica.

Estos índices son: la susceptibilidad de los suelos a ser erosionados, el clima y la cobertura vegetal. Estos índices, son aplicados sobre todo en países que no cuentan con información detallada ni con un monitoreo sistemático de la degradación del suelo, como es el caso de México (INE 2005).

Las estimaciones indican que en las regiones III y IV la erosión se agrava, debido a la intensa deforestación existente en esta porción del Estado, pues al dejar el suelo principalmente de tipo feozem y vertisol sin la cubierta vegetal se genera el incremento de la evaporación disminuyendo la humedad de estos.

A su vez, la emisión de gases y las partículas derivadas de la quema de la biomasa crean desequilibrios en los balances energéticos de la superficie terrestre y la atmosfera, modificando el clima y el ecosistema (Williams y Balling 1996, OMM 2001).

En las porciones oriente y centro del Estado, las áreas de erosión hídrica laminar alta (Eh3) se extienden, debido a la vulnerabilidad inherente de los suelos. En esta parte del Estado, el suelo predominante de tipo regosol es característico por la baja actividad biológica. Con respecto a su estructura, la estabilidad de los agregados es mínima. A causa de ello, el desarrollo de la cubierta vegetal no es exitoso, lo que conlleva a un menor aporte de materia orgánica. Estos aspectos, hacen vulnerables a los suelos y son determinantes para la aceleración del proceso de erosión sin descartar el aspecto antropogénico, (Williams y Balling 1996, OMM 2001).

### c) Riesgo

Las zonas con intensa intervención antrópica serán los sitios que se encuentran bajo un riesgo alto de sufrir indudablemente los efectos de la erosión. No obstante, que el riesgo por erosión se intensifica dependiendo de las características y propiedades del suelo, pendiente, cobertura, uso actual del suelo y sobre todo el comportamiento de los factores climáticos.

Estas zonas corresponden a las áreas que han sido modificadas intensamente por prácticas agropecuarias y obras de infraestructura, por lo tanto, poseen menos cobertura boscosa originando que los suelos presenten mayor susceptibilidad a la degradación física, esto se refleja paulatinamente en diferentes grados de erosión.

El riesgo de perder el suelo implica graves consecuencias para los sitios que ya se encuentran con alto grado de deterioro, para ello, es necesario conocer como se encuentra el grado de conservación de los mismos.

Para analizar la pérdida de suelo se ha utilizado la ecuación de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE por sus siglas en ingles, Wischmeier y Smith), la cual tiene como objetivo calcular la erosión a mediano y largo plazo por escurrimiento laminar. Esta se obtiene por la multiplicación de una serie de parámetros calculables a partir de los distintos factores que determina la erosión de un suelo.

Las regiones I, II, III, IV, V y VI del estado fueron analizadas de acuerdo a los parámetros de dicha fórmula, la cual se describe a continuación:

$$A = (R) (K) (LS) (C) (P)$$

Donde:

A: Es la pérdida de suelo, expresada en toneladas por hectárea por año o mm/año.

R: Es el índice de erosividad; se define como la suma del producto de la energía cinética total y la intensidad máxima en 30 minutos por evento, para el cálculo de este parámetro en México se calcula con la siguiente ecuación:

$$R = -0.0334 Pa + 0.006661 Pa^2 \text{ (Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1991. Manual de predicciones para la pérdida de suelo).}$$

Donde:

Pa: Precipitación media anual.

$$R = - 0.0334 Pa + 0.006661 Pa^2$$

P: Precipitación media anual.

K: Se refiere al tipo de suelo que predomina en la Región, este parámetro es adimensional, como se muestra en la tabla 7.1.6.14.

**Tabla 7.1.6.14.- Distribución granulométrica por tipo de suelo.**

Tipo de suelo	(Factor K)
Cambisol eutrico	0.040
Cambisol húmico	0.007
Feozem háplico	0.020
Feozem lúvico	0.020
Litosol	0.020
Luvisol crómico	0.013
Regosol eutrico	0.040
Vertisol pélico	0.026

Es importante destacar, que se empleó esta clasificación debido a que en este proyecto no esta contemplado un análisis granulométrico por lo que este valor se debe obtener directamente del tipo de suelo (FAO 1980).

LS: Este parámetro se refiere a la longitud de la pendiente relacionada con el grado de inclinación de la misma, este es adimensional, y se calcula de la siguiente manera:

$$LS = (X / 22.13)^m (0.065 + 0.045 S + 0.0065 S^2)$$

Donde:

X = longitud de la pendiente en metros

m = Exponente que depende del grado de pendiente

S = Pendiente del terreno en %

m se calcula de acuerdo a los siguientes parámetros (manual CENAPRED)

$m = 0.5$  si  $Sp \geq 5\%$

$m = 0.4$  si  $3\% \leq Sp \leq 5\%$

$m = 0.3$  si  $1\% \leq Sp \leq 3\%$

$m = 0.2$  si  $Sp \leq 1\%$

C: Este factor se refiere al porcentaje de la cobertura vegetal en la zona de estudio, este valor resulta ser adimensional, por lo tanto; se calculó con base a los Figuras del uso de suelos del año 1976 y 2000 (INE, 2000), utilizando el sistema información geográfica (SIG) para obtener el porcentaje de este mismo (Tabla 7.1.6.15.)

**Tabla 7.1.6.15.- Valores del factor C (porcentaje de cobertura vegetal).**

Cobertura vegetal (%).	Factor C.
Bosques bien definidos ( $\geq 97\%$ )	0.02
$80\% \leq$ Cobertura vegetal $\leq 96\%$	0.2
$60\% \leq$ Cobertura vegetal $\leq 79\%$	0.3
$40\% \leq$ Cobertura vegetal $\leq 59\%$	0.4
$16\% \leq$ Cobertura vegetal $\leq 39\%$	0.5
$5\% \leq$ Cobertura vegetal $\leq 15\%$	0.6
Suelo desnudo $\leq 4\%$ de la cobertura vegetal	1.0

P: Este factor tiene que ver con las obras que se han construido en las laderas para controlar la erosión, su valor se obtiene por la observación en la zona en estudio o por medio del análisis de imágenes satelitales, las técnicas más usadas en México para el control de la erosión son: la reforestación, el cultivo de fajas de pasto, la construcción de terrazas y presas de gaviones siendo la más efectiva la construcción de terrazas. A continuación se muestra una tabla donde se muestra los volares del Factor P. (Tabla 7.1.6.16.)

**Tabla 7.1.6.16.- Valores del factor P (infraestructura de protección contra la erosión).**

Tipos de Obra de Control de Erosión.	Factor (P)
Cuando más del 90% de la ladera presenta terrazas	0.1
El área de las laderas que tiene terrazas está entre 61% y 90%	0.2
El área de las laderas que tiene terrazas está entre 41% y 60%	0.3
El área de las laderas que tiene terrazas está entre 21% y 40%	0.4
El área de las laderas que tiene terrazas está entre 6% y 20%	0.5
Reforestación más del 90% de la ladera	0.2
50% < Reforestación < 90%	0.3
30% < Reforestación < 49%	0.4
5% < Reforestación < 29%	0.5
Si existen presas de gaviones en las barrancas de la cuenca	0.3
Si existen desarenadores en las localidades en la salida de la cuenca.	0.35
Si no existen obras de control de erosión	1.0

### c.1).- Región I

Para los cálculos se determinó que se tiene un registro de precipitación media anual de 156 mm, al factor K se les asigna un valor de 0.020, por presentar en su mayoría suelos de tipo feozem y las pendientes promedian 25° inclinación que equivalen a un 45%. En esta zona la cobertura vegetal cubre el 16.36% del área total de la Región, por lo que al parámetro (C) se le asigna un valor de 0.5, existe desarrollo de actividad agrícola en un área promedio de 5% al 29% de la superficie de las laderas. Por lo que al factor (P) se le asigna un valor de 0.5.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) la densidad aparente de los suelos más comunes varía según la textura y estructura entre los 1,100 y los 1,900 kg/m<sup>3</sup>. Para este análisis se promediaron dichas densidades para obtener un tonelaje, la densidad promedio fue de 1,500 kg/m<sup>3</sup>.

### c.2).- Región II

En esta Región el parámetro K tiene un valor de 0.020 correspondiente al tipo de suelo feozem, predominan laderas con pendientes de 30° que equivalen a un 60%. El factor (C) tiene un valor de 0.5 ya que la cobertura vegetal existente es del 20.5%, existe actividad agrícola en la ladera de los cerros, además se observan terrazas por lo que al factor (P) se le asigna un valor de 0.5.

### c.3).- Región III

El valor de K en la Región es igual a 0.020, con pendientes de 25° con longitudes promedio de 2680 metros, presenta una precipitación media anual de 1,200 mm. El parámetro (C) tiene un valor de 0.5 ya que la vegetación existente cubre el 34.3% del área de la Región, así mismo, se observa el desarrollo de actividad agrícola sobre la ladera de los cerros, por lo que el factor (P) tiene un valor de 0.5:

### c.4).- Región IV

La precipitación media anual en esta Región es de 1,350 m, predominan suelos de tipo vertisol, cuya textura suele ser arcillosa, lo cual le corresponde un valor de K = 0.50, cuenta con pendientes de 25° que equivalen a un 60% por lo que a m = 0.5

El parámetro (C) equivale a 0.5 con un porcentaje de cobertura vegetal del 36.6% del total en la Región, está se caracteriza por el desarrollo de la actividad agrícola, lo que implica una intensa deforestación principalmente sobre las laderas, por lo que el factor (P) equivale a 0.5.

Esta Región tiene espesores de suelo que van de los 40 cm a los 70 cm. en promedio, son suelos desprotegidos por la deforestación y por ende más propensos a la erosión, aunado a las fuertes precipitaciones existentes en la Región, las que aceleran la pérdida de los mismos, en grandes proporciones.

#### Región V

El tipo de suelo predominante es de tipo regosol, por lo que se le asigno un valor  $K = 0.040$ , cuenta con longitudes promedio de 1723 metros por lo que  $m = 0.5$ , presenta una precipitación media anual promedio de 500 mm.

El parámetro (C), tiene asignado un valor de 0.5 ya que la vegetación cubre el 29.4% de la superficie de la Región, esta se caracteriza por el desarrollo de la actividad agrícola en la ladera de los cerros, además existe una superficie de 6% al 20% cubierta por terrazas utilizadas para dicha actividad por lo que el factor (P) tiene un valor de 0.5:

#### c.6).- Región VI

El suelo predominante en la Región es de tipo feozem por lo que se le asigno un valor  $K = 0.020$ , se caracteriza por tener pendientes con  $20^\circ$  de inclinación promedio que equivalen a un 60% por lo que  $m = 0.5$ , la precipitación media anual promedio es de 576 mm.

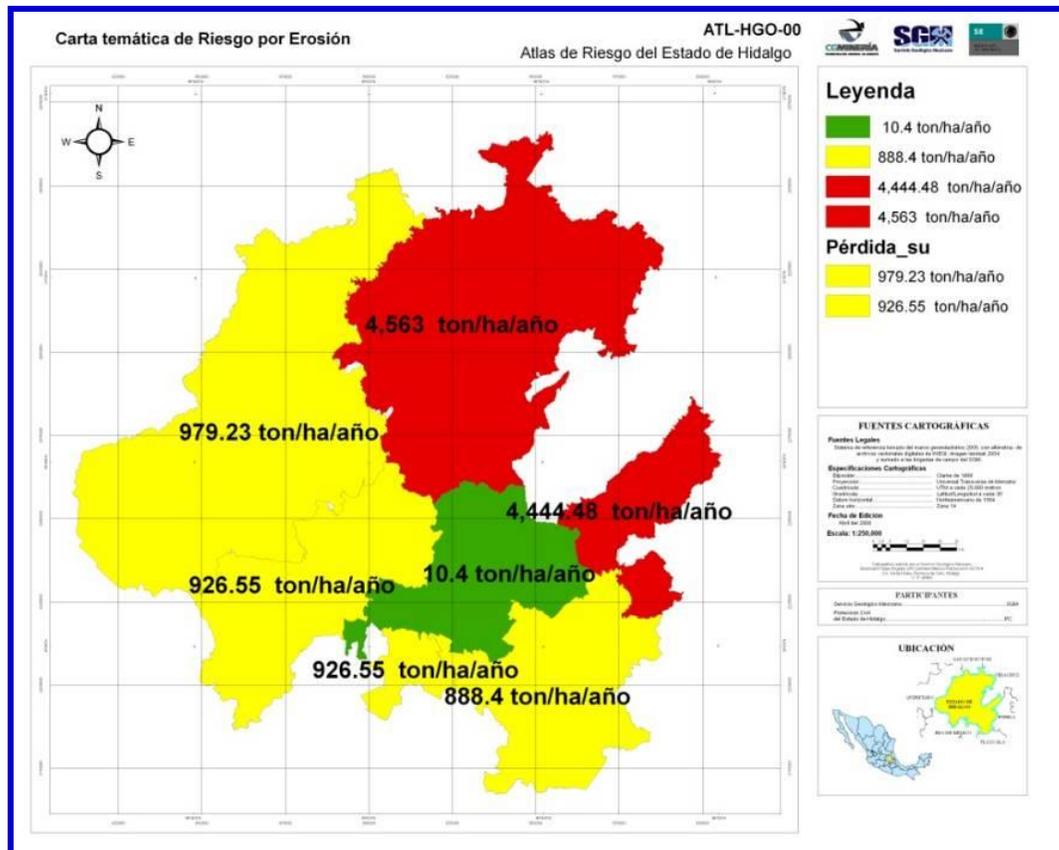
El parámetro (C), tiene asignado un valor de 0.6 pues esta Región cuenta con solo el 10% de vegetación boscosa, se caracteriza por el desarrollo de la actividad agrícola en la ladera de los cerros, por lo que el factor (P) tiene un valor de 0.5.

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Los resultados obtenidos mediante la ecuación, demuestran que el Estado de Hidalgo presenta diferentes grados de pérdida de suelo, de acuerdo a los factores antes mencionados y que predominan en cada una de sus regiones como se ilustra en la tabla 7.1.6.17, y el Figura 7.1.6.13.

**Tabla 7.1.6.17.- Resultados y parámetros utilizadas en la formula universal de predicción de pérdida de suelos para las regiones del Estado.**

Región	R (mm/año)	LS	A (mm/año)	Volumen de suelo perdido (m <sup>3</sup> /ha/año)	Peso de pérdida de suelo (ton/ha/año)
I	156.8	0.89	0.69	6.97	10.4
II	2417.88	4.9	59.23	592	888.4
III	9551.72	4.9	296.32	2963	4444.48
IV	12094.57	2.43	304.22	3042	4563
V	1648.55	3.96	65.28	652	979.23
VI	2190.77	4.7	61.77	617	926.55



**Figura 7.1.6.13.- Pérdida de suelo anual de cada Región en toneladas por hectárea.**

En las regiones I y II, se pierden 898.8 ton/ha/año, las regiones V y VI presentan un desgaste de 1,905.78 ton/ha/año, en cambio, las regiones III y IV pierden una cantidad de 9,007.48 ton/ha/año.

### 7.1.7.- Inundación

Considerando las características climáticas existentes en el Estado, y tomando en cuenta la precipitación, topografía, escurrimientos, pendientes, morfología entre otros, se describe a continuación el comportamiento de la inundación.

Para entender el comportamiento de dicho fenómeno, su causa fue clasificada en tres tipos principales:

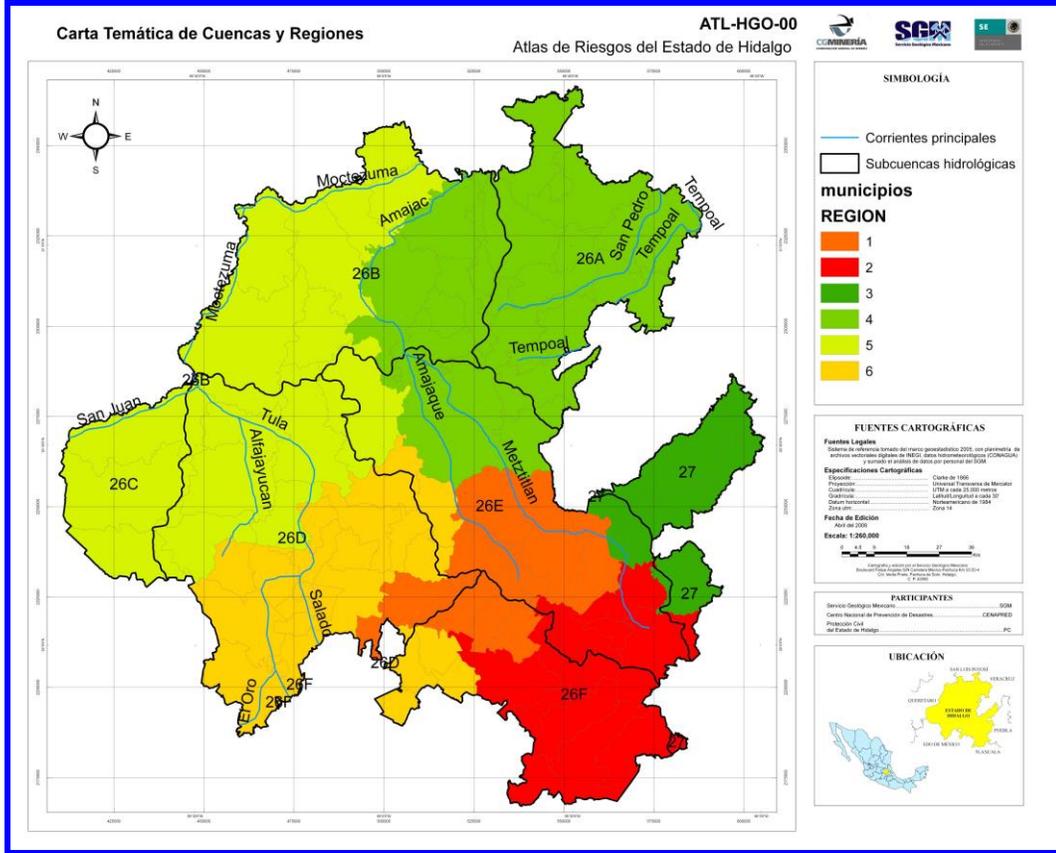
- 1.- Inundaciones por desbordamiento de cauces.
- 2.- Inundaciones por encharcamiento.
- 3.-Deficiencia de drenaje

Para el caso de desbordamiento de cauces, un factor importante a considerar es el orden de cada cauce (Aparicio-Mijares, 1989), siendo mayor el peligro cuanto mayor es el orden del cauce, mientras que las zonas susceptibles de encharcamiento de agua están condicionadas por factores geomorfológicos, por la topografía de la cuenca y por modificaciones antropogénicas al cauce y a la cuenca (CENAPRED, 2006b).

Por otro lado, en las localidades donde existe deficiencia de drenaje se consideró la metodología que involucra el empleo de coberturas de traza urbana, así como arroyos y otros cauces presentes, de existir (CENAPRED, 2006).

El comportamiento de la inundación se presenta de acuerdo a las características de los principales ríos, considerando el comportamiento del área hidráulica de los mismos con respecto al área geométrica, estos cauces forman parte de cuencas hidrológicas del país.

En el análisis efectuado no existe coincidencia con cuencas ni subcuencas hidrológicas. Esto implica que la zonificación utilizada en este trabajo no fue realizada siguiendo criterios hidrológicos, geológicos o geomorfológicos. Cada Región abarca varias subcuencas (Figura 7.1.7.1., Tabla 7.1.7.1.).



**Figura 7.1.7.1.- Regiones hidrológicas en el Estado (contornos negros), regiones de Protección Civil (polígonos de colores). Se observa que varias regiones comparten tanto cuencas como corrientes de mayor orden.**

**Tabla 7.1.7.1.- Subcuencas hidrológicas principales en el Estado y regiones de peligro que comprende cada una de ellas.**

Subcuencas	Región I	Región II	Región III	Región IV	Región V	Región VI
26A Río Bajo Pánuco						
26B Río Alto Pánuco						
26C Río San Juan						
26D Río Tula						
26E Río Tulancingo						

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Subcuencas	Región I	Región II	Región III	Región IV	Región V	Región VI
26F Valle de México						
27X Norte de Veracruz						

El grado de orden de los ríos está en función al número de tributarios existentes en su trayectoria, lo que proporciona una idea de la magnitud del cauce. En la tabla 7.1.7.2., se muestran las principales corrientes en el Estado.

**Tabla 7.1.7.2.- Orden de los principales ríos en el Estado.**

Corrientes	Región I	Región II	Región III	Región IV	Región V	Región VI
Cauce de octavo orden				Amajac -Tizapa	Moctezuma	
Cauces siguientes	Amajac, 7°				Amajac Tizapa, 7°	
	Tulancingo Venados, 6°	Tulancingo Venados, 6°	Tulancingo Venados, 6°	Venados Metztlán, 6°	Tula, 6°	Tula, 6°
				Atlapexco-Los Hules, 5°	San Juan, 5°	
	Actopan, 4°	San Lorenzo, 4°	Huehuetla, 4°	Calabozo, 4°	Alfajayucan, 4°	Actopan, 4°
	Las Avenidas, 3°	Santa María, 4°	Chiflón, 3°	San Pedro, 4°		Las Avenidas, 3°
		Cuatlaco-3°	Agua Bendita, 3°	Claro, 3°		Salado, 3°

La principal corriente del sistema fluvial en el Estado está conformada por los ríos Amajac-Tizapa, cuyos tributarios principales son el río Tulancingo-Venados-Metztlán y el río Amajaque.



En esta Región los principales afluentes que causan los eventos de desbordamiento son: El Río de las Avenidas (desde su nacimiento en la Sierra de Pachuca hasta los límites al sur del área urbana de Pachuca) y el Río Metztlán.

#### **a.1.1).- Inundaciones en el Área Urbana de la Ciudad de Pachuca de Soto.**

En la capital del Estado, las inundaciones son un fenómeno recurrente. Sin embargo, en cuanto a antecedentes históricos, se han presentado solamente en algunas áreas y los reportes considerables son aislados y relativamente antiguos, en cuanto a afectación o extensión.

Se tiene reporte de inundaciones severas generadas por desbordamiento de presas, en la década de los 40's, que afectaron partes extensas de la zona urbana de Pachuca para esa época, causando muertes y pérdidas económicas elevadas en bienes.

En el área urbana de Pachuca, las inundaciones se presentan actualmente de forma muy puntual en ciertas áreas a causa de la deficiencia drenaje y en forma de desbordamiento periódico del río de Las Avenidas en la parte sur de la ciudad.

Es común que se presenten encharcamientos durante el año, dado que en muchas partes de la ciudad no existe un sistema de drenaje pluvial y los escurrimientos se desalojan sobre el pavimento, dando como resultado acumulación de agua.

#### **a.1.2).- Inundaciones por Desbordamiento en Pachuca de Soto.**

Las causas más destacables por su importancia y repercusión en la hidrografía local son las siguientes:

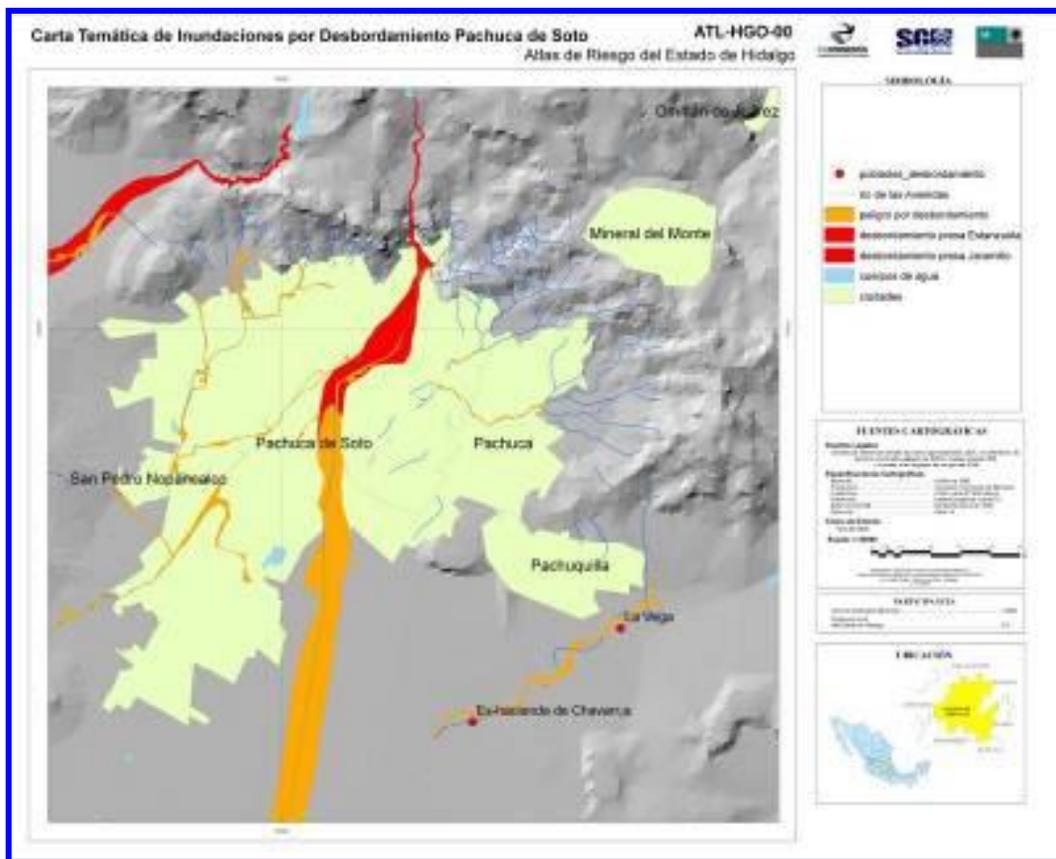
- Mantenimiento y revestimiento incompleto o nulo del río de Las Avenidas hacia el sur de la ciudad y fuera del área urbana, lo que reduce la capacidad de descarga del mismo y propicia desbordamientos.
- Ampliación del límite urbano hacia el sur de la ciudad sobre áreas correspondientes a la planicie de inundación del mismo río.
- Crecimiento de vegetación en el río de Las Avenidas y en canales de riego asociados al mismo, que reduce la capacidad de descarga.

La obra de conducción de agua del río de Las Avenidas plantea separar las aguas residuales de las pluviales, en una temporada de lluvias extraordinarias se generaría una avenida considerable que propiciaría la mezcla de ambos tipos de aguas, principalmente en el conducto de mayores dimensiones (abierto en algunos tramos) de la canalización, lo que ocasionaría un riesgo sanitario para habitantes de áreas situadas en los márgenes del río.

Las inundaciones se producen a causa de desbordamientos del río de Las Avenidas en la colonia El Venado, Los Tuzos y otras más situadas al sur de la ciudad, así como por encharcamientos en la parte céntrica de la misma, que son las zonas que presentan relieve casi plano y por tanto bajo coeficiente de escurrimiento. Los desbordamientos que llega a presentar este Río llegan a generar encharcamientos donde el nivel del agua alcanza hasta los 2 m de altura.

Otras zonas de riesgo son las áreas de viviendas situadas a los lados del cauce del río, al sur de la zona urbana de Pachuca, rodeadas de terrenos agrícolas, fraccionamientos de interés social e instalaciones industriales, algunos tramos actualmente no presentan ningún tipo de mantenimiento, se encuentran parcialmente obstruidos por vegetación o los puentes no cuentan con una apertura adecuada para el desahogo de las avenidas.

La exposición al peligro por desbordamiento disminuye conforme aumenta la distancia respecto a esta corriente principal y la elevación respecto a la parte baja de la ciudad (Figura 7.1.7.2.).



**Figura 7.1.7.2.- Zonificación del riesgo por desbordamiento en la zona urbana de Pachuca de Soto.**

En la parte sur de la ciudad se localiza una zona de peligro por desbordamiento que genera riesgo sobre varias decenas de viviendas del fraccionamiento Los Tuzos, alcanzando niveles hasta de 2 m. El cauce del río de Las Avenidas se desborda periódicamente hacia ambos márgenes (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.1.).

La localidad rural de Palma Gorda, es afectada periódicamente por desbordamiento del río de Las Avenidas, que en este tramo presenta azolve de más de tres metros de sedimento compuesto por limo y arena, presenta bordos laterales libres de menos de 1.5 m (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.2.). Las avenidas frecuentemente superan este bordo e inundan los cultivos aledaños al cauce.

Las colonias y localidades urbanas situadas al sur de la ciudad, a menos de 300 m de distancia del río se consideran de riesgo alto (Fotografía 7.1.7.1.). En estas zonas, las profundidades máximas de inundación alcanzan hasta 1.5 m en algunos lugares.



**Fotografía 7.1.7.1.- Fraccionamiento Los Tuzos, zona afectada por desbordamiento periódico en el río Las Avenidas, al sur de la ciudad de Pachuca.**

Por otra parte, las colonias situadas en áreas más alejadas, con similar elevación sobre el cauce, particularmente aquellas situadas en la zona sur, están dentro del área considerada en riesgo medio.

El área de riesgo bajo está constituida por aquellas zonas que se ubican a cierta elevación por arriba de los niveles máximos del río de Las Avenidas o a distancias mayores de 300 m.

### **a.1.3).- Inundaciones por Encharcamiento en Pachuca de Soto.**

Las causas de las inundaciones por encharcamiento en Pachuca, se relacionan con la geomorfología y la hidrología de la parte norte del Valle Pachuca-Tizayuca, y las de mayor importancia son:

- Disminución de la capacidad de absorción e infiltración del suelo a causa de la urbanización, generando un elevado coeficiente de escurrimiento.
- Relieve casi plano en la parte centro, oriente y sur de la zona urbana de los municipios de Pachuca de Soto, Mineral de La Reforma y Zempoala, que favorece acumulación de agua en áreas bajas.
- Inexistencia o insuficiencia de obras de drenaje pluvial en gran parte de la zona urbana de Pachuca, lo cual genera sobrecarga de las mismas o acumulación en partes donde el drenaje natural ha sido obstruido o desviado por infraestructura urbana.

En cuanto a riesgo por encharcamiento, las zonas más susceptibles de ser afectadas por este tipo de inundación corresponden a las colonias céntricas y en general aquellas situadas al sur y anexas al centro de la ciudad (Col. Venta. Prieta, Fraccionamiento. Los Arcos, Villas de Pachuca, Real de la Plata, Magisterio, Forjadores, San Antonio, Tulipanes, Magisterio) así como la parte oriente de la misma, en todos los casos son áreas bajas y a veces poseen morfología tal que confinan los escurrimientos en zonas limitadas (en forma de microcuencas) en las cuales se produce el encharcamiento.

Al sur de la ciudad, la obstrucción de arroyos naturales con obras urbanas genera encharcamientos que alcanzan 1 m de profundidad en algunos puntos.

Los cultivos de riego localizados al sur de la ciudad se consideran poco vulnerables aunque presentan alta exposición por su ubicación (Fotografía 7.1.7.2.).

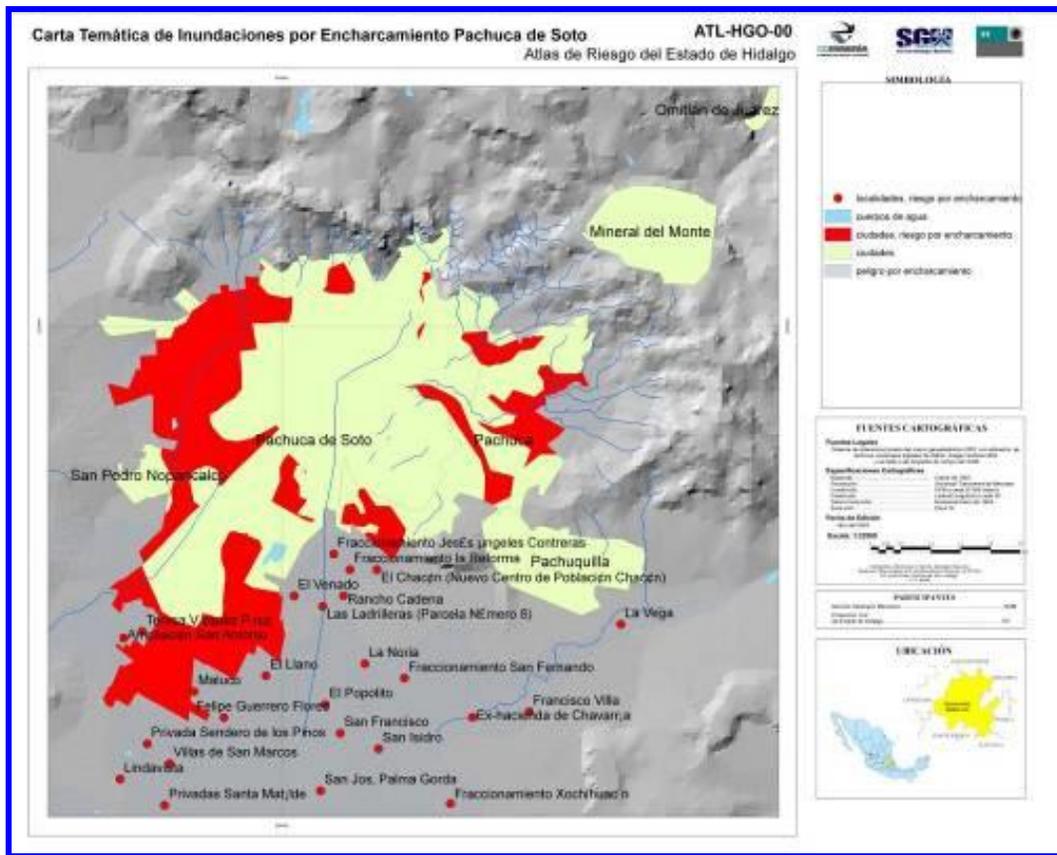
A éstos se les asigna un valor de riesgo medio, así como a las zonas que poseen poca pendiente y que en general se localizan al oeste de la zona urbana de Pachuca.



**Fotografía 7.1.7.2.- Palma Gorda, zona de cultivos de cebada sujeta a desbordamiento periódico y encharcamiento causado en el río de Las Avenidas, situada al sur de Pachuca .**

Las áreas de riesgo bajo respecto a encharcamiento son aquellas situadas en laderas de cerros o en lomeríos, localizadas en el centro y norte, así como en la periferia de la ciudad, donde el elevado coeficiente de escurrimiento evita la acumulación de agua y está favorecido por pendientes de moderadas a pronunciadas.

Los encharcamientos y acumulación de agua en partes bajas de la ciudad de Pachuca son propiciados por el escurrimiento de cauces naturales tributarios del Río de Las Avenidas, originándose en las partes altas de la ciudad, situadas en la vertiente sur de la Sierra de Pachuca (Figura 7.1.7.3.).



**Figura 7.1.7.3.- Zonificación del riesgo por encharcamiento en la zona urbana de Pachuca de Soto.**

Estos escurrimientos fluyen sobre el pavimento y se acumulan en el centro y oriente de la ciudad (incluye asentamientos localizados en el municipio de Mineral de La Reforma), y generan importantes encharcamientos que en algunos puntos cubren un metro de profundidad.

**a.1.4).- Inundaciones en el Área de Real del Monte.**

En esta localidad, las inundaciones se generan por desbordamiento de arroyos (Río San Pedro) y eventualmente, por desbordamiento de la presa La Ladrillera, de terraplén de poca altura.

El escurrimiento natural de las laderas que rodean a la población es en dirección sensiblemente sur-norte, el arroyo San Pedro recibe aguas de estas laderas y de la presa La Ladrillera, situada cerca del acceso al sur de la zona urbana.

Se tiene conocimiento de aumento del tirante de agua hasta 20 cm aguas abajo de esta presa, con afectación a 20 casas de de tipi II, esto, antes de que se construyera un canal interceptor de escurrimientos, aguas abajo de la cortina.

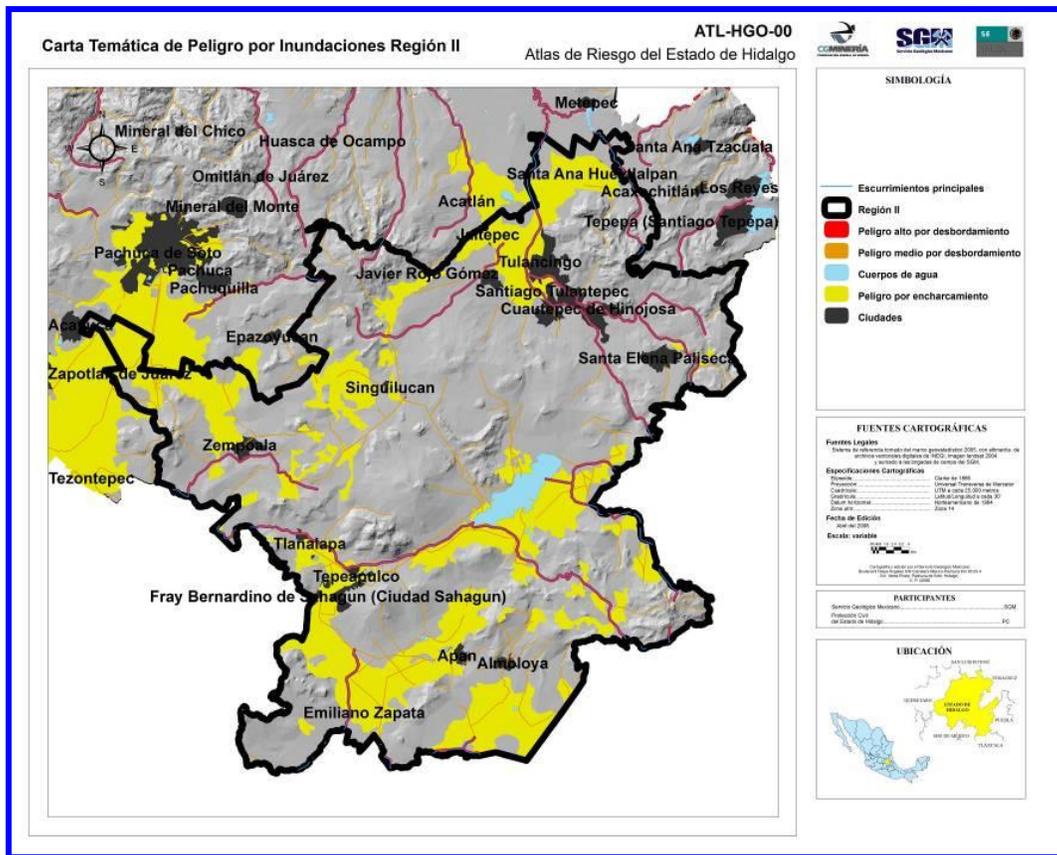
En los barrios de La Trinidad y La Palma el cauce genera periódicamente desbordamientos, que afectan a 35 y 5 casas, respectivamente. Los tirantes máximos de agua no superan los 0.20 m. en ambos casos con materiales de construcción de mampostería y techo de lámina.

Los ocasionales desbordamientos son causados por obstrucciones del cauce (urbanización en el cauce y estrechamiento del mismo por obras urbanas) y por las condiciones de azolve (basura y sedimentos) del mismo.

### a.2).- Región II

Tras evaluar el coeficiente de escurrimiento, este es considerado como intermedio en esta Región, mayormente entre 5 y 10%, y la humedad del suelo es relativamente escasa, lo cual permite mayor infiltración y aumenta el tiempo de concentración del flujo. La densidad de drenaje es reducida y la dirección del flujo predominante es hacia el poniente, lo cual permite que el tiempo de concentración sea relativamente grande.

En la Figura 7.1.7.4., se observan los límites de la Región y los tipos de peligros.



**Figura 7.1.7.4.- Zonificación de peligro de inundación en la Región II.**

Los principales afluentes que pueden causar problemas por desbordamiento son: los Ríos Nuevo-Grande-Colorado ubicados en Tulancingo (desde el límite con Puebla hasta la parte norte del municipio).

También se identificaron áreas de riesgo en la ciudad de Almoloya principalmente por desbordamiento del cauce del río Mala Yerba y de los escurrimientos de las presas Almoloya y Buena Vista, que afecta de manera periódica a las viviendas localizadas en los márgenes de estas corrientes, con un tirante de 3 m y un ancho de 8 m. Por encharcamiento se identificaron zonas de riesgo en las inmediaciones del lago de San Antonio Atocha y en particular en la comunidad de Malayerba, que también es afectada por el arroyo del mismo nombre por desbordamiento. El nivel alcanzado por el agua no supera medio metro y resultan afectadas 50 viviendas.

La descarga de la presa de La Esperanza afecta a la ciudad de Tulancingo y varias partes del municipio de Cuauhtepac de Hinojosa (entre ellas la localidad de Santa María Nativitas), desbordándose los ríos Santa María y San Lorenzo. Estos ríos confluyen en el municipio mencionado y en temporada de lluvias aumentan su caudal considerablemente. La presa El Tejocotal afecta con su descarga a zonas de cultivo situadas aguas abajo.

Otro lugar donde la inundación es un problema recurrente cada año es Ciudad Sahagún donde se desborda un brazo de río que transporta normalmente aguas negras conocido como El Canal en la colonia Palmillas, ubicada al noreste del centro de la ciudad. Las evidencias de desbordamiento e inundación corresponden a testimonios y marcas de agua en las casas aledañas. Los niveles máximos alcanzan un metro cerca del cauce y resultan afectadas hasta 100 casas.

En cuanto a encharcamiento, las zonas más susceptibles son aquellas situadas en la periferia del lago de Tecocomulco, debido a aumentos en el nivel de dicho cuerpo de agua, que llega a afectar una superficie de 150 km<sup>2</sup>. Sin embargo, las afectaciones a viviendas son nulas, dado que aun en temporada de lluvias la zona urbana queda a un nivel más elevado que el espejo de agua, siendo afectados únicamente los cultivos de riego de la zona mencionada.

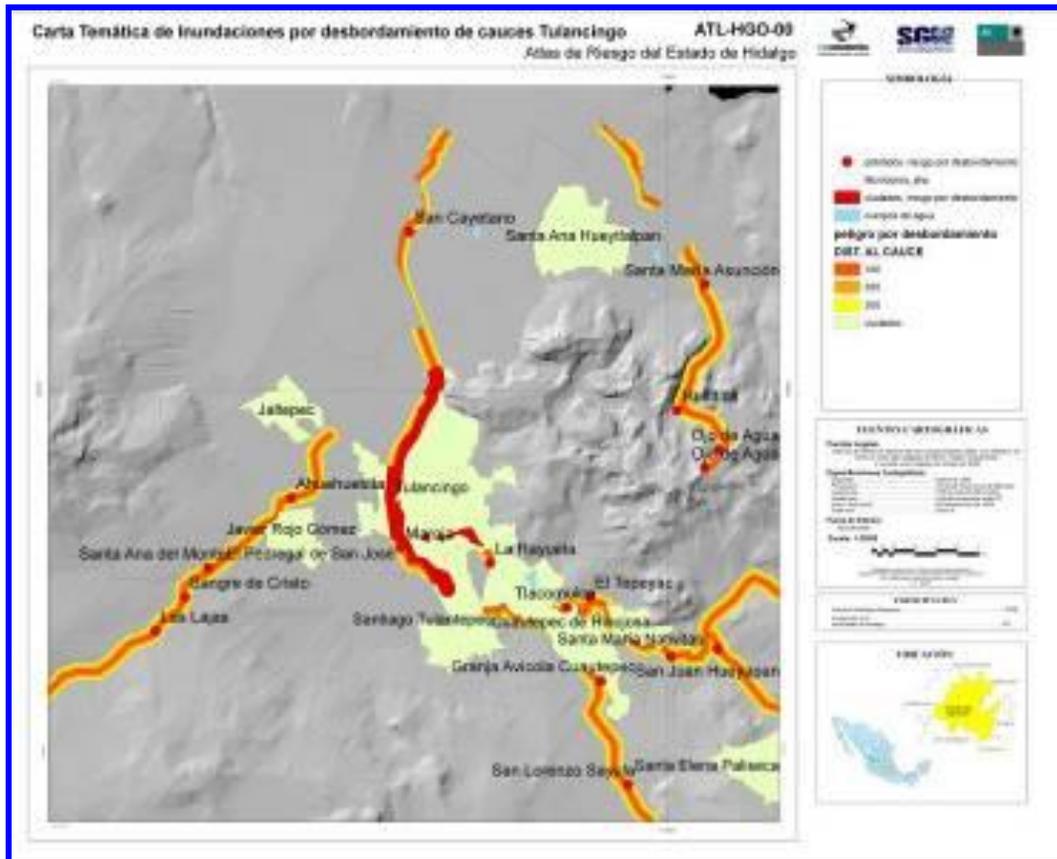
En Apan se presenta riesgo por desbordamiento del río Acopinalco (Caracol) de manera recurrente, que afecta anualmente las viviendas colindantes al cauce y a zonas de cultivo, siendo la colonia más afectada la denominada Luis Donaldo Colosio. En este caso, el ancho del cauce son 7 m, con un tirante de 6 m.

Por otra parte, la ciudad de Tepeapulco presenta desbordamiento del sistema de drenaje urbano en temporada de lluvias, que eventualmente produce encharcamiento en partes céntricas de dicha ciudad.

En necesario abordar de manera detallada la problemática generada por las inundaciones en la zona urbana de Tulancingo, debido a que es en esta ciudad donde se presentan mayores afectaciones por desbordamiento de cauces.

**a.2.1).- Inundaciones en el Área Urbana de la Ciudad de Tulancingo de Bravo.**

Las inundaciones son un fenómeno recurrente y que genera cuantiosas pérdidas materiales, siendo el mayor peligro que afecta a esta población y a las localidades aledañas, en cuanto a ocurrencia y pérdidas generadas (Figura 7.1.7.5.).



**Figura 7.1.7.5.- Zonificación de riesgo por inundación en la ciudad de Tulancingo de Bravo y zona conurbada por desbordamiento de cauces.**

Ejemplo de inundaciones que han causado severos daños en amplias zonas de la ciudad (particularmente sur, suroeste y centro de la misma) son las ocurridas durante los primeros días de octubre de 1999 y las generadas durante las precipitaciones que causó el huracán Dean, ya degradado a depresión tropical, durante el mes de agosto de 2007.

Las inundaciones en Tulancingo son generadas por desbordamiento de los ríos Santa María, San Lorenzo y río Nuevo, y por los encharcamientos subsecuentes en zonas planas o casi planas al sur y suroeste de la ciudad.

En esta área, las inundaciones se presentan tanto en forma de encharcamientos, ya sea asociado a cuerpos de agua o por deficiencia de drenaje y bajos coeficientes de escurrimiento, así como desbordamiento de cauces que eventualmente generan encharcamientos prolongados en varias partes de la ciudad.

Las inundaciones se presentan en coincidencia con el período anual de lluvias, correspondiente a los meses de junio hasta noviembre.

Las principales zonas en riesgo por inundación se ubican en márgenes de cauces, planicies y terrazas de inundación, que en la gran mayoría de los casos se encuentran urbanizadas o en proceso de urbanización, en los tres municipios que abarca el área conurbada de la ciudad.

Anualmente Santa María Nativitas es afectada de manera periódica por desbordamientos del cauce del mismo nombre, por estar situada a un nivel inferior a los bordos de la corriente. En esta zona, decenas de viviendas registran niveles hasta de 1 m de inundación (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.3.).

Los encharcamientos se generan en partes bajas generalmente céntricas de la ciudad de Tulancingo, ya sea por efecto de los desbordamientos o de igual manera, por acumulación del escurrimiento de las partes altas, localizadas al oriente de la ciudad.

Estos escurrimientos generan corrientes sobre vialidades urbanas y confluyen en aquellos puntos donde el relieve es más bajo, siendo el centro y partes cercanas al mismo las más afectadas.

La inundación disminuye conforme aumenta la distancia respecto a estas corrientes principales y la elevación respecto a la parte baja de Tulancingo y sus localidades conurbadas.

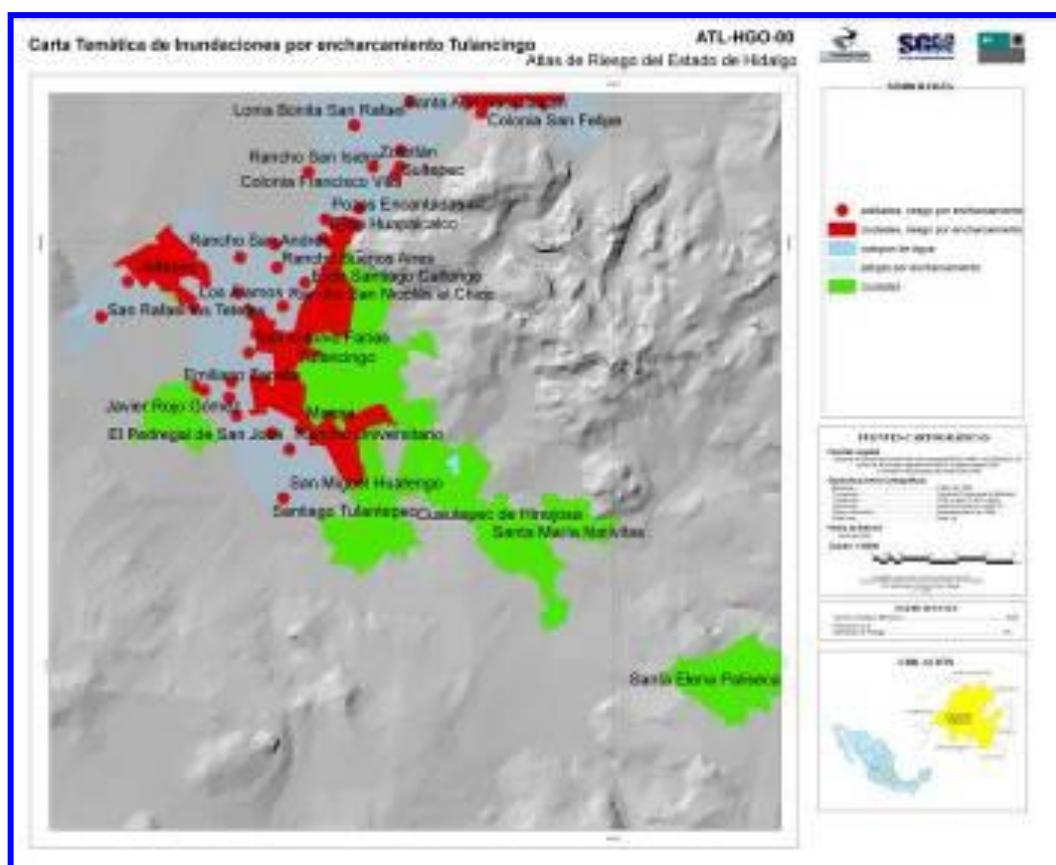
Algunas colonias, particularmente aquellas ubicadas en las márgenes y dentro de los primeros 300 a 500 m en ambos lados de la planicie de inundación de los ríos de mayor orden (Nuevo, San Lorenzo y Santa María), situadas en la parte sur y poniente, las cuales, son consideradas de alto riesgo, ya que anualmente son afectadas por el desbordamiento de estos ríos y los niveles máximos alcanzan 1.8 m en algunas áreas.

Los desbordamientos generan de igual forma problemas de tipo sanitario a las localidades y colonias afectadas dado que en la inmensa mayoría de los casos, los ríos y canales que se desbordan transportan aguas de drenaje urbano (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.4.).

Las afectaciones por desbordamiento han sido mitigadas al revestir los cauces de los ríos San Lorenzo y Santa María de forma parcial a su paso por la zona urbana de la ciudad.

Respecto al desbordamiento de presas y jagüeyes, se consideran de alto riesgo las localidades situadas abajo de los cuerpos de agua denominados Ahuehuetitla, Los Álamos, El Sabino, Las Palmas y Guadalupe, los cuales se localizan en la parte oriente, suroeste y noroeste de esta ciudad y dentro de los municipios de Tulancingo y Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero. Las descargas generadas por estos cuerpos de agua afectan las localidades de San Nicolás el Chico, Santa María el Chico, Ahuehuetitla, Las Palmas, San Antonio Farías y Acocul-Guadalupe.

Respecto a riesgo por encharcamiento, las áreas más afectadas y consideradas como de riesgo alto, son las colonias y localidades de los tres municipios, situadas en el centro de la Tulancingo, la parte noroeste de la misma, algunos sectores de la cabecera municipal de Cuauhtepic de Hinojosa, situados al poniente y algunas porciones del norte de la cabecera municipal de Santiago Tulantepec (Figura 7.1.7.6.).



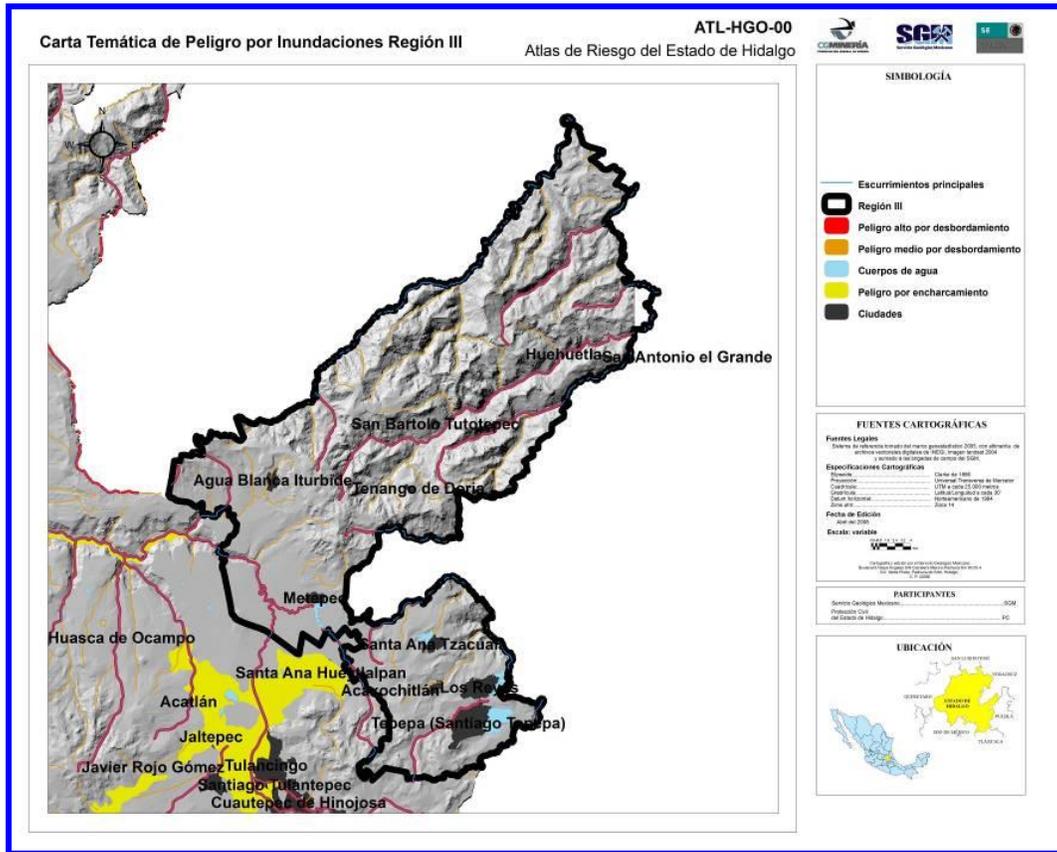
**Figura 7.1.7.6.- Zonificación de los sitios de riesgo por encharcamiento en la ciudad de Tulancingo y zona conurbada.**

**a.3).- Región III.**

Tras evaluar el coeficiente de escurrimiento, es elevado en esta Región, entre 20 y 30%, aunque la humedad del suelo es relativamente escasa, lo cual permite mayor infiltración y aumenta el tiempo de concentración del flujo. La densidad de drenaje es elevada y en la dirección del flujo predominante es hacia el noreste.

La cabecera municipal de Huehuetla, asentada sobre el margen sur del río del mismo nombre, en la temporada anual de lluvias es afectada por desbordamientos de esta corriente. Esto se origina a que parte de esta población se sitúa en la planicie de inundación del río y a menos de 1.5 m de elevación sobre el cauce (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.5.). Donde se encuentran 200 viviendas asentadas en esta área.

En la Figura 7.1.7.7., se observan los límites de la Región y los tipos de peligros delimitando sus áreas de influencia, clasificados en niveles alto, medio y bajo.



**Figura 7.1.7.7.- Zonificación de peligro de inundación en la Región III.**

La zona principal de inundación se localiza sobre el río Venados, en donde se encuentran asentadas alrededor de 9 poblaciones, algunas son muy pequeñas de tan solo 20 viviendas. Dichas poblaciones como Barranca del Xuchitl, El Ocote y San Sebastián, se encuentra en la parte alta sobre pequeños lomeríos, por lo que no son susceptibles a estos peligros. Solo una parte de San Sebastián está en peligro de inundación, por estar localizada en la terraza de inundación. (Fotografía 7.1.7.3.).



**Fotografía 7.1.7.3.- Poblaciones asentadas sobre los meandros del río Venados, en la barranca de Metztitlán.**

La Nogalera está asentada sobre la última terraza de inundación y en un meandro, éste meandro tienen una extensión aproximada de 200 m, sin embargo con grandes avenidas el cauce ocupa la planicie situada dentro del mismo.

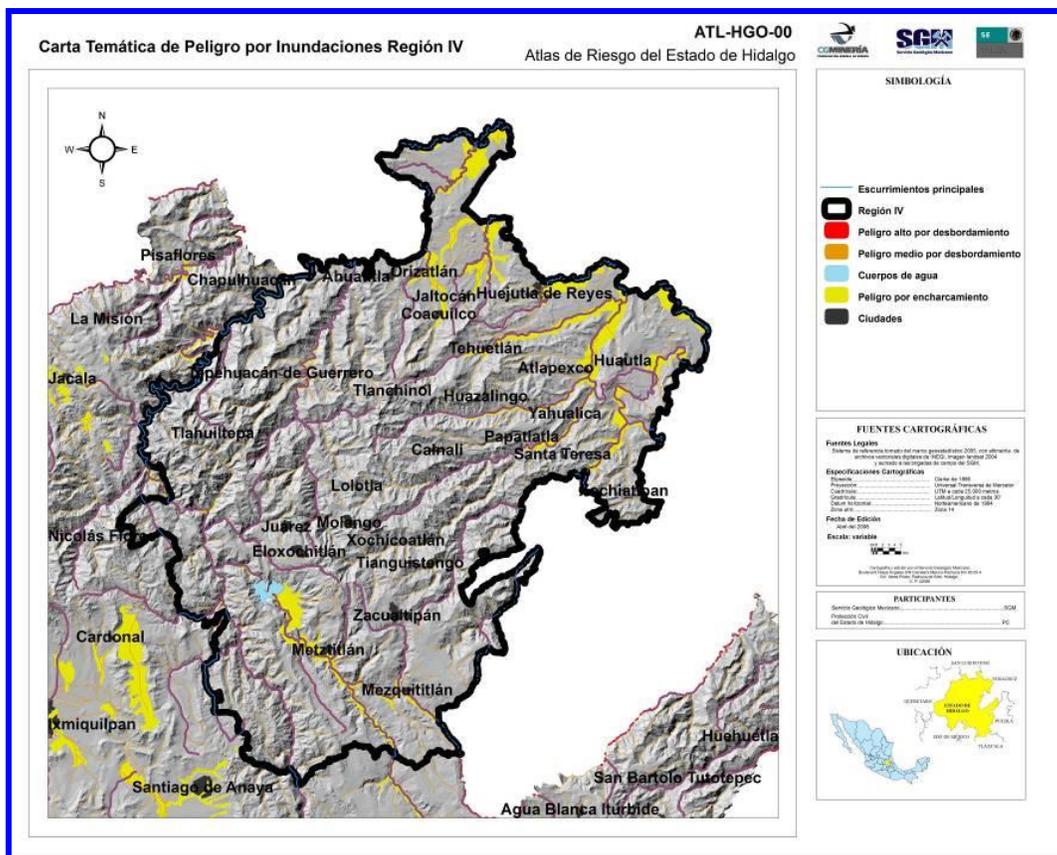
San Lucas Allende es una población de alrededor de 13 viviendas, están ubicadas en la última terraza de inundación y hasta la fecha no han sido afectados por inundaciones.

En el municipio de Metztitlán, los arroyos la camelia, Iglesia Vieja y Milpillas, llegan a desbordarse en temporada de lluvias de temporada, afectando a la localidad de las camelias y al camino que va de Santa María a la Camelia.

a.4).- Región IV

Tras evaluar el coeficiente de escurrimiento, este se considera como elevado, mayor a 30%, aunque la humedad del suelo es relativamente escasa, lo cual permite mayor infiltración y aumenta el tiempo de concentración del flujo. La densidad de drenaje es elevada y la dirección del flujo predominante es hacia el noreste.

En la Figura 7.1.7.8., se observan los límites de la Región y los tipos de peligros delimitando sus áreas de influencia, clasificados en niveles alto, medio y bajo.



**Figura 7.1.7.8.- Zonificación de peligro de inundación en la Región IV.**

La cuenca del río Tulancingo-Amajac corresponde con la subRegión hidrológica 26E y se sitúa al suroeste del Estado. Las corrientes principales en esta cuenca son, en orden ascendente, los ríos Amajaque, Grande de Tulancingo-Venados-Metztlán, con sus

respectivos tributarios y el río Amajac, que es la corriente de mayor orden (Fotografía 7.1.7.4.).



**Fotografía 7.1.7.4.- Río Amajac en su curso encañonado por el puente de la localidad de Boca de León, en el municipio de Tlahuiltepa, mostrando partes de su morfología.**

Dado que se consideran de mayor riesgo por desbordamiento las corrientes de mayor orden, el río Amajac y su principal afluente, el Grande de Tulancingo-Venados-Metztlán, se analizan en cuanto a los registros de información hidrométrica existentes (proporcionados por la CNA).

Las mayores avenidas en esta corriente se registraron a lo largo de las diferentes estaciones hidrométricas ubicadas sobre dicho río y sus tributarios, los valores alcanzan un gasto de 3,548 m<sup>3</sup>/s en Septiembre de 1955 en la estación hidrométrica Venados, situada sobre el río del mismo nombre.

La localidad de Vega de La Carrera se localiza en la primera terraza y la planicie de inundación del río Amajac, ha registrado inundaciones en su parte baja (10 viviendas) a causa de aumentos en el tirante del río Amajac en temporada de lluvias (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.6.).

Los coeficientes de escurrimiento en esta zona presentan variaciones desde 5 % al 20 % al sur (Región de Tulancingo) hasta un 0 % al 10 % en la parte norte de la misma, en las inmediaciones de la Vega de Metztlán y el lago del mismo nombre.

En la Vega de Metztlán existen múltiples obras de infraestructura, tales como carreteras, puentes viales, obras de riego y terraplenes construidos sobre los cauces o en la planicie de inundación del río.

Estas obras han propiciado la reducción del área hidráulica de los mismos ocasionando el desvío del agua en temporada de crecidas afectando estos a pequeñas comunidades que son inundadas, llegando a alcanzar hasta 2 m en lluvias extraordinarias.

Para canalizar el agua de estos ríos al sector agrícola, se han creado en el municipio 5 presas derivadoras: Presa Venados, Presa Apanco, Presa Pilas, Presa Coateno y Presa Los Ejidos (San Cristóbal).

El Río Venados es el afluente más importante de la localidad, con lluvias anuales (normales) este llega a cargar 800 m<sup>3</sup>/seg. Cada 10 años, en la Región se tienen lluvias extraordinarias, las que propician un aumento en la carga hidráulica siendo el gasto del río de 1200m<sup>3</sup>/seg, lo que ocasiona el desbordamiento del río, alcanzando en algunos puntos hasta 80 m de planicie de inundación, aumentando el tirante hasta 10 m.

Otro río importante en el municipio de Metztlán es el Río Amajac, esta corriente cruza un sistema montañoso muy abrupto. Su planicie de inundación es más reducida que la de los ríos anteriormente mencionados. Tiene 100m de ancho, en algunos puntos su planicie de inundación es de 20 m, aunque en la mayoría de los casos esta no existe.

El río cuyo cauce se conoce como Venados (a su paso por la localidad del mismo nombre) y Metztitlán (en las inmediaciones del distrito agrícola localizado en la Vega de Metztitlán), genera múltiples daños en los municipios de Metztitlán, San Agustín Metzquititlán y Eloxochitlán.

El lago de Meztitlán (denominado popularmente “laguna”), está sujeto a ciclos estacionales y de varios años de duración en los cuales cambia drásticamente su nivel y su volumen almacenado.

La parte oriente y suroeste de Metztitlán está situada sobre la planicie de inundación del río Venados-Meztitlán por lo cual está sujeta a inundaciones por encharcamiento y desbordamiento que alcanzan un nivel de 1.5 m en las obras de infraestructura localizadas (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.7.).

Las principales poblaciones afectables por desbordamiento (de riesgo alto) se localizan en la parte media del valle y en barrancas tributarias, como Coateno, Tlacotepec, San Cristóbal, Tecruz de Cozapa, Jihuico y San Juan Metztitlán, la zona de Metztitlán y localidades aledañas son más vulnerables a encharcamiento que a desbordamiento, típicamente a menos de 100 m del río Metztitlán y sus tributarios en la zona (arroyos San Agustín y San Juan).

En esta Región las principales afectaciones son generadas por desbordamientos de un gran número de arroyos y ríos como en el resto de la Huasteca Hidalguense, a causa de varios factores, entre ellos el elevado coeficiente de escurrimiento presente en toda la zona, las fuertes pendientes y las precipitaciones que a lo largo del año alcanzan 2,000 mm en algunos lugares.

Las zonas factibles de inundación se presentan en época de lluvias a lo largo de los ríos Huazalingo, Calnali, Atlapexco, Atempa y Los Naranjos.

De acuerdo a la prospección de campo realizada, observamos que la mayoría de los poblados no presentan problemas de inundación debido a que están asentados sobre los lomeríos excepto los poblados de Chacuala y Las Víboras que se encuentran asentadas en las zonas más bajas y se localizan cerca del río San Pedro que durante las fuertes temporadas de lluvia son afectadas por desbordamiento.

Los poblados de Pueblo Nuevo y Ahuacatitla están en riesgo por el desbordamiento de los ríos Tepoxtlatic y Claro, respectivamente. Este problema se presenta de manera recurrente durante la temporada de lluvias y se debe, al igual que en la mayor parte de poblaciones expuestas a desbordamiento, asentándose en las márgenes del cauce. Las elevaciones máximas del nivel de agua alcanzan 0.30 m.

Las localidades y ciudades situadas en esta parte del Estado presentan una problemática común respecto al riesgo de inundaciones. Las inundaciones en esta área se generan por avenidas que frecuentemente desbordan los cauces y provocando daños a las vías de comunicación. Es frecuente que tales avenidas afecten, en general sin causar graves consecuencias, a asentamientos irregulares localizados en meandros, bancos de material y en la planicie de inundación de los ríos y arroyos.

Los aspectos del riesgo por inundaciones por desbordamiento, son comunes a toda la zona norte y noreste del Estado, tanto en similitud de causas (asentamientos irregulares en riberas y cauces, malas consideraciones de diseño y deficiencias en puentes y vados) como en sus consecuencias (incomunicación y ocasional anegamiento de poblados y asentamientos).

Los ríos Atlapexco, Candelaria, Huazalingo y Caimantla, junto con sus principales tributarios, generan problemas de desbordamiento en el área circundante al municipio de Huejutla, que se describe como interrupción de vados anualmente y destrucción de puentes en época de avenidas extraordinarias.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

La mayor parte de los escurrimientos en esta porción del Estado, presentan cauces relativamente cortos (que favorecen un escurrimiento rápido) y pendientes fuertes, que, aunado a las intensas precipitaciones de esta Región, (superiores a 1,500 mm/año), generan rápidos aumentos del caudal y un importante volumen de arrastre de sedimentos que contribuye a maximizar los desbordamientos.

Las localidades situadas en los márgenes de estas corrientes (incluso de corrientes menores y de poca longitud), generalmente a menos de 50 m de las mismas, están potencialmente sujetas a peligro por desbordamiento en épocas de lluvias.

La localidad de Apetlaco está afectada cuando el río Caimantla aumenta su caudal hasta 3 m por encima del nivel promedio anual, causando incomunicación de vías principales a esta comunidad y generando un tirante de hasta medio metro en 5 viviendas de tipo II situadas a menos de 80 m del cauce, en las cuales habitan 25 personas (Fotografía 7.1.7.5.).



**Fotografía 7.1.7.5.- Apetlaco, esta situada en las inmediaciones del cauce del río Caimantla, afectada por desbordamiento.**

En muchos casos se han construido puentes viales a alturas superiores a 5 m sobre la planicie de inundación (cuando ésta no supera los 150 m) con el fin de mitigar la problemática de incomunicación de localidades rurales en época de lluvias (típica de esta Región), sin embargo, las poblaciones menores únicamente utilizan vados de acceso que son vulnerables a desbordamientos o a aumentos de tirante de las corrientes.

Las planicies de inundación de estos ríos y de otros tributarios de caudal elevado en esta Región, frecuentemente presentan sólo actividades agrícolas en la mayor parte de su superficie y no es común la presencia de localidades rurales o urbanas en las inmediaciones de ríos que pudiesen presentar peligro por desbordamiento.

Huitzitzilingo en su límite con la localidad de Aguacatitla se encuentran incomunicadas debido a la destrucción del puente que las unía, la causa fue socavación y derrumbe del puente por acción erosiva del río Caimantla (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.8.).

Los cuerpos de agua son escasos en esta Región a causa de la topografía accidentada y las pendientes abruptas.

Atlapexco (cabecera del municipio) presenta riesgo por desbordamiento, al estar localizada (una parte) en la primera terraza de inundación, en particular el poblado de Teocotitla, aledaño a esta población (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.9.).

San Agustín Metzquititlán presenta desbordamiento de cauce en el río del mismo nombre, la principal afectación es a una escuela que se encuentra construida sobre el cauce del río.

Al oriente de los poblados de La Estancia-San Diego Canguihuido (municipio de Actopan), se encuentran dos represas, que de acuerdo a la información proporcionada por Protección Civil, no han presentado desbordamiento.

De acuerdo a lo observado en campo, los embalses tienen un promedio de 50 a 80 m de diámetro con profundidad de 5 a 8 m, las cortinas de mampostería, ambas presentan vertedero y canal de riego. Aguas abajo se tiene una planicie de inundación en forma de terrazas amplias de 40 a 60 m, estas son utilizadas para el cultivo y en otras se tiene crecimiento de la vegetación típica del lugar.

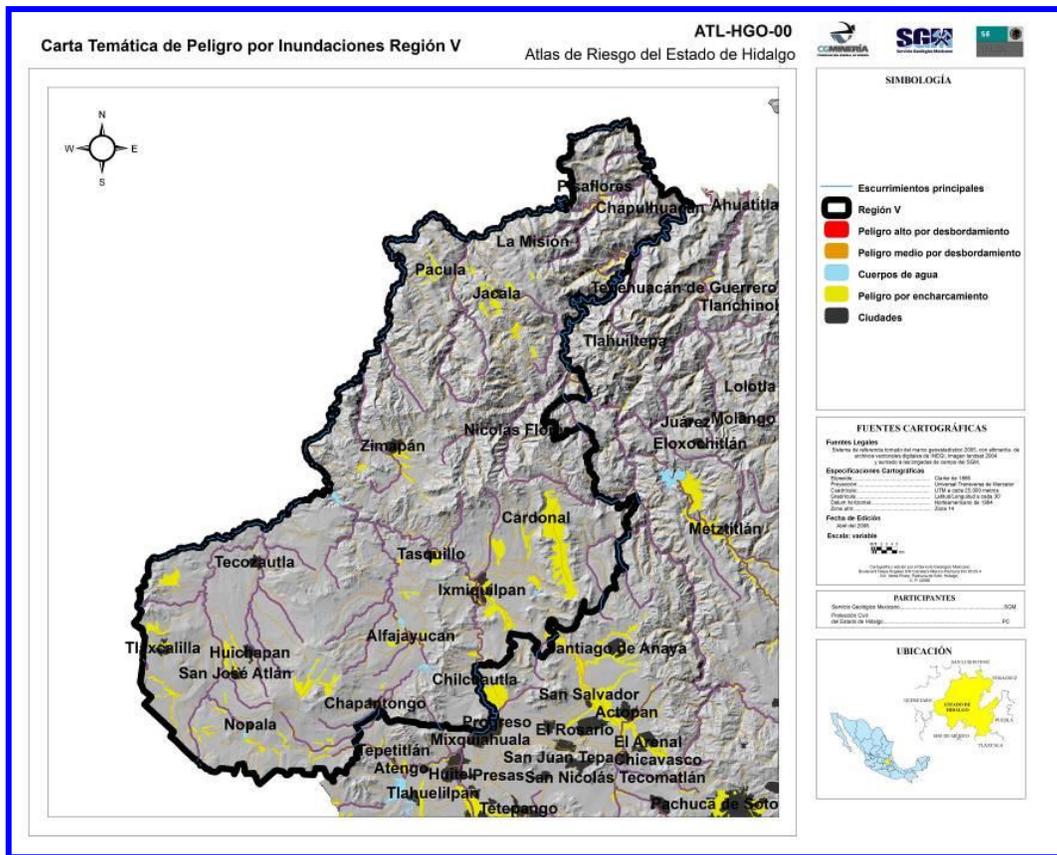
En Las Amapolas (municipio de Atotonilco el Grande), se tiene una represa con dimensiones de 200 X 400 m, la cortina de mampostería, cuya corona es de 1.5 m, en el caso de un desbordamiento la afectación es hacia cinco viviendas construidas de block, loza y lámina.

En San José Zoquital, (municipio de Atotonilco el Grande), el problema es por desbordamiento. Las dimensiones del embalse son de 150 X 300 m, la cortina de materiales graduados y corazón impermeable, esta cuenta con un vertedero y válvula de control para riego. Aguas arriba se tiene otra presa con las mismas características. En San José Zoquital se encuentra ubicado a un extremo del vertedero una escuela de preescolar, campo de futbol, y 10 viviendas construidas de block, loza y lámina. Cuando el vertedero empieza a desfogar agua de la presa, afecta a las vías de comunicación.

#### a.4).- Región V

Tras evaluar el coeficiente de escurrimiento, se considera como intermedio en esta Región, entre 5 y 20% en su mayor parte, y la humedad del suelo es elevada, lo cual reduce la infiltración y disminuye el tiempo de concentración del flujo. La densidad de drenaje es relativamente elevada y la dirección del flujo predominante es hacia el norte. El principal río es el Moctezuma con orden octavo y con 145 km de longitud.

En la Figura 7.1.7.9., se observan los límites de la Región y los tipos de peligros delimitando sus áreas de influencia.



**Figura 7.1.7.9.- Zonificación de peligro de inundación en la Región V.**

En Zimapán el arroyo San Juan a la altura de la localidad Barranca del Cerro Romero presenta desbordamiento en temporada de lluvia, aunado a esto capta parte del drenaje de la ciudad de Zimapán (lo que provoca también un foco de infección importante), presenta además reducción en el cauce por la construcción de un bordo de tierra que no permite el libre flujo del agua, provocando en esta zona la acumulación que llega a elevarse a una altura de 5 m, poniendo en riesgo a una zona de huertos, y cría de animales asentados en la pequeña planicie de este arroyo.

El cauce del arroyo El Molino está constituido con materiales terrígenos, cantos rodados y bloques, los cuales indican un ambiente de alta energía, por lo que provoca estragos en 8 viviendas asentadas en la rивera, así como a zonas de cultivos, problema que se presenta comúnmente una vez por año en temporada de altas precipitaciones.

En la comunidad de Arroyo Blanco se tienen problemas de inundación por desbordamiento dado que esta comunidad se encuentra asentada sobre el trayecto de un antiguo brazo del río. Sobre la ribera del Río Amajac, en la comunidad de Palo Verde se reporta que en el año de 1955 aumento el nivel del agua afectando a cuatro viviendas.

La cabecera municipal de Pisaflores está rodeada por 2 corrientes que confluyen para desembocar en el río Moctezuma y que en época de fuertes avenidas los afluentes que rodean la comunidad registran aumento de caudal por los escurrimientos dando origen al desbordamiento de los mismos.

La localidad de Vega de Ramírez resulta afectada por desbordamiento del cauce del río Moctezuma. Esto se debe a que eleva su nivel hasta 5 m al desfogar la presa hidroeléctrica de Zimapán y afecta a 50 viviendas con 120 habitantes alcanzando medio metro en el nivel de inundación (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.10.).

El desbordamiento de cauces de orden superior en temporada de lluvias (arroyo Barranca Seca, Río Amajac, Río Itatlaxco y arroyo Las Pilas), algunos de los cuales se consideran intermitentes, interrumpe vados de acceso a varias localidades tales como Santo Domingo, Comatitlán, Quetzalapa e Itatlaxco; en varias de ellas se han habilitado puentes colgantes por lo que únicamente se restringe el paso de vehículos.

En el río Tula se localizan pequeñas poblaciones ubicadas en las laderas de los cerros que delimitan a este río, sin embargo, hay algunas que se encuentra sobre angostas planicies o terrazas de inundación, como es el caso de algunas viviendas en la localidad de Chilcuautla, el Balneario de Aguas Termales de Tlacotlapilco y en la zona turística de El Alberto, que apenas en los meses de septiembre y octubre del año en curso sufrieron inundaciones.

La parte centro y el barrio El Progreso, junto con la colonia San Javier, resultan severamente afectados en su periferia por el desbordamiento del río Tula y el arroyo Pallares en temporada de lluvias (septiembre-octubre). El caso especial de Ixmiquilpan las zonas con

mayor peligro, en donde en este año se desbordo el río fue a la altura de la colonia San Javier, en el puente que comunica a esta colonia con el barrio de San Nicolás, aguas arriba se desbordo a la altura de la unidad deportiva inundando la calle (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.11.).

En la Colonia de El Bondhó, fueron afectadas 4 viviendas que se encuentran dentro del cauce del rio, ya que este llego a su máximo nivel alcanzando los 6 m (Fotografía 7.1.7.6.).

En El Maye se encuentra un área de cultivos que corresponde a un meandro del rio Tula y en donde hay alrededor de 3 viviendas y en la margen derecha hay asentamientos humanos en la planicie de inundación que corresponden al Barrio de El Fitzhi, encontrándose en peligro 4 viviendas. En Ixmiquilpan la parte centro ya ha sufrido inundaciones, pero esto fue por causa del desbordamiento del arroyo Pallares, actualmente revestido de concreto.



**Fotografía 7.1.7.6.- Barrio del Bondho, municipio de Ixmiquilpan, asentado dentro del cauce del Río Tula.**

Existen arroyos que en temporada de lluvias extraordinarias se desbordan, es el caso del Alfajayucan en el poblado de San Agustín Tlaxiucapan afectando a 6 viviendas. En la localidad de Cerro del Corazón, un arroyo sin nombre produce socavamiento destruyendo vías de comunicación y formando cañadas profundas de hasta 6 m.

A la entrada de Chilcuautla se localiza una zona baja, receptora de filtraciones de las partes altas de las zonas de riego, lo que ha provocado que dichas tierras que son de cultivo estén permanentemente inundadas y por lo tanto inservibles generando pérdidas para los agricultores.

En Maguey Blanco se ubico un arroyo sin nombre, que en temporada de lluvias aumenta el nivel casi a 6 m, socavando tobas deleznales que forma las paredes del arroyo. Dicho arroyo continua hasta el centro de Ixmiquilpan a un costado del mercado José María Morelos y Pavón, provocando ocasionalmente desbordamientos, pasando el centro se une al rio Tula a la altura de la colonia San Javier.

En El Mezquital se encuentra una zona baja, la cual es utilizada para cultivar, pero en ocasiones, los pobladores olvidan cerrar las compuertas de una presa de riego localizada aguas arriba, provocando inundaciones. El desfogue genera desbordamientos localizados que afectan ocasionalmente a estos cultivos (Fotografía 7.1.7.7.).



**Fotografía 7.1.7.7.- Socavación causada por avenida fluvial en la localidad de Maguey Blanco.**

En la zona se localizan 2 presas denominadas Javier Rojo Gómez en el municipio de Alfajayucan y Debodhe en Ixmiquilpan.

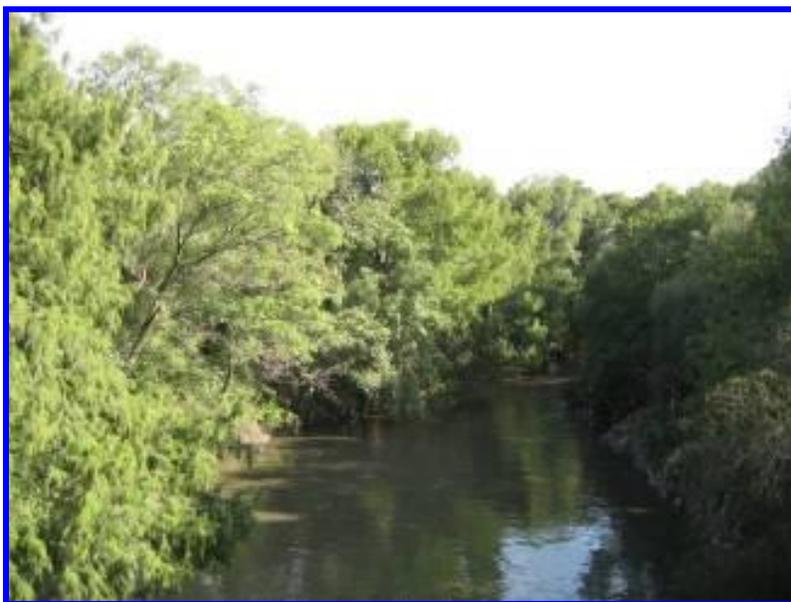
La capacidad de estas presas ha sido reducida por el azolve sin embargo se consideran de bajo riesgo a causa de la topografía casi plana de la zona y del tipo de cortina que presenta baja altura. Estas están construidas con mampostería y la altura de la cortina es inferior a 30 m en ambos casos, su capacidad de almacenamiento es del orden de 10 millones de metros cúbicos.

Las zonas urbanas de los municipios de Francisco I. Madero, Mixquiahuala, Tezontepec de Aldama y Huichapan están sujetas a inundaciones periódicas por desbordamiento de cauces de orden superior que circulan por ellas y también, asociado a este fenómeno, se presenta obstrucción de los patrones de drenaje natural en medios urbanos, lo que ocasiona encharcamiento en un reducido número de calles de estas cabeceras municipales, con lámina de agua que alcanza en puntos aislados hasta 1 m.



**a.6.1).- Inundaciones en la Ciudad de Tula de Allende.**

Las corrientes principales en esta cuenca son en orden ascendente, los ríos Salado, El Oro y Alfajayucan, con sus respectivos tributarios y el Río Tula, que resulta la corriente de mayor orden y por lo tanto la más caudalosa de la Región (Fotografía 7.1.7.8.).



**Fotografía 7.1.7.8.- Cauce del río Tula a su paso por la ciudad de Tula de Allende, donde forma meandros en el fondo de un valle fluvial.**

Dado que se consideran de mayor riesgo por desbordamiento las corrientes de mayor orden, el Río Tula se analiza en cuanto a los registros hidrométricos disponibles (proporcionados por CNA). Las mayores avenidas en esta corriente se registraron a lo largo de las diferentes estaciones hidrométricas ubicadas sobre dicho río y sus tributarios, y los valores alcanzan o superan un gasto de  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Se identificaron mediante análisis preliminar, verificado en campo, varias localidades de riesgo. El río Tula y sus tributarios, por ser de orden elevado (quinto) y debido a que capta los escurrimientos de amplias zonas (cuenca de grandes dimensiones), se considera de riesgo por desbordamiento a su paso por las ciudades de esta Región, como Tula o Tepeji del Río.

La ciudad de Tula se considera de riesgo alto por desbordamiento, las localidades situadas sobre el cauce inmediato de los dos brazos del río Tula que discurren en el interior de la zona urbana de sur a norte y que forma meandros en esta parte de su curso. La zona de riesgo medio se sitúa a ambos lados del cauce y en particular en la zona centro de la ciudad, que resulta ser parte de la planicie de inundación, mientras que la de riesgo bajo se localiza en zonas situadas a nivel mayor que la planicie de inundación y el cauce mencionados. En esta ciudad es, tiene mayor el riesgo por desbordamiento que por encharcamiento, de acuerdo al relieve del terreno.

Se tiene reporte de daños severos en inmuebles por desbordamiento en las colonias Centro, La Mora, La Malinche y 16 de Enero, en algunos sectores el agua alcanza hasta 1 m de profundidad. Resultan afectadas de manera particular 200 casas con un estimado de 800 habitantes.

El río Tula, se origina en la parte norte del Estado de México, discurre en algunos tramos a través de zonas urbanas (ciudades de Tula y Tepeji del Río). Es en estas áreas donde el río supone un mayor riesgo para zonas urbanas, mientras que en otras localidades (Progreso, Mixquiahuala, Tepatepec, etc.), dicha corriente pasa por barrancas y cañadas relativamente profundas (más de 40 m) en las cuales no hay población.

En el caso de avenidas extremas, como las registradas en el mes de julio de 2008, se reporta un aumento de 5 m o más en el nivel del río Tula (la prueba radica en el depósito de basura en partes altas de árboles en el cauce e inclinación de la vegetación).

Esto generó desbordamiento en la parte en que la corriente forma meandros e inunda las viviendas y fraccionamientos situados sobre este sector del cauce, a pesar de que se edificaron bordos de casi 4 m de altura para proteger estas zonas de las inundaciones.

Durante las lluvias generadas en el mes de julio del presente año, logró rebasar su cause inundando al fraccionamiento Rancho Chapultepec, alcanzando un nivel de hasta 1 m en esta zona.

El río Tula genera peligro de desbordamiento y afectaciones a la colonia Centro y otras aledañas al cauce, a causa de que los bordos de esta corriente están localizados a 4 m por encima del nivel del centro de la ciudad. De esta manera, los desbordamientos del cauce inundan parcialmente estas colonias (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.12.).

Este riesgo se incrementa por el rápido flujo de la corriente en estos casos de avenidas que eventualmente erosionan los bordos e invadido las zonas bajas situadas en esta zona de meandros. En este sentido es importante resaltar el riesgo en que se encuentran 20 viviendas localizadas en los bordos verticales del río, estos bordos son de material suelto, el cual ya se encuentra erosionado por no tener ningún tipo de revestimiento y puede generar movimientos de masas repentinos en dirección al río. La población en riesgo es de 100 personas (fotografía 7.1.7.9.).



**Fotografía 7.1.7.9.- Río Tula, nivel alcanzado en el mes de Julio de 2008 generó socavamiento en bordos e inestabilidad.**

El riesgo de desbordamiento se incrementa en la parte norte de la zona urbana, donde confluyen el río Rosas (de 4º orden, cuya dirección de flujo es poniente-oriente) y el río Tula, generando un caudal considerablemente mayor, que por lo tanto es propensa a superar el bordo libre del cauce e invadir colonias adyacentes. La colonia Centro y las calles aledañas al cauce son las más afectadas. A partir de este tramo, el río descarga en la presa Endhó (Fotografía 7.1.7.10.).



**Fotografía 7.1.7.10.- Tirante máximo en la ciudad de Tula generada por fuertes avenidas.**

Debido a que el río Tula conduce aguas residuales urbanas y que el nivel del sistema de drenaje es inferior al del río en época de avenidas, los desbordamientos generan un fuerte problema de salud en la población de esta ciudad y en particular en la zona de riesgo por desbordamiento. El río se encuentra azolvado en la parte sur de la ciudad y ocupado por vegetación, basura y sedimentos, mientras que en la parte norte y centro de Tula está parcialmente revestido por muros de gaviones, el grado de azolve es menor (grava y cantos y cierta cantidad de basura) (Fotografía 7.1.7.11).



**Fotografía 7.1.7.11.- Detalle del cauce del río Tula. Las calles aledañas resultaron severamente inundadas durante el desbordamiento de Julio de 2008.**

El arroyo Chicavasco (Anexo 11.4., Figura 7.1.7.13.), genera riesgo por desbordamiento sobre cultivos y vías de comunicación al captar los escurrimientos de las presas Estanzuela y El Durazno. Estas afectaciones son muy limitadas debidas a que los escurrimientos circulan por áreas casi planas y rodeadas de cultivos. Este cauce es aprovechado en Ixmiquilpan para irrigación.

El principal problema de inundación de la zona que comprende los municipios de Mixquiahuala y conurbados se encuentra localizado en la porción noreste, iniciando en San Juan Tepa y Lázaro Cárdenas pertenecientes al municipio de Francisco I. Madero, esto se extiende hasta los poblados de El Horno y El Huizache que se ubican aguas abajo del río Alto Requena, cuando se presentan lluvias extraordinarias su cauce se desborda, afectando a los poblados de 5 caminos, Nuevo México, Arambo, El Rosario, El Bocamino y El Barroso, dañando 200 viviendas de tipo II, el agua alcanza 25 cm. sobre el nivel del piso de las casas, afectando a mil personas.

En Lázaro Cárdenas municipio de Francisco I. Madero el desbordamiento afecta a las colonias del centro de esta localidad dañando a 400 casas de tipo II, el nivel del agua los 20 cm.

Hacia la porción noroeste en Tezontepec por Acayutlan de Aldama, se ubica el río Manantial donde atraviesa esta colonia, en 1999 un desbordamiento derribo un puente colgante de madera.

En las localidades situadas al sur y sureste de esta Región los problemas de inundación son puntuales, presentándose en las cabeceras municipales de Atotonilco de Tula, Tepeji del Río y Tula.

En el fraccionamiento Presa Escondida en el municipio de Tepeji del Río se levanto un punto donde las casas se encuentran aguas arriba de la presa Requena las cuales podrían estar en riesgo en caso de presentarse una precipitación extraordinaria.

En San Buenaventura municipio de Tepeji del Río pasa el río Peña Alta el cual en época de lluvia desborda su cauce afectando a 15 casas de tipo IV, este mismo problema se prolonga hasta la parte noreste de la población afectando a 40 casas del mismo tipo, en 1999 los habitantes indicaron que el nivel del agua alcanzo 1m.

En La Romera municipio de Tepeji del Río, pasa un arroyo tributario de la presa Requena, la cual se encuentra azolvada lo que provoca acumulación de agua y que en época de lluvias desborde su cauce, afectando a 20 casas de tipo III, alcanzando un nivel de 20 cm.

En Pueblo Nuevo municipio de Tula de Allende el río Tula hace 35 años el nivel de este y represo las aguas que descarga la presa Requena inundaron las partes bajas (cerca de las vías del tren Cruz Azul), actualmente el nivel del agua alcanza 35 cm afectando a 50 casas de tipo III.

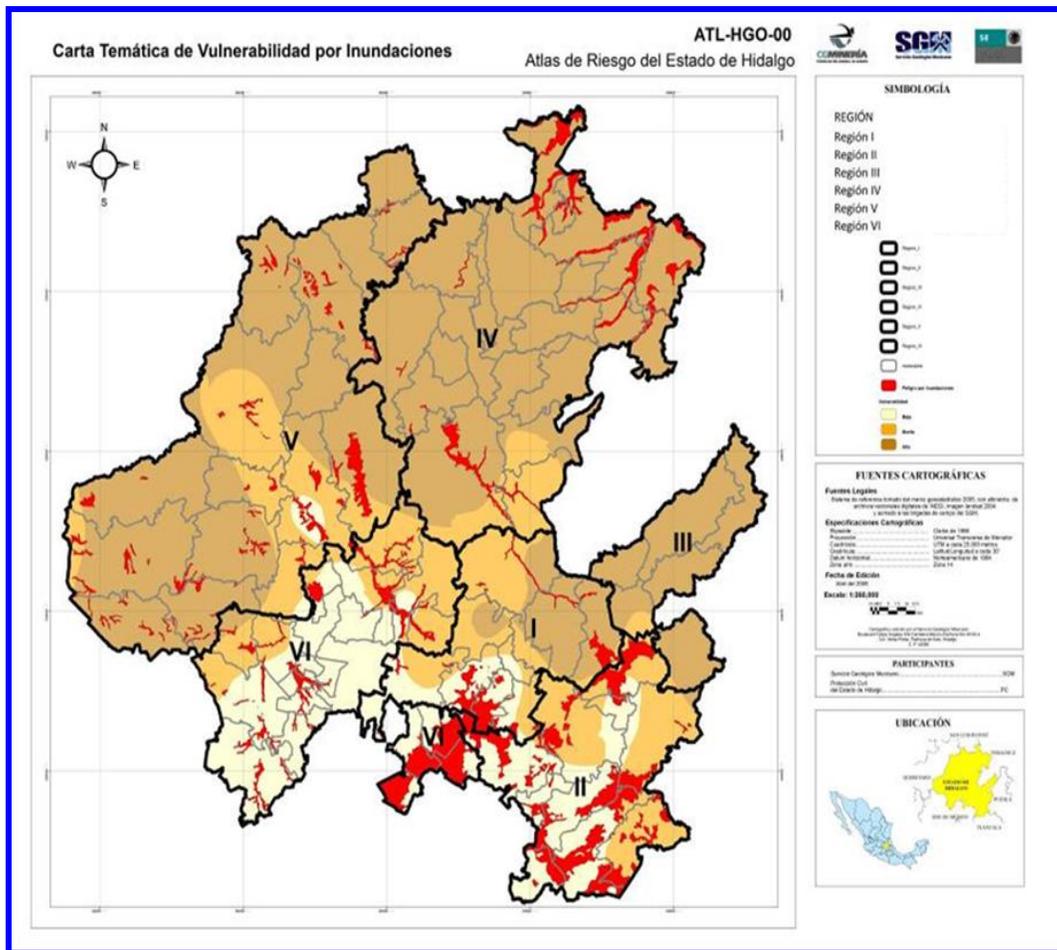
## b) Vulnerabilidad

El Estado registra frecuentes inundaciones (particularmente por desbordamiento de cauces) que generan afectaciones en forma de pérdidas económicas de diversa índole (daños a inmuebles, pérdidas de cultivos, pérdida de bienes muebles, etc.).

Las regiones que presentan mayor vulnerabilidad respecto a desbordamiento de cauces se localizan predominantemente en la parte norte y noreste del Estado y corresponden con las denominadas como III, IV y parte de la Región V.

En estas tres regiones existen afectaciones sobre vías de comunicación y localidades situadas en márgenes del gran número de arroyos que las atraviesan.

El resto del Estado presenta desbordamiento de cauces en algunas localidades urbanas atravesadas por ríos de orden superior al quinto (río Tula, Ixmiquilpan, San Juan y Tulancingo-Metztlán, por ejemplo) y las localidades vulnerables se localizan parcial o totalmente en planicies de inundación urbanizadas (caso de las ciudades de Tula, Metztitlán, Ixmiquilpan y Tulancingo) o en amplios valles agrícolas atravesados por canales de riego (Figura 7.1.7.11.).



**Figura 7.1.7.11.- Zonificación de la vulnerabilidad en el Estado por inundación.**

Las pérdidas estimadas en este apartado se calcularon en base al número de viviendas en las localidades de riesgo (de acuerdo al censo 2005 de INEGI) y en cada una de las regiones. Las localidades son en su mayor parte de ámbito rural o sub-urbano, mientras que en las zonas urbanas se indican en forma de polígono en la Figura correspondiente a cada Región.

Las localidades vulnerables verificadas en campo por inundación, presentan diferentes niveles relacionados a elevación de cauces (aquellos superiores a 2 m) o a desbordamiento de cauces que afecta a localidades cercanas a los mismos (tirantes entre 0.5 y 1.5 m). Los niveles menores a 1 m y principalmente, menores a 0.5 m, se relacionan a obstrucciones al drenaje natural y a encharcamiento.

Las inundaciones por encharcamiento se presenta en amplios valles aluviales y fluviales situados en las regiones 1, 2, 3, parte de la Región 5 y la Región VI.

Las poblaciones situadas en el Valle de Tulancingo (Tulancingo y zonas conurbadas), Valle de Metztlán (Metztlán), Valle del Mezquital (Ixmiquilpan, Mixquiahuala, Tlahuelilpan, Tezontepec de Aldama, Progreso de Obregón y localidades conurbadas de estos municipios) y Valle de Pachuca-Tizayuca (parte sur de Pachuca, Tizayuca y Zempoala, así como zonas de cultivos). Las pérdidas generadas por desbordamiento se producen de forma local y generan daños mayores en comparación a zonas de encharcamiento, sin embargo, el daño cubre una extensión superficial mayor.

### **b.1).- Región I**

La vulnerabilidad por desbordamiento se debe principalmente a avenidas extraordinarias en cauces, siendo los municipios de Pachuca de Soto, San Agustín Tlaxiaca, Omitlán de Juárez, Huasca de Ocampo y Acatlán y sus localidades rurales las más afectadas. Mientras que por encharcamiento es causado por bajos valores de coeficiente de escurrimiento en planicies aluviales.

### **b.2).- Región II**

El desbordamiento de cauces se debe a avenidas extraordinarias en temporada de lluvias, los municipios de Santiago Tulantepec, Tlanalapa, Tepeapulco, Tulancingo de Bravo y sus localidades rurales son las que resultan más afectadas; este fenómeno se genera en cauces como el río Tulancingo y otros de orden elevado. Mientras que por encharcamiento se debe a construcción de viviendas en zonas aluviales y casi planas geomorfológicamente.

### Región III

El desbordamiento se debe a avenidas extraordinarias en los múltiples escurrimientos de la zona, siendo los municipios de Huehuetla, San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria y Acaxochitlán y sus localidades rurales los más afectados. Debido a lo abrupto de la topografía de la Región, no existen áreas donde se presente el fenómeno de encharcamiento.

#### **b.4).- Región IV**

El desbordamiento se debe a avenidas en escurrimientos estacionales de orden intermedio, siendo los municipios de Tlanchinol, Huejutla de Reyes, San Agustín Mezquititlán, San Felipe Orizatlán, Tehuetlán y Metztlán los más afectados.

#### **b.5).- Región V**

El desbordamiento se debe principalmente a avenidas extraordinarias en cauces de orden superior al séptimo (ríos Moctezuma, Amajac, Tula e Ixmiquilpan) siendo los municipios de Ixmiquilpan, Alfajayucan, Huichapan, Chilcuautla, Tasquillo y sus localidades rurales los más afectados. El encharcamiento se genera por la presencia de amplios valles agrícolas de reducida pendiente que presentan drenaje natural deficiente.

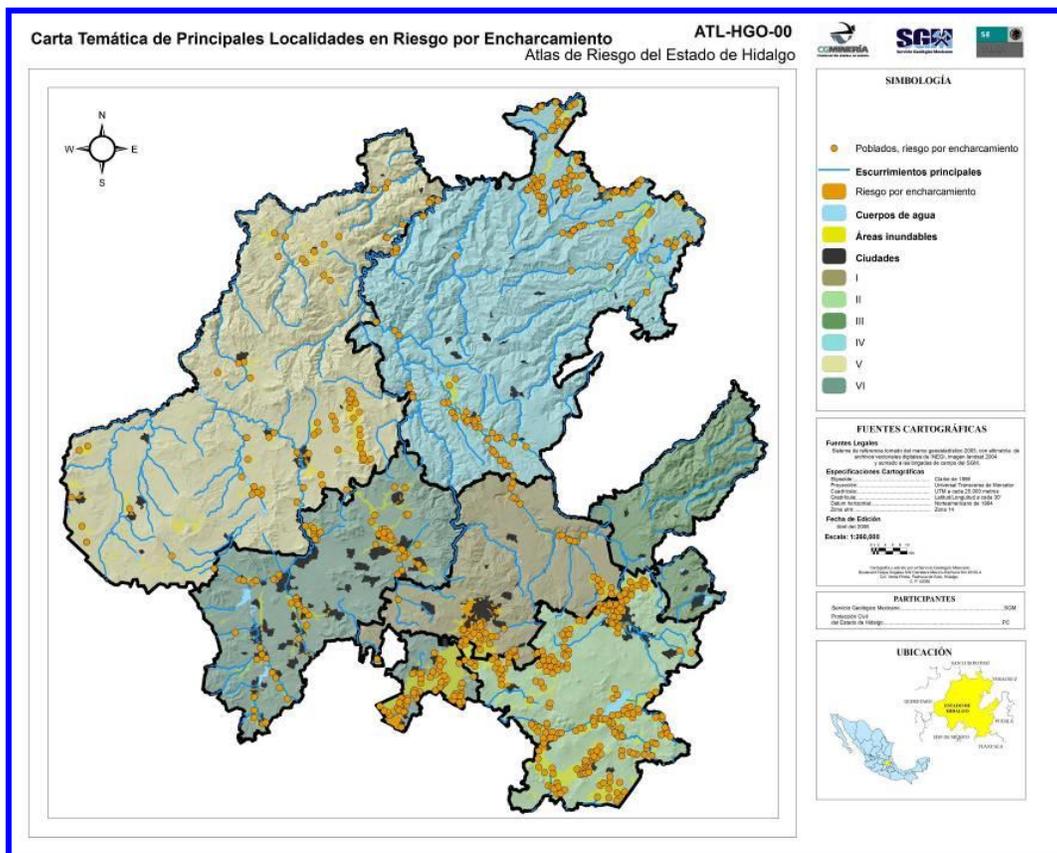
#### **b.6).- Región VI**

Las ciudades de Tepeji de Ocampo, Tula, Tepetitlán, Actopan, Chica Vasco, Cardonal, Atitalaquia, Tlaxcoapan, Doxey, Tizayuca y Mangas las más vulnerables por desbordamientos.

El desbordamiento se debe principalmente a avenidas extremas en el sistema fluvial formado por los tributarios del río Moctezuma y las presas situadas en el mismo, siendo los municipios de Tepeji del Río, Tula de Allende, Tezontepec de Aldama, Mixquiahuala de Juárez, Progreso de Obregón y Actopan y sus localidades rurales las más afectadas

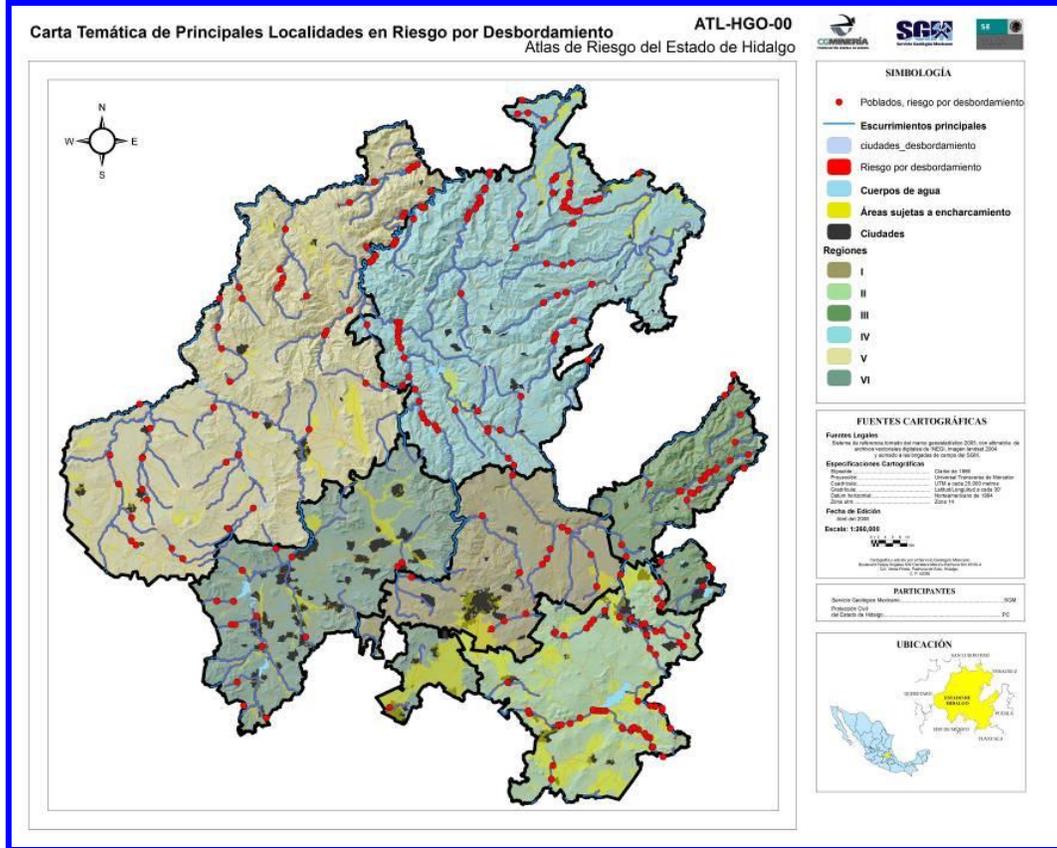
**c) Riesgo**

De manera general, el riesgo por desbordamiento se presenta en localidades cercanas a cauces de orden superior al tercero o aguas abajo de cuerpos de agua naturales o artificiales (Figura 7.1.7.12.).



**Figura 7.1.7.12.- Localidades y zonas urbanas sujetas a riesgo por encharcamiento en el Estado.**

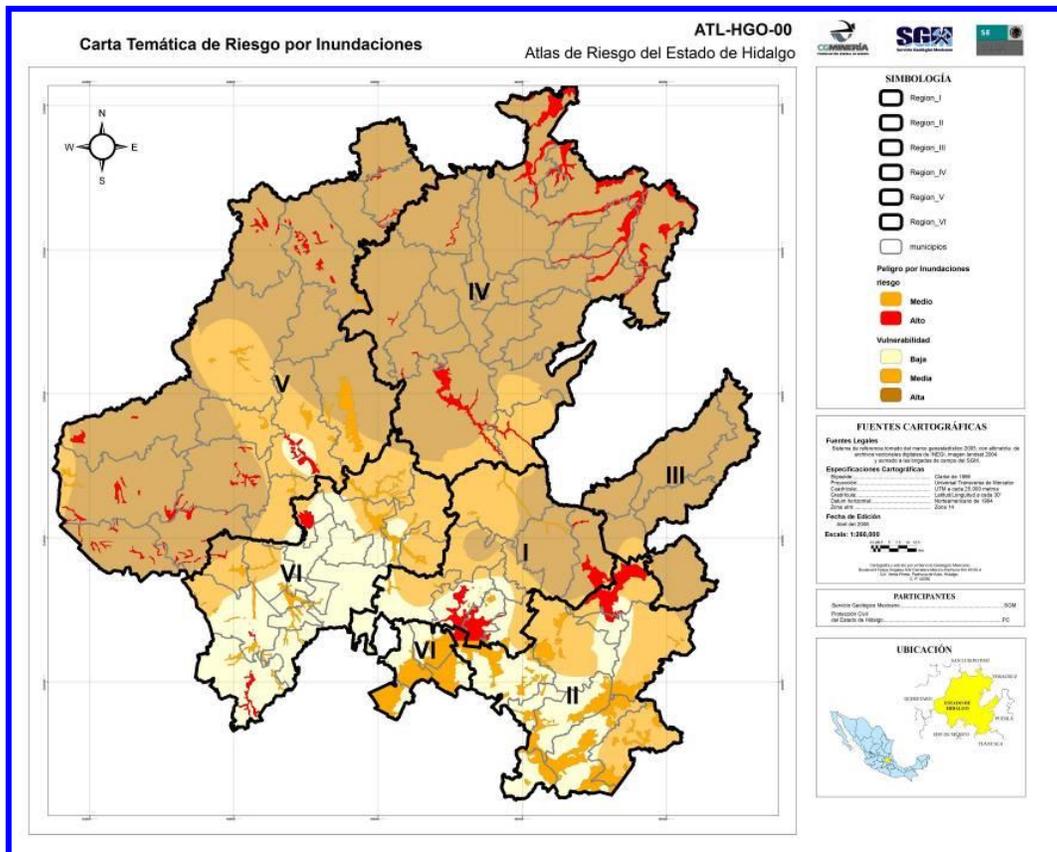
El riesgo por encharcamiento se genera sobre las localidades que se sitúan en zonas de planicie (asociadas muchas veces a valles aluviales), depresiones del terreno y zonas de drenaje interno, en general, donde el drenaje natural es endorreico o ha sido obstruido por modificaciones a la cuenca o al cauce (Figura 7.1.7.13.).



**Figura 7.1.7.13.- Localidades y zonas urbanas que presentan riesgo por desbordamiento de cauces en el Estado.**

Los criterios empleados para el análisis de la problemática en esta Región fueron la distribución de precipitaciones, frecuencia de tormentas, topografía y coeficientes de escurrimiento.

En la distribución de riesgo por el fenómeno de inundación se observa un incremento en la problemática en la parte norte y noroeste del Estado, correspondiente a las regiones III, IV y V, donde se presenta en forma de desbordamiento de río de orden elevado (Figura 7.1.7.14.).



**Figura 7.1.7.14.- Zonificación de riesgo en el Estado por Inundación.**

**c.1).- Región I**

El riesgo por encharcamiento afecta a Pachuca, Zempoala, Mineral de la Reforma y otras poblaciones situadas en valles aluviales, alcanzan niveles menores a 50 cm en algunas localidades, produciendo afectaciones moderadas en la ciudad de Pachuca de Soto.

El mayor riesgo es generado por desbordamiento de arroyos o ríos y se presenta en ciertas ciudades (Pachuca de Soto y Tulancingo de Bravo) y aledañas. Los principales escurrimientos que generan afectaciones por desbordamiento en esta Región son los Ríos Tulancingo-Venados, Amajac, Actopan y Las Avenidas (Figura 7.1.7.15.).

Referente a cauces con potencial de desbordamiento, destacan los municipios de Mineral del Chico, Atotonilco, Omitlán y Huasca de Ocampo. En áreas con potencial de encharcamiento destacan los municipios de Mineral de la Reforma, Pachuca de Soto y Acatlán.

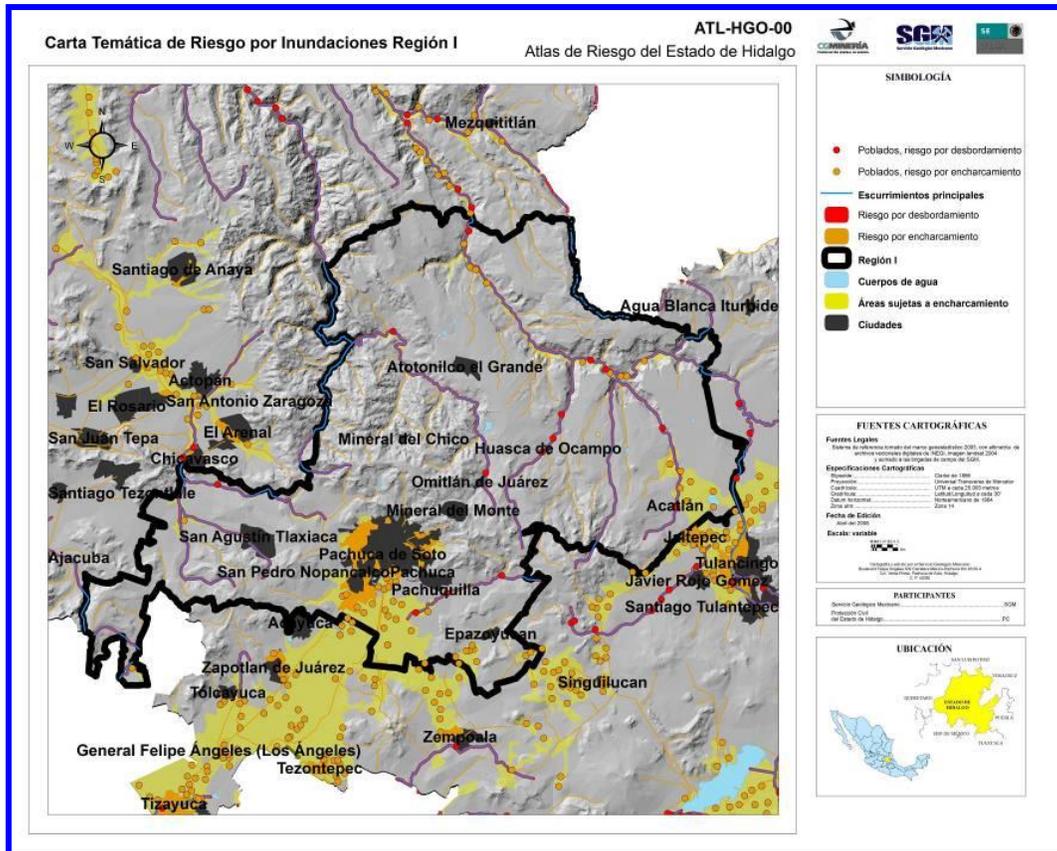


Figura 7.1.7.15.- Riesgo por desbordamiento de cauces y encharcamiento en la Región I.

Las ciudades de San Agustín Tlaxiaca, Omitlán de Juárez, Huasca de Ocampo y Acatlán fueron identificadas como zonas de riesgo por desbordamiento de cauces.

**c.2).- Región II**

En esta Región el riesgo por encharcamiento afecta a localidades situadas en valles aluviales de uso agrícola, pero los niveles máximos que puede alcanzar la lámina de agua son muy reducidos en la gran mayoría de localidades, produciendo afectaciones muy bajas o nulas en las mismas.

El mayor riesgo es generado por desbordamiento de arroyos o ríos y se presenta de manera primordial en Tulancingo de Bravo. Los principales escurrimientos que generan afectaciones por desbordamiento en esta Región son los Ríos Tulancingo-Venados, San Lorenzo y Santa María, los cuales se localizan en las inmediaciones de la zona urbana de Tulancingo y municipios conurbados (Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero y Cuautepec de Hinojosa). Otra corriente de orden superior que genera afectaciones es el Río Cuatlaco, que descarga en el lago de Tecocomulco (Figura 7.1.7.16.).

En áreas con potencial de encharcamiento son los municipios de Tulancingo y Santiago Tulantepec, Tepeapulco, Apan, Cuautepec de Hinojosa y Zempoala.

En la Región II predominan los bajos coeficientes de escurrimiento a causa de las pendientes suaves, las planicies y lomeríos que abundan en esta zona, mientras que las corrientes que generan riesgo de desbordamientos son las de mayor orden (sexto), como el río Tulancingo-Venados y los ríos Santa María y San Lorenzo (cuarto orden).





Las áreas con potencial de encharcamiento son Metepec y Acaxochitlán, mientras que por desbordamiento de cauces, las ciudades de Tepepa (Santiago Tepepa), Los Reyes, Metepec y Huehuetla (cabecera municipal) fueron identificadas como zonas de riesgo

#### **c.4).- Región IV**

El riesgo por desbordamiento y encharcamiento es elevado en el valle fluvial del Distrito de Riego de Metztlán y por lo tanto afecta a localidades situadas en valles aluviales de uso agrícola, los niveles de inundación son muy elevados particularmente en las inmediaciones del Lago de Metztlán. Esta problemática se extiende al conjunto del valle agrícola, hasta la cabecera municipal.

Se considera, en esta Región, que el riesgo por desbordamiento de arroyos o ríos está relacionado a avenidas extremas en el río Venados-Metztlán y que estos desbordamientos generan el posterior encharcamiento y sobreelevación del nivel del Lago de Metztlán.

Los principales escurrimientos que generan afectaciones por desbordamiento en esta Región son el río Tulancingo-Venados, Amajaque, Metztlán, Caimantla y Coacuilco.

Los municipios de esta zona con mayores precipitaciones son Tepehuacán de Guerrero, Lolotla y Tlanchinol, localizados al norte y noroeste de esta Región, que alcanzan una precipitación media máxima de aproximadamente 2,500 mm/año, aunque en general es una Región con valores altos de precipitaciones, la mayor parte de ella por arriba de 1,000 mm/año.

Los municipios de san Agustín Metzquitlán, Zacualtipán, Xochicoatlán y Molango de Escamilla son afectados por tormentas frecuentes.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

En cuanto a cauces con potencial de desbordamiento, destacan los municipios de Metztitlán, Eloxochitlán, Tepehuacán de Guerrero, Huejutla de Reyes, Calnali, Xochicoatlán, Atlapexco, Huautla, Yahualica y San Felipe Orizatlán. De estos cauces los que mayor riesgo presentan para la Región son los Rios Metztitlán (desde el puente Venados hasta el lago de Metztitlán), río Tecoloco (en la cabecera municipal y comunidades aledañas de Huejutla), Claro (en Ahuatitla), Los Hules (Atlapexco), Amajac (desde su unión con el río Almolón). Mientras que áreas con potencial de encharcamiento, destacan los municipios de Metztitlán, Huejutla de Reyes, Atlapexco, San Felipe Orizatlán, Huautla, Jaltocán, Yahualica y Xochiatipan. Figura 7.1.7.18.



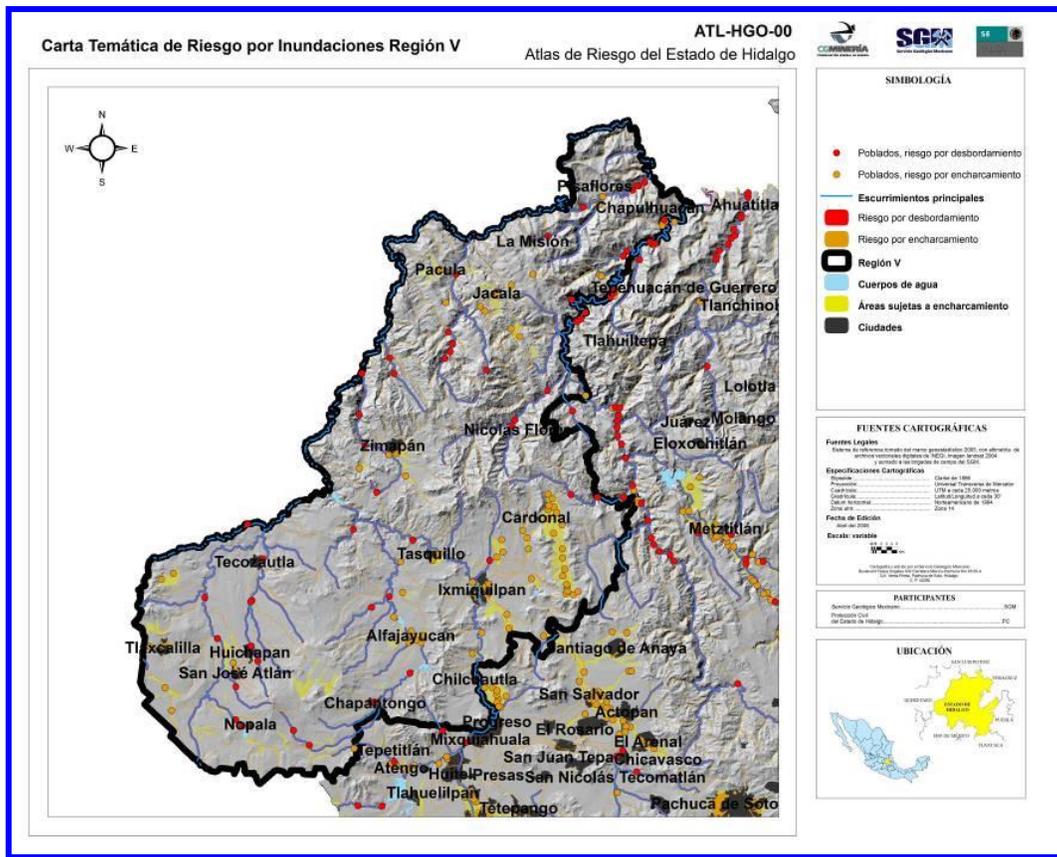


Figura 7.1.7.19.- Riesgo por desbordamiento y encharcamiento en la Región V.

Los municipios con riesgo potencial por desbordamiento son Pisaflores, Chapulhuacán, La Misión, Jacala de Ledezma, Tasquillo, Zimapán, Tecozautla, Nicolás Flores, Alfajayucan, Ixmiquilpan, Chapantongo, Huichapan y en general los municipios del Distrito de Riego 03 del Valle del Mezquital. En esta Región los cauces de riesgo medio-alto son los Ríos Tecozautla (Tecozautla), Tizapa (Chapulhuacán), Tula (Tasquillo-Ixmiquilpan).

Los municipios con potencial de encharcamiento son Cardonal, Ixmiquilpan, Pacula, Chapulhuacán, Jacala de Ledezma, Zimapán, Santiago de Anaya, Huichapan, Alfajayucan, Chapantongo y Nopala de Villagrán.

Las corrientes que generan riesgo de desbordamientos son las de mayor orden (sexto y séptimo), como los Ríos Tula, Moctezuma y los tributarios de mayor orden de ambos.

c.6).- Región VI

El riesgo por encharcamiento afecta a localidades situadas en valles aluviales de uso agrícola de riego y temporal (Valle del Mezquital y Valle de Pachuca-Tizayuca), los niveles máximos de agua son medios en algunas localidades, produciendo afectaciones moderadas en la ciudad de Ixmiquilpan y otras poblaciones menores.

El mayor riesgo es generado por desbordamiento de arroyos o ríos y se presenta de manera primordial en Tepeji del Río, Tula de Allende y ciudades aledañas a estas. Los principales escurrimientos que generan afectaciones por desbordamiento en esta Región son los Ríos Tula, Las Avenidas (3er orden) y Salado (3er orden) (Figura 7.1.7.20.).

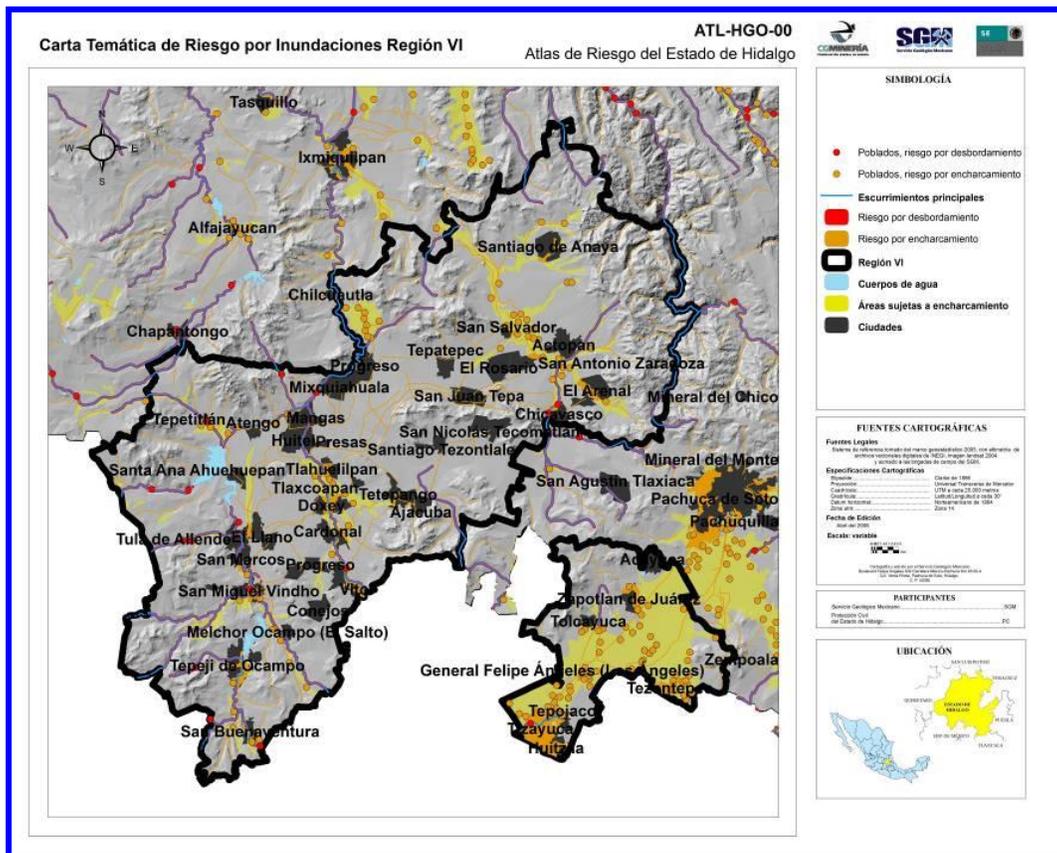


Figura 7.1.7.20.- Riesgo por desbordamiento y encharcamiento en la Región VI.

Los municipios con corrientes con potencial de desbordamiento son Tepeji del Río, Tula de Allende, Tezontepec de Aldama, Mixquiahuala de Juárez, Progreso de Obregón y Actopan. El Río Tula (Mixquiahuala-Progreso), es considerado como el cauce más riesgoso de la Región, seguido del Río Actopan (Tasquillo-Ixmiquilpan).

Los municipios y zonas bajas con potencial de encharcamiento son el Valle de Pachuca-Tizayuca, que incluye Tizayuca, Tolcayuca, Zapotlán y Villa de Tezontepec, así como Santiago de Anaya, San Salvador, Actopan, El Arenal, Progreso de Obregón, Tezontepec de Aldama, Atitalaquia, Tepetitlán, Tula, Tepeji del Río, Tlaxcoapan y Tlahuelilpan. Predominan los bajos coeficientes de escurrimiento a causa de las pendientes suaves y la geomorfología de valles, lomeríos y sierras, mientras que las corrientes que generan riesgo de desbordamientos son las de mayor orden (sexto y séptimo), como el Río Tula, sus tributarios y múltiples canales de riego.

## 7.2.- Geológicos.

### 7.2.1.- Remoción de masas.

La litología de la Sierra Madre Oriental tiene una gran complejidad estructural (fracturas, fallas normales, fallas inversas, sinclinales, anticlinales, etc.), lo que provoca que regionalmente existan masas de material inestable, bloques fracturados y dislocados. Los materiales que se encuentran en la provincia del Eje Neovolcánico se caracterizan por la presencia de gran cantidad de aparatos volcánicos, asociados a fracturas regionales, constituida por rocas volcánicas (brechas, tobas, riolitas, basaltos, etc.).

De acuerdo a la Carta de Regionalización Sísmica de la Republica Mexicana, el Estado de Hidalgo se encuentra en la Región B, sin embargo por las características antes mencionadas se le considera de nivel bajo.

El tipo de roca, grado de intemperismo, pendientes, cobertura vegetal, morfología, estructuras y actividad antropogénica son factores que originan el fenómeno de remoción de

masas, mismos que en el Estado en la mayoría de los casos se presentan afectando localidades e infraestructura. Estos fenómenos se originan principalmente en la zona serrana y se manifiestan de la siguiente manera.



### 7.2.1.1.- Deslizamientos

#### a) Peligro

La inestabilidad de las laderas se encuentra entre los peligros naturales más destructivos de nuestro planeta, lo cual representa una de las mayores amenazas para la vida y bienes materiales de la población.

En México cada vez son mayores las pérdidas humanas y económicas debido a los deslizamientos y a sus efectos secundarios los cuales son originados principalmente por el crecimiento de la población que se expande hacia zonas de laderas y cantiles inestables. En las regiones tropicales los deslaves se producen principalmente a partir de precipitaciones pluviales, donde el exceso de agua infiltrada causa saturación del suelo, en consecuencia este se reblandece y propicia la inestabilidad de taludes los cuales dependen en gran medida del tipo de material.

La quema de vegetación aumenta la inestabilidad de los taludes y laderas especialmente si esto ocurre en áreas de coluviones en los cuales la vegetación ejerce un papel preponderante en la estabilidad, sobre todo por la pérdida del refuerzo de las raíces y por la exposición de la erosión.

#### a.1).- Región I

En esta Región el peligro por deslizamientos es bajo debido a que las precipitaciones pluviales no exceden los 1000 mm/año y las pendientes varían de moderadas a bajas, por tal motivo este fenómeno se presentan con poca intensidad afectando principalmente a vías de comunicación.

En San Jerónimo en el municipio de El Arenal, la carretera se ve afectada por deslizamientos de tipo traslacional, este fenómeno se desarrolla en un conglomerado polimíctico con intercalación arenas, el volumen del deslizamiento es de 15 m<sup>3</sup>. (Fotografía 7.2.1.1.1).



**Fotografía 7.2.1.1.1.- En San Jerónimo se cartografiaron deslizamientos del tipo combinado con desprendimiento de bloques.**

Omitlán se ubica en la parte centro de la Región está afectada por un deslizamiento, que se produjo debido a las fuertes lluvias registradas en el año de 1999, en donde 3 casas y 12 personas resultaron afectadas, las viviendas presentan fracturamiento en muros y en algunas partes se observa como porciones del piso han desaparecido, por lo que algunas de estas fueron desalojadas. Cabe señalar que estas viviendas se encuentran asentadas sobre roca dacitas fuertemente fracturadas e intemperizadas, (Fotografía 7.2.1.1.2.).



**Fotografía 7.2.1.1.2.- En Omitlán por fallos en la cimentación se presenta un asentamiento diferencial en esta vivienda.**

En Mineral del Chico, en el municipio del mismo nombre, sobre la Calle Miguel Mancera se encuentra un muro de 15 metros de altura por 50 metros de largo, con indicios de fracturamiento y basculamiento, propiciado por la acumulación de material detrítico. En caso de siniestro el perjuicio sería a 3 viviendas de tipo IV las cuales se encuentran frente a ella a una distancia de 2.5m, además de un camino de tercercería que es altamente transitado por vehículos así como por los mismos pobladores (Fotografía 7.2.1.1.3.).



**Fotografía 7.2.1.1.3. Sobre la calle Miguel Mancera, se cartografió una barda a punto de colapsarse sobre 4 viviendas.**

En Plan Grande (municipio de Mineral del Chico), las laderas están constituidas de material tobáceo desleznable, la pendiente promedio es de 30°, con espesores de suelo de un metro, sitio donde la deforestación se hace desmedidamente por lo que ha originado la formación de carcavas y circos de erosión. De continuar dicha práctica, podría suscitarse un deslizamiento, propiciando daños a 15 viviendas de tipo IV.

En el municipio de Real del Monte, frente a la mina de Acosta, la litología del lugar es similar a la mencionada en el párrafo anterior, a diferencia que en el sitio existen escurrimientos de aguas residuales, lo que incrementa el riesgo a 7 viviendas construidas de tipos II y III, (Fotografía 7.2.1.1.4.).



**Fotografía 7.2.1.1.4.- Mina de Acosta, viviendas en riesgo por deslizamiento.**

En el cerro del Judío, en el barrio La Trinidad del mismo municipio, el problema es originado por las intensas lluvias generando escurrimientos que remueven el material poco consolidado como lo es la toba. Debido a la inestabilidad de la ladera, existen 2 viviendas dañadas evidenciando fracturas en pisos y que con base a la información proporcionada por las autoridades de Protección Civil del municipio podrían verse involucradas alrededor de 600 viviendas de tipos III y IV (Fotografía 7.2.1.1.5.).



Fotografía 7.2.1.1.5.- Barrio La Trinidad, deslizamiento cartografiado donde una vivienda fue dañada, el desplazamiento es de aproximadamente 3 m.

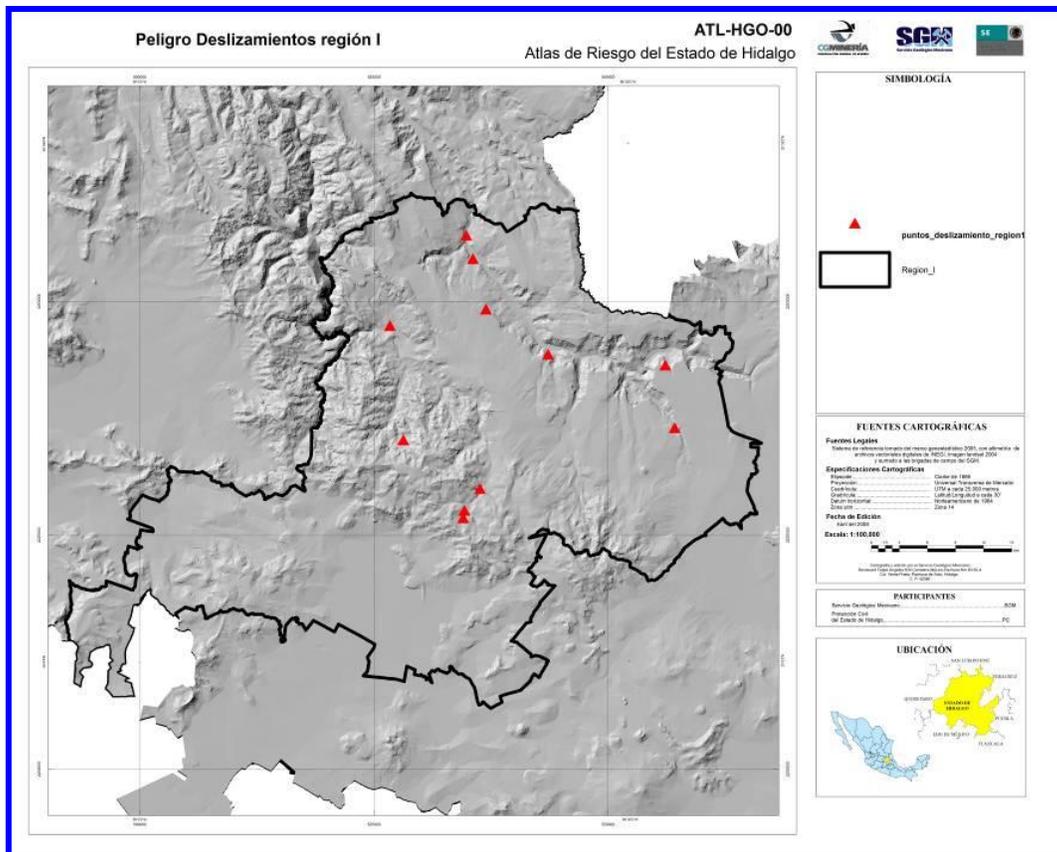
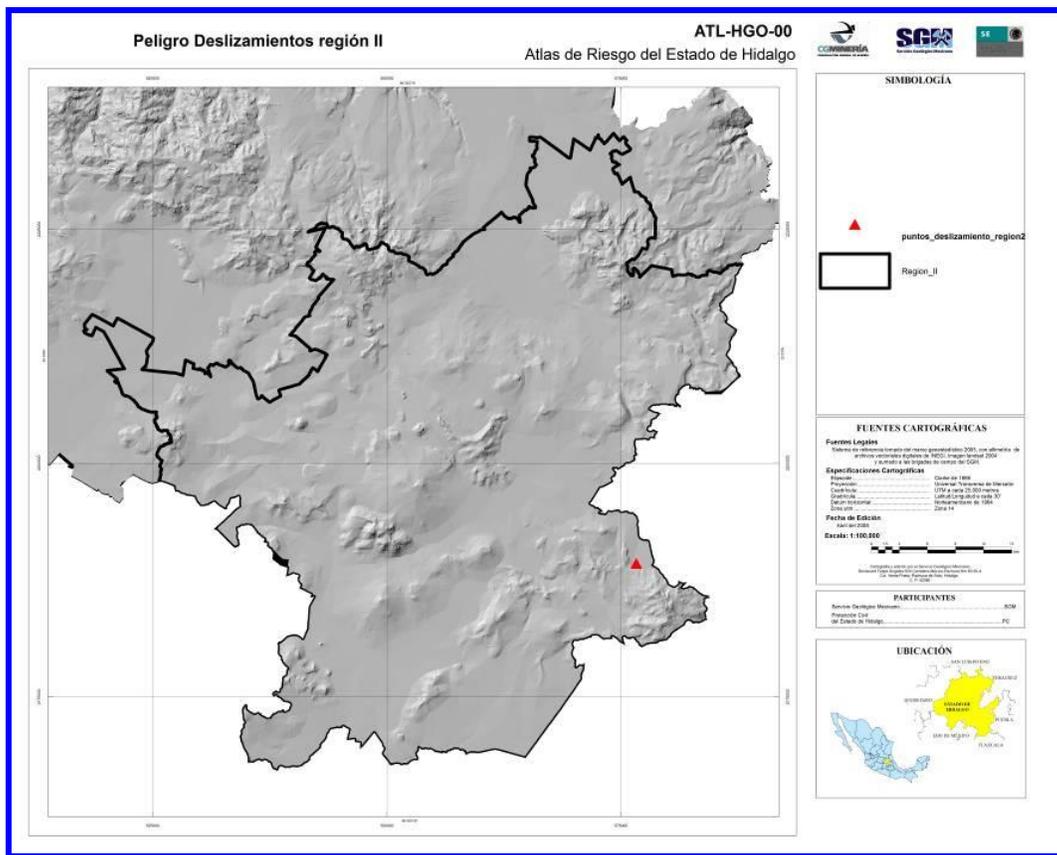


Figura 7.2.1.1.1.- Ubicación de deslizamientos en la Región I.

En la Figura (7.2.1.1.1.) se observa que los principales eventos de deslizamiento se concentran en la parte centro y norte de la Región con mayor incidencia en laderas moderadamente escarpadas.

**a.2).- Región II**

Con base a la observación realizada en campo, sobre el camino a la localidad El Pozo-El Tepozán, exhibe una fuerte deforestación, lo que hace que dicho evento se manifieste en un flujo de detritos ocasionando perjuicios únicamente a la vía de comulación (Figura 7.2.1.1.2.).



**Figura 7.2.1.1.2.- Ubicación de deslizamientos en la Región II.**

**a.3).- Región III**

Existen obstrucciones sobre el camino que comunica a los poblados de San Miguel del Resgate y Toxtla. Estos caminos poseen taludes con ángulos elevados (mayor a 45°), razón por la cual se provoca el desprendimiento de roca con arrastre de suelo, y vegetación siendo estos de tipo traslacional (Fotografía 7.2.1.1.6.).



**Fotografía 7.2.1.1.6.- Sobre el camino de San Miguel Resgate a Toxtla se cartografiaron deslizamientos.**

Sobre el camino de Acaxochitlán hacia San Francisco Atotonilco, La Mesa y la autopista federal Tuxpan- Veracruz, los deslizamientos son de dimensiones pequeñas pero continuas, al igual que en el punto anterior consiste en el desprendimiento de suelo, vegetación y fragmentos de roca.

En la parte poniente de la Región, se observa una secuencia de lutita-caliza del Cretácico superior, sobreyaciendo un paquete de rocas volcánicas (toba riolítica y dasítica) que a su vez estas se encuentran coronadas por un derrame de basaltos, también se observaron depósito de pie de monte mal consolidados. A consecuencia de lo anterior, los poblados de San Juan Cuahutengo y en San Lucas Allende en el municipio de Metzquititlan, se vieron

afectados por deslizamientos, motivo por el cual una vivienda y una escuela fueron reubicadas.

En San Lucas Allende este fenómeno se origino en rocas sedimentarias con composición terrígena, se observó que las laderas tienen más de 100 metros de altura. Sin embargo, estos deslizamientos pueden ser originados de manera masiva lo que aportaría grandes cantidades de material al Río Venados obstruyendo su cauce y generando una fuerte inundación en el área (Fotografía 7.2.1.1.7.).



**Fotografía 7.2.1.1.7.- Río Venados municipio de Metztitlán, los deslizamiento de material sedimentario no consolidado podrían obstruir su cauce.**

La población Ferrería Apulco se encuentra asentada sobre laderas con pendientes escarpadas, la litología del lugar consiste en una intercalación de material limo-arcilloso, conglomerado y arenisca de la formación Atotonilco El Grande; esta zona es susceptible a la formación de deslaves que afectan el camino que va de Ferrería de Apulco hacia Agua Blanca.

En el camino al poblado de San Bartolomé, se presentan deslizamientos en los cortes carreteros, las laderas están constituidas por lutitas, afectando principalmente a 50 viviendas construidas de tipo III localizadas en la parte baja de la ladera del mismo poblado. Este fenómeno se produce en la parte superior de la Barranca de Metztlán, en materiales volcánicos, algunos depósitos limosos y de pie de monte.

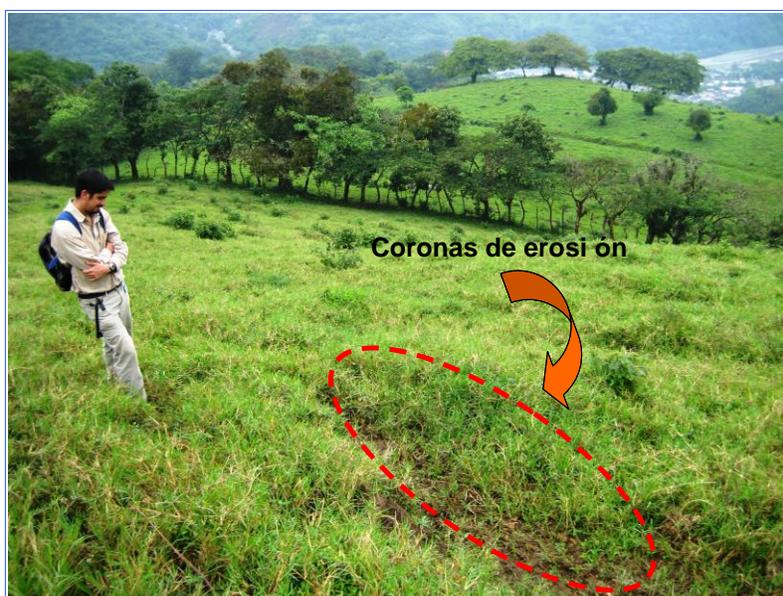
El Veladero, (municipio de Metzquititlán) se desarrolló sobre la ladera cuyo corte del talud tiene 100 metros de altura, la litología del lugar consiste en materiales tobaceos en contacto con basalto intemperizado, provocando erosión diferencial facilitando la remoción de masas.

En Plan Grande, ubicada al norte del Municipio de Agua Blanca, se cartografió un escarpe formado por mesetas basálticas, delimitadas por una sierra de composición volcánica representada por toba dacítica, riolítica, por intemperismo físico-químico de la roca, da lugar a suelos rojizos, arcillosos, los cuales son saturados en la temporada de lluvias, lo que propicia el desplazamiento o movimiento de los mismos, como evidencia de este fenómeno se observa la formación de grietas con una orientación hacia el NE 10° SW , este movimiento de masa afecta directamente al camino que va de Agua Blanca a Zacualpan (Veracruz); aguas abajo de la carretera mencionada hay una pequeña barranca de 20 m de profundidad en la cual se deposita el suelo desplazado, obstruyendo el curso del drenaje natural, afectando también a dos viviendas. Cabe mencionar que en el área también se presenta la caída de bloques de forma subangulosa cuyas dimensiones varían de 0.5 a 1.5 m de diámetro (Fotografía 7.2.1.1.8.).



**Fotografía 7.2.1.1.8.- Sobre el camino hacia Agua Blanca y Zacualpan Veracruz, el camino a la altura del kilómetro 4.7 se ve afectado por deslizamientos, donde también se observan fracturas de tensión.**

En La Esperanza y Juntas Chicas en el municipio de Huejutla, los deslizamientos se manifiestan por fracturas y grietas de tensión. Estas se evidencian en la parte superior de la ladera con pendiente escarpada. La litología se conforma por una intercalación de lutitas y arenisca de la formación Chicontepec (Fotografía 7.2.1.1.9.), al suscitarse dicho fenómeno tendría un radio de afectación hacia 3 viviendas sumando a que la inclinación de la estratificación es favorable a la dirección al talud.



**Fotografía 7.2.1.1.9.- En Huehuetla se cartografiaron conchas de erosión.**

En Poza Grande y El Naranjo se localizan varias viviendas que presentan riesgo alto por deslizamientos, estas se ubican en la parte baja de los cortes carreteros, el factor principal que causa la presencia de este fenómeno son los taludes verticales, la deforestación y constantes precipitaciones que se presentan en el lugar. Además de estos factores, existen otros que detonan el desplazamiento de los suelos tal como; terrazas de reptación, circos de erosión e inicio de cárcavas.

En las comunidades de La Esperanza, San Guillermo y El Veinte, actualmente se tienen viviendas con fracturamientos en pisos y muros (Fotografía 7.2.1.1.10.), estas se encuentran asentadas sobre laderas con taludes escarpados, terrazas de reptación, escalonamiento con brincos o desniveles de 10 a 15 cm así como conchas de erosión (Fotografía 7.2.1.1.11.).



**Fotografía 7.2.1.1.10.- Deslizamiento en el corte del camino que comunica a La Esperanza, San Guillermo y El Veinte.**

En San Guillermo y la colonia La Loma, el fenómeno se intensifica por los escurrimientos persistentes, además de que 5 viviendas, escuela preescolar, primaria y secundaria, se hallan sobre caliza lutita lo que fomenta el riesgo hacia estas mismas.



**Fotografía 7.2.1.1.11.- En San Guillermo, la deformación de barda y los cimientos de una vivienda, evidencian los deslizamientos de grandes masas de suelo denominado reptación.**

En la Esperanza, San Gregorio, Barrio Barranca del Muerto Pedregal, La Esperanza 1, 61 viviendas pueden ser afectadas por remoción de masas. De la misma manera, que en los puntos anteriores este evento es propiciado por la saturación de agua en la ladera lo que ha producido la formación de grietas sobre la misma (Fotografía 7.2.1.1.12.).



**Fotografía 7.2.1.1.12.- En La Esperanza-San Gregorio se observa escalonamiento en la ladera, como evidencia de deslizamientos antiguos.**

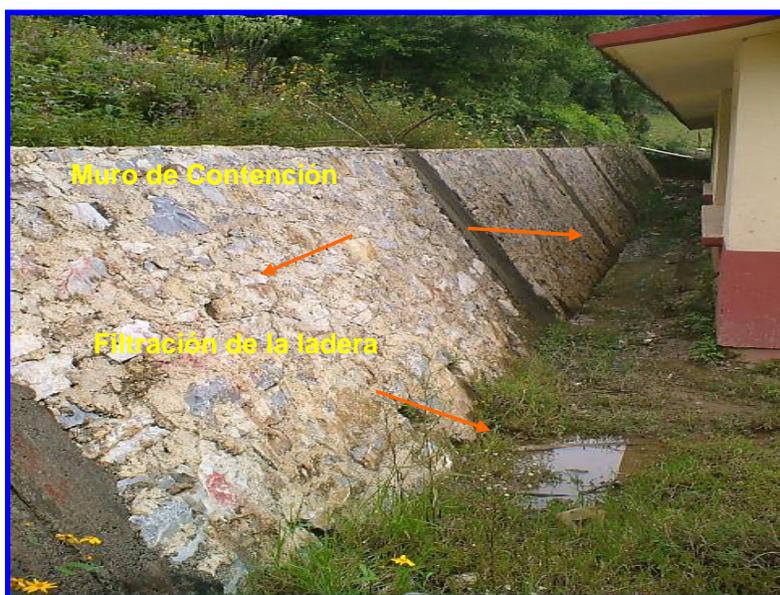
El Cajón, (municipio de Huehuetla) está asentado en la parte baja de la ladera, aquí mismo se construye un camino cuyo material de balconeo es lanzado ladera abajo lo cual en temporada de lluvias representa un peligro, puesto que este material es acarreado por el agua provocando flujos de lodos que directamente dañan a 6 viviendas

El Aguacate se encuentra asentada sobre material de pie de monte, constituida por fragmentos angulosos de caliza, lutita y pedernal, el tamaño de los clastos en promedio es de 05 -10 cm, este material se encuentra alterado e intemperizado, siendo los fragmentos de lutita muy deleznable por lo que llega a comportarse como suelo, a la base de este conglomerado existe una secuencia de rocas sedimentarias (caliza y lutita), esta se encuentra fuertemente plegada y fracturada, en algunos afloramientos presenta un intenso fracturamiento, lo que llega a formar brechas, además de que la caliza presenta alto grado de kársticidad. La afectación es directamente hacia la Escuela Primaria “José María Morelos”

que consta de 4 aulas, su construcción corresponde al tipo II, otro sitio dañado es el panteón, donde anteriormente se construyó un muro de contención con la finalidad de estabilizar el talud, ya que en años pasados los deslizamientos y caída de rocas, llegaron a romper los vidrios y fracturar el edificio escolar; también se observan fuertes agrietamientos en paredes y techos de las mismas y en temporada de lluvias se tiene filtración de agua los techos.

A principios de Octubre del 2008, se registró un deslizamiento en la parte noreste de la explanada con un volumen desplazado de 100 m<sup>3</sup> aproximadamente, dicha estructura presenta grietas y un asentamiento escalonado. Con respecto al panteón, se observó que el terreno donde está asentado, es muy escarpado, actualmente las criptas presentan basculamiento.

La comunidad es vulnerable a este fenómeno, de 35 casas de tipos II y III con posibilidad de ser afectadas, 15 están desplantadas sobre material propenso a deslizarse a corto plazo (4 viviendas asentadas en pendiente muy abrupta) por lo que se consideran que están en riesgo extremo por lo que se recomienda desalojar de inmediato este sitio, el resto (20 viviendas) se encuentran en riesgo alto, con la posibilidad de que el material a deslizarse caiga sobre ellas. Cabe señalar que de las viviendas observadas, solamente una presenta agrietamiento en las paredes (Fotografía 7.2.1.1.13.).



**Fotografía 7.2.1.1.13.- Escuela Primaria José Ma. Morelos, muro de contención de mampostería ya desprendidos del talud por deslizamientos.**

En el área existe una fuerte deforestación, además en la parte alta de la comunidad es utilizada para el pastoreo (potrero), en la cual se llegan a observar indicios de terrazas de reptación, en este lugar se tiene una válvula que controla y distribuye el agua a la comunidad, misma que estas se encuentran en mal estado, ocasionando fuga de agua, lo que contribuye a que la ladera se sature acelerando los deslizamientos. En la visita de campo se identificaron por lo menos nueve estructuras de deslizamiento en forma de media luna (semicirculares), estos tienen una dirección promedio de  $50^{\circ}$  NE, el desplazamiento de los escarpes principales llegan a medir de 0.80 a 1.5 m aproximadamente.

Por lo anterior se delimitó una zona de peligro alto, considerando un área sensiblemente cuadrada que abarca todas las zonas con problemas de deslizamiento, el polígono cubre una superficie aproximada de  $300 \text{ m}^2$  (Fotografía 7.2.1.1.14.).



**Fotografía 7.2.1.1.14.- En El Aguacate, se cartografiaron estructuras en forma de media luna, también denominadas coronas o conchas de deslizamiento.**

La comunidad de El Progreso se encuentra ubicada en los extremos del cauce de un arroyo, este presenta una pendiente promedio de  $30^\circ$ , lo cual indica que se encuentra en su etapa temprana, en las laderas aflora material de pie de monte constituido por fragmentos de roca angulosa y débilmente cementadas en una matriz arcillo-arenoso, las dimensiones de los bloques son de  $1 \times 1 \times 0.8$  m hasta el tamaño de la grava, los clastos consisten de roca caliza, pedernal y lutita, estos se encuentran caóticamente depositados sobre la ladera.

A este material le subyace una secuencia de rocas sedimentarias representadas por lutita y caliza arcillosa, presentan una estratificación de 15 a 20 cm de espesor, mientras que para la lutita varía de 10 a 15 cm, se observo fuerte plegamiento y fracturamiento, con rumbo de capa NW  $20^\circ$  SE y buzamiento al NE.

De acuerdo a la información de los habitantes, en el año 2000 se presentaron fuertes lluvias que provocaron que el nivel del agua del arroyo aumentara considerablemente y que en consecuencia arrastrara gran cantidad de lodo, detritos y suelo; la afectación principal fue al camino y a 2 viviendas asentadas en las riveras del mismo ya que el lodo penetro en ellas.

En agosto del 2007 la presencia del huracán Dean produjo nuevamente lluvias extraordinarias lo que incitó la remoción de gran cantidad de bloques que se encuentran sobre la ladera y rivera del arroyo, el desplazamiento de estos bloques provocó vibraciones en el lugar. Este fenómeno causó estragos en el camino y en un puente vehicular que fue dañado seriamente, debido a que gran cantidad de roca cayó sobre este, existen varias viviendas que se encuentran en las márgenes del arroyo, las cuales comienzan a presentar fracturamiento en las paredes. Cabe señalar que el ancho de este arroyo a crecido notablemente ya que en años anteriores este oscilaba en los 5 m y en la actualidad es de 35 a 40.m de longitud.

Uno de los factores detonantes para la formación de este fenómeno es la intensa deforestación que predomina en la Región; en los alrededores de esta comunidad se pueden observar extensas áreas que son utilizadas para el pastoreo y cultivo, lo que provoca que el suelo se encuentre desprotegido por la cubierta vegetal, aunado además a las fuertes pendientes con un promedio de 30°, así como a la litología que se presenta fuertemente fracturada compuesta por caliza, lutita y depósitos coluviales mal consolidados y a las altas precipitaciones (2,000 mm/año). Se puede concluir por los factores antes mencionados, en esta ladera ocasionen que el material se vuelva más susceptible originando deslizamientos incluso escalonados.

La comunidad de San Francisco La Laguna se encuentra asentada sobre una secuencia de rocas sedimentarias representadas por lutita y limolita, las cuales presentan intenso fracturamiento y esquistosidad, su estratificación es masiva, el rumbo de las capa es NW 50° SE con un buzamiento de 20°, de acuerdo a los datos tomados en campo se asume que este lugar se encuentra en el flanco poniente del Anticlinal Los Ángeles (Fotografía 7.2.1.1.15.).



**Fotografía 7.2.1.1.15.- En San Francisco La Laguna, la escuela está asentada sobre una ladera inestable.**

La escuela secundaria presenta problemas por inestabilidad de laderas, ya que a finales del 2008 una parte de la explanada sufrió un desplazamiento de aproximadamente 8 m afectando alrededor de 17 m<sup>2</sup>. De acuerdo a lo observado, este centro educativo está asentado sobre material de relleno poco consolidado, constituido por fragmentos de roca caliza, lutita y material arcilloso, todo este material suelto se encuentra sobre una potente secuencia de lutita-limolita, en esta porción, la ladera está rodeada por tres afluentes que provienen de las partes altas, los cuales se intensifican en temporada de lluvia, provocando la socavación de la ladera en la que se encuentra la escuela.

En Tenango de Doria (cabecera municipal), la escuela secundaria No. 43 se encuentra ubicada a un costado del corte del talud casi vertical, constituido por material piroclástico sobreyacido por potentes depósitos de roca basáltica, a un par de metros de la escuela se tienen varios bloques caídos de hasta dos metros de diámetro. En Octubre de 1999, se registró un deslizamiento y flujo de lodos, acompañado de detritos, resultando dañado el camino y de 60 a 70 m hacia debajo de este, hasta el momento las aulas no presentan afectación, éstas han sido utilizadas temporalmente como bodegas por parte del DIF municipal (Fotografía 7.2.1.1.16.).



**Fotografía 7.2.1.1.16.- En Tenango de Doria, la Escuela Secundaria No. 43, en su parte posterior se observa material desprendido y proximo a caer con bloques de hasta 2 metros de diámetro.**

San José, municipio de Tenango de Doria, está asentado sobre material volcánico (toba), mal consolidado y deleznable, en algunas partes se tiene material de pie de monte(coluvial), con fragmentos que van de 5 hasta 30 cm de diámetro, de acuerdo con la información recabada por parte de los habitantes del lugar y autoridades de Protección Civil Municipal, en 1999 se registraron fuertes lluvias originando flujo de lodos, perjudicando principalmente al camino y 6 viviendas de tipo IV y II.

A la salida de Tenango de Doria (cabecera municipal), a la altura de la colonia El Desdavi se tienen estructuras semicirculares con brincos de falla que van desde los 0.7 a 3 metros. La litología está representada por material tobáceo y de pie de monte. La Afectación es a 8 viviendas tipo IV. Otro daño es a la carretera pavimentada que comunica a las poblaciones más importantes de la zona, como San Bartolo Tutotepec y Huehuetla (Fotografía 7.2.1.1.17.)



**Fotografía 7.2.1.1.17.- En San Bartolo Tutotepec-Huehuetla, se muestra un plano de falla en forma semi-circular.**

En Santa Mónica municipio de Tenango de Doria, constantemente se presentan flujos de lodos, debido a que la composición litológica de los cerros que son de material desleznable (piroclastos). Hace un par de años se construyó una carretera que corto parte de estas laderas, el material transportado se depositó en la parte baja de un represo (Fotografía 7.2.1.1.18.). Actualmente no existen daños a la población solamente al área natural, que de continuarse este fenómeno estaría causando estragos a 2 viviendas de tipo IV.



**Fotografía 7.2.1.1.18.- En Santa Mónica, se registraron flujos de lodo en los años 1998 y 1999.**

En la Figura 7.2.1.1.3., se muestran los lugares con mayor incidencia por el fenómeno de remoción de masa, siendo estas más frecuentes en las trazas de falla y flancos de anticlinales y sinclinales.

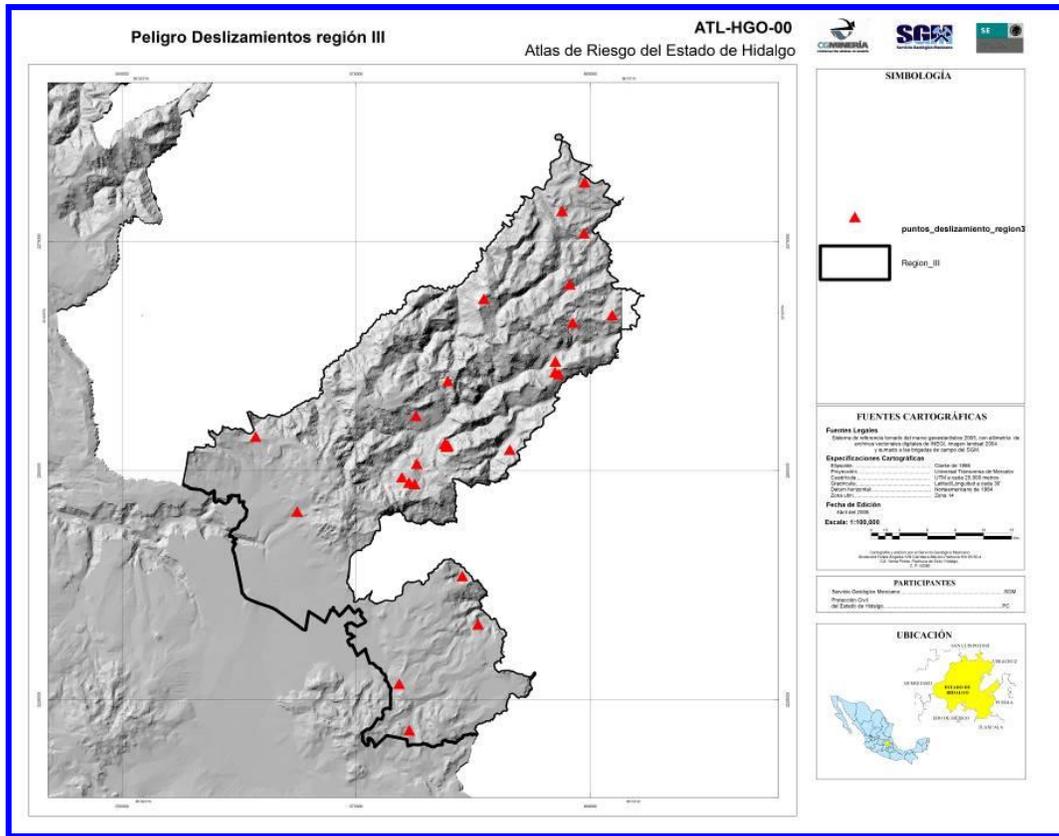


Figura 7.2.1.1.3.- Ubicación de deslizamiento de la Región III.

#### a.4).- Región IV

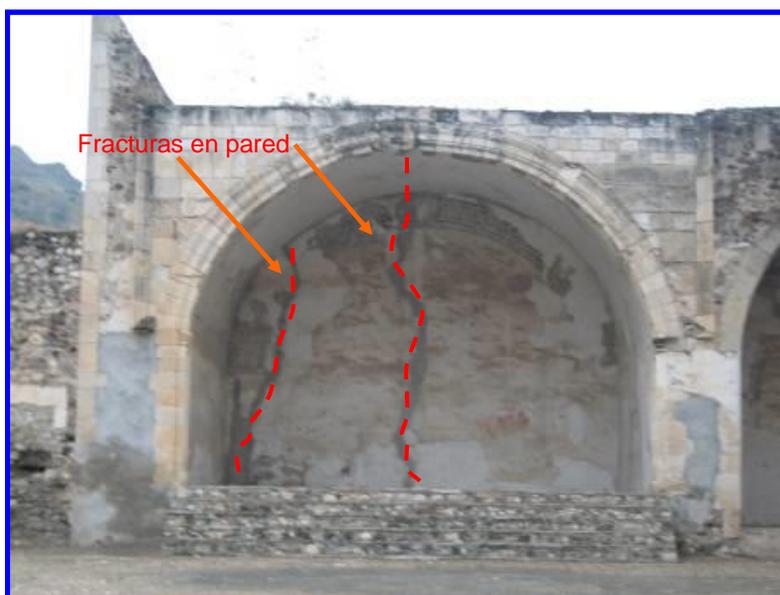
La localidad El Salitre se encuentra asentada sobre material de pie de monte, constituido por gravas, guijas, guijarros, cantos y bloques subredondeados de 1 a 3 m de diámetro de composición calcárea, este material presenta evidencias de movimiento debido a la acción pluvial; sobre el mismo están asentadas 2 casas de tipo III (Fotografía 7.2.1.1.19.)



**Fotografía 7.2.1.1.19.- El Salitre, se encuentra asentado sobre material poco consolidado, la población ha generando oquedades en los taludes, donde resguarda de la lluvia pasto y leña.**

En la cabecera municipal de Metztitlán, hay 25 casas asentadas sobre la ladera incluyendo el Convento de los Santos Reyes que data del siglo XVI el cual presenta grandes fracturas en muros. Con base a la información proporcionada por autoridades del municipio, el templo se desliza 0.13 mm al año.

En 1992 el deslizamiento afectó a la colonia 5 de Mayo, cabe mencionar que aún costado del convento existe un caudal que en época de lluvias inunda la parte baja del poblado, siendo un factor determinante para la saturación y reblandecimiento del terreno (Fotografía 7.2.1.1.20.).



**Fotografía 7.2.1.1.20. Convento de los Santos Reyes con fracturamiento por asentamiento diferencial.**

Otras localidades que presentan los mismos problemas son Barrio San Marcos (edificio denominado La Tercería), Las Casitas, Barrio Coatlán (20 casas), Barrio Tepeyacapa (15 casas) y Barrios Calvario (5 casas).

La comunidad El Carrizal presenta graves problemas de deslizamiento, actualmente hay más de 20 viviendas totalmente fracturadas en pisos y muros, con aberturas que varían de 1 a 5 cm. Esta comunidad se encuentra asentada sobre laderas con pendientes mayores a  $20^\circ$ , compuesta de lutita arenisca (material arcilloso muy deleznable) coronando a estas se tienen grandes depósitos de andesita. Todo indica que este fenómeno se debe a la socavación de filtraciones naturales en la roca (que tiene comportamiento de suelo) propiciando el movimiento de este dando lugar a oquedades y por consecuencia deslizamiento de las edificaciones.

Entre Zoquizoquiapán-Los Arcos y la Carretera Federal con dirección Zacualtipán-Molango, entre las localidades de Puerto La Cumbre y Malila, se presentan deslizamientos de tipo trasnacional, en Zoquizoquiapán se observa uno con aproximadamente 300 m a lo largo de la carretera que afecta únicamente a esta vía de comunicación, la litología corresponde a

intercalaciones de caliza-lutita, fuertemente plegadas y fracturadas debido principalmente al exceso de agua infiltrada que causa reblandecimiento e inestabilidad de taludes; a pesar de que esta vía es poco transitada puede llegar a quedar bloqueada y en consecuencia incomunicar a poblaciones cercanas a estas (Fotografía 7.2.1.1.21.)



**Fotografía 7.2.1.1.21.- En Puerto La Cumbre y Malila, se cartografiaron deslizamientos sobre el camino de terracería.**

Entre San Cristóbal - Grutas de Tolantongo, a la altura de Metznoztla, la saturación de agua en la ladera provocó movimiento de material pendiente abajo, la litología corresponde a basalto y toba riolítica fuertemente intemperizados, el volumen de material no es muy significativo pero puede bloquear el camino, siendo esta la principal vía de comunicación entre estas poblaciones. Otro deslizamiento en esta vía se localiza a la altura del poblado de Itztamichapa, donde la ladera de un cerro se deslizó completamente, al trazarse la vía de comunicación, a consecuencia de este evento, la carretera fue trazada en la ladera de otro cerro localizado en frente del ya mencionado. Esto se debe a que la roca existente en el área corresponde a caliza-dolomía, la cual está intemperizada, fracturada y en condiciones húmedas se desliza fácilmente (Fotografía 7.2.1.1.22.).



**Fotografía 7.2.1.1.22.- Sobre el camino, en Itztamichapa, se observa una ladera deslizada.**

En el balneario de Tolantongo, municipio de Cardonal, se generó el derrumbe de la ladera de la porción (sur) del cerro Corona en Julio del 2003, aproximadamente 1000 toneladas de material sepulto parte de las grutas del balneario.

Estructuralmente esta zona se ubica sobre la traza de una cabalgadura denominada “Cabalgadura Tolantongo” la cual consiste de caliza y dolomia de la formación El Abra del Cretácico inferior y lutita y arenisca de la formación Soyatal del Cretácico superior, entre ambas formaciones, existe un depósito de clastos de caliza semiredondeados y mal cementados; en este material poco consolidado se generan los deslizamientos a causa de su baja competencia mecánica. En el año del 2007, en el mismo sitio aparecieron grietas de 5 cm de espesor por 6 m de longitud en posición vertical generando masas de material inestable.

Dadas las evidencias de que en el pasado se produjo un derrumbe de consideración y que a la fecha existen grietas ó fisuras que pueden provocar nuevos eventos de este tipo por lo mal cementado del material, no es difícil que de un momento a otro se produzca un nuevo derrumbe, afectando las grutas y en general el balneario natural; actualmente se ha

inyectado agua dentro de las fisuras o grietas para provocar el desplome de rocas, además de que se contrató a una persona (amacizador) para derribar el material propenso a deslizarse.

Al poniente del municipio El Cardonal, hacia la comunidad de San Juan Tlatepexi, los deslizamientos se presentan en los cortes carreteros donde predomina la caliza plegada y muy fracturada, éstos deslizamientos son provocados por los escurrimientos naturales de los afluentes del Río Amajac, todos están asociados a estos escurrimientos, lográndose minimizar la problemática construyendo muros de gavión que permitan retener la caída de los detritos y suelos acarreados en la temporada de lluvias. El material tiene que ser extraído inmediatamente.

De Metztitlán hacia Amajatlán a la altura de Tlatepexi se observa una zona de deslizamientos el cual afecta a este camino entre dichos poblados, el material deslizado consiste de calizas intercaladas con lutita (Fotografía 7.2.1.1.23.).



**Fotografía 7.2.1.1.23.- En Tlatepexi, los escurrimientos son factor que facilita la formación de deslizamientos.**

En la entrada a Molango, se observa un deslizamiento en rocas volcánicas (basalto-toba riolítica), donde una falla de suelo permitió el desprendimiento, afectando al camino a dicha localidad y a 5 casas; las infiltraciones constantes de agua generaron una saturación en el suelo debilitando del talud, actualmente este camino se encuentra en reparación (Fotografía 7.2.1.1.24.).



**Fotografía 7.2.1.1.24.- Mantenimiento del camino hacia Molango, debido a deslizamientos que lo afectaron.**

En el barrio de San Miguel, en la calle Emiliano Zapata, se presenta un deslizamiento asociado a las intensas lluvias aunado a las características litológicas del lugar y a la pendiente escarpada, se origino el desprendimiento de un volumen de 35 m<sup>3</sup> equivalente a 70 toneladas en peso de rocas y suelo, afectando seriamente el muro perimetral de una vivienda la cual sufrió daños al contener parte del peso del material deslizado.

Otro deslizamiento que afecta a la cabecera municipal se ubica en el Barrio Zacatempa, en la carretera entre Molango y Atezca, este deslizamiento presenta las mismas características que el anterior, se infiere la afectación a 2 viviendas de tipo III.

Sobre el camino pavimentado entre las poblaciones de Acomulco y Jalamelco, se presentan constantes derrumbes de tipo traslacional en rocas arcillosas, fracturada e intemperizada;

afectan únicamente a ésta vía causando la incomunicación temporal con Molango (cabecera municipal).

Uno de los trayectos más vulnerable a deslizamientos se presenta sobre el camino entre Agua Tapada y Boca de León, donde la reptación ha dejado evidencia en los árboles (están inclinados); prácticamente en todo el trayecto se presenta este fenómeno, el problema es originado por el exceso de humedad en los suelos que suelen ser de espesor considerable. Esto representa un grave problema ya que al deslizarse la ladera, más de 10 poblados quedarían incomunicados con Tlahuiltepa que es la cabecera municipal (Fotografía 7.2.1.1.25.).



**Fotografía 7.2.1.1.25.- En Tlahuiltepa, el camino es afectado por deslizamientos.**

En la localidad de La Nueva Era, el deslizamiento de la ladera sur del cerro ha dañado a 7 casas y 28 habitantes, además de dejar incomunicado al pueblo con Tlahuiltepa. El volumen deslizado es de 30 m<sup>3</sup>, el material es suelo medianamente compactado que se ha reblandecido con la absorción del agua dando origen a la inestabilidad de la ladera; para recibir este material se construyó un muro de gavión con la finalidad de intentar mitigar el problema sin embargo, el volumen sobrepasa la capacidad de este muro de contención (Fotografía 7.2.1.1.26.).



**Fotografía 7.2.1.1.26.- En Nueva Era, los deslizamientos afectaron a 7 casas a pesar de la construcción de un muro de gabi6n como obra de retenci6n de materiales.**

En el camino de Eloxochitl6n-Juarez-Tlahuiltepa, se mapearon varios deslizamientos de tipo traslacional, el material consiste de basaltos y toba riol6tica fuertemente intemperizada, donde el tama1o de las rocas que se deslizan son de hasta 2 m causando gran afectaci6n a este camino, en la localidad de Itzacoyotla existe reptaci6n que afecta a 10 viviendas, las cuales son evacuadas en temporada de lluvias para evitar p6rdidas humanas (Fotografía 7.2.1.1.27.).



**Fotografía 7.2.1.1.27.- Sobre el camino de Eloxochitlan Ju6rez-Tlahuiltepa, los deslizamientos se componen de fragmentos de roca.**

En el Cerro del Águila se observó evidencias de deslizamientos, existe reptación otro factor importante, como el agua y las fuertes pendientes de las laderas y en algunos puntos ha desencadenado el deslizamiento de los taludes y partes del cerro donde el material deslizado consiste en suelo y bloques de 1 m, el fenómeno afecta al camino y a 4 casas del tipo II asentadas sobre la ladera.

La localidad de Quetzalzongo se ubica entre los poblados de Molango y Tlanchinol, a finales del 2008 se genero un fuerte deslizamiento abarcando 50 m con un volumen considerable mayor a 1500 m<sup>3</sup>, la litología del lugar consiste de material tobáceo y brecha volcánica medianamente intemperizado.

En el camino de terracería entre las comunidades Lolotla y Temacuil se presentan frecuentes deslizamientos en lutitas, coluvión y suelos de espesores mayores a 2 m, con volúmenes de material removido entre 20 y 40 m<sup>3</sup>, estos deslizamientos son de tipo traslacional y afectan principalmente a la vía de comunicación.

En la comunidad de Temacuil este fenómeno afecto al camino y a 6 viviendas de tipo III que se encuentran cercanas al corte del talud; la formación de los deslizamientos se debe principalmente a la saturación de suelo y roca por transmisiones de agua causando inestabilidad en la ladera.

En el poblado de Ixcatlán, se infiere la posible formación de un deslizamiento que afectará a 10 viviendas se encuentran asentadas en la ladera, la litología corresponde a lutita-arenisca, con espesores de suelo es de hasta 5 m.

Sobre la carretera entre Tlanchinol-Huejutla, es frecuente observar deslizamientos de tipo traslacional los cuales afectan esta vía de comunicación, así como a 5 casas de tipo II, la litología corresponde a un basalto muy fracturado e intemperizado; la causa principal de la formación de este fenómeno es por el corte de carretera el cual debilita al talud.

A lo largo del tramo carretero pavimentado Tlanchinol-Molango y en el camino de terrecería que accede a la comunidad de Huitznopala se observan múltiples deslizamientos generados principalmente en suelos y coluviones procedentes del intemperismo de basaltos fracturados e intemperizados. El espesor del suelo es de 20 cm, aunado a esto, la excesiva humedad en la ladera propicia la formación de la remoción de masas, la afectación es únicamente al camino.

Los deslizamientos en la parte oriente de la Región se presentan principalmente en rocas arcillo-arenosas (Paleozoicas) y arcillo calcáreas (Mesozoicas), las cuales han formado delgadas capas de sedimento que van de escasos centímetros hasta dos metros de espesor, este material es producto de los agentes físicos- químicos que intervienen en los procesos de erosión e intemperismo, y está constituido por arenas y arcillas que envuelven cantos y bloques de rocas persistentes. Cabe señalar que este sedimento se aloja en las partes bajas de las laderas de las sierras cuyas pendientes son de fuerte ángulo de inclinación (superiores a 40°), aunado al alto índice de precipitación 500-2500 mm/año y a la alta deforestación, lo que ha facilitado la formación de planos de deslizamiento.

Sobre la carretera estatal que comunica los poblados de Lolotla-Calnali se presenta un deslizamiento, las rocas que conforman el área son lutita-arenisca de la formación Guacamaya de edad Paleozoico, estas rocas están fuertemente plegadas y fracturadas. El área afectada es la carretera por lo que en temporada de lluvias hay que retirar material que se desprende de los taludes (Fotografía 7.2.1.1.28.).



**Fotografía 7.2.1.1.28.- En Lolotla-Calnali, los deslizamientos obstruyen el camino.**

Entre Tianguistengo y Yatipan, a la altura de Loma Tepehuixco, las rocas que predominan son terrígenas de la formación Guacamaya de edad Paleozoico, morfológicamente se tienen laderas cuyas pendientes oscilan entre los  $45^{\circ}$ , factor importante para el desarrollo de deslizamientos. El espesor de suelo no rebasa los 2 m y se observa una alta deforestación. Este deslizamiento afecta únicamente a la carretera antes mencionada.

Sobre el camino a Tepaneca, existen varios deslizamientos cercanos a Chapula, aproximadamente a lo largo de 2 km, afectan principalmente esta vía de comunicación, éstos se originan asociados a la alta deforestación que se presenta en la zona, cabe mencionar que dentro de estos deslizamientos puede haber bloques caídos, ya que se deslizan junto con la masa de suelo. El caído tiene una altura de aproximadamente 200 m y corta a varios niveles del camino (Fotografía 7.2.1.1.29.).



**Fotografía 7.2.1.1.29.- En Loma Tepehuixco, los deslizamiento que afectan el camino.**

Desde la comunidad de Atlaltipa Tecolotitla (Municipio de Atlapexco), se observa un gran deslizamiento sobre el poblado de Choteametl en la ladera norponiente, este se presenta en forma de media luna con un escarpe de al menos 30 m de altura, el deslizamiento es de tipo rotacional, la litología del lugar consiste en una secuencia de arenisca-lutita, las discontinuidades de la roca no están a favor de la pendiente de la ladera, sin embargo se observa la presencia de agua en las paredes del escarpe, factor detonante para la formación de deslizamientos, ya que causa saturación y reblandecimiento del material. En la parte sur de este deslizamiento y aproximadamente a 2 km se encuentra el poblado Achiquihuitla, el cual podría resultar afectado en caso de que el fenómeno continúe presentándose.

Sobre el camino entre los poblados de Acatepec, Texacal y Tenango, se presentan varios deslizamientos de tipo traslacional en una masa semicompacta de material caótico (arenas y bloques de 4 m), se observan filtraciones de agua y conchas de erosión; el espesor del suelo es de 30 a 50 cm (Fotografía 7.2.1.1.30.).



**Fotografía 7.2.1.1.30.- Entre Acatepec-Texacal y Tenango, los caminos son afectados por deslizamientos.**

En la comunidad Texcaco, tiene una población mayor a 2,000 habitantes, esta asentada en ladera de cerros con pendientes mayores a  $35^\circ$ , constituidos por tobas arcillosas de tonos rosa a rojizo, muy deleznable y fáciles de erosionar con la acción fluvial. Cada año en la temporada de lluvias, especialmente durante los meses de Junio a Octubre, se registran deslizamientos que hasta el momento no ha habido pérdidas humanas. Cabe resaltar que en la zona hay conchas de erosión, terrazas de reptación y formación de pequeñas cárcavas.

La realización del camino de acceso hacia la comunidad ha acelerado el problema de deslizamiento afectando a una vivienda, se observa erosión en el camino, reduciéndolo significativamente. Actualmente hay unas 50 casas en riesgo de deslizarse o quedar sepultadas en la temporada de lluvias.

Deslizamiento en ladera de cerros con pendientes mayores a los  $30^\circ$ , compuestos por lutitas estratificadas y plegadas, muy intemperizadas y fracturadas, fueron mapeados en el km 18+550, considerando que la zona que presenta el problema tiene una distancia de afectación por el fenómeno citado de 100 m de largo por 20 m de alto y espesor de material suelto de 4m, el material deslizado sería del orden de  $8000 \text{ m}^3$ , afectando al camino. El

fenómeno se presenta en una zona boscosa, con elevada deforestación, la densidad de vegetación es media, abundando árboles de talla alta, con abundantes escurrimientos lo que acelera el fenómeno de deslizamiento.

En el km 8+100 al 8+300, de la citada vía de comunicación, el corte de la carretera se da en la ladera de cerros con pendientes mayores a los 40° de composición volcánica predominando tobas arcillosas con alternancia de horizontes de aglomerado, coronadas por basaltos columnares orientados al NE-SW. Estas unidades litológicas están fracturadas, dichas estructuras sirven de canales al agua fluvial, facilitando la erosión de la carpeta asfáltica.

Hacia la porción noroeste de la Región, la presencia de deslizamientos es muy frecuente sobre las vías de comunicación, la mayoría de las veces acompañado de caída de bloques, los cuales afectan considerablemente las mismas, donde la mayor problemática se encuentra entre los poblados de San Simón norte-suranta Ana de Allende (Municipio de Tepehuacan-Chapulhuacan). Esta zona es muy inestable ya que es común tener deslizamientos a diferente escala, estos fenómenos son de tipo rotacional y traslacional, que dependen del tipo de roca y grado de alteración; a menudo los deslizamientos rotacionales ocurren en suelos arcillosos blandos, aunque también se presentan en formaciones de rocas blandas muy intemperizadas y los traslacionales se caracterizan por ser someros y formarse en suelos granulares, o bien están definidos por superficies de debilidad en formaciones rocosas, tales como planos de estratificación, juntas y zonas de diferente alteración o meteorización de las rocas. Estructuralmente este lugar se encuentra afectado por anticlinales, sinclinales, pliegues, etc. en general el área está constituida por roca caliza, lutita, arenisca, conglomerado, aunado a todo esto, el problema se agrava debido al ángulo de corte del camino, altas precipitaciones, áreas deforestadas, cultivo sobre laderas inestables y en algunos de los casos por pastoreo. La masa rocosa de materiales como lutita y arenisca son los tipos de roca más susceptibles en las cuales los deslizamientos se presentan en mayor proporción debido a las condiciones del intenso plegamiento y fracturamiento que son zonas propicias para la formación de planos de deslizamiento.

Entre los poblados de Temalgo, Jalpa, Pueblo Nuevo, Huitepec y Ixtlapala, se tienen deslizamientos esporádicos, estos son de tipo traslacional, la litología corresponde a caliza plegada muy intemperizada, la principal afectación es a las vía de comunicación.

En la parte norte de la Región los deslizamientos se presentan en lutita-arenisca de la formación Chicontepec del Terciario y en menor proporción en rocas volcánicas (basalto-andesita) del Mioceno. Esta parte de la Región presenta una topografía variada con pendientes que oscilan entre los 45°, donde se observan relieves de tipo montaña, lomeríos y pequeños valles.

La formación de los deslizamientos en esta porción de la Región está influenciada por la alta deforestación, la gran cantidad de precipitación cuyos rangos van de 500-2500 mm/año la cual tiene fácil penetración al plano de deslizamiento del talud favoreciendo los desplazamientos del suelo cuyos espesores oscilan de 50 cm a 2 m, las fuertes pendientes, así como el rompimiento de rocas provocado por la construcción de caminos, donde los caminos son las áreas que resultan con mayor afectación. A continuación se describe a mayor detalle la problemática mencionando algunas localidades.

En el municipio de Tlanchinol, sobre el camino de terracería que comunica a las comunidades de Cuatlimax-San Miguel-Tlahuelompa-Pimienta, se presentan una serie de deslizamientos de tipo traslacional en una secuencia de rocas lutita-arenisca las cuales están fuertemente intemperizadas y presentan un intenso fracturamiento, también se llegan a observar áreas donde se tiene material coluvial no consolidado, cabe señalar que en los alrededores del poblado de San Miguel se encuentran un sistema de fallas normales con orientación NW-SE, con inclinación al NE, posiblemente estas fallas pueden estar dando origen a la formación de planos de inestabilidad; pues la presencia de fallas es uno de los factores que potencialmente pueden originar a la formación de los deslizamientos (Fotografía 7.2.1.1.31.).



**Fotografía 7.2.1.1.31.- Deslizamiento en suelo y fragmentos de lutita-arenisca sobre el camino a Tlanchinol.**

El camino hacia Talol (Municipio de San Felipe Orizatlan) presenta problemas de deslizamiento de tipo trasnacional en lutita-caliza, en la parte superior de la ladera se observa un área de cultivo, por lo que esta zona ha sido deforestada lo que ha debilitado esta zona y propiciado la formación del deslizamiento.

Hacia los poblados de San José-Chalchocotipa-Santa María Catzotipan (Municipio de Tlanchinol) se observan una serie de deslizamientos sobre los caminos principales, las rocas que afloran corresponden a secuencias de lutita-arenisca intercaladas fuertemente fracturadas con estratificación delgada, el material deslizado es de tamaño fino con fragmentos de roca de 30 cm aproximadamente.

En la carretera federal 105 hacia el poblado de Acatipa se observa un deslizamiento en rocas basáltica muy alteradas, las discontinuidades son diaclasas y fracturas; la ladera tiene una inclinación de más de 45°; dentro del deslizamiento se encuentran bloques de hasta 1m de diámetro, este deslizamiento afecta únicamente a la vía de comunicación entre Tlanchinol y Huejutla.

En la localidad El Balcón, la litología consiste en un paquete de tobas riolítica y andesítica, las cuales presentan fracturas y diaclasamiento, con una inclinación de ladera de 35°, en las partes altas de los cerros, afloran derrames de composición basáltica. Hasta el momento los deslizamientos no se han hecho presentes, pero se infiere la formación de estos, debido a que la altura del talud tiene un desnivel de 40 a 50 m, es posible observar los agrietamientos sobre el talud. La abundante vegetación es un factor importante que evita el deslizamiento de la ladera, en este lugar se encuentra el asentamiento de tres viviendas tipo II, que en caso de que se suscitase el fenómeno resultarían afectadas, por el escarpe de la misma.

Otra zona de importancia se encuentra sobre el camino que comunica a Santa María Catzotipan-Chalchocotipa-Ahuehuetitla, esta es una zona de constantes deslizamientos debido a que las laderas de los cerros Santa María, Cerro Xolochichico y Cerro Tepemaxac, aflora una secuencia de arenisca-lutita, muy fracturada e intemperizada, además de que se tienen extensas áreas donde hay depósitos de coluvión no consolidado.

Regionalmente esta área se encuentra muy escarpada y en algunas partes se tienen coronas de deslizamiento, lo que nos indica que estas laderas son muy susceptibles a la formación de zonas inestables, esto afectaría a las comunidades de Peyula, Tequispizal, Las Conchitas y Acayahual.

Esta inestabilidad presente en las comunidades antes mencionadas, cubre un área de 200-250 m lineales con un espesor de suelo que oscila de 20-50cm y el volumen de material desplazado es de 150-200 m<sup>3</sup>.

En el municipio de Atlapexco, la vía de comunicación entre los poblados de Tierra Playa e Itzócal está afectada por una serie de deslizamientos continuos de tipo traslacional, desarrollándose en una secuencia de intercalaciones de rocas lutita-arenisca, plegadas y fracturadas, la formación de estos se debe al corte de carretera, el ángulo de inclinación del talud es de 50°, el material deslizado es suelo con fragmentos de rocas de 20 cm

aproximadamente. El espesor de la capa de suelo es de 30 cm. El material continúa deslizándose.

En la zona conurbana de Huejutla de Reyes, existen cuatro colonias afectadas por la presencia de deslizamientos. En la colonia La Garita, actualmente no se observan deslizamientos significantes, pero se infiere la formación de este debido a que existen las condiciones necesarias para que a futuro se presente este fenómeno, ya que recientemente introdujeron el drenaje, lo que provoco que esta parte de suelo se encuentre debilitado; la litología del lugar consiste de una secuencia de arenisca-lutita de la formación Chicontepec, esta se encuentra deleznable e intemperizada, otro factor es que en la parte alta de la ladera, las corrientes de agua están formando surcos de forma perpendicular a la pendiente de la ladera lo que favorece la filtración del agua. En esta colonia se encuentran asentadas 10 casas construidas de block, madera y lámina.

En la colonia Rojo Gómez, Obrera y Fayad Orozco, en Huejutla, se tiene un problema latente de deslizamiento, ya que en este lugar se observa una zona de escarpe de aproximadamente 30 m de altura, en la cual existen 2 viviendas ubicadas en la orilla de la parte superior de la ladera (Colonia Rojo Gómez) y 5 en la parte inferior (Colonia Obrera y Fayad Orozco); la ladera es estable ya que las discontinuidades no están a favor de la pendiente, la litología consiste de lutita-arenisca, sin embargo existe excesiva cantidad de agua en el lugar, debido a la presencia de una pequeña cascada a escasos metros, lo que podría ser un factor determinante para provocar la formación de un deslizamiento, como se ha mencionado anteriormente el exceso de agua infiltrada origina saturación en el suelo causando reblandecimiento y consecuentemente inestabilidad de laderas; en caso de que las viviendas ubicadas sobre la ladera se deslizaran causarían gran afectación a las que se ubican en la parte baja.

En la Colonia los Frailes, en Hujcutla la construcción de uan vivienda propició la deforestación en la ladera, causando una zona inestable, donde se observan 4 viviendas de tipo lldañadas (fracturamiento en paredes) así como las escaleras de acceso a la misma. Existe evidencia de que se han caído algunas bardas, de acuerdo a la información de habitantes, además mencionan que la roca firme (secuencia de arenisca-lutita intemperizada)

se encuentra a 1.5 m de profundidad, aunado a esto, la presencia de humedad en la ladera por abundantes escurrimiento y por el río que pasa en la parte baja de la misma dan origen a la formación del deslizamiento (Fotografía 7.2.1.1.32.).



**Fotografía 7.2.1.1.32.- En Los Frailes, los deslizamientos antiguos son cubierto por vegetación.**

En la parte poniente de la Ciudad de Huejutla de Reyes, entre las localidades de Chililico-Tepextitla-Oxtamal Dos-Acuapa se observan varios deslizamientos de tipo traslacional en diferentes tramos de la carretera sobre intercalaciones de roca lutita-arenisca fuertemente plegadas, estos se deben al corte de la carretera.

En el municipio de Jaltocán, sobre el camino hacia los poblados de Petacotitla, Amaxac Uno, Cuaxocotitla, Zapotitla, Tetzahapa, Ixcatlan, Chalahuizintla, Tamalcuatitla, se observan varios deslizamientos de tipo traslacional en lutita-arenisca; estas rocas están fuertemente plegadas, se observan raíces de arbustos en zonas de fractura, el espesor de suelo varía entre 20 y 50 cm, la inclinación de talud es mayor a 45° y el volumen de los deslizamiento son de 20 m<sup>3</sup> hasta 50 m<sup>3</sup>.

Hacia los poblados de Las Nueces, Ahuantzintla, Atappa, Huhuetla, Chacatitla, Carretera Federal No. 105 se tienen zonas de deslizamientos que afectan esta vía de comunicación.

En la comunidad de Huhuetla existe un deslizamiento de tipo traslacional con un volumen de  $20 \text{ m}^3$  que afecta a 4 casas del tipo III con aproximadamente 20 habitantes, estas viviendas se encuentran a una distancia de 20 m del deslizamiento; el espesor de suelo es de 60 cm, la transminación del agua es un factor que favorece la saturación del suelo dando origen a la formación de deslizamientos, la evidencia de ello es que se observa la presencia de zanjas y escurrimiento entre el suelo. La litología corresponde a un conglomerado mal consolidado, con volúmenes faltantes moderados en los cortes del talud.

A la altura de Atapa existe otra zona inestable, el volumen deslizado hasta el momento es de aproximadamente  $25 \text{ m}^3$ , en el área el espesor del suelo es de 40 cm, producto del intemperismo físico-químico de rocas sedimentarias arenisca, lutita. Este fenómeno afecta a la Escuela Primaria. Rural Francisco I. Madero con capacidad para 30 alumnos.

En el camino de terracería entre las comunidades de Talnepantipa y Coamila, municipio de Huejutla se observan indicios de posibles deslizamientos, el espesor de suelo es de aproximadamente 1.5 m, el macizo rocoso consiste de arenisca-lutita fuertemente plegada. Este fenómeno solo afecta a la vía de comunicación.

El área que presenta el problema tiene una longitud de 500 m, se ubica sobre el camino de terracería Tiocuatitla afectando a un total de 8 viviendas de tipos II y III con 40 habitantes. La distancia entre el deslizamiento y las viviendas es de 500 m. La litología es lutita-arenisca con un espesor de suelo de 1.5 m y un volumen deslizado de  $25 \text{ m}^3$ , sin saturación de agua en la ladera.

En la porción oriente de Chicontepec, los deslizamientos se presentan en lutita y arenisca de la formación del mismo nombre de edad Terciario. Este tipo de rocas por sus características físicas (plasticidad), intenso fracturamiento y deformación han creado las condiciones propicias para dichos deslizamientos aunando como se menciona anteriormente a la deforestación, altas precipitaciones y fuertes pendientes. Los taludes están constituidos por masas caóticas de conglomerados no consolidados, donde se involucran gravas, arenas y en

algunas ocasiones cantos rodados 10 a 20 cm de diámetro y bloques de hasta 2 m de diámetro. Una señal del deslizamiento en estas zonas son las conchas de erosión, las terrazas de reptación y troncos de árboles inclinados a favor de la pendiente que indican el movimiento de masas. En la zona la principal afectación se da en caminos que conducen a las comunidades de Pesmayo, Amolo, Mesa Cueteada y Texoloc, cabe señalar que estas vías son muy transitadas ya que comunican hacia Xochiatipan que es la cabecera del municipio (Fotografía 7.2.1.1.33.).



**Fotografía 7.2.1.1.33.- En Pesmayo-Amolo-Mesa Cueteada-Texoloc, afectación a las carreteras son por deslizamientos.**

La porción sur del municipio de Xochiatipan, en Acanoa, se presentó un deslizamiento que hasta el momento ha tirado una barda y otra la desplazó hasta topar con una casa, pueden observarse conchas de erosión que indican movimientos, si el desplazamiento fuera mayor podría afectar hasta 30 viviendas y 120 habitantes. Las partes altas la zona han sido deforestadas, como se mencionó anteriormente esto puede ser un factor importante para favorecer el deslizamiento.

Sobre el camino que comunica a las comunidades de Huautla-Tohuaco, existe una zona de inestabilidad en la ladera, uno de los principales factores que provoco la presencia de este

fenómeno fue la construcción de la carretera entre las poblaciones mencionadas anteriormente, aunado a esto, la ladera presenta un nivel freático somero; la litología del área consiste de basalto muy fracturado e intemperizado, en las partes altas el material arcilloso se desprende en forma de grandes bloques por lo que llega a tener un comportamiento geotécnico tipo suelo. El deslizamiento es de tipo traslacional y la afectación es únicamente al camino. Se estima un volumen de material deslizado de aproximadamente de 3,000 m<sup>3</sup>.

En la parte sureste de la Región la formación de deslizamientos afectan considerablemente al municipio de Zacualtipán y Tianguistengo, los caminos son los que presentan mayor problema, sin embargo la población es la que resulta afectada, ya que continuamente estas permanecen sin acceso. Las principales vías dañadas en el municipio de Tianguistengo están localizadas entre los poblados de Tianguistengo-Pemuxco y Tianguistengo-Santa Mónica; en la primera vía se observan deslizamientos de lutita altamente intemperizada que con la presencia de agua se reblandecen, se observa que se han utilizado gaviones para amortizar el desprendimiento del material que es aproximadamente de 2,925 m<sup>3</sup>. Respecto al camino Tianguistengo-Santa Mónica, la litología consiste en una secuencia de caliza-lutita plegadas con alto intemperismo y al estar en contacto directo con el agua esta se debilita más rápidamente, el material arrastrado por el deslizamiento consiste de bloques de roca que van desde los 50 cm. hasta 1 m. de diámetro, el volumen del deslizamiento es de 864 m<sup>3</sup> aproximadamente.

En el municipio de Zacualtipán las vías que presentan afectación por este fenómeno están localizadas entre las comunidades de Zacualtipán-Coatitla, Zacualtipánorte-Suroyatla y Zacualtipán-Zahuastipán. Estos se han generado en basaltos altamente intemperizadas cubiertos por suelo con espesores que oscilan entre los 50 cm; las grandes cantidades de agua infiltrada han suscitado el desplazamiento, aunado a los cortes de talud que tienen una pendiente mayor a los 40° y alturas de hasta 15m. Sin embargo la comunidad de Chinancahuatl es una de las poblaciones más vulnerables a este fenómeno, ya que la única vía de comunicación hacia el mismo continuamente esta obstruida debido a la generación de deslizamientos, y consecuentemente esta población permanece incomunicada.

Es importante señalar que también se presenta este fenómeno en localidades donde la población está expuesta de manera directa, esto en cuanto a que hay casas que presentan daños (agrietamientos); en la localidad de Tlanguistengo (cabecera municipal), en la colonia El Ocote , este asentamiento es de reciente construcción (la cual tiene 13 años) 40 viviendas tipo IV están asentadas sobre la ladera, donde la pendiente oscila entre los 40°; el río Huayatepa transcurre sobre la misma (nivel freático superficial), el material donde se localiza el asentamiento corresponde a suelo poco consolidado con espesor de 30 cm, el rumbo del deslizamiento es de 40°, la roca es poco visible y está muy intemperizada.

En la localidad La Morita, en el municipio de Zacualtipán se presenta un problema por deslizamiento, uno de los factores detonantes de este fenómeno es la construcción de la carretera, donde fue necesaria la extracción de material de la ladera sobre la cual están asentadas 10 viviendas, quedando 4 expuestas, ya que solo dejaron 1m de distancia con respecto al talud que tiene una inclinación que corresponde a 85° y una altura de 6 metros; la litología está constituida de una secuencia de caliza-lutita, con intemperismo alto.

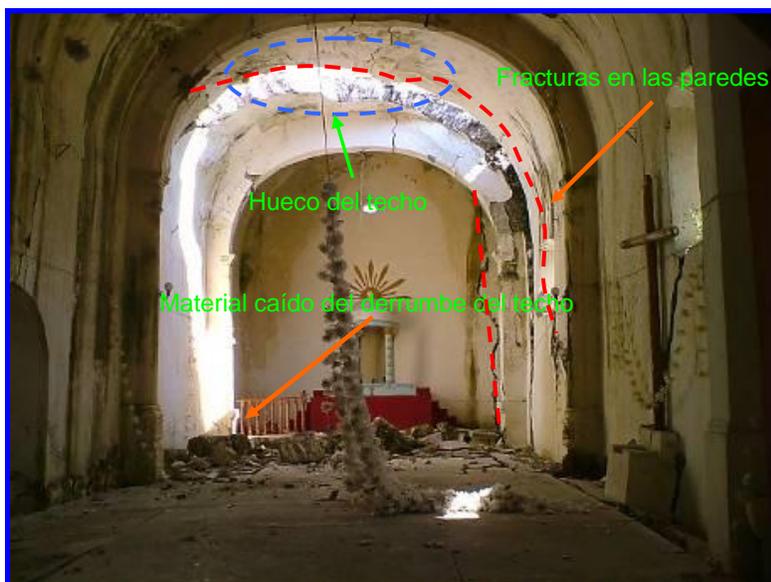
Sobre el camino entre las comunidades de El Rincón y Fray Francisco (municipio de El Arenal); a 800 m de Fray Francisco, se observa una zona donde el camino pavimentado presenta deslizamiento, se observan grietas muy marcadas y prolongadas, además de terrazas que han sido desplazadas pendientes abajo; en esta parte del camino se tiene un área de aproximadamente 2 m de ancho por 30 m de largo, que se encuentra muy inestable. El material es de composición tobácea, por lo que se comporta como suelo al estar en contacto con el agua; el mecanismo de movimiento del fenómeno es de tipo traslacional. El problema se puede mitigar sí se coloca un muro de contención con un sistema de desagüe adecuado, con la finalidad de mantener esta parte de la ladera lo menos húmeda posible (Fotografía 7.2.1.1.34.)



**Fotografía 7.2.1.1.34.- En El Rincón y Fray Francisco, las vías de comunicación son afectadas por deslizamientos.**

En Santa María Amajac donde se encuentra ubicada la iglesia y el panteón se tiene marcada la traza del escarpe de falla circular tipo rotacional. La afectación es muy severa, la iglesia (cerrada) en cualquier momento se puede derrumbar, ya que se encuentra seriamente dañada, esta presenta un basculamiento de 4º con dirección al escarpe, además de que la tumbas que se encuentran en los márgenes del mismo se desplazaron de 2 a 3 m de forma vertical teniendo un marcado basculamiento que coincide con la iglesia.

El material deslizado provocó desplazamiento de la barda perimetral del panteón 2.0 m aproximadamente y del camino de terracería, además de ruptura de la tubería de agua y azolvamiento del canal de riego. Otra de las afectaciones son al salón de usos múltiple y a una casa habitación (Fotografía 7.2.1.1.35.).



**Fotografía 7.2.1.1.35.- En Santa María Amajac, ruptura de la cúpula, producto de un deslizamiento que afectó también al panteón.**

La litología del lugar está compuesta hacia la base de andesita y en la parte superior se tienen depósitos de origen lacustre constituido por arenas y conglomerado polimíctico mal consolidado. De acuerdo al análisis realizado por medio de ortofotos se observa que en esta zona se tienen una serie de alineamientos NE-SW, ya que precisamente en este lugar el río Amajac cambia su curso de NW-SE a NE-SW y posteriormente cambia nuevamente NW-SE, lo que infiere que el deslizamiento es originado por fallas activas locales (Fotografía 7.2.1.1.36.).



**Fotografía 7.2.1.1.36.- En Santa María Amajac, un deslizamiento que afectó la Iglesia y el Panteón.**

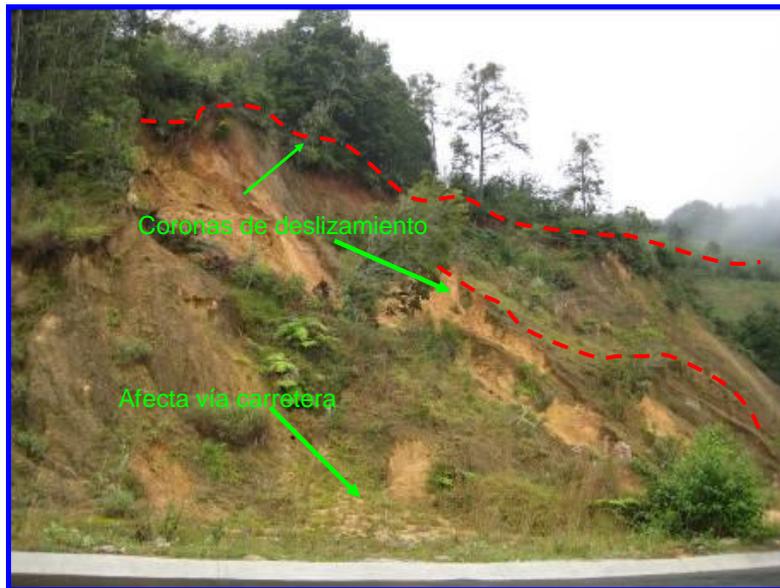
Se recomienda un constante monitoreo del área con la finalidad de poder determinar con exactitud el área de afectación, así como, un estudio geológico a detalle.

En Huiloco, Barranca de Metztlán, predomina una alternancia de rocas sedimentarias que corresponden a lutita, marga y caliza de color gris claro de la formación San Felipe, las cuales se presentan fuertemente plegadas y fracturadas donde la inclinación de los estratos es de  $55^{\circ}$  con rumbo de N  $270^{\circ}$ , el deslizamiento es de tipo rotacional con un volumen desplazado de  $500 \text{ m}^3$  y 1 km lineal de deslizamiento que afecta la carretera pavimentada que comunica de Huiloco a Hualula, la altura de la ladera está entre los 40 y 50 m, en esta zona existen antecedentes de deslizamientos, el espesor de la capa de suelo es de 20 a 30 cm, existen evidencias de huecos en las laderas contiguas, la vegetación en la zona es moderada, presentándose así amenaza alta (Fotografía 7.2.1.1.37.).



**Fotografía 7.2.1.1.37.- En Huiloco, los deslizamientos afectan las vías de comunicación.**

En la localidad de Hualula la litología consiste en una alternancia de lutita y conglomerado polimíctico, el deslizamiento es de tipo traslacional, siendo la dirección de caída del talud de  $185^\circ$  con una altura de 20 m, el espesor de suelo es menor a 30 cm, vegetación moderada, la afectación es a 24 viviendas construidas de block con techos de loza y lamina (Fotografía 7.2.1.1.38.).



**Fotografía 7.2.1.1.38.- En Hualula, el camino es afectado por deslizamientos.**

En la localidad El Terrero, municipio de Huejutla, afloran lutita y arenisca de la formación Chicontepec, siendo la vegetación intensa, con un espesor de suelo de 50 cm, en la cual es posible observar un desnivel entre el valle o fondo de la cañada de 50 a 100 m, la inclinación de las laderas es de 67°, con una dirección N 310°, se observaron grandes volúmenes de material faltante con grandes extensiones de tierra deforestada. La afectación es a 100 casas de tipos III y IV con una población de 400 habitantes.

En Palo Gordo municipio de Huejutla, afloran lutitas y areniscas, los deslizamientos son de tipo traslacional la dirección es al SW e inclinación del talud de 48°, existen deslizamientos someros en la Región, donde los estratos se observan a favor del talud, el espesor de la capa de suelo es de 50 cm, el volumen de material a deslizarse es de aproximadamente 600,000 m<sup>3</sup>, la vegetación es nula es decir área deforestada, las raíces de los arbustos se pueden observar en las fracturas, de las mismas rocas, existiendo afectación a vías de comunicación como es el camino de acceso que comunica de la localidad de Ecuatitla a Palo Gordo.

En Ixtlacuayo perteneciente al municipio de Atlapexco, las rocas que afloran son arenisca y lutita de la formación Chicontepec, donde se presenta amenaza moderada, sobre el camino que comunica a Humotitla e Ixtlacuayo, en la zona urbana se tiene una amenaza alta por deslizamientos los cuales son de tipo traslacional asociado a caída de bloques, el volumen de material a deslizarse en esta zona es de 6300 m<sup>3</sup>, la inclinación del talud es de 23° con una dirección NW, altura de ladera que oscila de 60 a 70 m viéndose afectadas 25 viviendas de tipos II y III con una población de 100 habitantes (Fotografía 7.2.1.1.39.).



**Fotografía 7.2.1.1.39.- En Ixtlacuayo, la escuela ubicada en la parte baja de la ladera, se encuentra en zona de peligro alto por deslizamientos.**

En el tramo de la carretera estatal Atlatipa-Tlalchihualica municipio de Atlapexco, la litología corresponde a lutita, arenisca de la formación Chicontepec, esta unidad es de estratificación delgada constituida por material terrígeno que es fácil de erosionar con la acción del agua, debido a las pendientes escarpadas de las laderas y escasa vegetación este lugar es propenso a sufrir daños por deslizamientos de tipo traslacional, acompañado con arrastre de bloques el volumen de material a deslizarse es de  $90,000 \text{ m}^3$ , la inclinación del talud es de  $75^\circ$  con una dirección de SW, el espesor de la capa de suelo es menor a un metro.

En Pahactla perteneciente al municipio de Yahualica, la litología del área corresponde a lutita, arenisca y coluvión, los deslizamientos en la zona son de tipo traslacional presentando así amenaza alta, se tiene una ladera inestable compuesta por lutita en la cual no se observa ninguna discontinuidad debido a que el material es caótico, existen aproximadamente 100 viviendas de tipos II y III.

En Santo Tomas municipio de Yahualica, la litología de esta zona corresponde a basalto muy intemperizado, generalmente el fenómeno es producto de las constantes precipitaciones que

se registran en esta Región, el volumen de material a deslizarse es aproximadamente de 500,000 m<sup>3</sup>, la principal afectación es al camino de terrecería que va de Santo Tomas a Pahactla.

En Ahuacatlán perteneciente al municipio de Calnali, la litología corresponde a lutita y arenisca altamente intemperizadas, en un talud de aproximadamente 8 m de altura, los deslizamientos originados en esta área son de tipo traslacional, inducidos por elevadas precipitaciones que se dan de Junio a Octubre que es la época de lluvias, siendo registrados en el área hasta 1300 mm/año. El agua satura el material existente en el talud, removiendo 60,000 m<sup>3</sup> de material, mismo que llega a afectar 10 km lineales de la carretera que va de Calnali a Huejutla.

En Tlamamala que pertenece al municipio de Huazalingo, donde la litología esta representada por una alternancia de lutita y arenisca altamente intemperizadas y fracturadas, el problema se genera en el talud que es de aproximadamente 50 m de altura y es altamente inestable, los deslizamientos son de tipo traslacional, afectan al camino de terrecería que comunica de Huazalingo a Tlamamala-Olotla, el volumen deslizado es de 200,000 m<sup>3</sup>, el problema se extiende hacia el poblado de Tlamamala donde se observó 20 viviendas de tipo II, que al ser afectadas por el fenómeno, ponen en riesgo a una población de 80 habitantes.

En Tatacahuaco municipio de Atlapexco, la litología corresponde a una intercalación de lutita, arenisca muy fracturadas e intemperizadas, estas están expuestas en un talud de 10 m de altura el cual es altamente inestable, dando lugar a problemas de deslizamiento detonados por las altas precipitaciones presentes en esta Región, la inclinación de la ladera, la falta de suelo y escasa vegetación principalmente, afectan únicamente al camino que va de Tatacahuaco a Tetla. El daño es principalmente a tramo pavimentado saliendo de Yatipán hacia Chiatipán, el camino presenta fracturamiento paralelo a la dirección de la parte baja de la ladera, este problema se debe al socavamiento provocado por el agua hacia el material areno-arcilloso de la formación Méndez.

En el mismo poblado (Yatipán) se encuentran 15 viviendas de tipo II que ya presentan fracturamiento al igual que una escuela, alrededor de la zona se observa inclinación de los árboles y terrazas de reptación lo que indica movimiento masivo del terreno (Fotografía 7.2.1.1.40.).



**Fotografía 7.2.1.1.40.- En Yatipán-Chiatipán, el fracturamiento cartografiado sobre el camino, se debe al socavamiento del material.**

En Xoxolpa municipio de Calnali, la litología presente en el área es de arenisca-lutita de estratificación delgada pertenecientes a la formación Chicontepec, las cuales al contacto con el agua propician el reblandecimiento del material lo que genera los deslizamientos ya que en tiempo de huracanes el pueblo se queda incomunicado por el mismo fenómeno, resultando afectadas 20 viviendas construidas de barro con techo de lámina.

La afectación es también al camino de terracería que comunica de Ixcotitlán-Tonchintlán, la litología del área corresponde a arenisca conglomerado de la formación. Huizachal, la cual presenta estratificación, que va de media a gruesa, los deslizamientos originados son de tipo traslacional, cabe mencionar que este material se comporta como un flujo de detritos, incluyendo vegetación, el volumen deslizado es de 14,560 m<sup>3</sup> (Fotografía 7.2.1.1.41.).



**Fotografía 7.2.1.1.41.- En Ixcotitlán-Tonchintlán, el daño es por flujo de detritos.**

En el camino de Joquela a Mazahuacán, los deslizamientos se dan en caliza-marga de la formación San Felipe, debido a los deslizamientos que se suscitan pone en riesgo media población; en Mazahuacán se afectan 20 viviendas de tipo II las cuales están ubicadas sobre la ladera del cerro, en temporada de fuertes lluvias quedan incomunicados por los deslizamientos que ocurren en las vías de acceso a esta comunidad (Fotografía 7.2.1.1.42.).



**Fotografía 7.2.1.1.42.- En Joquela a Mazahuacán, sobre el camino se observa el material deslizado.**

Sobre el camino que comunica a Mixtla con Cuatlamayan, aflora un paquete lutita-arenisca de la formación Huayacocotla las cuales presentan un alto grado de fracturamiento, la morfología de la zona corresponde a laderas cuya pendiente oscila entre los 50°, factor importante para el desarrollo de los deslizamientos, el espesor de suelo no rebasa los 2 m, se observa alta deforestación, resultando afectado el camino antes mencionado y a 5 viviendas de tipo II, en la zona se observan terrazas de reptación lo que indican movimiento del terreno (Fotografía 7.2.1.1.43.).



**Fotografía 7.2.1.1.43.- En Mixtla-Cuatlamayan, camino es afectado por caída de detritos.**

Sobre el camino de Texacal-Tenango, afloran lutita-arenisca de la formación Guacamaya, las cuales tienen estratificación media e intenso fracturamiento, morfológicamente se tienen laderas cuya pendiente oscila entre los 55°, este deslizamiento afecta al camino antes mencionado y es de alto riesgo debido a que es la única vía de acceso a las comunidades de Tenango, Tuzancoac y Texacal mismas que quedan incomunicadas cada vez que se presenta el fenómeno (Fotografía 7.2.1.1.44).



**Fotografía 7.2.1.1.44.- En Texcal-Tenango, el camino de terracería afectado por deslizamientos.**

Entre Michumita con Texcaco, predominan las lutitas y areniscas con estratificación media y fracturamiento intenso, pertenecientes a la formación Guacamaya, los deslizamientos afectan principalmente al camino de terracería que comunica los poblados antes mencionados, morfológicamente se tienen laderas cuyas pendientes oscilan entre los 45°, el volumen de material desplazado es de 120,000 m<sup>3</sup>, este material al contacto con la lluvia se vuelve muy susceptible a reblandecerse provocando así deslizamientos que tienen comportamiento de flujo de detritos, acompañados en la mayoría de las ocasiones de caída de bloques siendo el diámetro de los bloques de roca de 5x10x15 cm (Fotografía 7.2.1.1.45.).



**Fotografía 7.2.1.1.45.- En Michumita, el daño al camino es por flujo de detritos.**

En Texcaco los deslizamientos se dan en lutita-arenisca de la formación Guacamaya, las pendientes en laderas donde se asienta la población oscilan entre los 60°, se observan terrazas de reptación y circos de erosión, lo que denota movimiento de masas, por lo que la población existente es susceptible a ser afectada por deslizamientos, siendo esta de 4000 habitantes. Hasta el momento se tiene una vivienda de tipo II afectada por la construcción de la carretera, ya que para el trazo de la misma cortaron la ladera del cerro con un ángulo de 90°, lo que aceleró los deslizamientos (Fotografía 7.2.1.1.46.).



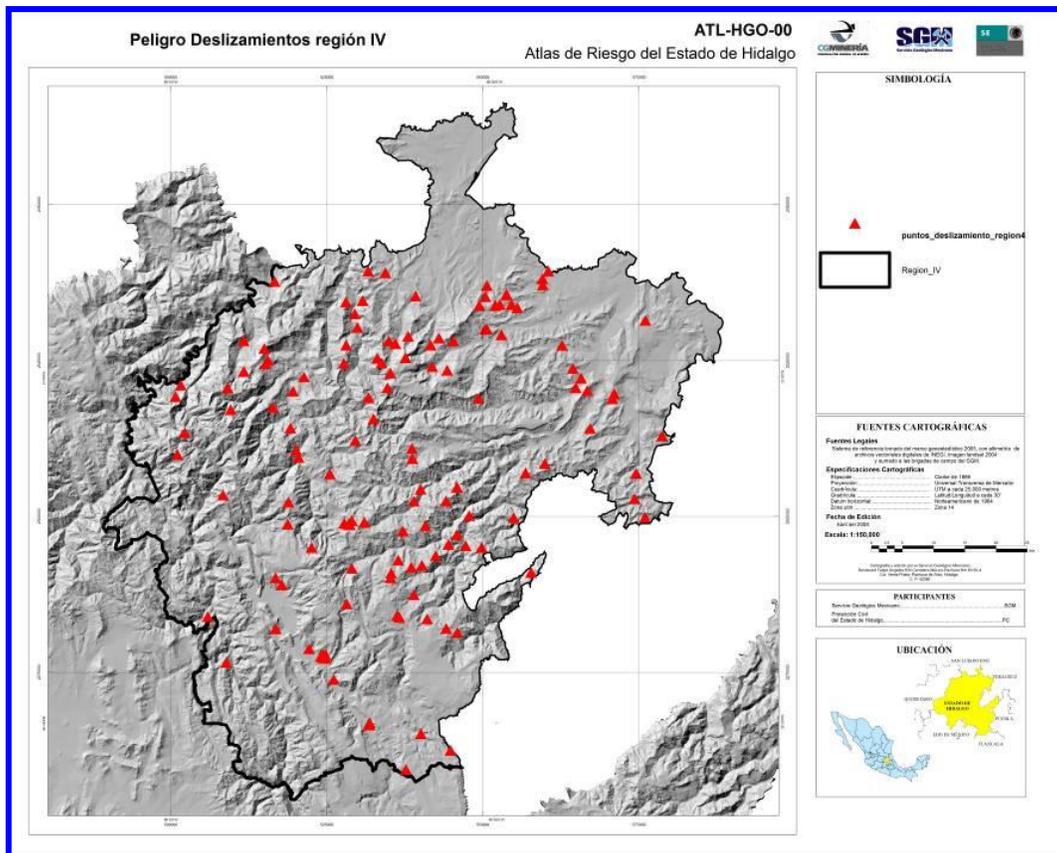
**Fotografía 7.2.1.1.46.- En Texcaco, las viviendas se construyeron en las faldas del cerro con riesgo alto a deslizarse.**

En la Colonia Las Cuevas municipio de Zacualtipán, predominan tobas muy susceptibles de erosionarse al contacto con agua, cabe mencionar que la zona es bastante irrigada e incluso se tienen manantiales lo cual favorece el reblandecimiento del sustrato rocoso generando así deslizamientos, las viviendas de la localidad se encuentran asentadas en una ladera con pendiente de 83°, la afectación es a 30 viviendas de tipo II, poniéndose en riesgo una población de 120 habitantes (Fotografía 7.2.1.1.47.).



**Fotografía 7.2.1.1.47.- En la colonia Las Cuevas (Zacualtipán), material deslizado afecta a viviendas.**

En la Figura 7.2.1.1.4., se observa la distribución puntual de los deslizamientos, a nivel Estatal, esta Región es una de las que presentan mayor índice en la problemática por la remoción de masas además de tener un alto grado de marginación.



**Figura 7.2.1.1.4.- Ubicación de deslizamientos en la Región IV.**

**a.5).- Región V**

Algunas comunidades pertenecientes al municipio de Chapulhuacan se ven afectadas por la presencia de deslizamientos; las carreteras son las partes más vulnerables, tal es el caso de del camino entre las comunidades de Santa Ana de Allende – Iglesia Vieja, que resulta severamente afectada por la presencia de un deslizamiento de tipo traslacional, donde se aprecia un volumen de material removido de 3,000 m<sup>3</sup> aproximadamente; dicho material es producto del intemperismo de la caliza, misma que se presenta plegada y fracturada. Una de las variables que propicia el deslizamiento, es la deforestación que en el lugar es muy alta, factor que eleva la pérdida de suelo especialmente en la temporada de lluvia; actualmente se

está construyendo un camino en la parte superior de la zona afectada, para tener conexión con las localidades de Barrio Arriba y Ojo de Agua, con los cortes se provocan movimientos de material pendiente abajo. Su afectación es únicamente al camino. Hacia la parte norte de Chapulhuacan, sobre el camino que comunica a la comunidad El Sótano, se presenta un deslizamiento sobre una secuencia de caliza-lutita, se caracterizan por estar intemperizadas, además de tener un nivel freático somero por lo que, el material se reblandeció causando el movimiento pendiente abajo; el volumen removido es de 1000 m<sup>3</sup> aproximadamente, este deslizamiento es de tipo traslacional.

Pisaflores es otro municipio de la Región que se ve afectado por la remoción de masas, hacia la comunidad Palmitas, la ampliación del camino ha debilitado el talud ocasionando la formación de deslizamientos, la roca consiste en una secuencia de caliza-lutita muy fracturada y plegada; donde la saturación de agua en la ladera debido a las fuertes lluvias (el nivel freático es somero), la alta deforestación y la fuerte inclinación de la ladera, fueron factores determinantes para convertir el área en una zona potencialmente inestable que afecta únicamente a la vía de comunicación. Este mismo fenómeno se presenta entre las comunidades de Guayabos-Miraflores, y en Tlacuilola.

La Localidad La Peña, es la comunidad mas afectada en cuanto a la presencia de deslizamientos, el camino que atraviesa la comunidad tiene 8 m de ancho, aunque en algunos tramos se ha reducido a 4 m, debido a que ha sido afectada por material desprendido del camino. En el lugar existen grietas de tensión, en la ladera y camino evidencia de movimiento de masas traducido a futuros deslizamientos. Este tipo de fenómeno afecta la comunicación hacia Miraflores así como a 10 casas de tipo II ubicadas sobre la zona de riego alto, hasta el momento solo dos viviendas presentan grietas en muros y pisos. A un costado del camino se tiene un manantial que brota de la ladera indicando que el nivel freático del lugar es somero, se tienen estructuras como grietas de tensión, conchas de deslizamiento y reptación de suelo.

Hacia el municipio de La Misión, en la entrada a la cabecera municipal, el desprendimiento de material de la ladera afectó al camino, en el lugar hay viviendas asentadas sobre la ladera del cerro, por el momento estas no han resultado afectadas.

En la comunidad de La Palizada, los constantes deslaves afectan al camino, a un par de metros se ubica un banco de material que es usado cuando se necesita revestir los caminos del lugar, esta actividad acelera la inestabilidad de la ladera, lo que puede llegar a perjudicar a una escuela preescolar, con capacidad de 15 alumnos.

En el municipio de Nicolás Flores, los deslizamientos se presentan muchas veces asociados a caída de bloques, aunque los volúmenes de material deslizado son mucho mayores en comparación con los bloques caídos, este fenómeno afecta principalmente al camino. Este fenómeno se presenta en gran parte del tramo de la carretera federal 85 desde Las Trancas hasta Jacala, aunque se considera de mayor riesgo el tramo recién construido entre las localidades de Rojo Gómez y Codornices, donde el volumen de material deslizado puede llegar a los 40,000 m<sup>3</sup>. Los deslizamientos se presentan principalmente en una secuencia de lutita-caliza con estratificación delgada a favor de la pendiente, en taludes de hasta 25 m de altura, además de ser las pendientes pronunciadas. Es común la falla de suelos en caminos secundarios que atraviesan lomeríos de pendiente moderada, con deslizamiento de material mixto (suelos y roca) que suele interrumpir el libre paso, aunque sin mayor afectación; tales caminos, como son las vías de Santo Domingo-Rancho Nuevo, Zimapán-Jacala, La Puerta-Potrerrillos, Ixtlataxco-El Aguacate. Otra de las localidades afectadas por este fenómeno son la comunidad de Quetzalapa, donde en la parte trasera del auditorio hubo un deslizamiento que movió un volumen de 150 m<sup>3</sup> de material compuesto por un conglomerado de matriz arcillosa, cerca de este punto se localizan 6 viviendas.

Al noroeste de la Región, en el municipio de Zimapán, en San Francisco, se presenta un deslizamiento en caliza estratificada e intemperizada, no se observan fracturas en ellas, el volumen deslizado es de aproximadamente 1,400 m<sup>3</sup>. Afecta 40 viviendas de tipo II las cuales se encuentra asentada sobre la ladera; el deslizamiento es de tipo traslacional.

En el municipio de Pacula, la litología corresponde a caliza estratificada e intemperizada, el deslizamiento es de tipo traslacional, el material arrastrado consiste de árboles de 3 m de alto y bloques de 2 a 4 m de diámetro, este deslizamiento afecta a 50 viviendas de block y techo de loza, el nivel freático es somero, la dirección de los caídos es al SE.

En la parte central de la Región se observó una importante zona de deslizamientos sobre el camino de terracería que va de Caltimacan a El Epazote, se tiene conglomerados en contacto con andesita que por erosión diferencial y la posición en la que se encuentran propicia la remoción de masas, aunado al corte de la carretera en donde los taludes presentan un ángulo mayor a los 45°, lo que facilita el deslizamiento de masas de tierra y roca. Cabe mencionar que otros deslizamientos fueron observados en las laderas de los cerros presentes en la zona de El Epazote, estos movimientos de masas obstruyen a los escurrimientos naturales de agua, lo que a futuro puede contribuir al desvío de estos escurrimientos y afectación a futuras áreas.

En la parte oriente de la Región, los deslizamientos se presentan en grandes dimensiones, afectando a las vías de comunicación, sin embargo las comunidades El Potrero y La Unión son las poblaciones afectadas directamente por este fenómeno, en las cuales las laderas son de unidades arcillosas (lutita) y las pendientes superan los 30°. A pesar de que aún no se han producido deslizamientos que afecten directamente a las viviendas, la localización de las mismas y la presencia de grietas en el terreno hacen que sean consideradas de riesgo, afectan a 25 casas asentadas sobre la ladera. Los tramos carreteros más dañados por deslizamientos son aquellos localizados entre las poblaciones de Bocua (Puerto El Durazno) y Villahermosa, pasando por las localidades de Dothú e Iglesia Vieja. En este tramo las laderas con deslizamientos potenciales o actuales superan los 150 metros de altura y poseen pendientes superiores a 45°.

Otros sectores donde se presentan deslizamientos son aquellos localizados entre El Arenalito y Moxthe. En este tramo los deslizamientos afectan principalmente a la vía pavimentada que comunica estas localidades. Las litologías corresponden a conglomerado y

arenisca intercalados que debido a la poca estabilidad de estos cortes carreteros y a la elevada erosión hídrica de la zona son muy susceptibles a deslizarse.

De manera puntual se localiza un tramo de camino de terracería en el acceso al Ejido La Gloria y Tolantongo en el cual afloran caliza estratificada con lutita que resultan inestables debido a las pendientes pronunciadas y a la intensa erosión en este sector. Este fenómeno afecta solamente al camino, En la Figura 7.2.1.1.5., se observa que la mayor problemática por deslizamiento se presenta en la parte centro norte de la Región.

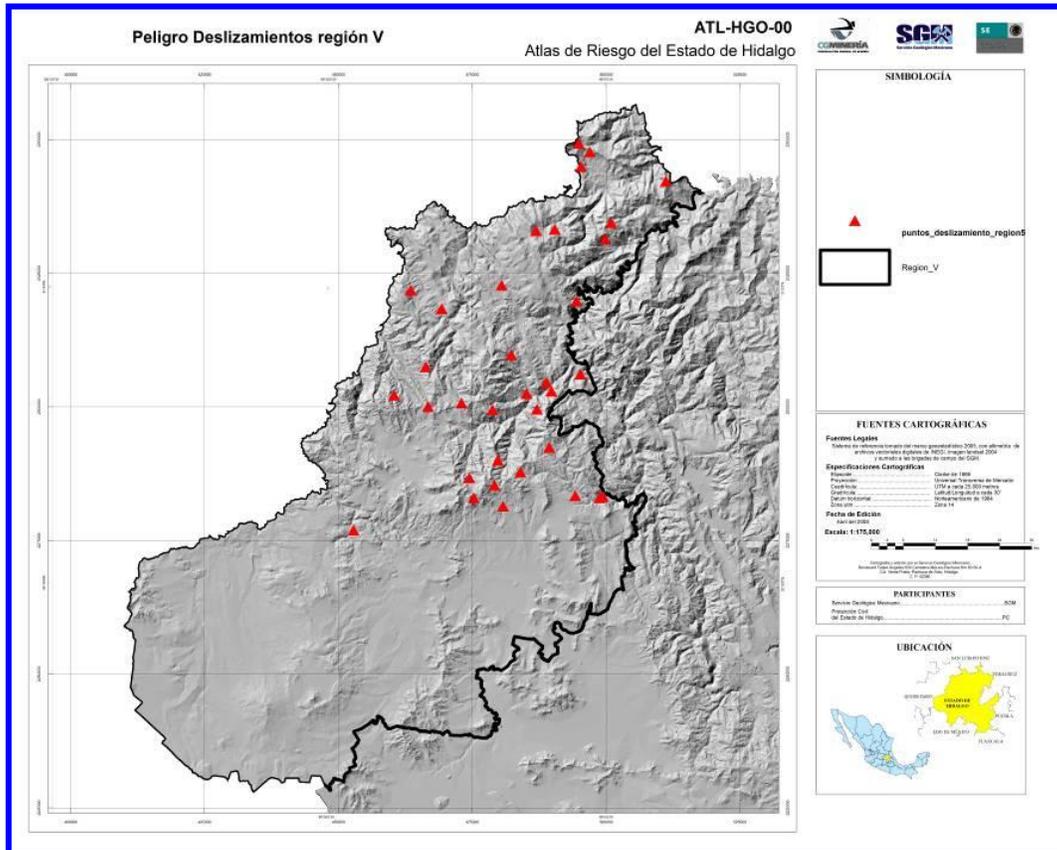


Figura 7.2.1.1.5.- Ubicación de deslizamientos en la Región V.

**a.6).- Región VI**

En Santa María Magdalena, límite con el Estado de Querétaro se tiene un camino pavimentado donde el volumen a deslizarse es de aproximadamente de 800 m<sup>3</sup>, y la afectación es directamente a caminos, en ocasiones estos son acompañados de caída de

bloques, el problema se agrava debido a altas precipitaciones, áreas deforestadas, cultivo sobre laderas inestables y en algunos de los casos por pastoreo.

En San José Piedra Gorda, los deslizamientos son originados por las características físicas químicas que presentan las rocas volcánicas y los taludes verticales que se originan al momento de construir las vías de comunicación.

Otros de los lugares que son susceptibles a deslizarse son El Barrio, La Loma y Barrio el Montecillo, donde resultan afectados los caminos que conducen de San José Piedra Gorda a dichos barrios y el que lleva a la localidad de El Huizache, donde la afectación es aproximadamente de 8 km lineales de cinta asfáltica, 40 viviendas de tipo IV y algunas de tipo III con 160 habitantes, el volumen desplazado es de 800-900 m<sup>3</sup>, también se tienen asentamientos sobre depósitos de pie de monte; donde el material se encuentra suelto, constituido por gravas, guijas, cantos y bloques subredondeados de 1 a 4 m de diámetro. Mismos que al desprenderse o ser movidos por la acción pluvial principalmente, pueden llegar afectar a las viviendas y vías de comunicación (Fotografía 7.2.1.1.48.).



**Fotografía 7.2.1.1.48.- En San José Piedra Gorda, las viviendas ubicadas en las faldas del cerro, son susceptibles a deslizarse.**

En San Ignacio Nopala, los deslizamientos se presentan en tobas de composición riolítica, con dirección de NW y pendientes de  $45^{\circ}$  a  $70^{\circ}$  el comportamiento del material es deleznable y susceptible a reblandecerse con la filtración del agua, las precipitaciones varían de 400 a 600 mm/año, la alta deforestación y el sobrepastoreo propician el desprendimiento de la masa rocosa y de suelo. Existen evidencias de deslizamientos como: terrazas de reptación, conchas de erosión

La comunidad Xhajay, se encuentra en riesgo alto debido a que 23 viviendas tipo III se encuentran asentadas sobre laderas que presentan condiciones favorables para generarse deslizamientos, la afectación también sería a los caminos que comunican a las siguientes comunidades: El Huizache, La Loma, San José Piedra Gorda, Barrio Montecillo, San Ignacio Nopala, San Buenaventura, al Municipio de Tepeji del Río de Ocampo (Fotografía 7.2.1.1.49.).



**Fotografía 7.2.1.1.49.- En San Ignacio Nopala, se cartografiaron zonas de deslizamientos.**

En San Buenaventura, se presentan graves problemas por remoción de masas, ya que el componente litológico se caracteriza por ser muy deleznable y fácil de erosionar al saturarse por el contacto con agua (Fotografía 7.2.1.1.50.).

Dicho fenómeno afecta principalmente a las vías de comunicación donde destacan el camino que va de San Ignacio Nopala a San Buenaventura, siendo los poblados los más afectados debido a que se encuentran ubicadas en las laderas del cerro y bordes de los ríos. La dirección del deslizamiento es hacia el NE con inclinación de la ladera varía de 56° a 79° siendo la afectación de 5 a 8 km lineales sobre el tramo carretero, el material deslizado es de 500 m<sup>3</sup>, existen un total de 60 casas de tipo III con una población de 240 habitantes.



**Fotografía 7.2.1.1.50.- En San Buenaventura, el peligro cartografiado es por deslizamiento.**

En Santa María Quelites, a la altura del cementerio se generó un deslizamiento, por la saturación de agua existente en la ladera provocó movimiento del material pendiente abajo, siendo el volumen del material desplazado de 40 a 50 m<sup>3</sup>, este tipo de fenómenos son consecuencia de la precipitación, cobertura vegetal escasa, la tala indiscriminada, las actividades agrícola y sobrepastoreo propician el desprendimiento de las masas rocosas y del suelo. Se pueden apreciar evidencias de deslizamiento pues hay terrazas de reptación.

El deslizamiento afecta principalmente a caminos que unen a las comunidades de Taxhido, Tinajas, El Carmen, San Mateo Buenavista, Santa María Quelites, a su vez a 30 viviendas de tipos IV y II con 120 habitantes. Los pobladores intensifican el problema pues cavan y extraen el material de la ladera para emparejar el terreno y utilizarlo para la construcción de sus viviendas (Fotografía 7.2.1.1.51.).



**Fotografía 7.2.1.1.51.- En Santa María Quelites, las viviendas asentadas en las partes bajas del cerro, son susceptibles de recibir materiales deslizados.**

En Noxtongo, municipio de Tepeji del Rio, sobre la calle Prolongación de Morelos, se presentan serio problemas por deslizamientos, debido a que en este lugar se tiene material tobáceo pseudoestratificado con lentes de conglomerado volcánico, los cuales presentan oquedades por erosión diferencial y actividad antropogénica, la afectación es a 8 casas de tipos II y III, con 32 habitantes (Fotografía 7.2.1.1.52.).



**Fotografía 7.2.1.1.52.- En Noxtongo, sobre el talud se presentan oquedades provocadas por escurrimiento de agua.**

En la Figura 7.2.1.1.6., se muestra la distribución puntual de los fenómenos naturales por deslizamiento, se tiene mayor incidencia hacia la parte suroeste de la Región y en menor escala en la porción noreste.

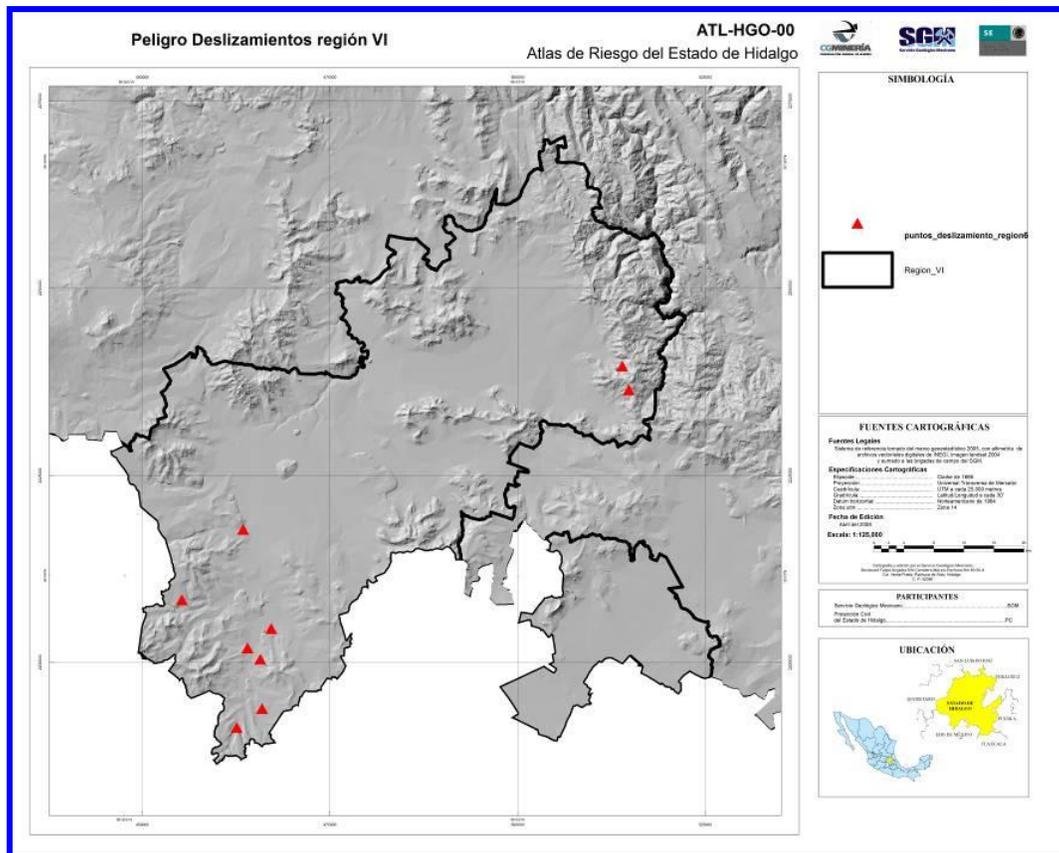


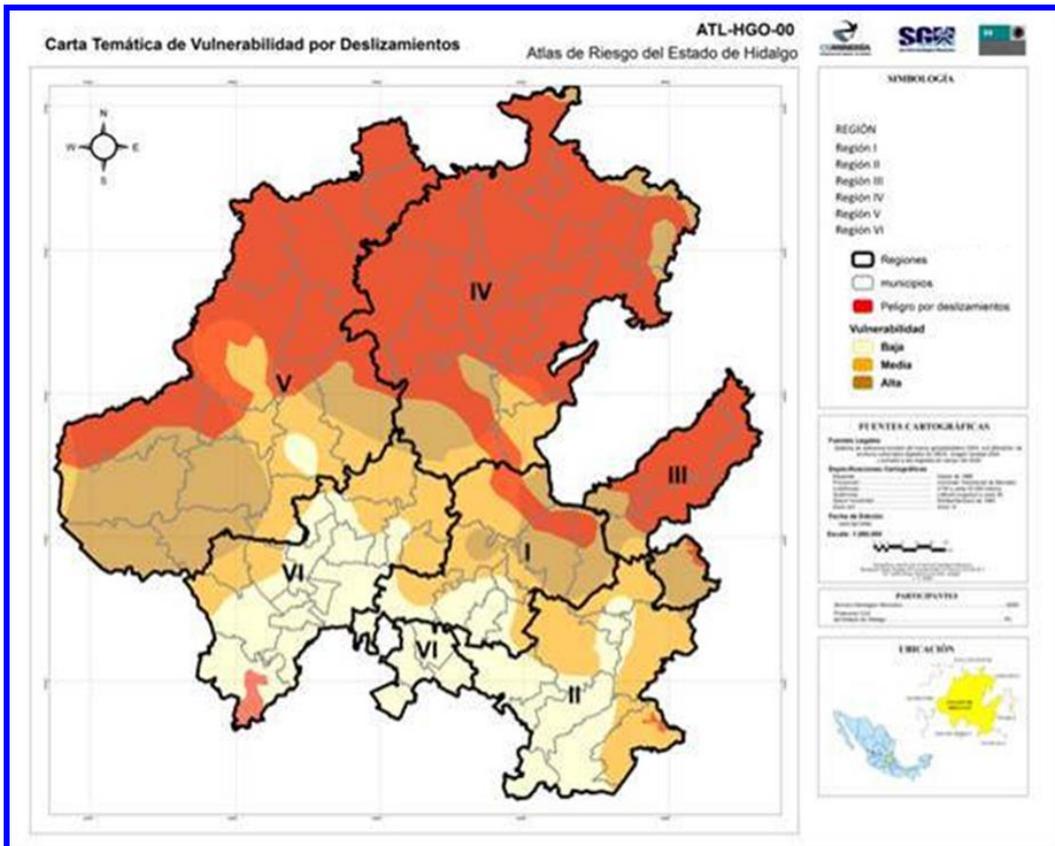
Figura 7.2.1.1.6.- Ubicación de deslizamiento de la Región VI.

## b) Vulnerabilidad

La vulnerabilidad de las localidades expuestas a riesgos ambientales se entiende como un suceso de ocurrencia en situaciones de emergencia o demandas que excedan la capacidad de atención en cuanto a la carencia de recurso ya sea por la distancia a la infraestructura y servicios mismos; agudizando mas la problemática, debido a la carencia de recursos, distancia y/o infraestructura, servicios, ya que gran número de comunidades no cuentan o bien carecen de recursos suficientes para protegerse ante cualquier contingencia ambiental porque los materiales de su vivienda son precarios y frecuentemente provisionales y aunado a esto se encuentran muy alejadas de las principales vías de comunicación, por ejemplo si

llegara a suscitarse algún acontecimiento natural, como podría ser un deslizamiento, caída de bloques, etc. no permitiría a los pobladores de la zona moverse con facilidad.

En el Estado las zonas con mayor grado de marginación se distribuyen en la zona serrana al norte del mismo, en esta porción la presencia del fenómeno de deslizamiento es recurrente, principalmente en la temporada de lluvias. Por lo que para las comunidades o asentamientos urbanos establecidos en estas zonas de peligro, hacer frente al fenómeno es difícil., lo que las hace ser vulnerables. (Figura 7.2.1.1.7.).



**Figura 7.2.1.1.7.- Zonificación de vulnerabilidad y áreas susceptibles a deslizamientos.**

Las regiones III, IV y parte de la V y una fracción de la Región I presentan un grado de marginación y una vulnerabilidad alta, debido principalmente a que en esa área se tiene una topografía abrupta, rocas intensamente fracturadas y una precipitación pluvial elevada. En la porción sur del Estado se observan pequeñas zonas dispersas con un alto riesgo al fenómeno de deslizamiento sin embargo, se localizan en áreas donde la marginación es de media a baja (Figura 7.2.1.1.7.).

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

En el Estado, los sitios en donde se generan los deslizamientos se caracterizan por tener en las laderas de las sierras un intenso fracturamiento, estar plegados e intemperizados provocando deslizamientos de masas y en algunos casos caída y derrumbes de materiales del tamaño de gravas empacada en material limo-arcilloso, aunado a la deforestación y a los cortes de los caminos donde no se tiene un ángulo adecuado de reposo.

**Tabla 7.2.1.1.1.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamientos en viviendas de la Región I.**

Localidad	Viviendas afectadas	Tipo	Habitantes afectados
Barrio La Trinidad	600	2	2400
Real del Monte	7	2	28
Omitlán de Juárez	5	2	20
Mineral del Chico	3	2	12
Santa María Amajac	1	2	4
El Sabino	30	2	120
San Lucas	2	2	8
<b>Total</b>	<b>648</b>		<b>2,592</b>

**Tabla 7.2.1.1.2.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamientos en viviendas de la Región III.**

Municipio	Localidad	Viviendas afectadas	Tipo	Habitantes afectados
Huehuetla	Poza Grande	2	2	8
	San Lorenzo Azatepec	50	2	200
	Juntas Chicas	3	2	12
	San Gregorio	35	2	140
	La Esperanza	40	2	160
	San Guillermo	7	2	28
	Loma de San Guillermo	2	2	8
San Bartolo Tutotepec	El Veinte	2	2	8
	La Esperanza	40	2	160
	Santiago	5	2	20
Tenango de Doria	El Aguacate	35	2	140
Agua Blanca de Iturbide	Plan Grande	20	2	80
Metepec	Ferrería de Aculco	150	2	600
<b>Total</b>		<b>391</b>		<b>1,564</b>

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

**Tabla 7.2.1.1.3.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamientos en viviendas de la Región IV.**

Municipio	Localidad	Viviendas afectadas	Tipo	Habitantes afectados
Huejutla de Reyes	La Garita	10	2	40
	Colonia Frayad y Rojo Gómez	11	2	44
	Colonia Frailes	4	2	16
	Tiocuatlita	8	2	32
	El Terrero	100	2	400
	Ixcatlán	6	2	24
Molango de Escamilla	Temacuil	6	2	24
	Barrio de San Miguel	5	2	20
	Barrio Zacatenpa	2	2	8
Tianguistengo	El Ocote	40	2	160
	La Morita	4	2	16
	Yatipán	15	2	60
Tlahuiltepa	El Águila	4	2	16
	San Jerónimo	2	2	8
	Nueva Era	30	2	120
Xochiatipan	Acano	20	2	80
Xochicoatlán	Mixtla	5	2	20
	Texcaco	249	2	996
Yahuilca	Xoxolpa	20	2	80
Zacualtipán de Ángeles	Colonia Las Cuevas	30	2	120
	Ajacaya	1	2	4
Atlapexco	Sto. Tomas	50	2	200
Eloxochitlán	Hualula	25	2	100
Huazalingo	Tlamamala	20	2	80
Juárez Hidalgo	Itlacoyotla (San Lorenzo)	7	2	28
Metztitlán	El Carrizal	20	2	80
	Metztitlán	10	2	40
	Barrio Tepeyacapa	15	2	60
	Barrio Coatlán	20	2	80

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Tlanchinol	Tlanchinol	5	2	20
<b>Total</b>		<b>744</b>		<b>2,288</b>

**Tabla 7.2.1.1.4.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamientos en viviendas de la Región V.**

Municipio	Localidad	Viviendas afectadas	Tipo	Habitantes afectados
Ixmiquilpan	Cuesta Colorada	5	2	20
	La Pechuga	25	2	100
La Misión	Vega de La Carrera	2	2	8
	La Misión	6	2	24
Zimapán	San Francisco	40	2	160
Cardonal	Potrero-La Unión	25	2	100
Jacala de Ledezma	El Aguaje	3	2	12
	Quetzapala	6	2	24
Pisaflores	La Peña	20	2	80
<b>Total</b>		<b>132</b>		<b>528</b>

**Tabla 7.2.1.1.5.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamientos en viviendas de la Región VI.**

Municipio	Localidad	Viviendas afectadas	Tipo	Habitantes afectados
Tepeji del Río de Ocampo	Col. Noxtongo	8	2	32
	San Buenaventura	1	2	4
	San Mateo	200	2	800
	San José Piedra Gorda	40	2	160
	Fraccionamiento Presa Escondida	10	2	40
Tula de Allende	El Pante	20	2	80
<b>Total</b>		<b>279</b>		<b>1,116</b>

**Tabla 7.2.1.1.6.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamientos en vías de comunicación de la Región I.**

Municipio	Localidad	Materiales del camino	Tipo de camino
Mineral del Chico	Mineral del Chico	Terracería	Rural
Atotonilco El Grande	El Sabino	Terracería	Rural

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	San Lucas	Terracería	Rural
	Santa Catarina	Terracería	Rural
Acatlán	Loma Larga	Terracería	Rural
Huesca de Ocampo	San Bartolomé	Terracería	Rural

**Tabla 7.2.1.1.7.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamientos en vías de comunicación de la Región II.**

Municipio	Localidad	Materiales del camino	Tipo de camino
Almoloya	El Portezuelo	Terracería	Rural

**Tabla 7.2.1.1.8.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamientos en vías de comunicación de la Región III.**

Municipio	Localidad	Materiales del camino	Tipo de camino
Huehuetla	Poza Grande	Terracería	Rural
	Juntas Chicas	Pavimento	Rural
	La Báscula	Pavimento	Rural
San Bartolo Tutotepec	El Fresno	Pavimento	Rural
	El Nanjo	Terracería	Rural
Tenango de Doria	El Dequefia	Terracería	Rural
Agua Blanca de Iturbide	Plan Grande	Pavimento	Rural
Metepec	Ferrería de Aculco	Pavimento	Rural

**Tabla 7.2.1.1.9.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamientos en vías de comunicación de la Región IV.**

Municipio	Localidad	Materiales del camino	Tipo de camino
Jaltocán	Petacotita	Terracería	Rural
Huejutla de Reyes	Macuxtepetla	Pavimento	Rural
	Buenavista	Uno de pavimento y uno de terracería	Rural
	Cuaxocotitla	Pavimento	Rural
	Tamalcuatitla	Terracería	Rural
	Tacuatitla	Terracería	Rural
	Huehuetla	Terracería	Rural
	Tiocuatitla	Terracería	Rural

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	Atapa	Terracería	Rural
	Pahuatlán	Pavimento	Rural
Molango de Escamila	Nueva Era	Terracería	Rural
	Ocotlán	Terracería	Rural
	Temacuil	Terracería	Rural
	Molango	Pavimento	Rural
Tepehuacán de Guerrero	Cuxhuacala	Pavimento	Rural
	Acuimantla	Pavimento	Rural
	Tepehuacán	Terracería	Rural
	San Juan Ahuehueco	Pavimento	Rural
	Santa Lucia	Pavimento	Rural
	Cahuazas	Pavimento	Rural
Tianguistengo	Oxpantla	Pavimento	Rural
	Zacualtipan	Pavimento	Rural
	Santa Monica	Pavimento	Rural
	Matlatenco	Pavimento	Rural
	El Acotal	Pavimento	Rural
	Pemuxcuo	Pavimento	Rural
	Acatepec	Terracería	Rural
	Yatipán	Pavimento	Rural
	Ixotitlán	Terracería	Rural
	El Hormiguero	Terracería	Rural
	La Esperanza	Terracería	Rural
	Joquela	Terracería	Rural
	Texcal	Terracería	Rural
Tlahuiltepa	Agua Zarca	Pavimento	Rural
	Puerto El Baile	Terracería	Rural
	Boca de León	Terracería	Rural
Xochiatipan	Texoloc	Terracería	Rural
	Amolo	Terracería	Rural
	Cascada Pezmayo	Terracería	Rural
Xochicoatlán	Molango	Terracería	Rural
	Mixtla	Terracería	Rural
	Michumita	Terracería	Rural

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Zacualtipán de Ángeles	Chinancahuatl	Terracería	Rural
	Tzincocatlán	Terracería	Rural
	Ajacaya	Pavimento	Rural
	Zacualtipán	Terracería	Rural
	Tizapán	Terracería	Rural
Atlapexco	Palo gordo	Terracería	Rural
	Tierra Playa	Terracería	Rural
	Atlaltipa	Uno de pavimento y uno de terracería	Rural
Calnali	Ahuacatlán	Pavimento	Rural
	Canali	Pavimento	Rural
Eloxochitlán	Chalmita	Terracería	Rural
	Huiloco	Pavimento	Rural
	Achotla	Pavimento	Rural
Juárez Hidalgo	Camino a Juárez Hidalgo	Pavimento	Rural
Lolotla	Acatepec	Terracería	Rural
	Aquilaxtepec	Terracería	Rural
	Pimienta	Terracería	Rural
Metztitlán	San Juan Tlatepexi	Terracería	Rural
	San Cristobal	Pavimento	Rural
	Barrio San Marcos	Pavimento	Rural
	El Salitre	Terracería	Rural
Tlanchinol	Quetzazolzongo	Pavimento	Rural
	Tamala	Pavimento	Rural
	San Salvador	Pavimento	Rural
	Tlahuelongo	Pavimento	Rural
	La Garrapata	Pavimento	Rural
	Cuatlapech	Terracería	Rural
	Chalchocotipa	Terracería	Rural
	Huitepec	Terracería	Rural
	San Miguel	Terracería	Rural
	Tlahuelompa	Pavimento	Rural
	Chalchocotipa	Pavimento	Rural
	Chalchocotipa	Terracería	Rural

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	El Balcón	Pavimento	Rural
	Cuataplexta	Terracería	Rural
	Sta. Maria Ula	Terracería	Rural
	Jalapan	Pavimento	Rural
	Tlanchinol	Uno de pavimento y uno de terracería	Rural
	Sta. Lucia	Terracería	Rural
	Ahutitla	Pavimento	Rural
Huazalingo	Tlamamala	Terracería	Rural

**Tabla 7.2.1.1.10.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamientos en vías de comunicación de la Región V.**

Municipio	Localidad	Materiales del camino	Tipo de camino
Ixmiquilpan	El Defhay	Pavimento	Rural
	Manantial	Pavimento	Rural
	Cuesta Colorada	Terracería	Rural
	La Lagunita	Pavimento	Rural
La Misión	Vega de La Carrera	Terracería	Rural
	La Misión	Terracería	Rural
	La Palizada	Terracería	Rural
Nicolás Flores	Ixtatlaco	Pavimento	Rural
	Cerro Prieto	Terracería	Rural
Zimapán	Villanueva	Pavimento	Carretera federal
Cardonal	Puerto Durazno	Terracería	Rural
Pacula	Rojo Gómez	Terracería	Rural
	Potrerillos	Terracería	Rural
Chapulhuacán	El Saucillo	Terracería	Rural
	Cahuazas	Terracería	Rural
	El Sotano	Terracería	Rural
	Barrio Arriba	Terracería	Rural
Jacala de Ledezma	Santo Domingo	Terracería	Rural
	Aguaje	Pavimento	Rural
Pisaflores	Tlacuilola	Terracería	Rural
	Palmitas	Terracería	Rural
	La Peña	Terracería	Rural

**Tabla 7.2.1.1.11.- Localidades con vulnerabilidad alta por deslizamientos en vías de comunicación de la Región VI.**

Municipio	Localidad	Materiales del camino	Tipo de camino
El Arenal	Fray Francisco	Pavimento	Rural
	San Jerónimo	Terracería	Rural

### B.1).- REGIÓN I

El municipio con mayor vulnerabilidad es Mineral del Monte, debido a que el fenómeno de deslizamiento afecta directamente a 2,428 habitantes y 607 casas habitación, seguido del municipio de Atotonilco El Grande, en el cual de presentarse el fenómeno de deslizamiento afectaría a 132 personas, 33 casas y tres camino de terracería.

**Tabla 7.2.1.1.12.- Municipios con mayor vulnerabilidad de la Región I.**

Municipio	Afectación
Mineral del Monte	2428 personas, 607 casas
Atotonilco El Grande	132 personas, 33 casas, 3 caminos de terracería
Omitlán de Juárez	20 Personas, 5 casas
Mineral del Chico	12 personas, 3 casas, 1 camino de terracería
Acatlán	1 camino de terracería
Huesca de Ocampo	1 camino de terracería
Total Región I	2592 Personas, 648 casas, 6 caminos de terracería

### B.2).- REGIÓN II

La localidad El Portezuelo, municipio de Almoloya, es la única población que presenta la presencia del fenómeno de deslizamiento, siendo vulnerable una vía de terracería que comunica a otros poblados de la Región.

**B.3).- REGIÓN III**

En esta Región, la localidad con mayor vulnerabilidad es Huehuetla ya que los deslizamientos afectan a 556 habitantes, 139 casas, 2 vías de comunicación pavimentadas, 1 de terracería, 2 escuelas primarias y 1 escuela secundaria, seguido del municipio Metepec que afecta a 600 habitantes, 150 casas y un camino pavimentado, en esta Región los fenómenos de deslizamiento afectan directamente a la población esto se deduce debido a que hay un mayor número de casas, escuelas y vías de comunicación en áreas marginadas.

**Tabla 7.2.1.1.13.- Municipios con mayor vulnerabilidad de la Región III.**

Municipio	Afectación
Huehuetla	556 personas, 139 casas, 2 vías de comunicación pavimentadas, 1 vía de comunicación de terracería, 2 escuelas primarias, 1 escuela secundaria
Metepec	600 personas, 150 casas, 1 vía de comunicación pavimentada
San Bartolo Tutotepec	188 personas, 47 casas, 1 vía de comunicación pavimentada, 1 vía de comunicación de terracería
Agua Blanca de Iturbide	80 personas, 20 casas, 1 vía de comunicación pavimentada
Tenango de Doria	140 personas, 35 casas, 1 vía de comunicación de terracería, 2 escuelas
Total Región III	1564 Personas, 391 casas, 4 vías de comunicación pavimentadas, 3 camino de terracería, 5 escuelas

**B.4).- REGIÓN IV**

En esta Región la mayor vulnerabilidad se presenta en vías de comunicación, la cual se localiza en un sitio donde los materiales están plegados y en algunos casos intensamente fracturados. Bajo este contexto el municipio con mayor afectación es Tlanchinol, debido a que el fenómeno de deslizamiento afecta a 20 habitantes, 5 casas habitación y once caminos de pavimento y nueve de terracería, seguido de los municipios de Tianguistengo, Huejutla de Reyes y Xochicoatlán.

**Tabla 7.2.1.1.14.- Municipios con mayor vulnerabilidad de la Región IV.**

Municipio	Afectación
Tlanchinol	20 personas, 5 casas, 11 caminos pavimentados, 9 caminos de terracería

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	terracería
Tianguistengo	236 personas, 59 casas, 7 caminos pavimentados, 6 caminos de terracería
Huejutla de Reyes	556 personas, 139 casas, 4 caminos pavimentados, 6 caminos de terracería, 1 escuela
Xochicatlán	1016 personas, 254 casas, 3 caminos de terracería
Tepehuacán de Guerrero	5 caminos pavimentados, 1 caminos de terracería
Metztitlán	260 personas, 65 casas, 2 caminos pavimentados, 2 caminos de terracería, 2 Iglesias
Eloxochitlán	100 personas, 25 casas, 2 caminos pavimentados, 1 camino de terracería
Atlapexco	200 personas, 50 casas, 1 vía de comunicación pavimentada, 3 camino de terracería
Calnali	2 caminos pavimentada
Tlahuiltepa	144 personas, 36 casas, 1 camino pavimentado, 2 caminos de terracería
Zacualtipán de Ángeles	124 personas, 31 casas, 1 camino pavimentado, 4 caminos de terracería
Molango de Escamilla	52 personas, 13 casas, 1 caminos pavimentados, 3 camino de terracería
Juárez de Hidalgo	28 personas, 7 casas, 1 camino pavimentado
Xochiatipan	80 personas, 20 casas, 3 caminos de terracería
Huazalingo	80 personas, 20 casas, 1 caminos de terracería
Yahuilca	20 personas, 80 casas
Lolotla	3 camino de terracería
Jaltocán	1 caminos de terracería
Total Región IV	2288 Personas, 744 casas, 33 caminos pavimentados, 48 camino de terracería, 1 escuela, 2 iglesias

**B.5).- REGIÓN V**

El municipio más vulnerable es Ixmiquilpan, debido a que el fenómeno de deslizamiento afecta a 120 habitantes, 30 casas y tres caminos de pavimento, seguido del municipio de Zimapán en el cual de presentarse un deslizamiento afectaría a 169 personas, 40 casas y un camino pavimentado.

**Tabla 7.2.1.1.15.- Municipios con mayor vulnerabilidad de la Región V.**

Municipio	Afectación
Ixmiquilpan	120 personas, 30 casas, 3 caminos pavimentados, 1 camino de terracería
Zimapán	169 Personas, 40 casas, 1 camino pavimentado
Jacala de Ledezma	36 personas, 9 casas, 1 camino pavimentado, 1 camino de terracería
Nicolás Flores	1 camino pavimentado, 1 camino de terracería
Cardonal	100 Personas, 25 casas, 1 camino de terracería
Pisaflores	80 personas, 20 casas, 3 caminos de terracería
La Misión	32 personas, 8 casas, 3 caminos de terracería
Pacula	2 caminos de terracería
Chapulhuacán	4 caminos de terracería
Total Región V	528 Personas, 132 casas, 6 camino pavimentado, 16 camino de terracería

**B.6).- REGIÓN VI**

La vulnerabilidad por el fenómeno de deslizamiento afecta a 1116 habitantes y 279 casas habitación, seguido de los caminos en el municipio del Arenal.

**Tabla 7.2.1.1.16.- Municipios con mayor vulnerabilidad de la Región VI.**

Municipio	Afectación
Tepeji del Río de Ocampo	1036 personas, 259 casas
Tula de Allende	80 personas, 20 casas
El Arenal	1 camino pavimentado, 1 camino de terracería
Total Región VI	1116 Personas, 279 casas, 1 camino de terracería, 1 camino pavimentado

### c) Riesgo

Las zonas propicias a la problemática de deslizamientos en laderas tienen las características de tener pendientes fuertes conformadas por materiales deleznable, con fracturamiento intenso, además en función de las condiciones geomorfológicas, climatológicas, de vegetación y actividades antropogénicas.

Las regiones del Estado consideradas en riesgo alto son: III, IV y V, debido a la presencia de deslizamientos que se dan en la mayoría de los casos en rocas volcánicas (Tobas) y sedimentarias (lutitas, areniscas, etc), considerando el índice de marginación de CONAPO (2005), el Censo de Población INEGI (2005) y la clasificación de viviendas establecida por CENAPRED (2006-2009), a estas regiones se les considera en grado de marginación alto, y por lo tanto en vulnerabilidad elevada, conjugando estas variables dichas regiones se encuentran en riesgo alto. Sin embargo la presencia del fenómeno disminuye hacia la porción nororiente de la Región I, ubicando a esta en riesgo medio y riesgo bajo al resto del Estado (Figura 7.2.1.1.8.).

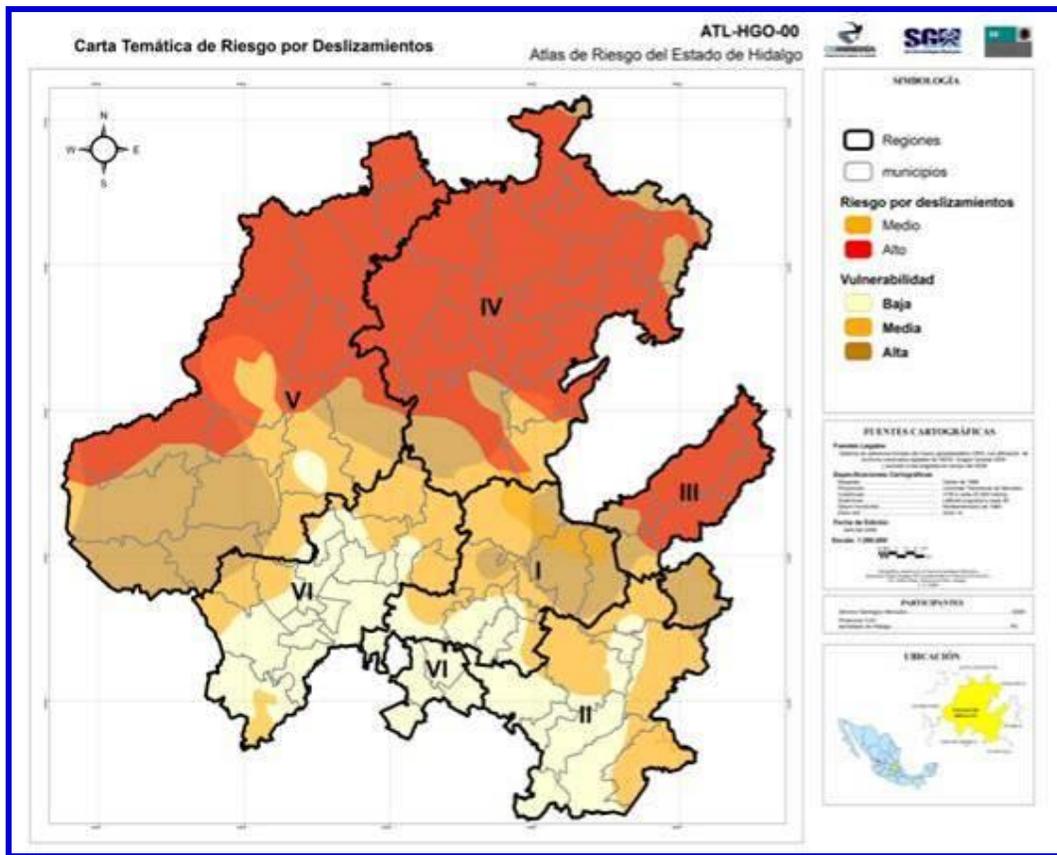


Figura 7.2.1.1.8.- Zonificación de riesgo por deslizamientos en el Estado.

c.1).- Región I

Los deslizamientos en esta Región se concentra en la parte centro y norte de la misma (Figura, 7.2.1.1.9.).

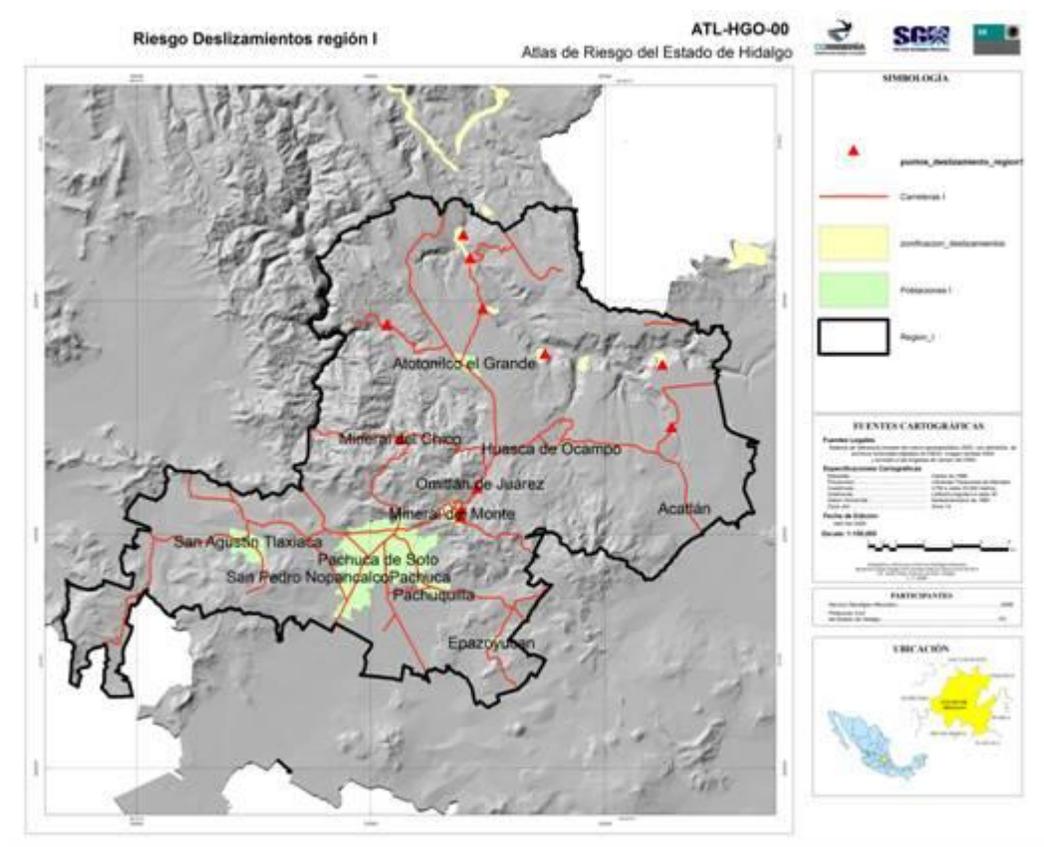


Figura 7.2.1.1.9.- Distribución y zonificación de deslizamiento en la Región I.

En la tabla 7.2.1.1.17., se muestra un resumen de las localidades afectadas, el grado de riesgo que presenta, la afectación principal y el tipo de material inestables.

Tabla 7.2.1.1.17.- Riesgo por deslizamientos y afectación en localidades de la Región I.

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectaciones	Tipo de materiales
Alto	Mineral del Monte	Barrio La Trinidad	600 casas de tipo II	Tobas
		Real del Monte	7 casas de tipo III	Tobas
	Omitlán de Juárez	Omitlán de Juárez	5 casas tipo III	Dacitas
	Mineral del Chico	Mineral del Chico	3 casas de tipo III y camino de terracería	Tobas
	Atotonilco El Grande	Santa María Amajac	1 casa de tipo III, iglesia y salón de eventos	Conglomerado
		El Sabino	30 casas de tipos II y III, 1 camino de terracería	Basalto con matriz arcillosa



Riesgo	Municipio	Localidad	Afectaciones	Tipo de materiales
Medio	Almoloya	El Portezuelo	Camino de terracería	Dacitas y riolitas

### c.3).- Región III

Los deslizamientos se distribuyen ampliamente en esta Región, el suroccidente caracterizado por presentar materiales volcánicos donde aumenta la incidencia (Figura, 7.2.1.1.11.).

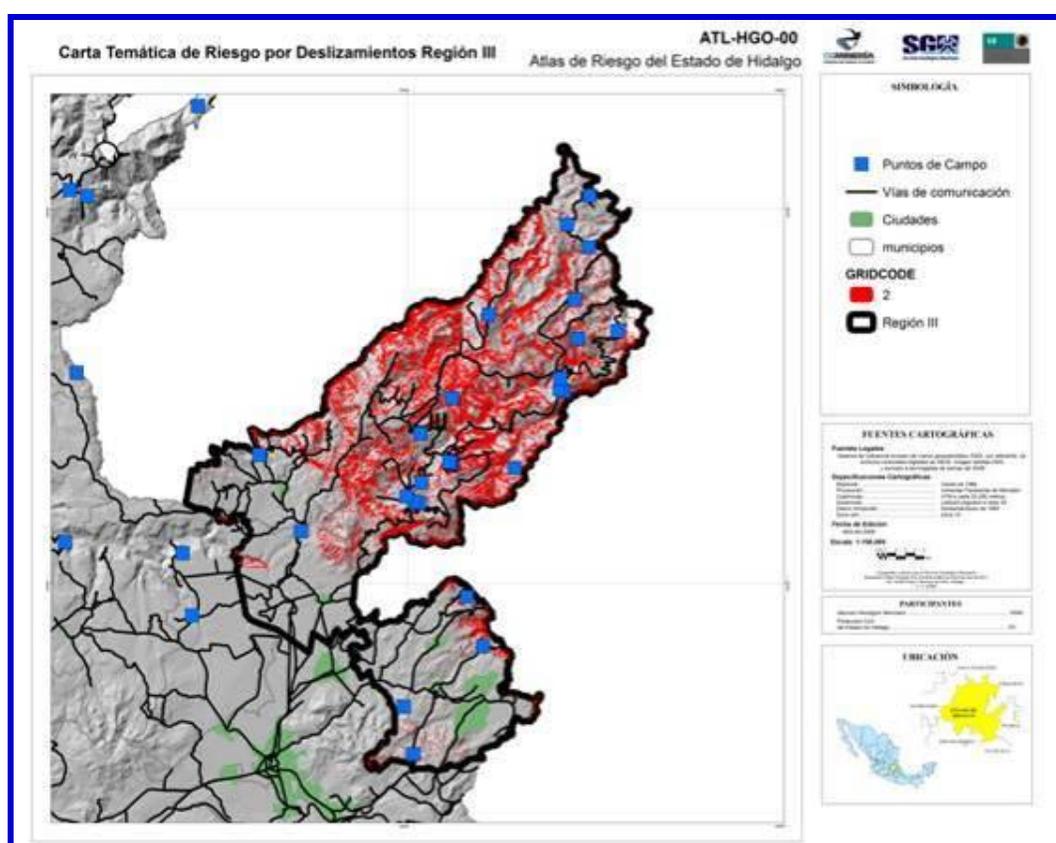


Figura 7.2.1.1.11.- Distribución y zonificación de deslizamiento en la Región III.

En la Tabla 7.2.1.1.19., se muestra un resumen de las localidades afectadas, el grado de riesgo que presentan, el daño principal y tipo de materiales inestables.

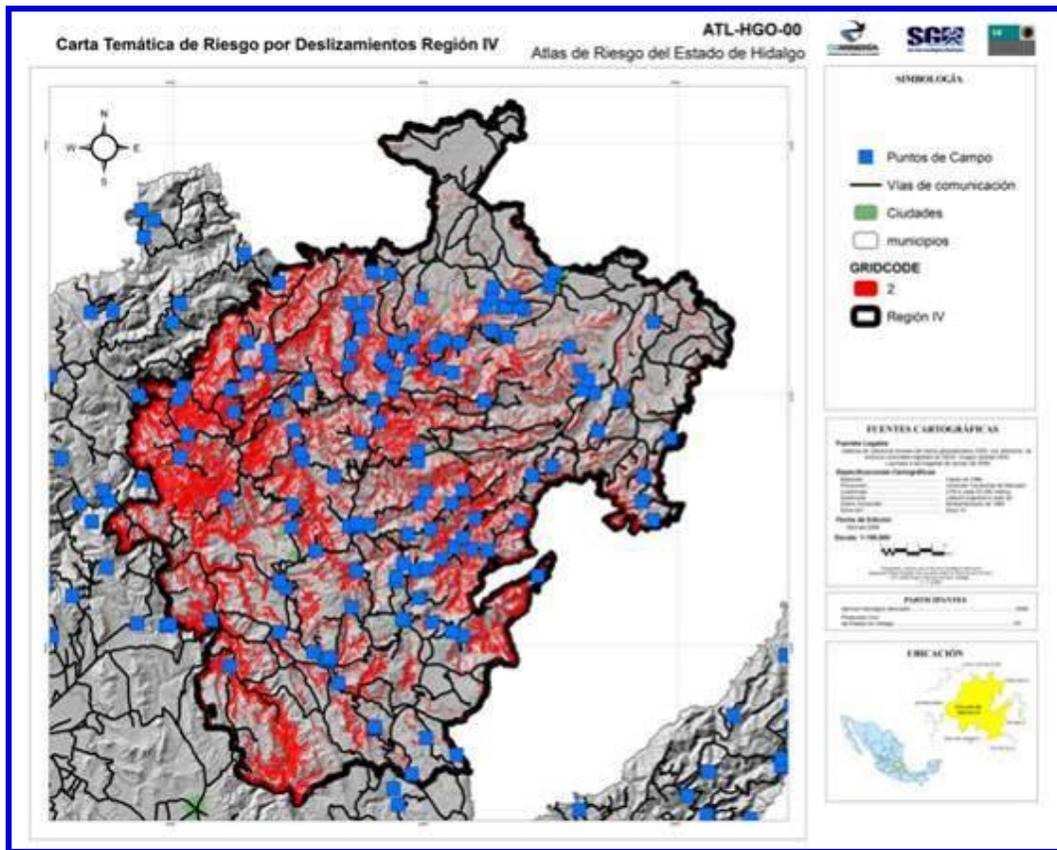
**Tabla 7.2.1.1.19.- Riesgo por deslizamientos y afectación en localidades de la Región III.**

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectaciones	Tipo de materiales	
Alto	Huehuetla	Poza Grande	2 casas de tipo II y un camino de terracería	Intercalación de lutitas y areniscas	
		San Lorenzo Azatepec	50 casas de tipos II y III	Intercalación de calizas y lutitas	
		Juntas Chicas	3 casas de tipo II y un camino de pavimentado	Intercalación de lutitas y areniscas	
		San Gregorio	35 casas de tipo II y una escuela primaria	Intercalación de calizas y lutitas	
		La Esperanza	40 casas de tipos II y III	Intercalación de calizas y lutitas	
		San Guillermo	7 casas de tipos I y II	Intercalación de calizas y lutitas	
		Loma de San Guillermo	2 casas de tipo II, una primaria y una secundaria (450 alumnos)	Intercalación de lutitas y calizas	
	San Bartolo Tutotepec	El Veinte	2 casas de tipo II	Intercalación de lutitas y areniscas	
		La Esperanza	40 casas de tipos II y III	Intercalación de calizas y lutitas	
		Santiago	5 casas de tipo III	Intercalación de calizas, lutitas y limonitas	
	Tenango de Doria	San Francisco Laguna	Una escuela	Intercalación de calizas, lutitas y limonitas	
		Tenango de Doria	Una escuela técnica y una vía pavimentada	Toba, dacita y andesita	
		El Aguacate	35 casas de tipos II y III	Intercalación de calizas y lutitas	
	Agua Blanca de Iturbide	Plan Grande	20 casas de block y un camino de pavimentado	Tobas	
	Metepec	Ferrería de Aculco	150 casas de tipo II y un camino de pavimentado	Intercalación de conglomerados y areniscas	
	Medio	Huehuetla	La Báscula	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas
		San Bartolo Tutotepec	El Fresno	Camino pavimentado	Intercalación de calizas, lutitas y limonitas
			El Nanjo	Camino de terracería	Intercalación de calizas, lutitas y

				limonitas
	Tenango de Doria	El Dequefia	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas

**c.4).- Región IV**

Los deslizamientos se manifiestan principalmente por la presencia de materiales fracturados y abundante agua, mismos que se distribuye por toda la Región (Figura, 7.2.1.1.12.).



**Figura 7.2.1.1.12.- Distribución y zonificación de deslizamiento en la Región IV.**

En las tablas, (7.2.1.1.20., 7.2.1.1.21.) se muestra un resumen de las localidades afectadas, el grado de riesgo que presenta, el daño principal y el tipo de material inestables.

**Tabla 7.2.1.1.20.- Riesgo por deslizamientos y afectación alta en localidades de la Región IV.**

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectaciones	Tipo de materiales
Alto	Huejutla de Reyes	La Garita	10 casas de tipos I y II	Intercalación de areniscas y lutitas
		Col. Frayad y Rojo Gómez	11 casas de tipos II y III	Intercalación de areniscas y lutitas
		Col. Frailes	4 casas de tipos II y III	Intercalación de areniscas y lutitas
		Tiocuatlita	8 casas de tipos I, II y III y un camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
		El Terrero	100 casas de tipos I, II, III y algunas de tipo IV	Intercalación de areniscas y lutitas
		Atapa	Una Escuela y una camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
		Ixcatlán	6 casas de tipos II y III	Intercalación de lutitas y calizas
	Molango de Escamilla	Temacuil	6 casas de tipos II y III y un camino de terracería	Lutitas
		Barrio de San Miguel	5 casas de tipos II y III	Riolita
		Barrio Zacatenpa	2 casas de tipos II y III	Riolita
	Tlanguistengo	El Ocote	40 casas de tipos II y III	Tobas
		La Morita	4 casas de tipos II y III con techo de lámina	Basalto fracturado
		Yatipán	15 casas de tipos II y III y un camino pavimentado	Lutitas
	Tlahuiltepa	El Aguila	4 casas de tipos II y III y un camino de terracería	Intercalación de lutitas y calizas
		San Jeronimo	2 casas de tipos II y III	Intercalación de lutitas y calizas muy fracturadas
		Nueva Era	30 casas de block	Intercalación de lutitas y calizas
	Xochiatipan	Acano	20 casas de tipos II y III	Intercalación de areniscas y lutitas
	Xochicatlán	Mixtla	5 casas de tipos II y III y un camino de terracería	Intercalación de calizas limonitas y lutitas
		Texcaco	249 casas con tipos I, II, III y IV	Intercalación de conglomerado y

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

				limonita
	Yahuilca	Xoxolpa	20 casas de tipos II y III	Intercalación de areniscas y lutitas
	Zacualtipán de Ángeles	Col. Las Cuevas	30 casas de tipos II y III	Tobas
		Ajacaya	1 casa de tipo II y un camino pavimentado	Basaltos
	Atlapexco	Sto. Tomas	50 casas de tipos II y III	Lutitas
	Eloxochitlán	Hualula	25 casas de tipos II y III	Lutitas
	Huazalingo	Tlamamala	20 casas de tipos II y III y un camino de terracería	Riolita
	Juárez de Hidalgo	Itlacoyotla (San Lorenzo)	7 casas de tipos II y III	Intercalación de Caliza con lutitas
	Metztitlán	El Carrizal	20 casas de tipos II y III	Riolitas
		Barrio Tepeyacapa	15 casas de block y techo de loza	Riolita
		Barrio Coatlán	20 casas de tipos II y III y una iglesia	Riolita
		Metztitlán	10 casas de block y techo de loza y una iglesia	Basaltos y riolitas
	Tlanchinol	Tlanchinol	5 casas de tipos II y III, un camino de asfalto y uno de terracería	Basaltos

Tabla 7.2.1.1.21.- Riesgo por deslizamientos y afectación media en localidades de la Región IV.

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectaciones	Tipo de materiales
Medio	Huejutla de Reyes	Macuxtepetla	Camino pavimentado	Intercalación de areniscas y lutitas
		Buenavista	Un camino pavimentado y uno de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
		Cuaxocotitla	Camino pavimentado	Intercalación de areniscas y lutitas
		Tamalcuatitla	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
		Tacuatitla	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

		Huehuetla	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
		Pahuatlán	Camino pavimentado	Intercalación de areniscas y lutitas
	Molango de Escamila	Nueva Era	Camino de terracería	Calizas
		Ocotlán	Camino de terracería	Suelo
		Molengo	Camino pavimentado	Riolitas
	Tepehuacán de Guerrero	Cuxhuacala	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas
		Acuimantla	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas
		Tepehuacán	Camino de terracería	Intercalación de calizas y lutitas
		San Juan Ahuehuevo	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas
		Santa Lucia	Camino pavimentado	Intercalación de lutitas y limonitas
		Cahuazas	Camino pavimentado	Intercalación de lutitas y limonitas
	Tlanguistengo	Oxpantla	Camino pavimentado	Toba y suelo
		Zacualtipan	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas
		Santa Monica	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas
		Matlatenco	Camino pavimentado	Tobas
		El Acotal	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas
		Pemuxcuo	Camino pavimentado	Conglomerado
		Acatepec	Camino de terracería	Arena y conglomerado
		Ixotitlán	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
		El Hormiguero	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
		La Esperanza	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
		Joquela	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
	Texcal	Camino de terracería	Intercalación de calizas y lutitas	
	Tlahuiltepa	Agua Zarca	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

		Puerto El Baile	Camino de terracería	Intercalación de calizas y lutitas
		Boca de León	Camino de terracería	Intercalación de calizas y lutitas
Xochiatipan		Texoloc	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
		Amolo	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
		Cascada Pezmayo	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
Xochicatlán		Molango	Camino de terracería	Intercalación de conglomerado y limonita
		Michumita	Camino de terracería	Intercalación de conglomerado y limonita
Zacualtipán de Ángeles		Chinancahuatl	Camino de terracería	Calizas
		Tzincocatlán	Camino de terracería	Basaltos
		Zacualtipán	Camino de terracería	Basaltos
		Tizapán	Camino de terracería	Basaltos
Atlapexco		Palo gordo	Camino de terracería	Arenisca y detritos
		Tierra Playa	Camino de terracería	Lutitas
		Atlaltipa	Un camino pavimentado y uno de terracería	Lutitas
Calnali		Ahuacatlán	Camino pavimentado	Riolitas
		Calnali	Camino Pavimentado	Arenisca
Eloxochitlán		Chalmita	Camino de terracería	Conglomerado
		Huiloco	Camino pavimentado	Lutitas
		Achotla	Camino pavimentado	Lutitas
Juárez de Hidalgo		Camino a Juárez Hidalgo	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas
Lolotla		Acatepec	Camino de terracería	Conglomerado
		Aquilaxtepec	Camino de terracería	Intercalación de calizas y lutitas
		Pimienta	Camino de terracería	Intercalación de calizas y lutitas
Metztitlán		San Juan Tlatepexi	Camino de terracería	Intercalación de calizas y lutitas
		San Cristobal	Camino pavimentado	Basaltos
		Barrio San Marcos	Camino pavimentado	Riolitas
		El Salitre	Camino de terracería	Intercalación de calizas y lutitas
Tlanchinol		Quetzazolongo	Camino pavimentado	Brecha

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

		Tamala	Camino pavimentado	Andesitas
		San Salvador	Camino pavimentado	Lutitas
		Tlahuelongo	Camino pavimentado	Lutitas
		La Garrapata	Camino pavimentado	Lutitas
		Cuatlapech	Camino de terracería	Lutitas
		Chalchocotipa	Camino de terracería	Basaltos
		Huitepec	Camino de terracería	Calizas
		San Miguel	Camino de terracería	Lutitas
		Tlahuelompa	Camino pavimentado	Lutitas
		Chalchocotipa	Camino pavimentado Camino de terracería	Intercalación de calizas y lutitas
		El Balcón	Camino pavimentado	Intercalación de lutitas y areniscas
		Cuataplexta	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas
		Sta. Maria Ula	Camino de terracería	Intercalación de limolitas y calizas
		Jalapan	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas
		Sta. Lucia	Camino de terracería y un cultivo	Intercalación de calizas y lutitas
		Ahutitla	Camino pavimentado	Intercalación de calizas y lutitas
	Jaltocán	Petacotita	Camino de terracería	Intercalación de areniscas y lutitas

**c.5).- Región V**

La principal zona donde se presentan los deslizamientos es en la porción norte de la Región (Figura, 7.2.1.1.13.).

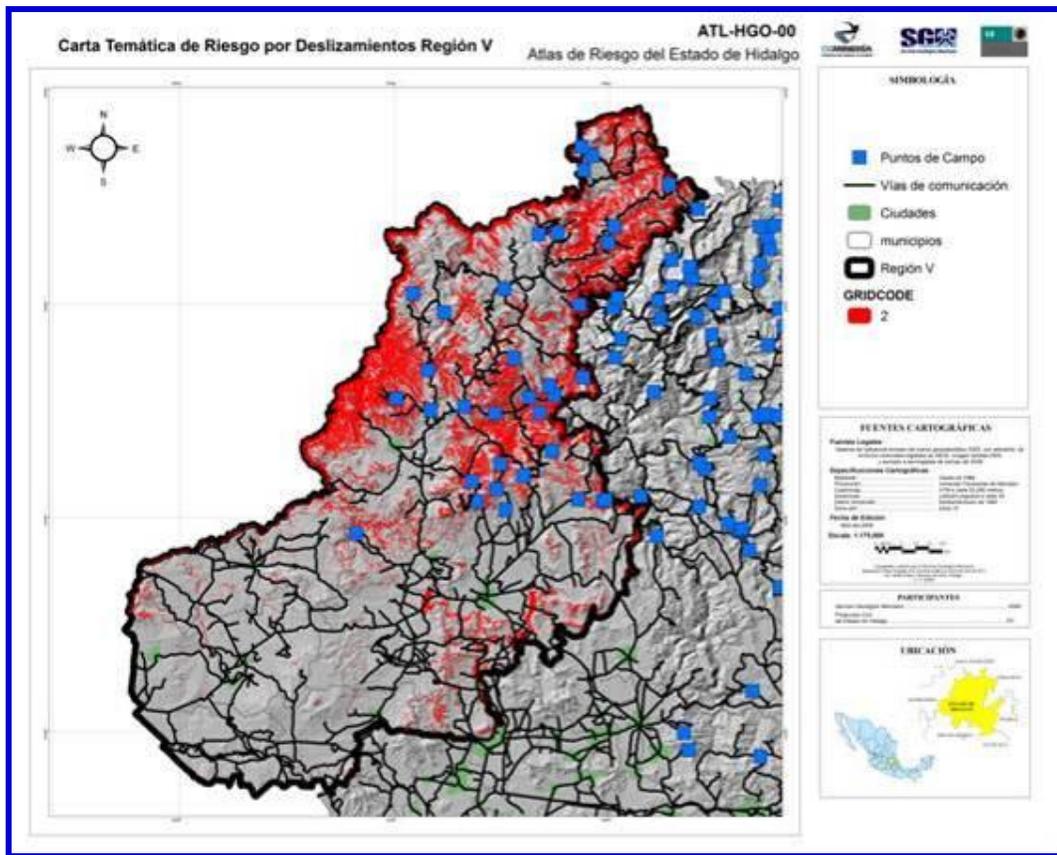


Figura 7.2.1.1.13.- Distribución y zonificación de deslizamiento en la Región V.

En la tabla 7.2.1.1.22., se muestra un resumen de las localidades afectadas, el grado de riesgo que presenta, la afectación principal y el tipo de material inestables.

Tabla 7.2.1.1.22.- Riesgo por deslizamientos y afectación en localidades de la Región V.

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectaciones	Tipo de materiales
Alto	Ixmiquilpan	Manantial	Vía pavimentada	Intercalaciones de caliza y lutita, fuertemente fracturadas, plegadas e intemperizadas
		La Pechuga	25 casas de tipos II y III	Intercalación de calizas y lutitas fuertemente fracturadas y plegadas
		El Defhay	Vía pavimentada	Secuencia de lutitas, areniscas y conglomerados
		Cuesta Colorada	Terracería, 5 casas de tipos II y III	Conglomerados
	Cardonal	Potrero-La Unión	25 casas de tipos II y III	Llutitas fracturadas, plegadas e intemperizadas

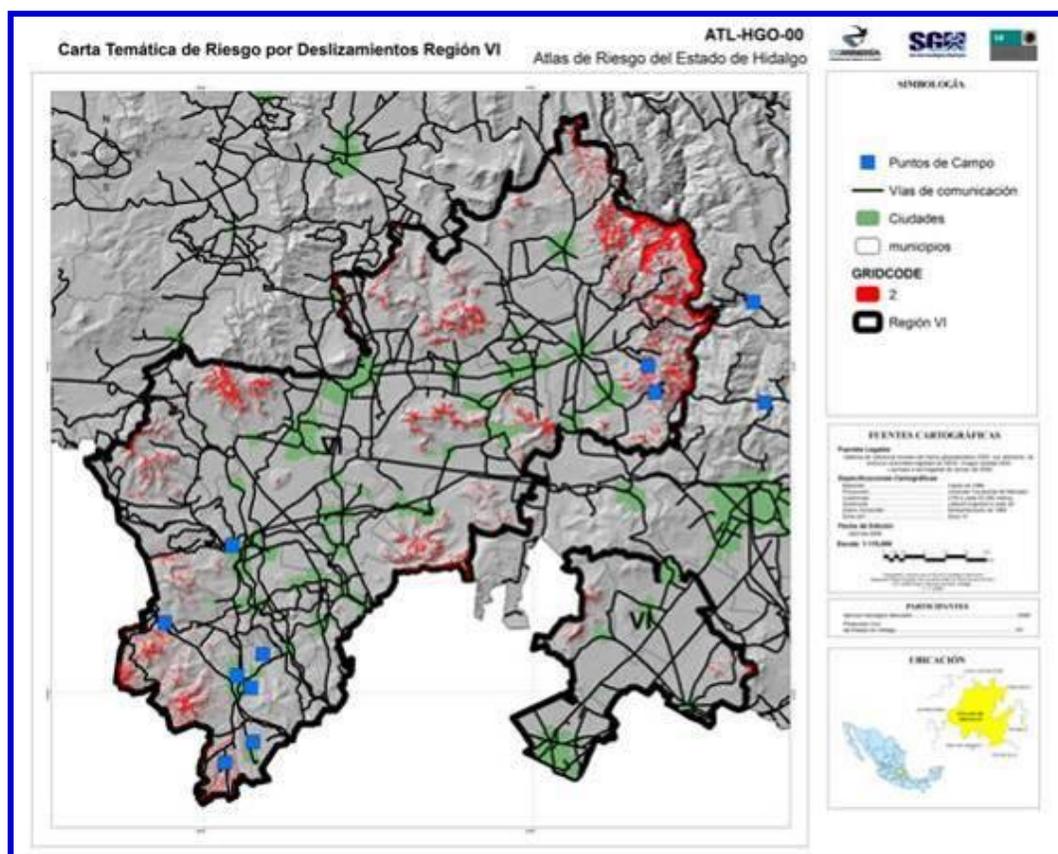
ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

		Puerto al Durazno	Vía pavimentada	Arcillas de origen calcáreo sumamente fracturado e intemperizado
	Jacala	Quetzapala	6 casas de tipos II y III, 1 auditorio	Conglomerado calcáreo cementado débilmente con matriz arcillosa
		El Aguaje	Vía pavimentada, 3 casas de tipos II y III	Caliza sumamente fracturada e intemperizada
	Pisaflores	La Peña	20 casas de tipos II y III, camino de terracería	Intercalación de calizas y lutitas fuertemente fracturadas
		Tlacuilola	Terracería	Caliza sumamente fracturada e intemperizada
		Palmitas	Terracería	Caliza sumamente fracturada e intemperizada
	La Misión	Vega de La Carrera	Terracería, 2 casas de tipos II y III	Suelo orgánico
		La Palizada	Escuela y camino	Secuencia de calizas y lutitas
		La Misión	Terracería, 6 casas de tipos II y III	Suelo orgánico, secuencia de caliza y lutita fracturada
	Nicolas de Las Flores	Ixtatlaxco	Vía pavimentada	Intercalación de calizas y lutitas fracturadas
		Cerro Prieto	Terracería	Intercalación de calizas y lutitas de estratificación delgada, plegada e intemperizada
	Zimapán	Villanueva	Carretera federal	Secuencia muy fracturada de calizas y lutitas
		San Francisco	40 casas de tipos II y III	Suelo orgánico
Medio	Ixmiquilpan	La Lagunita	Vía pavimentada	Caliza sumamente fracturada
	Pacula	Rojo Gómez	Terracería	Intercalación de caliza y lutitas fracturada y plegada
		Potrerrillos	Terracería	Intercalación de caliza y lutitas fracturada y plegada
	Chapulhuacan	Saucillo	Terracería	Intercalación de caliza y lutitas fuertemente plegada
		Cahuazas	Terracería	Intercalación de caliza y lutitas fracturada y plegada

		El Sotano	Terracería	Intercalación de caliza y lutitas fracturada y plegada
		Barrio Arriba	Terracería	Intercalación de caliza y lutitas fracturada y plegada
	Jacala	Santo Domingo	Terracería	Calizas fracturadas

**c.6).- Región VI**

Los deslizamientos se concentran en la parte sur y norte de la Región, (Figura, 7.2.1.1.14.).



**Figura 7.2.1.1.14.- Distribución y zonificación de deslizamiento en la Región VI.**

En la tabla 7.2.1.1.23., se muestra un resumen de las localidades afectadas, el grado de riesgo que presenta, la afectación principal y el tipo de material inestables.

**Tabla 7.2.1.1.23.- Riesgo por deslizamientos y afectación en localidades de la Región VI.**

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectaciones	Tipo de materiales
Alto	Tepeji del Río de	Colonia Noxtongo	8 casas de tipos II y III	Tobas riolíticas

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	Ocampo	San Buenaventura	1 casas de tipos II y III	Tobas
		San Mateo	200 casas de tipos II y III	Tobas
		San José Piedra Gorda	40 casas de tipos II y III	Suelo
		Fraccionamiento Presa Escondida	10 casas de tipos II y III	Tobas
	Tula de Allende	El Pante	20 casas de tipos II y III	Conglomerados
Medio	El Arenal	Fray Francisco	Camino pavimentado	Tobas
		San Jeronimo	Camino de terracería	Tobas

### 7.2.1.2.- Caída de bloques y rocas

#### a) Peligro

Este fenómeno se da principalmente en la zona serrana en rocas fracturadas de composiciones volcánica y sedimentaria, predomina la caída tipo volteo, siendo las vías de comunicación las más afectadas, sin excluir asentamientos irregulares en laderas de los cerros donde la roca está muy fracturada y en temporada de lluvia se da la presencia de grandes bloques que pone en riesgo a la población existente. El fallamiento del macizo rocoso se encuentra en rocas duras y blandas, en puntos de mayor debilidad y/o discontinuidad. Según la resistencia a la compresión se clasifican de la siguiente manera:(Tabla, 7.2.1.2.1)

**Tabla 7.2.1.2.1.- Clasificación de la dureza de las rocas (Escobar, s/a).**

TIPO	RANGO	Kg/cm <sup>2</sup>
Suelo blando	<	4
Suelo duro	Entre	4 a 10
Roca blanda	Entre	10 a 375
Roca intermedia	Entre	375 a 700
Roca dura	>	700
Concreto	≥	210

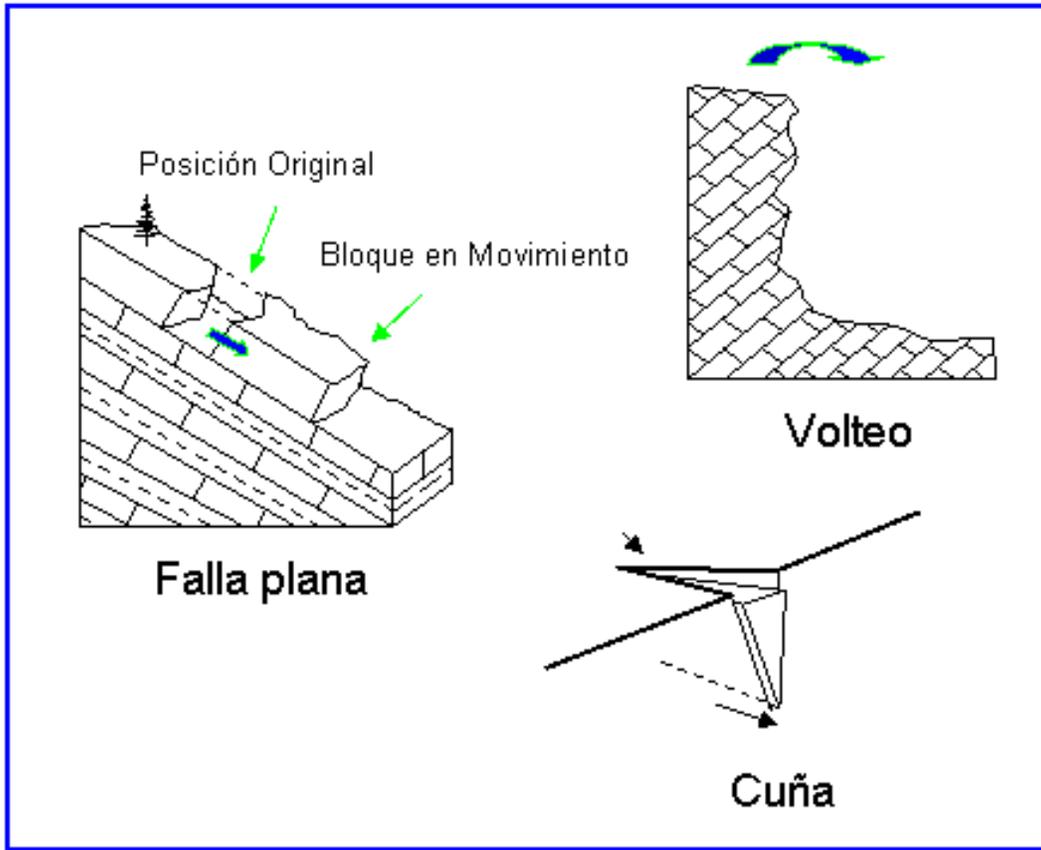
Las propiedades de las rocas son un factor importante en el fenómeno de caída de bloques, ya que dependiendo de su origen, estas presentan características muy particulares, a continuación se describen de manera general:

- Las rocas ígneas, son muy resistentes, isotrópicas, rígidas, frágiles, densas y de textura entrabada y se clasifican en ígneas plutónicas y volcánicas. Las plutónicas, tienen minerales resistentes y entrabados, mientras que en las volcánicas, los minerales son heterogéneos, con falla en poros y plasticidad,
- Las rocas sedimentarias, tienen resistencia media-baja, son ortotrópicas (minerales alineados), poco rígidas, dúctiles, porosas, textura cementada-laminada.
- Las metamórficas se le caracteriza por una resistencia media, presenta ortotropía, tenacidad y textura entrabada y baja porosidad.

Las regiones que componen el Estado, cuentan con diferentes características, en algunas ocasiones se tiene un fracturamiento bien definido los cuales desde los recorridos de campo son detectados y levantados al igual que todas las discontinuidades.

Se entiende por discontinuidad, a todas aquellas estructuras geológicas (estratificación, fracturas, foliación, fallas, diaclasa, etc.) que forman dichos, planos, a lo que comúnmente se le conoce como fábrica estructural del macizo rocoso. Este tipo de discontinuidades, son el producto del tectonismo a la que la roca fue sujeta en su estado inicial de esfuerzo y dependiendo de la orientación se tendrá un patrón de fracturamiento que delimitará la geometría de los bloques de roca.

Generalmente se tienen tres tipos de caída de bloques: por volteo (en campo se identifican por ser planos de discontinuidad en sentido contrario al corte de la ladera), plana (los planos de la discontinuidad son paralelos al deslizamiento de ladera) y por cuña (se forma con la intersección de dos o más fracturas o planos con inclinaciones en sentido del corte de la ladera) (Figura 7.2.1.2.1.).



**Figura 7.2.1.2.1.- Clasificación de los diferentes mecanismos de movimientos de bloques.**

**a.1).- Región I**

En esta Región, se ubica la capital del Estado, misma que por su rápido desarrollo presenta en la actualidad serios problemas de caída de bloques, hundimiento y deslizamiento, estos dos últimos serán descritos en los apartados correspondientes. (Figura 7.2.1.2.1).

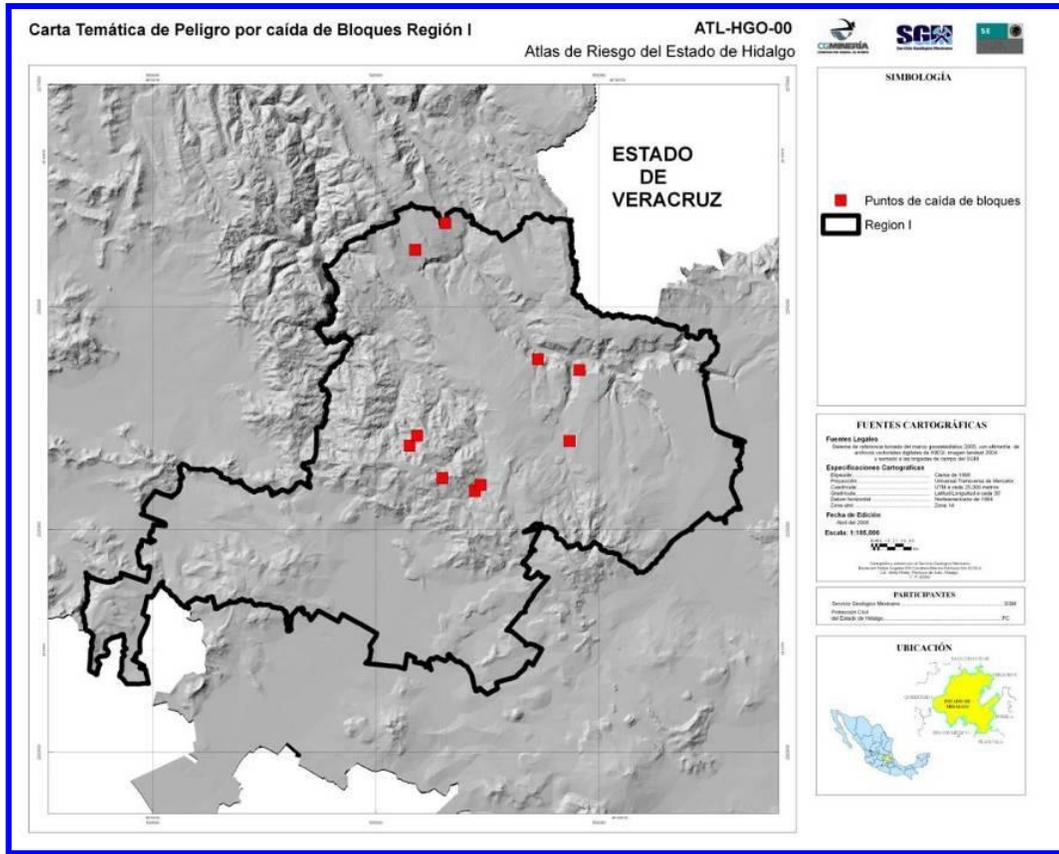
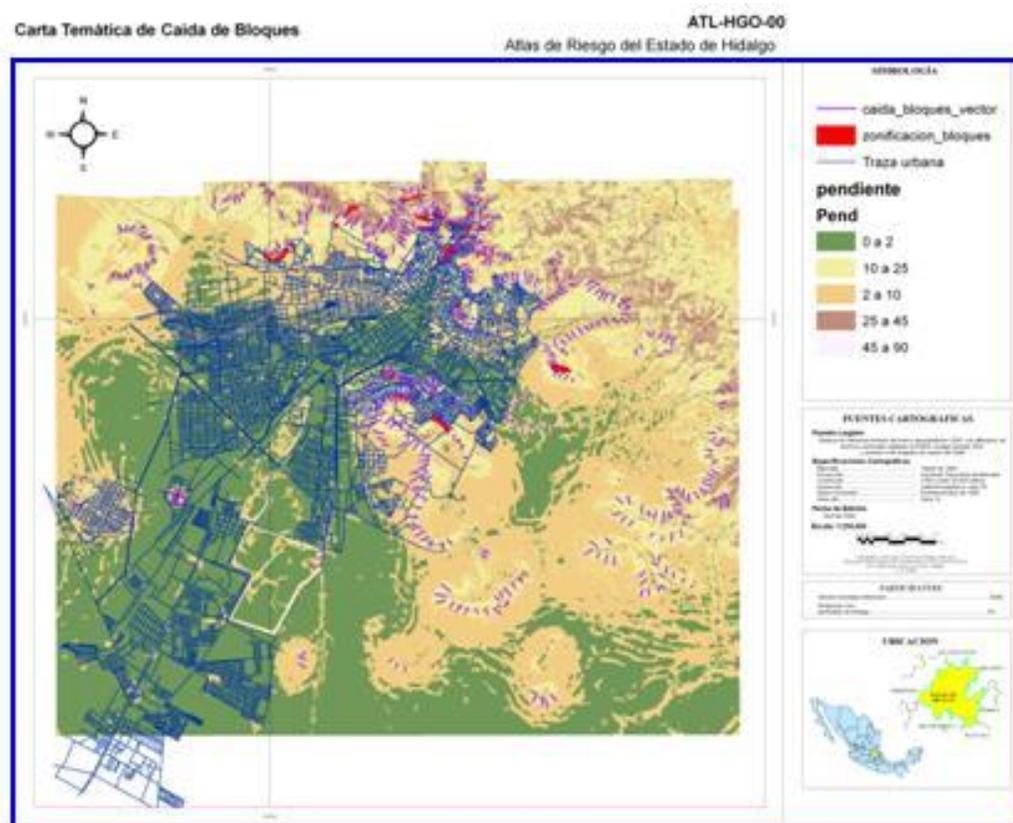


Figura 7.2.1.2.1.- Inestabilidad de laderas por caída de bloques en la Región I.

La caída de bloques, se presenta en laderas de cerros que delimitan al norte de la ciudad, los asentamientos localizados en estas áreas presentan peligro alto (en especial la colonia Nueva Estrella, en sus seis secciones), ya que en temporada de lluvias y por la presencia de fuertes vientos, los bloques pueden llegar a caer y afectar seriamente (Figura 7.2.1.2.2.).

El Servicio Geológico Mexicano (SGM) en el año del 2006, desarrolló el Atlas de Riesgo de la Ciudad de Pachuca, en él, se menciona el problema de caída de bloques, mismo que hasta la fecha no ha sido resuelto.



**Figura 7.2.1.2.2.- Distribución de las zonas de peligro por caída de bloques en la ciudad de Pachuca, Hidalgo.**

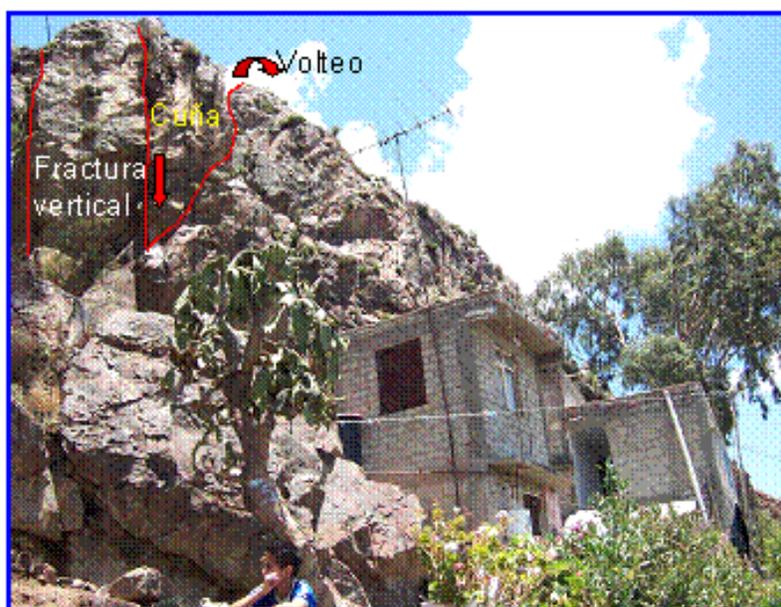
La caída de bloques en la Ciudad de Pachuca se da en las laderas de los cerros que limitan a la ciudad, así como en los cortes carreteros. Uno de ellos se presenta sobre la carretera federal que comunica a la Ciudad de Pachuca con San Miguel Cerezo, en este punto fueron identificados cinco sistemas de fracturamiento, siendo estos: N 96° / 88°, N 164° / 72°, N 198°/73°, N 76°/32° y N 293°/57°, la caída de estos bloques es en forma de cuña y se da en rocas volcánicas de composición andesítica (Ver anexo 11.3, Estereograma 11.3.1.).

Sobre la misma carretera se identificó caída de bloques en forma de volteo y cuña. Afectando de igual forma a las viviendas que se ubican en las faldas del Cerro Maravillas al norte de la colonia Nueva Estrella, siendo esta la más perjudicada. (Ver anexo 11.3, Estereograma 11.3.2.).

El fenómeno reincide en el camino que conduce a la comunidad Velillo, en la carretera estatal Pachuca-Real del Monte, hacia a Atotonilco el Grande, en el Cerro La Bruja, carretera estatal Mineral del Chico, Carretera Federal Pachuca a San Miguel Cerezo y en la autopista Pachuca-Real del Monte.

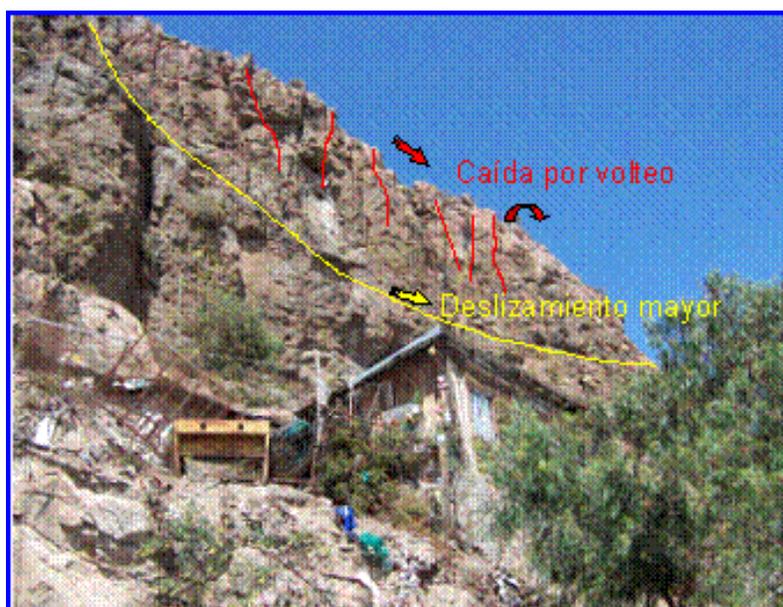
En la Ciudad de Pachuca, las colonias que presentan este tipo de afectación son los Barrios Españita, El Lobo, De la Cruz, El Mosco, La Alcantarilla, San Nicolás de la Colonia Nueva Estrella 1ª Sección, sobre la calle Halley, la 3ª Sección de la colonia Nueva Estrella, la Calle Leo, en la avenida Everardo Márquez y en la ranchería Velillo.

La Colonia Nueva Estrella 1ª sección ubicada en la parte noreste de la ciudad, es considerada de peligro alto ya que se encuentran una serie de escarpes y labrados de minas, las cuales hacen más inestable el terreno. Se encuentran bloques verticales de forma irregular, con un peso aproximado de 20 toneladas y fracturamiento intenso (Fotografía 7.2.1.2.1.), en esta zona se localizan dos viviendas de tipo III habitadas por 10 personas, la pendiente del terreno es de 38°, con una dirección de desplazamiento hacia el sur, afectando un área de 20 m<sup>2</sup>.



**Fotografía 7.2.1.2.1.- Colonia Nueva Estrella, vivienda con peligro alto por caída de bloques.**

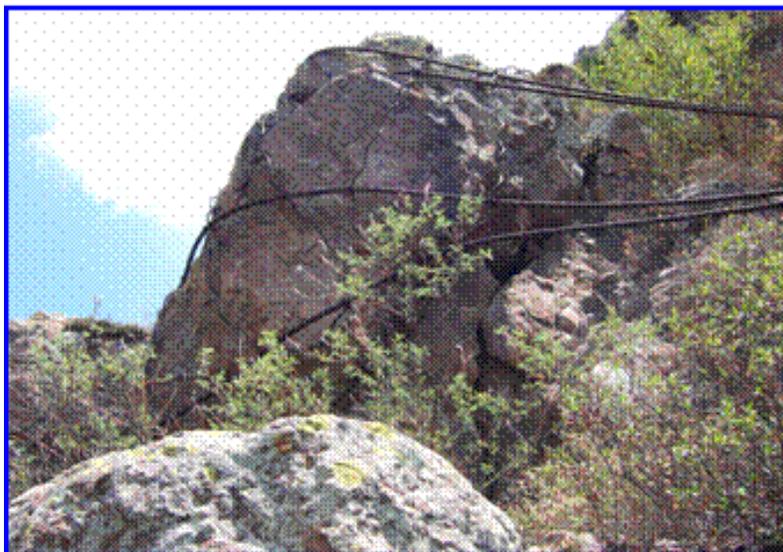
En las partes altas se encuentra un escarpe de 38 m de altura en roca andesita muy fracturada, en donde se ubican 5 viviendas de tipo I en peligro extremo. La pendiente del terreno es de una inclinación de  $35^\circ$ , la dirección de caída es S  $40^\circ$  E, el área afectable cubre una superficie de  $40 \text{ m}^2$  (Fotografía 7.2.1.2.2.). Existe un escarpe de más de 35 m de altura de roca andesita muy fracturada, en la cual se muestran caídos de bloques de dimensiones de hasta 0.20 m de diámetro. En las inmediaciones del escarpe se encuentran cuatro viviendas construida de tipo II, siendo muy vulnerables a la caída de bloques y con un peligro alto; la inclinación del terreno es de  $40^\circ$  y la dirección de los caídos es hacia el S  $40^\circ$  E.



**Fotografía 7.2.1.2.2.- Asentamientos irregulares cerca del escarpe del labrado de la veta Lagartijos, se muestra la caída por volteo.**

La Colonia Nueva Estrella, en la Calle Leo, también existen problemas, afectando un área de  $50 \text{ m}^2$ ; donde hay 6 viviendas localizadas en las partes más bajas. En la 3ª Sección de la misma colonia, en la calle Camelia se observa un escarpe de más de 30 m de altura, en roca andesítica fracturada y fallada, existe filtración de agua en las fracturas lo cual favorece al desprendimiento y caída de bloques, ya que sirve como lubricante. Se ubican 2 viviendas con número 110 y 115, construidas sobre el labrado de la veta Analcos, en donde la dirección de los caídos es hacia el sur.

Sobre toda la calle Halley, se encuentran bloques de diámetros de hasta 5 m<sup>3</sup>, con peligro de caer, pendiente abajo se ubican 6 viviendas construidas de tipo II marcadas con los número 141, 143, 145, 147, 151, 153; en este lugar la inclinación del terreno es de 58° y la dirección de caída es al S 20° E. Los bloques más peligrosos se ubican a una distancia de 25 m de las casas. En las partes altas de la colonia Nueva Estrella, en la calle 2ª cerrada de Halley, las viviendas que se encuentran en peligro alto son las marcadas con los número 90, 91, 92, 93, 94, 131, habitadas por 25 personas; en este lugar existen una serie de bloques sueltos de diferentes dimensiones con borde subredondeados y angulosos, por información verbal de los colonos y verificación en campo, para estabilizar estos bloques, uno de ellos lo sujetaron con cable de acero, pero que existen muchos más por deslizarse. La dirección de la caída es al suroeste, la inclinación del terreno es mayor a 45° (Fotografía 7.2.1.2.3.), la distancia entre los bloques y las viviendas es de 50 m. Este lugar es considerado de peligro muy alto.



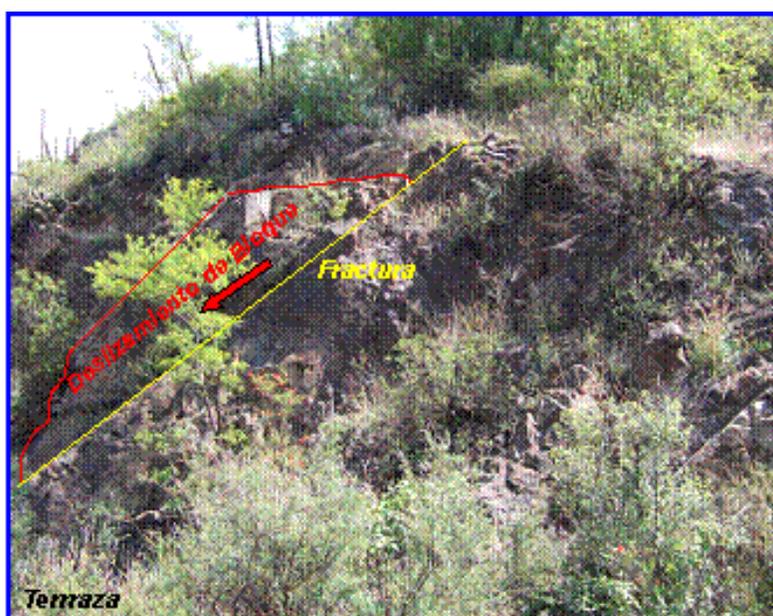
**Fotografía 7.2.1.2.3.- Bloque de roca andesítica sujeta con cable de acero.**

La segunda zona de importancia por su peligrosidad es la que ocupan los Barrios Española, San Nicolás, La Alcantarilla, El Mosco, Cruz de los Ciegos y El Lobo.

En el Barrio Española, (Anexo 11.3, Estereograma 11.3.3), se determinaron cinco sistemas principales de fracturamiento A - N 260°/53°, A' - N 279°/45°, B - N 190°/63°, B' - N 218°/64°, C - N 104°/16°, la ladera tiene una dirección de N 205°/60°, con el análisis de estos puntos se

determino que el peligro principal de la zona es de bloques caídos por volteo, en segundo término, caídos por cuña y falla plana, lo que implica un peligro medio, ya que se localiza al borde de una barranca y una pequeña terraza que esta utilizándose como camino (Fotografía 7.2.1.2.4.), otra característica que permite clasificar este sitio como de peligro medio es la competencia de la roca. En este lugar no se descarta la posibilidad de que pronto sea habitada y el peligro seria mayor por la afectación directa a vidas humanas.

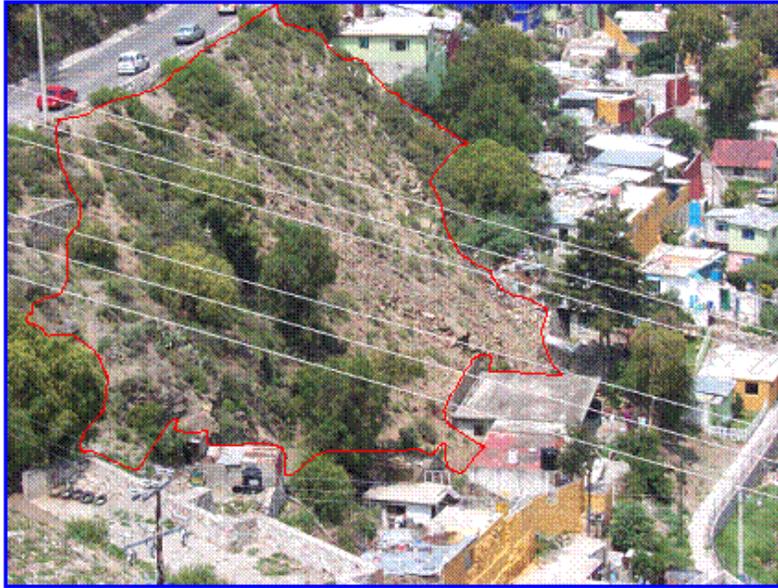
En el Barrio San Nicolás el fenómeno se presenta de la misma manera que en la zona anterior, afecta principalmente al camino que va a San Miguel Cerezo, las viviendas localizadas a la parte baja de la ladera son afectadas por deslizamiento y caída de bloques, principalmente en la temporada de lluvias.



**Fotografía 7.2.1.2.4.- Barrio Española, deslizamiento de bloques hacia una terraza.**

Tanto los barrios San Nicolás y La Alcantarilla, se localizan bajo un talud casi vertical, que varía de 20 a 30 m de altura, implicando con ello un peligro alto en ambos barrios, ya que tanto en la parte alta como baja del talud se tienen viviendas construidas de tipo II. Se evidencia claramente la caída de bloques que afecta primordialmente a tránsito vehicular, sobre todo en época de lluvias, la roca es volcánica de composición andesítica, con un fracturamiento alto. Sobre la carretera y pendiente arriba se encontraron bloques bien

definidos por fracturas con caras planas y que representan un peligro por desprendimiento (Fotografía 7.2.1.2.5.).



**Fotografía 7.2.1.2.5.- Barrios San Nicolás y La Alcantarilla, movimiento de material balconado por el corte del camino.**

En el barrio El Mosco, ubicado en el cerro donde se tiene el monumento a Cristo Rey, la caída de bloques se da en forma de cuña y escasamente por volteo aunque por las características del terreno y el resultado del análisis se tienen caída planas, en el caso de un desprendimiento de roca este no afectaría a las viviendas, ya que existe una zona de amortiguamiento.

En el cerro El Lobo, se encuentra ubicado el barrio del mismo nombre, con presencia de fracturamiento, debido a la existencia cercana de una falla normal, al parecer de dimensiones regionales, la mayoría de las fracturas están rellenas de arcilla formada de la misma roca, se determinaron cuatro sistemas principales de fracturamiento, A - N  $198^{\circ}/77^{\circ}$ , A' - N  $05^{\circ}/83^{\circ}$ , B - N  $81^{\circ}/75^{\circ}$ , B' - N  $93^{\circ}/70^{\circ}$ , la ladera es de dirección N  $155^{\circ}/65^{\circ}$  de acuerdo al análisis realizado se determina una caída de bloques por cuña en esta estación se considera un peligro medio, dado que en la parte baja se tienen viviendas.

Las zonas de peligro se localizan en el barrio de la Cruz, donde se tiene un plano de falla normal adena a ella con un franco fracturamiento y deslizamientos de arena y grava, de las mediciones realizadas a las fracturas, se determinaron siete sistemas principales de fracturamiento, A - N 184°/86°, A' - N 195°/77°, B - N 245°/71°, B' - N 310°/82°, C - N 104°/67°, C' - N 349°/74°, la ladera es de N 170°/75°, determinando caídas de bloques por volteo y cuña (Fotografía 7.2.1.2.6.).



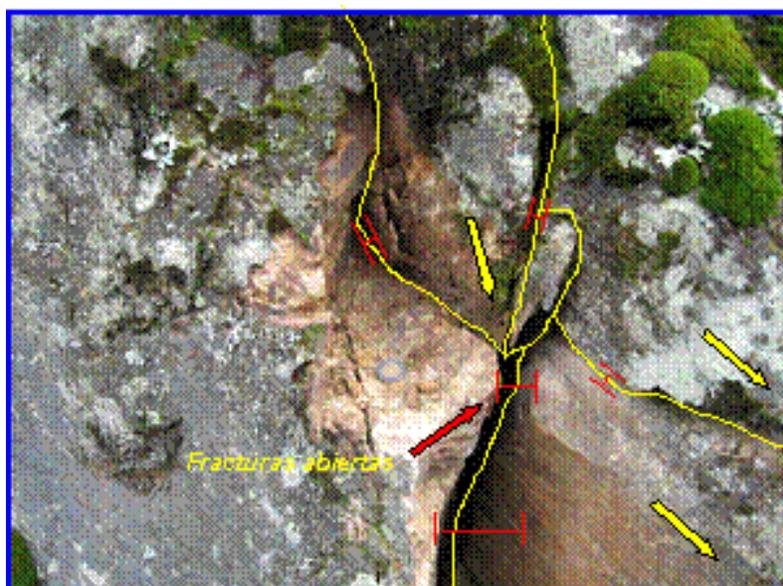
**Fotografía 7.2.1.2.6.- Zona de peligro por caída de bloques, afectan a la parte norte de la colonia La Cruz.**

En la avenida Everardo Márquez se tiene un afloramiento muy escarpado de andesitas alteradas, de acuerdo al análisis realizado, se obtuvieron cinco sistemas principales A - N 281°/77°, A' - N 306°/76°, B - N 204°/76°, B' - N 190°/87°, B'' - N 27°/85°, el rumbo e inclinación de la ladera es de N 87°/80° dándonos como resultado una caída de bloques por volteo y cuña.

Las estaciones que se levantaron en estas zonas son de peligro medio, dado que se encuentran en los caminos principales de acceso a la ciudad de Pachuca, se describen de manera muy general, refiriendo únicamente al tipo de bloque que puede desprenderse de las laderas, esta característica por ejemplo tienen que ver con la construcción de la autopista Pachuca-Real del Monte, donde se tuvo que anclar, recubrir con cemento y maya de acero a

las laderas de mayor inestabilidad, con el fin de minimizar la caída de pequeños bloques y deterioro de las carreteras (Anexo 11.3, Estereograma 11.3.4.).

La carretera estatal que comunica a Mineral del Chico, es muy angosta y se tiene conocimiento que en ella se tiene periódicamente recorridos en motocicletas, el peligro mayor es la caída de bloque que se puede generar en las laderas. La separación entre fracturas varia de 0.5 a 2.5 cm (Fotografía 7.2.1.2.7.), del análisis obtenido se determinó que la caída de los bloques se da en forma de cuña y volteo;



**Fotografía 7.2.1.2.7.- Zona de peligro por caída de bloques sobre la carretera Mineral del Chico.**

En las afueras de Real del Monte rumbo a Atotonilco el Grande en el Cerro La Bruja, se tiene una ladera vertical con orientación N 66°/88°, los bloques que en ella se encuentran están sueltos y con peligro a derrumbarse, en el análisis de fracturamiento realizado se reflejan caídas de bloques por cuña y planar, este punto es importante ya que esta carretera es muy transitada por turistas.

Sobre la carretera Pachuca-Real del Monte, la caída de bloques se presenta en forma de cuña y plana. Las laderas con mayor grado de inestabilidad se encuentran recubiertas con

mallas de acero y una capa delgada de cemento con el fin de minimizar los derrumbes por caída (Fotografía 7.2.1.2.8.).



**Fotografía 7.2.1.2.8.- Intenso fracturamiento sobre carretera Pachuca-Real del Monte.**

Hacia la comunidad El Velillo se tomaron estaciones de fracturamiento donde la caída de bloques se da en forma de cuña, volteo y plana. En esta misma ranchería, se tiene un escarpe pequeño y una terraza donde los pobladores han utilizado como cancha de futbol, en este lugar se tomaron datos estructurales y de acuerdo al análisis estereográfico se determinó el mecanismo de movimiento por caída de bloques en forma de cuña y volteo.

En los alrededores de Mineral del Chico (Cabecera Municipal), se localizan dos zonas donde se tiene peligro medio; la primera se localiza en las faldas del cerro Peña El Cuerno, debido al ángulo de corte del camino, por lo que llega a formar escarpes, litológicamente consiste de toba riolítica, que se encuentran intemperizadas, por su grado de resistencia se le clasifica como medianamente dura, los tamaños de los bloques en su mayoría son de 0.50 m a 1.0 m, con fuerte fracturamiento, en el caso que se diera desprendimiento de las rocas, estas afectarían a la vía que comunica el poblado de Estanzuela-Mineral del Chico.

La segunda, se ubica en las faldas de Cerro Alto, en esta parte de la ladera se tienen dos trazos de carretera, una que comunica la población de Carbonera-Mineral del Chico y otra que atraviesa El Puerto Las Cruces-Cerro El Brujo-Peña La Muela-Peña El azúcar y Cerro Monte Copado, el tipo de peligro en esta zona es medio, los bloques son de composición andesítica, con bajo grado de intemperismo, los bloques formados por el fracturamiento varían de 1.0 m a 5.0 m., las fracturas tienen una dirección preferencial NE, estas se encuentran abiertas y sin relleno, la densa vegetación y las precipitación son los factores que aceleran la caída de los bloques. La principal afectación es a la vía que comunica Carbonera-Mineral del Chico.

En el poblado de Pueblo Nuevo (municipio de Mineral del Monte), se tiene una zona donde existen problemas de inestabilidad de laderas por caída de bloques, la litología del área son andesitas con intemperismo bajo y de resistencia medianamente dura, por el tipo de fracturamiento se forman bloques con caras planas y aristas subangulosas, el diámetro de los bloques varían de 1.0 m a 5.0 m, el mecanismo de movimiento es combinado (volteo y deslizamiento). A esta zona se le considera de peligro medio, debido a que se encuentran 10 viviendas en los alrededores del material rocoso, hasta la fecha no se han tenido caídos de bloques.

Sobre la carretera federal No 105, a la altura de las poblaciones de Real del Monte y Omitlán de Juárez (ambas cabecera municipales), las laderas y taludes llegan a ser de escarpadas a precipicio, por lo que llega a tener inestabilidad por caída de bloques. La litología del lugar consiste de potentes espesores de roca volcánica, en la que predomina la andesita y dacita, estas presentan textura porfídica, levemente intemperizada, resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques varían de 0.50 m hasta los 5.0 m, La discontinuidad del macizo rocoso está dada por el intenso fracturamiento, el espaciamiento de las fracturas es moderadamente amplio, rugosidad lisa y moderadamente abiertas rellenas de arcilla. La inestabilidad de los taludes y laderas de esta zona se debe al sistema de fracturamiento y a la erosión diferencial, por lo que se llega a generar el fenómeno de caída de bloques con un mecanismo de movimiento por volteo, cuña y falla plana (Fotografía 7.2.1.2.9.).



**Fotografía 7.2.1.2.9.- En Omitlán de Juárez, se tienen desprendimientos de grandes bloques.**

A este lugar se le considera de peligro alto, debido a que la principal afectación es a la carretera antes mencionada y a cinco casas que se encuentran en el poblado de Omitlán.

En el camino que comunica Huasca de Ocampo (cabecera municipal)-San José Cacaloapan, se tiene un área de caída de bloques, debido al intenso fracturamiento y diaclasamiento se llegan a formar dichos bloques, estos son de composición basáltica con bajo grado de intemperismo pero con resistencia dura. El tamaño de los bloques varían de 0.50 m hasta 5.0 m, el espaciamiento que existe entre fractura y fractura varía de 0.06-0.60 m, con rugosidad ondulada, la gran mayoría de las fracturas se encuentran sin relleno. Este lugar se le considera área de peligro bajo, la principal afectación es al camino.

En las inmediaciones del poblado Cerro Colorado (municipio de Atotonilco el Grande), aflora roca volcánica, esta se presenta coronando una pequeña loma, que pone en peligro a varias viviendas que se encuentran asentadas sobre la ladera. La litología del lugar consiste hacia la parte baja de fragmentos de roca volcánica unidos por una matriz tobácea, coronado a este paquete se tiene roca basáltica. El grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es medianamente fuerte, el tamaño de los bloques en promedio son de 1.5 X 0.6

X 0.8 m, la discontinuidad del macizo rocoso es propiciada por el fracturamiento (Az 210° con 80°), el espaciamiento es de 0.02 a 0.05 m, mientras que la abertura llega a ser de 0.05 m y sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y rodamiento, a este lugar se le considera de peligro alto debido a que sobre la ladera se encuentran asentadas 4 viviendas de tipo II.

Sobre el camino que comunica a los poblados de La Cañada- San Bartolomé (municipio de Huasca de Ocampo), a la altura de donde comienza el descenso se presentan problemas por inestabilidad de laderas.

La litología del lugar consiste en una secuencia de lutita-caliza, a este paquete sedimentario le sobreyace un derrame basáltico (Fotografía 7.2.1.2.10.).



**Fotografía 7.2.1.2.10.- Sobre laderas muy escarpadas, se presentan constantes caídas de bloque sobre el camino.**

El grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques varía de 0.10 a 1.5 m<sup>3</sup>, la discontinuidad del macizo rocoso es debido al fracturamiento, el espaciamiento es de 0.20 a 1.0 m, presenta rugosidad escarpada, la abertura es de 0.01 a 0.08 m, En esta zona las laderas se encuentran muy escarpadas lo

que origina que se tengan constantes desprendimientos de bloques de roca (Anexo 11.3, Estereograma 11.3.5.).

De acuerdo a los datos estructurales tomados en campo, se determino que el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y cuña. A este sitio se le considera de peligro alto, debido a que la principal afectación es a la vía de comunicación.

Sobre la carretera de San Juan Hueyepán-San Sebastián (municipio Huasca de Ocampo), se tienen problemas de inestabilidad de ladera, principalmente al comenzar el descenso hacia el poblado de San Sebastián.

La litología del lugar consiste en una secuencia de caliza-lutita, esta unidad le sobreyace por un paquete de roca basalto, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es moderadamente dura, el tamaño de los bloques varía de 0.10 a 2.0 m<sup>3</sup>, la discontinuidad del macizo rocoso esta dado por el fracturamiento, el espaciamiento es de 2.0 m, con rugosidad escarpada, abertura de 0.05 m. El mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y volteo afectando principalmente al camino. Este lugar se le considera de peligro medio.

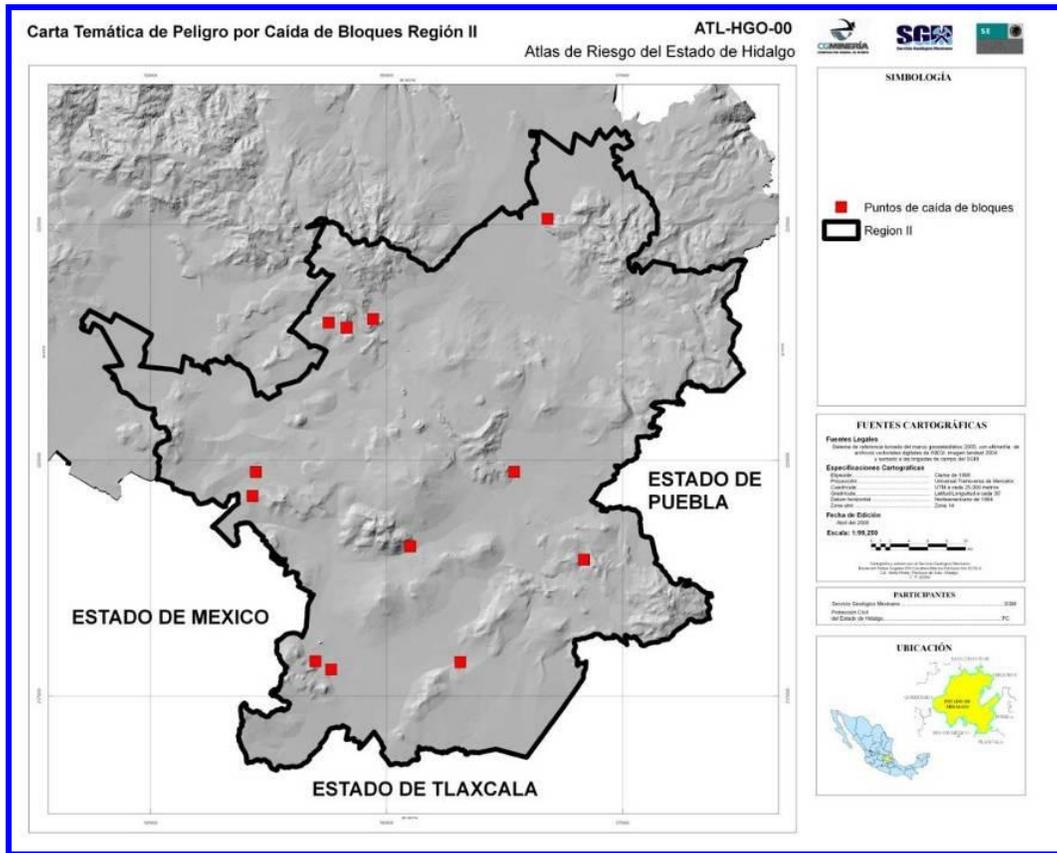
A 2.5 km hacia el norte del poblado de la Cumbre de San Lucas (municipio de Atotonilco el Grande), lugar mejor conocido como Paso de León, se tiene una zona donde los taludes y pendientes llegan a ser de escarpado a precipicio, por lo que se llega a tener problemas de inestabilidad por caída de bloques. La litología del área consiste de gruesos depósitos de roca volcánica, principalmente de basalto y toba riolítica, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), de resistencia medianamente dura, por las características del fracturamiento, se llegan a formar bloques de formas irregulares, siendo en promedio de 1 x 1 x 0.60 y ocasionalmente de 3 x 3 x 3 m.

La discontinuidad del macizo rocoso es debido al intenso fracturamiento, estas llegan a presentar un espaciamiento de 0.5 m, con rugosidad escarpada, las aberturas de hasta 0.3 m y generalmente sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es principalmente

por volteo y cuña. A este lugar se le considera de peligro alto, debido a que la principal afectación es a la carretera federal No 105 que comunica a varias poblaciones importantes que se encuentran al norte del Estado.

**a.2).- Región II**

Las principales afectaciones en esta Región son a viviendas y vías de comunicación (Figura 7.2.1.2.3.).

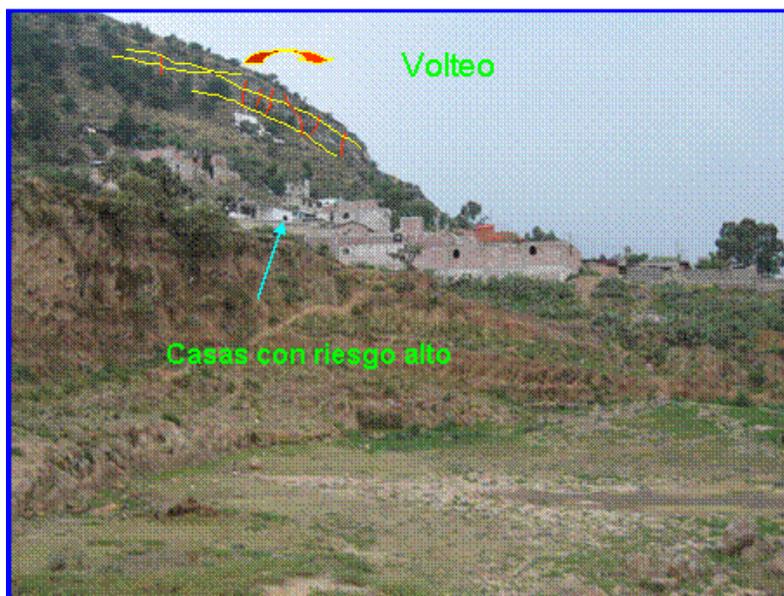


**Figura 7.2.1.2.3.- Distribución zonas de inestabilidad de laderas por caída de bloques en la Región II.**

En los alrededores del cerro Huapalcalco poblado del mismo nombre, se realizaron seis puntos de verificación, estos se ubican en las colonias Hidalgo Unido, La Cañada y localidad Napateco (municipio de Tulancingo), a continuación se describen brevemente:

La de caída de bloques se presenta en un cordón montañoso de 1200 m.s.n.m, constituido por potentes espesores de roca volcánica de composición riolítica, con pendientes de 30° a 40° y en algunas partes con taludes escarpados, la roca presenta fracturamiento vertical con separación de 1.5 a 5 m y otro de tipo subhorizontal con separación de 1 a 3 m, por lo que se llegan a formar bloques de 16 a 250 m<sup>3</sup>.

En Huapalcalco, el desarrollo urbano se da hacia la ladera del mismo cerro, existen 25 casas de tipo II ubicadas en ella, la litología y pendientes ya fueron mencionadas en párrafos anteriores, el fracturamiento es vertical y subhorizontal, el espaciamiento de las fracturas de 1 a 5 m, en el lugar se tienen bloques mayores a 6 m de diámetro, completamente desprendidos, ubicados a unos 15 m de la cima y a 20 m aproximadamente de 10 casas de tipo II, el más grande tiene más de 10 m de diámetro con un volumen de 250 m<sup>3</sup> (10 m de ancho x 5 m de largo x 5 m de espesor). Cabe mencionar que en este punto la discontinuidad de la roca está a favor de la ladera, factor que facilita el desplazamiento y desprendimiento de los bloques. También fueron observadas estrías de falla subhorizontal a unos 15 m de distancia de casas, lo que facilitará el desprendimiento de los bloques, especialmente en temporada de lluvias, (Fotografías 7.2.1.2.11 y 7.2.1.2.12.). En este lugar, hacia la porción norte, la afectación es a 50 casas construidas de tipo III.



**Fotografía 7.2.1.2.12.- En el Cerro Huapalcalco, las viviendas que se encuentran asentadas en las laderas de la porción norte.**

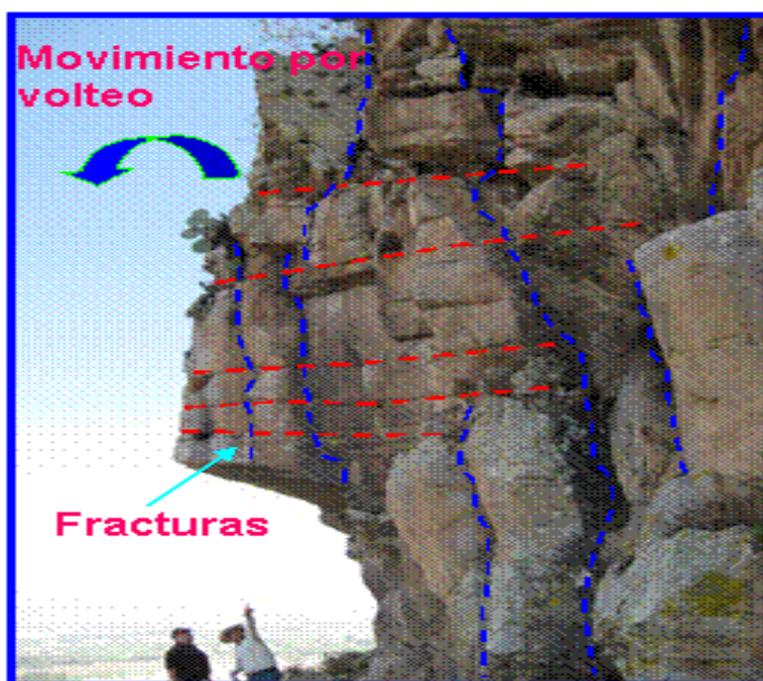
El mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y volteo, por el grado de pendiente y forma geométrica de los bloques, es factible que éstos se desprendan del talud tengan el efecto por rodamiento, afectando a las casas que se encuentran al pie del talud.



**Fotografía 7.2.1.2.13.- En Huapalcalco, se mapeo desprendimiento de bloques.**

La colonia Hidalgo Unido no se considera como riesgo, debido a que no existen asentamientos urbanos al pie del talud, sin embargo es muy probable que en poco tiempo esta zona se encuentre fraccionada, por lo que se considera de peligro alto. La composición de la roca consiste de roca riolítica, con pendientes de  $25^{\circ}$ , el macizo rocoso presenta fracturamiento vertical con espaciamento de 1 a 2 m, por lo que se llegan a formar bloques de 2 x 2 x 2 m.

Otros sitios de gran interés es la Colonia La Cañada, el macizo rocoso presenta fracturas verticales y subhorizontales con espaciamento de 1 a 5 m, por lo que se forman bloques de 6 x 3 x 1.5 m, sobre la ladera del cerro se encuentran 3 bloques descansando sobre material de pie de monte no consolidado, por lo que es fácil de erosionar por efecto del agua y por ende provocar inestabilidad en los bloques (Fotografía 7.2.1.2.14.)

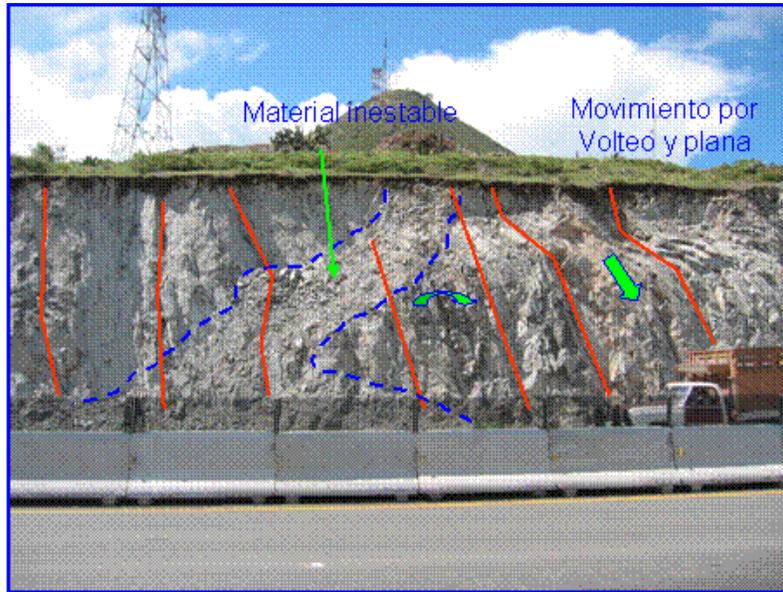


**Fotografía 7.2.1.2.14.- En la colonia La Cañada, se cartografiaron bloques con alto grado de desprendimiento del talud.**

Otro de los sitios de gran preocupación se encuentra al pie del talud del Cerro Huapalcalco, debido a que las rocas se encuentran muy fracturadas y sueltas por lo que son susceptibles de ser desprendidos por efecto del agua de lluvia. La zona es de riesgo alto, la afectación es a 15 casas de tipo II.

En el camino a Xoloxtitla (municipio de Epazoyucan) - Matías Rodríguez (municipio de Singuilucan), a la altura de la comunidad de Suchipango y suroeste de la segunda población, se tienen dos sitios donde se identificaron problemas por inestabilidad de laderas.

La litología que predomina en área son tobas de composición dacítica y riolítica, la resistencia es medianamente dura, presentan bajo grado de intemperismo (descolorido); debido al sistema de fracturamiento se forman pequeños bloques de 0.20 a 0.50 m, diámetro, de manera general el fracturamiento presenta espaciamiento de 0.20 a 0.60 m, la rugosidad de las paredes es escarpado con aberturas de 0.01 a 0.1 m, sin relleno (Fotografía 7.2.1.2.15.).



**Fotografía 7.2.1.2.15.- Sobre la carretera federal No 130, la roca se presente muy fracturada, el talud es vertical y con presencia de agua de lluvia originando desprendimientos de bloques.**

El mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y volteo, gran parte del problema se debe al ángulo de corte del camino, por lo que se tienen taludes casi verticales con un promedio de 10 m de altura. El grado de peligro es medio, afecta principalmente a un extremo de esta vía pavimentada que comunica a las poblaciones antes mencionadas.

Sobre el camino a los poblados de San Miguel Allende-Palo Huevo (municipio de Tepeapulco) - Maravillas (municipio de Cuautepéc de Hinojosa) y a la altura de La Rinconada, se tiene una amplia zona de inestabilidad debido a que las pendientes son mayores a los 45°.

La litología del Cerro Viejo consiste de toba andesítica, el grado de intemperismo es bajo, sin embargo presenta una resistencia medianamente dura, por el sistema de fracturamiento se llegan a formar bloques de dimensiones que varían de 1.0 a 5.0 m. de diámetro, la discontinuidad que presenta el macizo rocoso es por fracturamiento, el espaciamiento de las fracturas es en promedio de 0.02 a 0.2 m, las paredes son escarpadas y una abertura menor a los 0.01 m y sin relleno. La inclinación de la ladera es de 40°, con una dirección de caída al

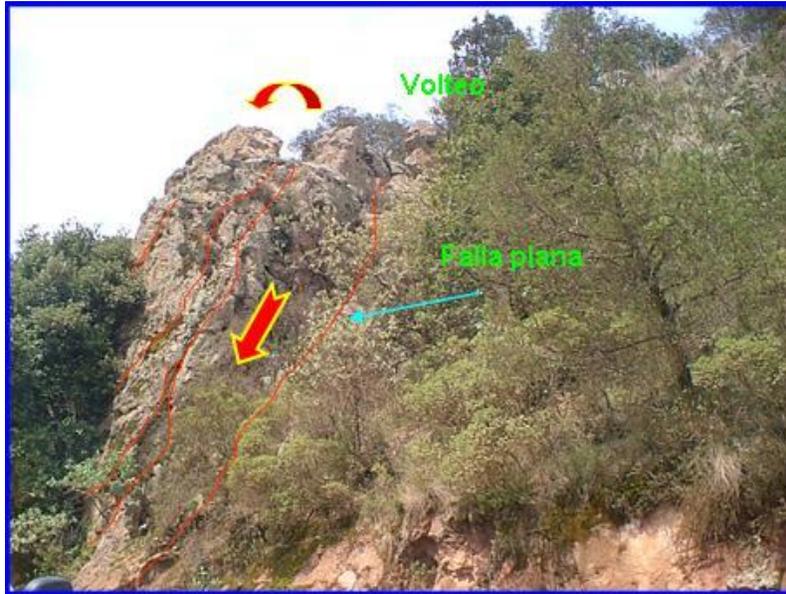
NE, el mecanismo de movimientos es por cuña y volteo, a esta área se le considera peligro medio, ya que la principal afectación es a la vía pavimentada que comunica a los poblados antes mencionados.

Sobre el camino pavimentado que comunica a las poblaciones Los Cides-Estación Ocho (municipio de Tepeapulco), se tiene una zona de inestabilidad de laderas debido a las fuertes pendientes.

El Cerro El Jihuingo está constituido por andesita y dacita con bajo grado de intemperismo (descolorido), de resistencia dura, por el sistema de fracturamiento que presentan las rocas, se forman bloques de forma irregular con dimensiones de 0.50 a 1.0 m de diámetro, la discontinuidad que presenta el macizo rocoso es por fracturamiento, este tiene un espaciamiento moderado con rugosidad escarpada, abertura menor a 0.01 y sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y cuña. Esta zona se le considera de peligro alto, debido a que si se diera el caso de un desprendimiento de bloques afectaría a 3 viviendas construida de tipo III con 12 habitantes, otra de las afectaciones es al camino asfaltado.

Sobre el camino de terracería a las comunidades de Laguna del Puerco-La Violeta (municipio de Almoloya), se tiene una zona donde se presenta inestabilidad de ladera.

El Cerro Las Pailas está constituido por tobas de composición dacítica y riolita (Fotografía 7.2.1.2.16.), estas son de consistencia medianamente dura, con intemperismo bajo (descolorido), los bloques son de forma irregular que varían de 1.0 a 5.0 m. de diámetro, la discontinuidad que presenta el macizo rocoso es debido al fracturamiento, este presenta un espaciamiento cerrado, con rugosidad escarpada y aberturas de .001 a 0.10 m, rellenas por material arcilloso. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, plana y cuña, Este sitio es de peligro bajo, ya que la principal afectación es a la vía de terracería que no presenta afluencia vehicular.

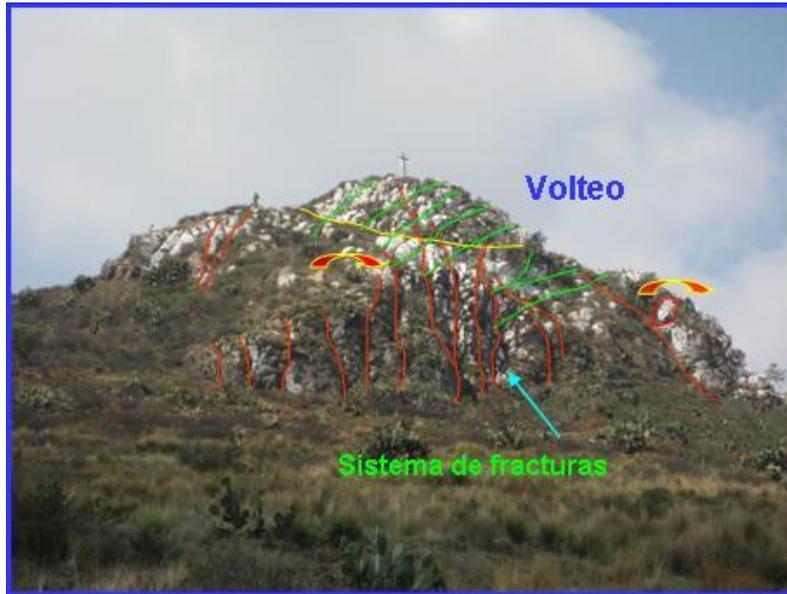


**Fotografía 7.2.1.2.16.- En el Cerro La Paila, la roca de origen ígneo muy fracturada, por caída de bloques afecta el camino.**

En el lugar se levanto una estación estructural, la cual refleja cuatro sistemas principales de fracturamiento  $A - N 270^{\circ}/55^{\circ}$ ,  $A' - N 260^{\circ}/79^{\circ}$ ,  $A'' - N 183^{\circ}/83^{\circ}$ ,  $B - N 330^{\circ}/83^{\circ}$ , el dato de la ladera es  $N 270^{\circ}/75^{\circ}$ , el cual al ser representado con los sistemas de fracturas expresa la caída de bloques con un mecanismo de movimiento por cuña, plana y volteo (Anexo 11.3, Estereograma 11.3.6.).

Al sur de Apan (cabecera municipal), al norte del Cerro San Pedro se tienen laderas y taludes que presentan inestabilidad por caída de bloques. Los cerros que se encuentran alrededor están constituidos por toba andesítica y andesita, estas presentan una resistencia medianamente dura e intemperismo bajo (descolorido) (Fotografía 7.2.1.2.17.), debido al sistema de fracturamiento se forman bloques irregulares de 1.0 a 5.0 m, de diámetro, la discontinuidad del macizo rocoso es afectado por fracturas, estas presentan espaciamientos que varían de 0.06 a 0.20 m, con rugosidad escarpada, aberturas menores a los 0.01 m y sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y cuña. A este lugar se le considera peligro alto, ya que la dirección de los caídos es hacia en NW, en el caso que se suscitara dicho fenómeno, la afectación sería a 15 casas (con un promedio de 60 habitantes)

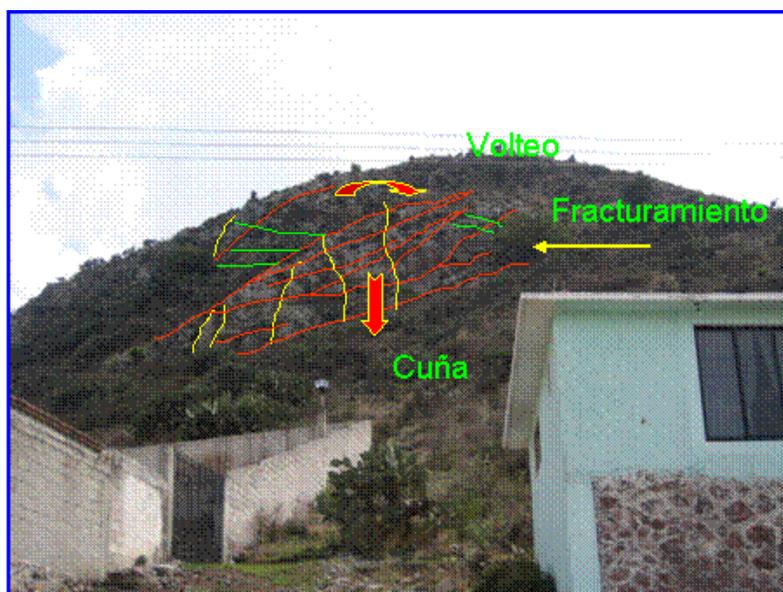
construidas de block con techo de concreto y al panteón municipal que es muy concurrido en temporada festivas.



**Fotografía 7.2.1.2.17.- En el Cerro San Pedro, se mapearon bloques caídos en dirección a Apan, sin embargo, se tiene una amplia zona de amortiguamiento, se recomienda evitar el crecimiento urbano hacia esta zona.**

Al sur de Santa Clara (municipio de Emiliano Zapata) y al norte de la ladera del Cerro Tenixtepec se presentan laderas escarpadas con problemas de inestabilidad de masas. La litología consiste de andesita y basalto muy fracturados, con bajo grado de intemperismo (descolorido) y de consistencia dura (Fotografía 7.2.1.2.18.).

La discontinuidad del macizo rocoso se debe en gran medida al fracturamiento, este llega a formar bloques de forma irregular, en promedio de 1 a 2 m de diámetro, el fracturamiento presenta espaciamiento muy cerrado, rugosidad escarpada y abertura menor a 1 mm, sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y plana. A este lugar se le considera peligro medio, ya que la dirección de los caídos es hacia el NE con una pendiente de  $35^{\circ}$ , en esa dirección se encuentran asentadas 10 viviendas de tipo III, existe una terraza de amortiguamiento, lo que origina que mitigue el peligro hacia las viviendas, sin embargo si continua el crecimiento urbano hacia esta zona, el peligro se vuelve alto.

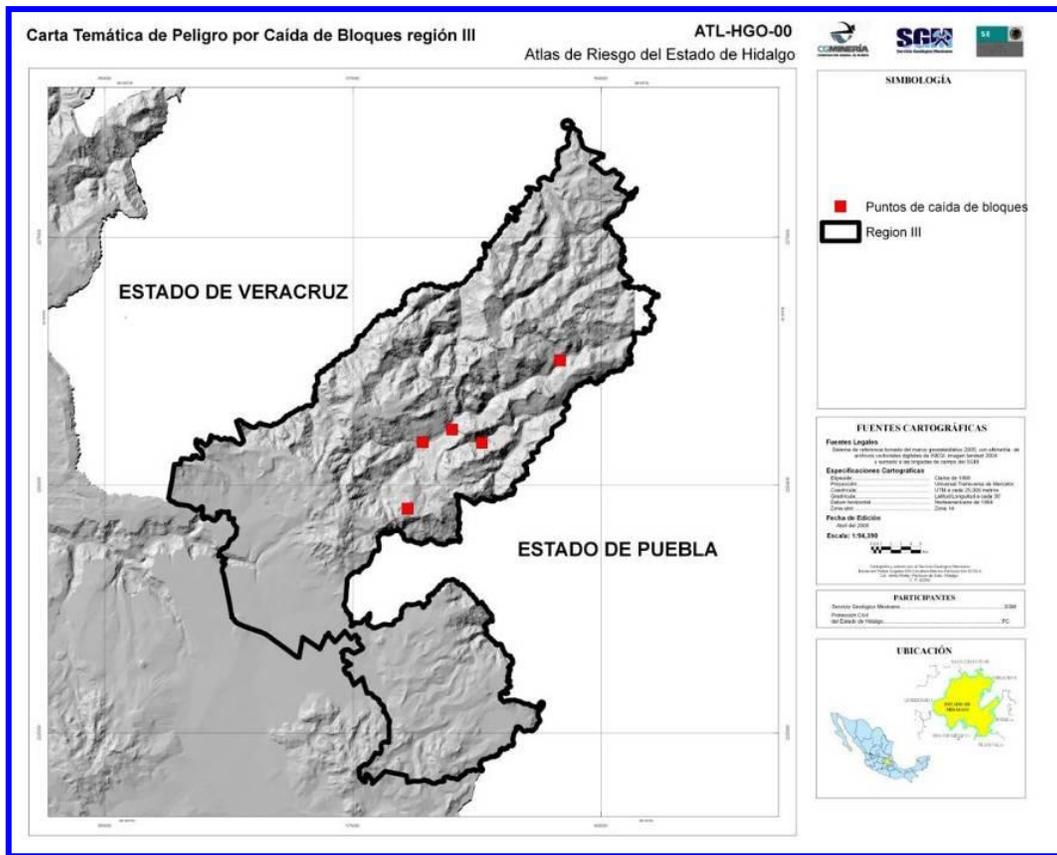


**Fotografía 7.2.1.2.18.- En Santa Clara se mapearon viviendas en peligro medio, existe una reducida zona de amortiguamiento.**

Al norte de Acelotla de Ocampo (municipio de Zempoala), se identifico una pequeña zona en donde las laderas presentan pendientes fuertes, lo que origina inestabilidad. La litología del área consiste en rocas de origen ígneo principalmente son derrames de andesita y basalto, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es de roca es medianamente dura, el tamaño de los bloques es de (0.50 X 0.40 X 0.30 m), la discontinuidad del macizo rocoso es definida por el fracturamiento, el espaciamiento llega a ser de 0.20 m, rugosidad escarpada, aberturas de 0.01 a 0.10 m, estas se encuentran rellenas con materia orgánica. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y cuña. A este lugar se le considera de peligro alto, sobre la carretera México-Tuxpan, se tiene un segmento de 700 m, de caída de bloques, la principal afectación es a la carretera federal 132.

### a.3).- Región III

Las principales afectaciones en esta Región son a viviendas y vías de comunicación, la frecuencia de este fenómeno es reducida, sin embargo, los puntos levantados tienen una afectación considerable (Figura 7.2.1.2.4.).



**Figura 7.2.1.2.4.- Distribución de inestabilidad de laderas por caída de bloques en la Región III.**

Al sureste de San Bartolo Tutotepec se localizan las comunidades de Cerro Chiquito-San Francisco, La Laguna y San José del Valle (municipio de Tenango de Doria), en esta sección frecuentemente se observan bloques que se han desprendido de las laderas y/o taludes (Fotografía 7.2.1.2.19.).



**Fotografía 7.2.1.2.19.- Discontinuidades a favor del corte del camino, provocando constantes desprendimientos de bloques de roca sobre el camino a Tutotepec.**

La litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita con fuerte plegamiento, el grado de intemperismo es bajo (descolorido) de resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques llegan a ser de 0.3 x 0.3 x 0.5 m. La discontinuidad está dada por la estratificación y en segundo término por el fracturamiento, el espaciamiento en promedio es de 0.80 m, con rugosidad escarpada, abertura de (0.01 a 0.1 m), la tendencia de las rocas tienen una dirección NW-SE, con una inclinación al SW, debido al ángulo de corte del camino, los bloques tienden a caer por movimiento plana y volteo, también se observan una fallas de tipo normal con dirección (NW-SE, inclinación al SW), a este lugar se le considera de peligro medio-alto, ya que es la única vía de acceso a las comunidades antes mencionadas .

En la sección realizada del poblado de Tenango de Doria (cabecera municipal)-San Gregorio (municipio de Huehuetla), a la altura de la comunidad Huasquilla, se tienen serios problemas debido a la inestabilidad de las laderas (Fotografía 7.2.1.2.20 y 7.2.1.2.21.).



**Fotografía 7.2.1.2.20.- En Tenango de Doria se desprenden del talud bloques de grandes dimensiones que afectan al camino.**

La litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita fuertemente plegada y fracturada, se observan extensas áreas donde existe material de pie de monte mal consolidado, para el caso de la secuencia sedimentaria el grado de intemperismo es bajo (descolorido), con resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques en promedio es de (3 X 3 X 0.8 m), la discontinuidad esta dada por la estratificación y el fracturamiento, el espaciamiento en promedio es de 0.8 m, con rugosidad escarpada y abierta (0.01 a 01 m).



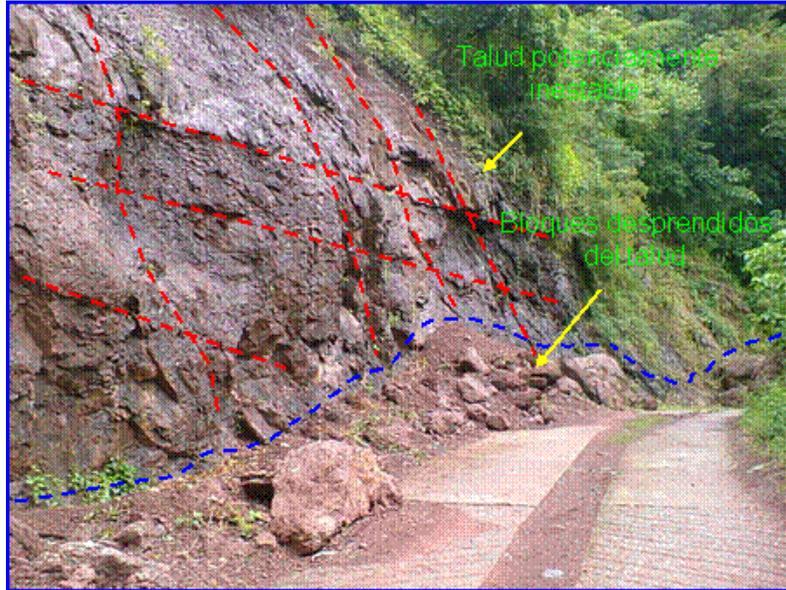
**Fotografía 7.2.1.2.21.- En San Bartolo Tutotepec, los desprendimientos de roca del talud, afectan el camino.**

El mecanismo de movimiento de los bloques predomina por volteo, plana y rodamiento, esto se debe en gran medida al ángulo de corte del talud con respecto a la dirección de las discontinuidades (estratificación, fractura), a este lugar se le considera de peligro medio-alto, ya que es una vía muy transitada y es el único acceso a las comunidades que se encuentran al norte del Estado.

En Huehuetla (cabecera municipal), sobre el camino que comunica al Barrio Plan del Recreo existe un corte de talud que presenta inestabilidad de ladera originado en gran medida por la humedad que predomina en el lugar y por el tipo de litología, provocando el desprendimiento de grandes bloques sobre el camino (Fotografía 7.2.1.2.22.)

La litología del área consiste en potentes estratos de limolita de color rojizo con intenso fracturamiento, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), presenta una resistencia suave, el tamaño de los bloques en promedio es de (3 X 2 X 1.6 m), la discontinuidad está dada por el fracturamiento la cual tiene un sistema principal (NW-SE con inclinación al SW), el espaciamiento varía de 0.05 a 0.1 m, con rugosidad escarpada y abertura de 0.01 a 0.1 m.

el mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y plana. A este lugar se le considera de peligro alto, debido a que la afectación directa es a seis casas de tipos II y III, escuela de preescolar “Luis Donald Colosio” que solamente cuenta con un aula y al camino, si esta llega a ser bloqueada la afectación sería a 80 habitantes aproximadamente.



**Fotografía 7.2.1.2.22.- Barrio Plan del Recreo, inestabilidad debido a que el nivel freático es muy somero e intenso fracturamiento en la roca, afecta al camino con caída de rocas.**

De acuerdo a los datos estructurales tomados en campo y con el análisis realizado en gabinete, se determina que en este lugar se tienen ocho sistemas de fracturamiento, siendo tres las principales A  $237^{\circ}/68^{\circ}$ , B  $117^{\circ}/75^{\circ}$ , C  $323^{\circ}/77^{\circ}$ , el resto son secundarias, la distribución espacial de las discontinuidades dan como resultado la forma y tamaño de los bloques. El mecanismo de movimiento que predomina es por cuña, siguiéndole el tipo falla plana (Anexo 11.3, Estereograma 11.3.7.).

Sobre el camino de Metepec (Cabecera municipal) a Tenango de Doria (cabecera municipal), se observan constantes caídos de rocas que afectan a la carpeta asfáltica (Fotografía 7.2.1.2.23.). La litología del área consiste hacia la base de potentes espesores de pumicita (material poroso y deleznable), sobre este se encuentran basaltos muy fracturados, en ocasiones intemperizan de forma columnar.

El grado de intemperismo es bajo (descolorido), su resistencia es dura, el tamaño de los bloques en promedio es de (1 X .8 X .6 m), la discontinuidad del macizo rocoso está dada por el fracturamiento, presenta un espaciamiento de 0.10 m, con rugosidad escarpada y abertura de 0.1 a 0.5 m) sin relleno. Debido a la erosión diferencial, la roca que se encuentra hacia la base se erosiona fácilmente, lo que provoca que los bloques de basalto pierdan estabilidad y por consiguiente estos tengan mecanismo de movimiento de forma de volteo, cuña y plana. A este lugar se le considera de peligro alto, debido a que este camino comunica a los municipios de la parte norte del Estado (Tenango de Doria, San Bartolo Tutotepec y Huehuetla).



**Fotografía 7.2.1.2.23.- Sobre el camino de Metepec-Tenango de Doria, la comunicación es afectada por desprendimientos de bloques de roca.**

En este lugar se tomaron datos estructurales del talud, con la finalidad de conocer el mecanismo de movimiento de los bloques que se desprenden. De acuerdo al análisis realizado se determinó que se tienen seis sistemas de fracturamiento, siendo tres los

principales: A  $75^{\circ}/84^{\circ}$ , B  $143^{\circ}/78^{\circ}$ , C  $199^{\circ}/60^{\circ}$ , los demás son secundarios. El mecanismo de movimiento de los bloques predomina el de tipo cuña, le sigue el de volteo y plana (Anexo 11.3, Estereograma 11.3.8.).

El camino que comunica de Tenango de Doria a San Nicolás-San Pablo El Grande y Santa Mónica (municipio de Tenango), se encuentra muy accidentado, debido a que los cortes del talud son casi verticales, lo que provoca inestabilidad. En esta zona se encuentran varios contactos litológicos, regionalmente en este lugar pasa el eje del Anticlinorio de Huayacocotla, el núcleo de esta estructura es de roca sedimentaria, hacia las partes altas afloran rocas volcánicas de composición ácida (tobas), el mecanismo de movimiento es por volteo y cuña, para las rocas sedimentarias (caliza-lutita), el mecanismo de movimiento es por volteo y plana. A este lugar se le considera de peligro medio-alto, la principal afectación es al camino.

Otra de las secciones de interés es la vía que comunica a las poblaciones de San Bartolo Tutotepec–Palo Gordo (municipio de San Bartolo), las laderas y taludes presentan inestabilidad, esto se ve reflejado en los deslizamientos y bloques de roca que se desprenden y caen sobre la vía. El mecanismo de movimiento principalmente es por volteo y falla plana, esto depende del ángulo de corte del camino al macizo rocoso, ya que la tendencia de la dirección de los estratos (discontinuidades) es hacia el NW-SE con inclinación al SW. A esta zona se le considera de peligro medio-alto, debido a que esta vía comunica a la parte norte del municipio de San Bartolo.

En San Ambrosio (municipio de Huehuetla), se tiene identificada una zona de inestabilidad de ladera. La litología de la zona consiste en una secuencia de lutita-caliza de estratificación de media a delgada, el grado de intemperismo es bajo, con resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques es en promedio de  $0.50 \text{ m}^3$  (Fotografía 7.2.1.2.24.).

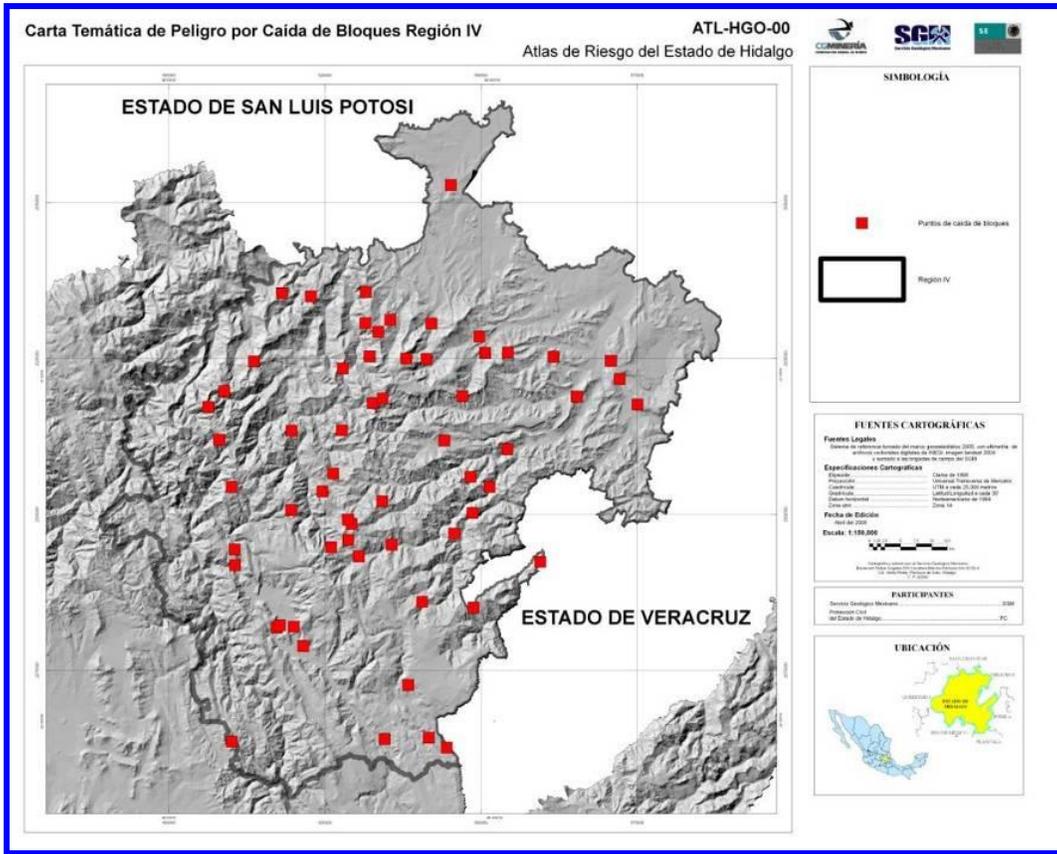


**Fotografía 7.2.1.2.24.- En San Ambrosio, se cartografiaron zonas de frecuentes caídas de bloques (movimiento tipo falla plana y volteo), por la erosión diferencial que presenta la roca.**

La discontinuidad del macizo rocoso está dada en gran medida por la estratificación ( $20^{\circ}$  a  $30^{\circ}$ ), el espaciamiento varía de 0.10 a 0.30 m, con rugosidad escarpada y de abertura cerrada. El mecanismo de movimiento de los bloques es de tipo falla plana, debido a que el plano de las discontinuidades se encuentra a favor del corte del camino, la afectación es exclusivamente a la vía de comunicación. Por lo anterior a este lugar se le considera de peligro medio-alto.

#### **a.4).- Región IV**

Las principales afectaciones son en viviendas y vías de comunicación, la problemática se distribuye en toda la Región (Figura 7.2.1.2.5.).



**Figura, 7.2.1.2.5.-Ubicación de inestabilidad de laderas por caída de bloques en la Región IV.**

Sobre el camino a Piedra Hincada-Santo Domingo (municipio de San Felipe Orizatlán), se tiene una pequeña zona de inestabilidad de ladera. Las rocas que afloran en el lugar son una secuencia de arenisca y lutita, el grado de intemperismo es bajo (decoloración) y de resistencia medianamente suave. Debido a la estratificación y sistema de fracturamiento, se forman bloques tabulares de 0.20 a 0.50 m, la discontinuidad del macizo rocoso está dada por la estratificación, esta presenta espaciamiento de 0.02 a 0.05 m, la rugosidad es ondulada, la abertura es cerrada y sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo. La zona se considera como peligro bajo, debido a que los bloques caen a una distancia de 1 a 2 m de la vía, por lo que no representa peligro para el flujo vehicular, sin embargo es necesario un constante mantenimiento de limpieza, con el fin de evitar accidentes con los carros que presentan poca altura.

La vía que da acceso a la comunidad de Temango-Jalpa (municipio de Tlanchinol) se tienen zonas de inestabilidad de ladera. La litología del área es una secuencia de caliza-lutita, presentan una consistencia medianamente dura con un grado de intemperismo bajo (Fotografía 7.2.1.2.25.).



**Fotografía 7.2.1.2.25.- En Temango-Jalpa, las calizas provocan discontinuidades a favor del corte del camino, facilitando el desprendimiento de los bloques.**

Los bloques presentan una forma tabular 1 x 0.6 x 0.4 m, misma que está dada por la estratificación y el sistema de fracturas (originado por el fuerte plegamiento), la discontinuidad del macizo rocoso esta dado principalmente por la estratificación, el espaciamiento es moderado con rugosidad escarpada, abertura cerrada y sin relleno. A este lugar se le considera zona de peligro medio, la principal afectación es a la vía de comunicación, la inestabilidad del talud se debe al ángulo de corte del camino, ya que este deja al descubierto las discontinuidades que en su gran mayoría están a favor del talud por lo que el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y falla plana.

En el camino de acceso a las comunidades de Acoyotla-Xiliapa (municipio de Tepehuacan de Guerrero) y en la ladera norte del Cerro Huacaltepetl, se identifico una zona de inestabilidad por caída de bloques. La litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita, el grado de intemperismo es bajo, y de resistencia moderada (Fotografía 7.2.1.2.26.). La forma de los

bloques es de forma tabular de 1 x 0.6 x 0.4 m originados por la estratificación y fracturamiento, la discontinuidad del macizo rocoso esta dado por la estratificación, este presenta un espaciamiento moderado, rugosidad escarpada y abertura cerrada sin relleno.

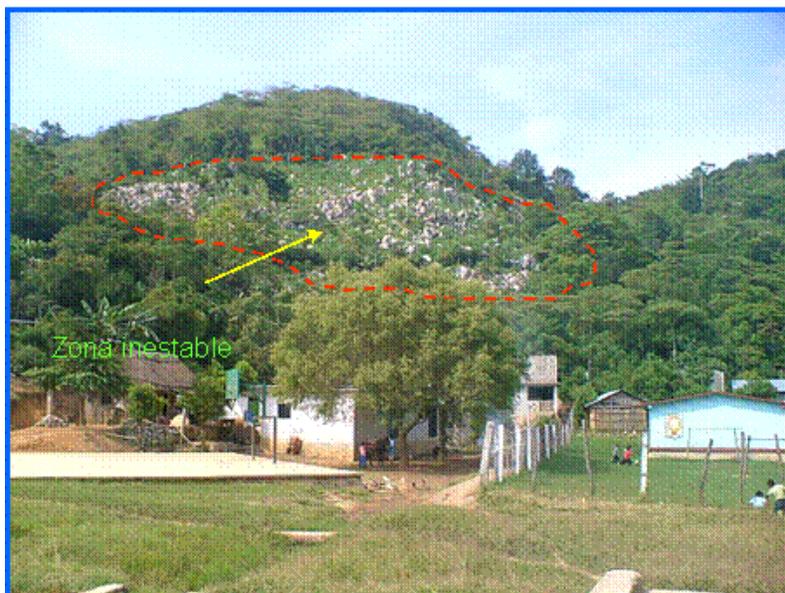


**Fotografía 7.2.1.2.26.- En Acoyotla-Xiliapa, el material extraído para la construcción del camino, provoca inestabilidad del talud.**

Por la forma geométrica que presentan los bloques, el mecanismo de movimiento es por volteo y falla plana, a lo largo de este camino se le considera de peligro alto, debido a que la principal afectación es a la vía de comunicación. Este fenómeno es acelerado por la actividad antropogénica, ya que en gran parte del camino explotan los bloques de caliza (como material de construcción), la forma de explotación de este material, es muy rudimentario y peligroso, debido a que utilizan una barreta para desprender los bloques en la parte baja del talud, actividad que provoca la inestabilidad del talud.

En la parte norte de Cuatolol (municipio de Tepehuacan de Guerrero) se identifico una zona de inestabilidad de ladera por caída de bloques. La litología del área se caracteriza por una secuencia de caliza-lutita, la resistencia de estas rocas es medianamente dura, su grado de intemperismo es bajo (Fotografía 7.2.1.2.27.). Por la estratificación y fracturamiento se forman bloques tabulares de 2.5 x 1 x 1.5 m, la discontinuidad de la roca está dada por la

estratificación y en segundo término por el fracturamiento, este presenta un espaciamiento moderado, rugosidad escarpada, abertura cavernosa y sin relleno.



**Fotografía 7.2.1.2.27.- En Cuatolol, la deforestación acelera la inestabilidad de la ladera.**

A este lugar se le considera peligro alto, los bloques tienen un mecanismo de movimiento por volteo al noreste, estos llegan a tener poco desplazamiento ya que son detenidas por la misma roca que se encuentra sobre la ladera, en la parte baja se tienen 20 casas de tipos II, III y IV, una primaria (con 140 alumnos) y telesecundaria (con 100 alumnos). En el caso de las escuelas el riesgo es bajo, ya que se tiene una amplia zona (50 m) de amortiguamiento. De acuerdo a la información de los lugareños hasta la fecha no han tenido problemas por desprendimiento de los bloques, el peligro de caída de bloques es por volteo y falla plana. A este lugar se le considera peligro alto, debido al ángulo de corte del camino con respecto a la discontinuidad.

Sobre el camino a las poblaciones de Quimixtla Ula, Hueyapa, San Miguel (municipio de Tlanchinol), se tiene una zona por inestabilidad de ladera por caída de bloques (Fotografía 7.2.1.2.28.). La litología de la zona consiste en una secuencia de caliza-lutita, presenta una resistencia medianamente dura, el grado de fracturamiento es bajo.



**Fotografía 7.2.1.2.28.- En Quimixtla Ula, Hueyapa, San Miguel, la ladera es inestable, debido a que la discontinuidad del macizo rocoso está a favor del ángulo de corte del camino.**

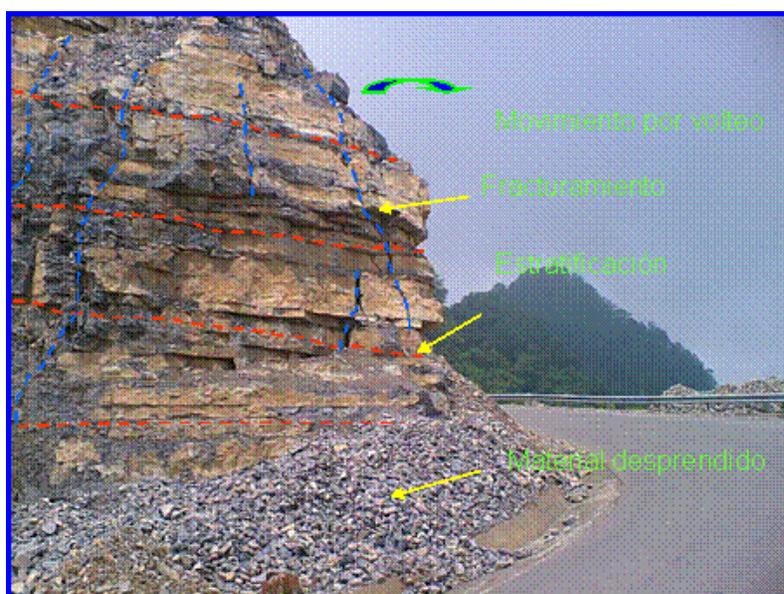
La estratificación y fracturamiento originan la forma del bloque, que en este caso son paralelepípedos de 0.5 x 1 x 0.8 m las discontinuidades presentan un espaciamiento moderado, rugosidad escarpada, abertura cerrada y sin relleno. El grado de peligro es medio, debido a que en la mayoría de los casos la discontinuidad está a favor del ángulo de corte del camino, por lo que el mecanismo de movimiento es por volteo y rodamiento. La principal afectación es a la vía que comunica a los poblados antes mencionados.

En el camino que da acceso a la comunidad de La Garrapata-Xitlana (municipio de Tlanchinol), se localiza una zona de inestabilidad de laderas por caída de bloques. En el lugar se encuentra una secuencia de caliza-lutita, presentan un intemperismo bajo y una resistencia medianamente dura. El tamaño de los bloques está dada por la estratificación y fracturamiento, los bloques tienen forma tabular y varían de 0.50 x 1.0 x 0.6 m, la discontinuidad del macizo rocoso está dada en primera instancia por la estratificación y en segundo plano por el fracturamiento, estas presentan un espaciamiento moderado, rugosidad ondulada, abertura cerrada y sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques se encuentra a favor del talud. En algunas partes hay extracción de la roca caliza, por lo que originan que la ladera se vuelva cinemáticamente inestable.

Hacia el camino que da acceso a las comunidades de Ixtlapala-Tetlapaya (municipio de Lolotla), se ubica una zona de inestabilidad por caída de bloques. En el corte del camino se puede observar un derrame de composición basáltica, estas rocas presentan un grado de intemperismo bajo (fresco), la resistencia de la roca es medianamente dura (Anexo 3, Estereograma 11.3.9.). El tamaño y forma de los bloques se debe al intenso fracturamiento, este presenta un espaciamiento moderado, la rugosidad es ondulada, la abertura es cerrada y sin relleno. Los bloques llegan a tener hasta 1 m de diámetro, a este lugar se le considera de peligro medio, la principal afectación es a la vía de comunicación que no es muy transitada.

En el lugar se tomaron datos estructurales, la cual se determinaron seis sistemas de fracturamiento A – N 189°/77°, A' – N 214°/42°, A'' – N 214°/71°, B – N 144°/66°, C – N 271°/77°, D – N 86°/60°, que al ser analizados con datos de la ladera de N 205°/75° se determina que la caída de los bloques es por cuña, volteo y falla plana.

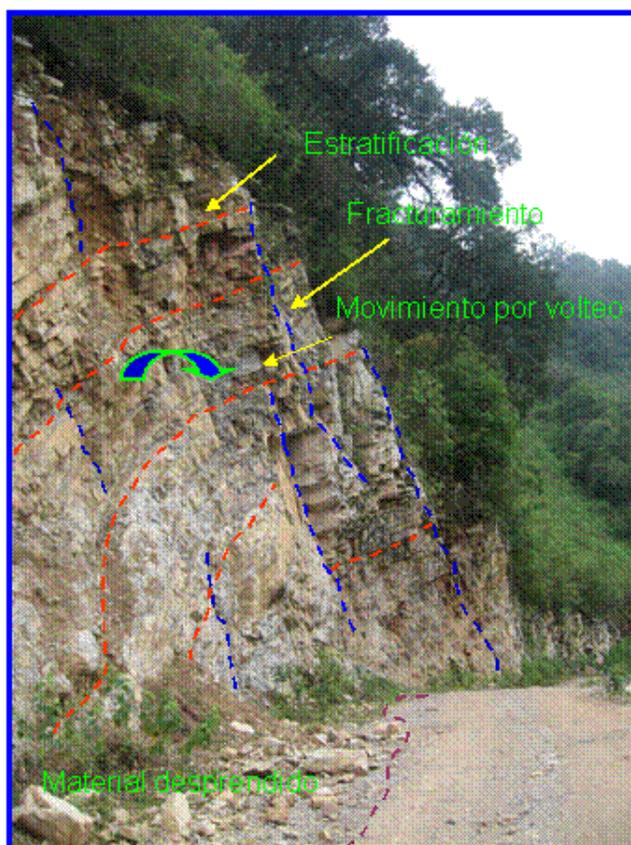
La vía que comunica a las poblaciones de Tepehuacan de Guerrero-Cuazahuatl (municipio de Tepehuacan), se identificaron varias zonas donde se tiene inestabilidad de laderas por caída de bloques, (Fotografía 7.2.1.2.29.). La litología de la zona está constituida por una secuencia de caliza-lutita-arenisca, el grado de intemperismo es bajo, la resistencia de la roca es medianamente dura. La forma y tamaño de los bloques es definido por la estratificación y sistema de fracturamiento, estos bloques miden 2 x 1 x 0.6 m, la discontinuidad del macizo rocoso está dada principalmente por la estratificación y en segundo plano por las fracturas, estas presentan un espaciamiento moderado, rugosidad ondulada, abertura entre abierta y sin relleno. El grado de peligro es alto, debido a que la roca se encuentra muy fracturada y en algunos cortes de los caminos la discontinuidad está a favor del talud. El mecanismo de movimiento de los bloques es por falla plana y volteo.



**Fotografía 7.2.1.2.29.- En Tepehuacan de Guerrero-Cuazahuatl, rocas calcáreas son inestables, la estratificación delgada y presentan intenso fracturamiento.**

En el camino se tienen esporádicas zonas de explotación de caliza, el método de extracción es rustico y sin supervisión, los bloques son extraídos con barreta a pie del talud, lo que provoca inestabilidad de la ladera. La principal afectación es a la vía que comunica a los poblados antes mencionados.

En el camino que da acceso a la comunidad de San Francisco-Xilocuatitla (municipio de Tlahuiltepa) se identificaron dos zonas de inestabilidad por caída de bloques (Fotografía, 7.2.1.2.30.). La litología del área está constituida por una secuencia de caliza y lutita, el grado de intemperismo es bajo (decoloración), la resistencia de la roca varia de suave a medianamente dura, debido a la estratificación y sistema de fracturamiento se forman bloques de forma tabular de 1 x 0.8 x 0.6 m, la discontinuidad es en gran medida por la estratificación y en menor proporción por las fracturas, estas presentan un espaciamento moderado, rugosidad ondulada, abertura entre abierta y con relleno de calcita y arcilla.



**Fotografía 7.2.1.2.30.- En San Francisco-Xilcuatitla, roca con erosión diferencial generan mecanismos de movimiento por volteo en bloques inestables.**

Se le considera área de peligro medio, debido a que en algunas partes los planos de discontinuidad se encuentran a favor del ángulo de corte del camino, aunado a la humedad que predomina en la ladera, por lo que es factible el desprendimiento de los bloques sobre el camino, el tipo de movimiento de los bloques por falla plana y volteo.

Al poniente del poblado de Zaragoza (municipio de Tlahuiltepa) se identifico una zona de inestabilidad de laderas. La litología consiste en una secuencia de caliza-lutita, el grado de intemperismo es bajo (decoloración), la resistencia de la roca es medianamente dura. Debido a la estratificación y sistema de fracturamiento se forman bloques de forma rectangular de 1.5 x 1 x 0.6 m, la discontinuidad del macizo rocoso esta dado por la estratificación y fracturamiento, este presenta un espaciamiento moderado, rugosidad escarpada con abertura y rellenas de arcilla. Se considera peligro medio, ya que las discontinuidades en

algunas partes están a favor del corte del talud, por lo que origina que la ladera este cinemáticamente inestable, el mecanismo de movimiento de los bloques es por falla plana y volteo. La principal afectación es a la vía de comunicación.

En Agua del Capulín (municipio de Tlahuiltepa) se tiene una zona donde hay inestabilidad de ladera. La litología del área es una secuencia de caliza-lutita, el grado de intemperismo bajo (decoloración), la resistencia de la roca es medianamente dura. Debido a la distribución de las discontinuidades del macizo rocoso se forman bloques de 1 x 0.8 x 0.5 m, la forma de estos es tabular con aristas angulosas (Fotografía 7.2.1.2.31.). Las discontinuidades presentan espaciamiento moderado, rugosidad escarpada y abertura entreabierto con relleno de calcita. A este lugar se le considera peligro medio, ya que en algunas partes las discontinuidades están a favor del talud por lo que la ladera se vuelve cinemáticamente inestable.



**Fotografía 7.2.1.2.31.- En Agua del Capulin, los estratos son a favor del talud del camino, generando bloques inestables.**

En este lugar se realizó la toma de datos estructurales, (Anexo 11.3, Estereograma 11.3.10.), con la cual se identificaron cinco sistemas principales de fracturamiento, A - N 227°/75°, A' -

N 240°/30°, B – N 313°/71°, C – N 65°/72°, D – N 136°/81°, la ladera es de dirección N 42°/86°.

Estos datos corroboran la inestabilidad de la ladera, debido a que se tienen tres tipos de mecanismo de caída, siendo la principal por cuña, en segundo término plana y volteo. La principal afectación es al camino de terracería que da acceso a las comunidades antes citadas.

Sobre el camino que da acceso al poblado de Juárez-Itztacuatla (municipio de Juárez Hidalgo) las laderas presentan inestabilidad por caída de bloques. La litología del área, es una secuencia de caliza-lutita, el grado de intemperismo es bajo, la resistencia de la roca es dura. La estratificación y fracturamiento forman bloques de 0.2 x 0.5 x 0.8 m, la discontinuidad del macizo rocoso está dada principalmente por la estratificación y en segundo plano por el fracturamiento, este presenta un espaciamiento moderado, rugosidad escarpada y abertura cerrada rellena de calcita. Se le considera peligro medio, debido a que el ángulo de corte de los caminos origina que los bloques puedan desprenderse y caer sobre el camino, el mecanismo de movimiento es por falla plana y volteo.

En los alrededores de la comunidad de Gilo (municipio de Eloxochitlán) las laderas y cortes de los taludes presentan inestabilidad. La litología que predomina en el área es un derrame de composición basáltica, el grado de intemperismo es bajo, la resistencia de la roca es dura (Fotografía, 7.2.1.2.32.). La forma y tamaño de los bloques se debe al sistema de fracturamiento, estos llegan a ser de 1.0 a 5.0 m. La discontinuidad es debido al fracturamiento, este presenta un espaciamiento amplio, la rugosidad es escarpada y la abertura es entre abierta y sin relleno.



**Fotografía 7.2.1.2.32.- En Gilo la ladera es muy inestable, constituida material de pie de monte no consolidado, originando en temporada de lluvia desprendimientos de bloques sobre el camino.**

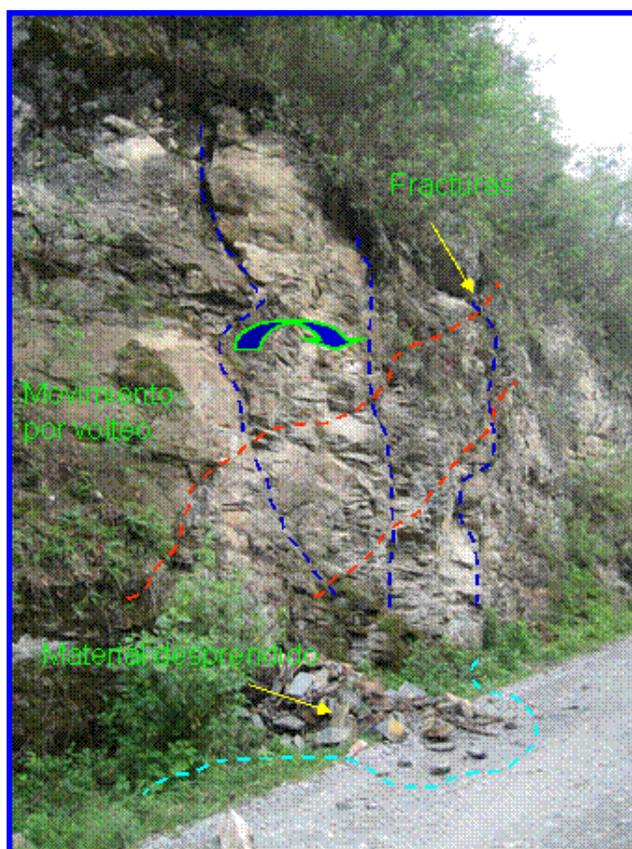
Este lugar es de peligro alto, debido al intenso fracturamiento y al ángulo de corte del camino, la pendiente del talud es casi vertical, el mecanismo de movimiento de los bloques es por rodamiento, y caen sobre el camino que comunica a la población antes citada.

En la comunidad de Almolón (municipio de Eloxochitlán), en la ladera sureste del cerro Grande, se tiene una zona de inestabilidad de ladera por caída de bloques. La litología del área consiste caliza y dolomía, el grado de intemperismo es bajo y de resistencia es medianamente dura, la forma y tamaño de los bloques se debe a la estratificación y sistema de fracturamiento, por lo que forman bloques de forma paralelepípedo de 1.5 x 2 x 2 m, la discontinuidad está controlada por la estratificación y en segundo plano por el fracturamiento, este presenta un espaciamiento amplio con rugosidad escarpada y aberturas rellenas de calcita. El grado de peligro es alto, debido a que la afectación es a la vía de comunicación moderadamente transitada, en el lugar se tienen las condiciones mecánicas para que constantemente se estén generando caída de bloques, ya que el talud es casi vertical y las discontinuidades están a favor del corte del talud (Anexo 11.3, Estereograma 11.3.11.).

En base a los datos estructurales levantados en campo, se determino que en esta parte de la ladera los bloques presentan un mecanismo de movimiento tipo cuña y por volteo.

Al oriente de Molango (cabecera municipal) y en la ladera poniente del cerro Techico, las laderas presentan inestabilidad por caída de bloques. Los cerros están constituidos por basalto y toba riolítica, el intemperismo es bajo, con resistencia medianamente dura. Los bloques tienen la forma y tamaño debido al sistema de fracturamiento, estos llegan a ser mayores a los 5.0 m, la discontinuidad está regido por las fracturas, estas se presentan con espaciamento muy amplio, la rugosidad es escarpada y la abertura es ancha y sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y volteo, a este lugar se le considera peligro alto, debido al ángulo de corte del camino, con lo que llega a formar taludes casi verticales. La principal afectación es a la vía de comunicación.

Sobre la carretera que comunica a los poblados de Eloxochitlán-Ixmolintla-Acuatitlán-Malila (municipio de Eloxochitlán) se tienen evidencia de los efectos provocados por la caída de bloques. La litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita-limolita, el grado de intemperismo es bajo, la resistencia de la roca varía de suave a medianamente dura (Fotografía 7.2.1.2.33.). La estratificación y fracturamiento definen la forma y tamaño de los bloques, que en este caso son paralepipedos que varían desde los 0.2 x 0.5 x 1 m, la discontinuidad se define por la estratificación y fracturamiento, estas presentan un espaciamento moderado con rugosidad escarpada, abertura de escasos milímetros rellena por arcilla y calcita.

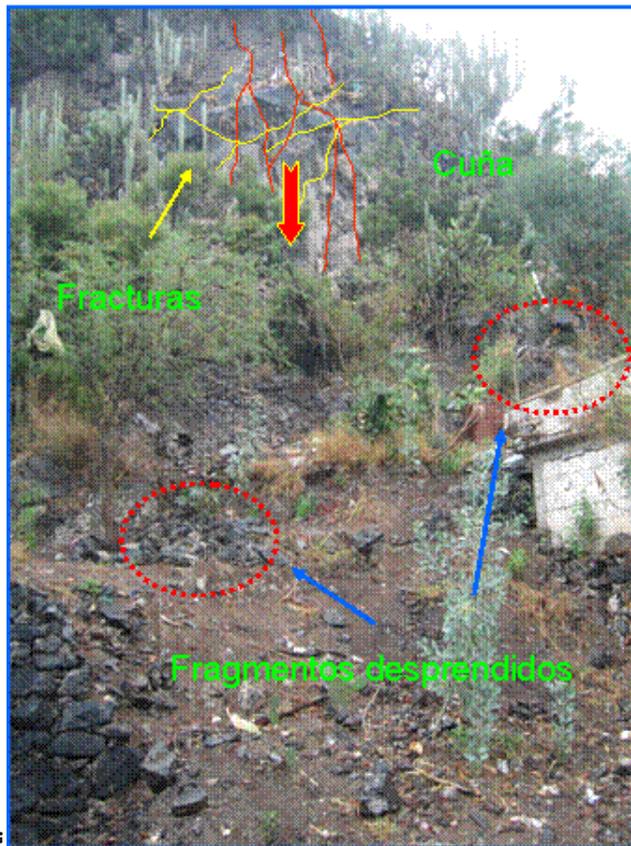


**Fotografía 7.2.1.2.33.- En Eloxochitlán-Ixmolintla-Acuatitlán-Malila, el material es terrígeno fracturado y foliado, originando que los planos de discontinuidad sean abundantes, por lo que el macizo rocoso es susceptible a generar bloques inestables.**

A este lugar se le considera de peligro alto, ya que existen las condiciones para que las laderas y taludes son cinemáticamente inestables, además que estos caminos tienen afluencia vehicular (Anexo 3, Estereograma 11.3.12.). De acuerdo a los datos estructurales levantados en campo, nos reflejan que los bloques tienen un mecanismo de movimiento por cuña y en menor proporción por volteo, esto es debido al intenso fracturamiento y foliación que presenta la roca.

En San Cristóbal-Amajatlán-Tlatepexe (municipio de Metztlán) se ubican áreas donde se tiene inestabilidad de laderas por caída de bloques. Litológicamente el área consiste en una secuencia de caliza-lutita, en algunas partes le sobreyace roca basáltica (de 1 a 5 m de diámetro), las rocas sedimentarias presentan un bajo grado de intemperismo, de manera general presentan una resistencia que varía de roca suave a dura. La forma y tamaño de los

bloques está dada por el sistema de fracturamiento y estratificación, estos varían de 1 x 0.8 x 0.6 m, la discontinuidad del macizo rocoso se debe principalmente a la estratificación y en segunda instancia las fracturas, estas presentan un espaciamiento que varía de cerrado a moderado, la rugosidad es escarpada, ligeramente abierta y sin relleno. El mecanismo de movimiento que presentan los bloques es por cuña y volteo. A este lugar se le considera de peligro alto, debido a que las laderas son cinemáticamente inestables, ya que las discontinuidades están a favor del ángulo del corte del camino (Fotografía 7.2.1.2.34.), en el área se afectan a 24 casas de tipos II y III, afecta en promedio a 96 personas, otro de los es a la vía que comunica a las comunidades antes mencionadas.



**Fotografía 7.2.1.2.34.- En San Cristóbal-Amajatlán-Tlatepexe, se cartografiaron viviendas en peligro alto por la constante caída de bloques que se desprenden de la ladera.**

Sobre la carretera federal 105, que comunica a las poblaciones de Tlanchinol-Huejutla y en particular en las comunidades de la Montaña-La Quebradora (municipio de Tlanchinol), se identificaron dos sitios donde se tiene inestabilidad de laderas.

Para el caso del primer punto, la litología del área consiste en basalto, este presenta un grado de intemperismo bajo, con resistencia dura, el tamaño de los bloques varían de 2 a 4 m de diámetro. El mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y volteo. La discontinuidad del macizo rocoso está dada por el fracturamiento, el espaciamiento es moderado, rugosidad escarpada, abertura de 0.01 a 0.1m y sin relleno. Una parte de este talud ha sido reforzada con malla de acero, cemento inyectado, cables de acero para anclar a los bloques de roca y tubería de pvc como dren para ayudar a que el talud no retenga agua.

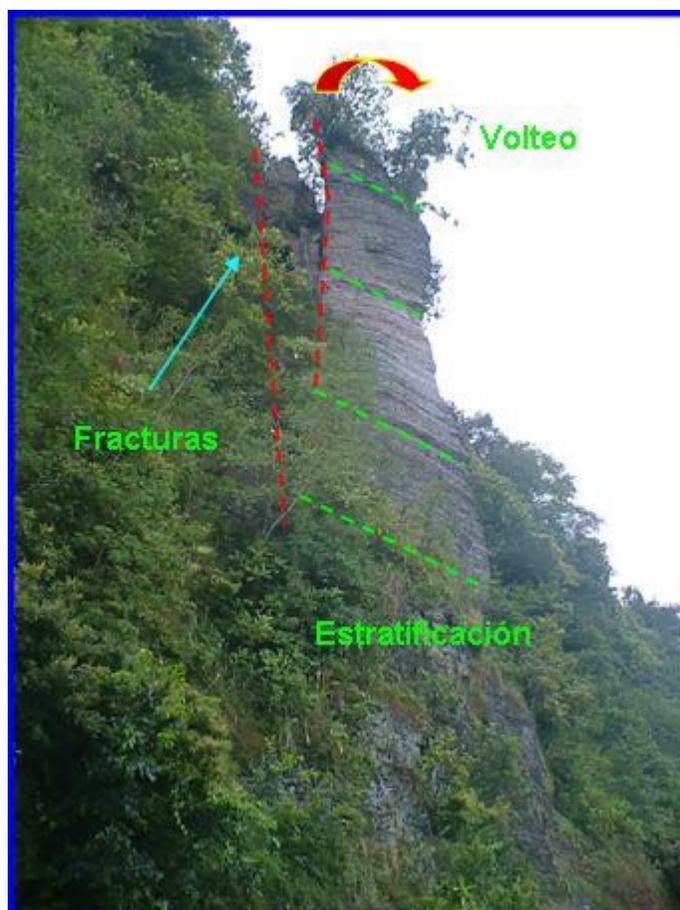
En junio del presente año, se tuvieron caída de bloques, afectando a la vía de comunicación, el fuerte impacto de los bloques origino que se rompiera la cubierta asfáltica del camino (Fotografía 7.2.1.2.35.). El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y cuña.



**Fotografía 7.2.1.2.35.- En Tlanchinol-Tehuettlan, en temporadas de lluvias se incrementa la caída de grandes bloques.**

Con respecto al segundo punto, la litología del área consiste en una secuencia de areniscas lutitas de estratificación media, el grado de intemperismo es bajo, la resistencia de la roca es suave, el tamaño de los bloques son de aprox. 1.0 X 0.60 X 0.60 m, la discontinuidad del macizo rocoso está dada por la estratificación y en segundo plano por el fracturamiento.

Aunque la estratificación es casi subhorizontal, las fracturas son las que provocan la caída de los bloques, este tipo de movimiento es por volteo (Fotografía 7.2.1.2.36.). A estos lugares se le considera de peligro muy alto, la principal afectación es a la vía que comunica a las poblaciones de la parte norte del Estado, por lo que es muy transitada todo el año.



**Fotografía 7.2.1.2.36.- Sobra la carretera federal No 105 (México-Tampico), se mapearon bloques inestables, el mecanismo de movimiento de éstos es por volteo.**

La carretera que comunica al poblado de San José-Coacuilco (municipio de Tlanchinol-Huejutla de Reyes), se tiene una zona de inestabilidad de laderas por caída de bloques. La litología del lugar consiste principalmente en una secuencia de arenisca-lutita de estratificación media, el grado de intemperismo es bajo, la resistencia de la roca es suave, el tamaño de los bloques son en promedio de 0.50 X 0.30 X 0.1 m, la discontinuidad del macizo rocoso está dada por la estratificación y en segundo término por fracturamiento, el

espaciamiento es moderado (0.40 m), con rugosidad escarpada, abertura cerrada y sin relleno, (Fotografía 7.2.1.2.37.).



**Fotografía 7.2.1.2.37.- Rocas sedimentarias se presentan en posición vertical, el mecanismo de movimiento de los bloques es por falla plana y cuña.**

Debido a la estratificación y fracturamiento se forman bloques tabulares, el mecanismo de movimiento es por cuña y falla plana (Anexo 11.3, Estereograma 11.3.13.). Por el momento el grado de peligro es medio, sin embargo si se continua extrayendo bloques de piedra al pie del talud, el peligro se vuelve alto, ya que esta actividad puede originar que el talud pierda su equilibrio.

De acuerdo al análisis realizado, los datos estructurales tomados en campo, nos refleja un mecanismo de movimiento por cuña, sin embargo por la posición que presenta la estratificación con respecto al talud, no se descarta la posibilidad de que se tengan caída de bloques con movimiento tipo falla plana. La afectación principal es a la vía que comunica a los poblados antes citadas.

Al sur del poblado Cuatlimax (1.5 km) y sobre la ladera noreste del cerro Huacaltepetl (municipio de Tlanchinol), se identificó una pequeña zona de inestabilidad de laderas por

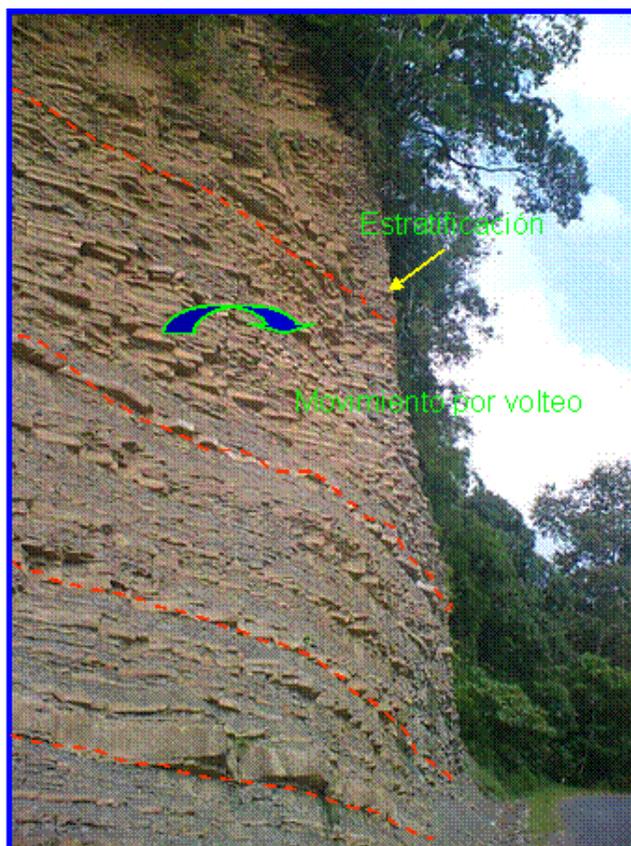
caída de bloques. La litología del área consiste de una secuencia de arenisca-lutita de estratificación media, el grado de intemperismo es bajo y de resistencia dura, los bloques son de 0.50 X 0.30 X 0.15 m, la discontinuidad del macizo rocoso está dada en primera instancia por la estratificación y en segundo plano por el fracturamiento, el espaciamiento de las discontinuidades es cerrada con rugosidad escarpada, abertura cerrada y sin relleno.

De acuerdo a lo observado en campo, este lugar se le considera de peligro medio, debido a que el nivel freático se encuentra muy somero y las discontinuidades son numerosas, lo que originan que la roca se desprenda y se genere el mecanismo de movimiento por volteo. Al pie de la ladera extraen bloques de arenisca que es utilizada para la construcción, sino se tiene buen control y manejo de la explotación de este material, puede originar que se acelere la inestabilidad de la ladera, afectando al camino.

Sobre el camino de terracería que comunica a los poblados de Tehuetlán-Tlalnepanco (ambos pertenecientes al municipio de Huejutla de Reyes), se tienen evidencias que se han desprendido bloques de las laderas. La litología del área consiste en una secuencia de arenisca y lutita de estratificación media, el grado de intemperismo es bajo, su resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques son de aproximadamente 0.5 X 0.2 X 0.2 m, la discontinuidad del macizo rocoso está dada principalmente por la estratificación y en segundo plano por el fracturamiento, el espaciamiento es cerrado, la rugosidad es ondulada, las aberturas son cerradas y sin relleno. De acuerdo a lo observado en campo se identificaron tres sistemas de fracturamiento y una estratificación con direcciones preferenciales (NW-SE, NE-SW), el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, ha este lugar se le considera de peligro medio-alto debido a que el ángulo de corte del camino es casi vertical, el talud tiene una altura de 30.0 m, en la que se observan salientes de roca. La afectación es al camino pavimentado que comunica a las localidades antes citadas.

A la altura de la comunidad Coahuazas (municipio de Huazalingo), se identifico una pequeña zona donde se tiene inestabilidad de ladera por caída de bloques. La litología del área consiste en una secuencia de arenisca-lutita de estratificación media, el grado de

intemperismo es bajo, la resistencia de la roca es medianamente dura, el tamaño de los bloques en promedio es de 0.4 X 0.3 X 0.2 m, la discontinuidad del macizo rocoso está dada en gran parte por la estratificación y fracturamiento, el rumbo de la capa de los estratos es (NW-SE), el espaciamiento es muy cerrado, la rugosidad es escarpada, la abertura es cerrada y sin relleno (Fotografía 7.2.1.2.38.).



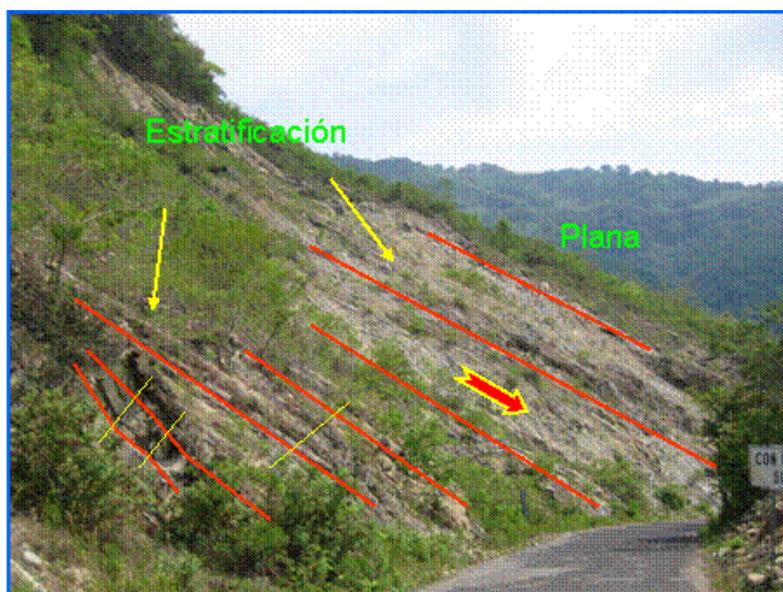
**Fotografía 7.2.1.2.38.- En Coahuazas, la erosión diferencial forma bloques que se desprenden del talud.**

El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, de acuerdo a lo analizado en campo, ha este sitio se le considera como peligro medio, aunque los bloque no son grandes llega a obstruir parte de la vía que comunica a las comunidades antes citadas.

Sobre la carretera que comunica a las comunidades de Huilotitla Dos-Pilchiatipa (municipio de Huazalingo) en este lugar se tienen problemas por inestabilidad de laderas, estos se debe a gran medida a que en el área se tiene una cabalgadura intraformacional con dirección NW-

SE con inclinación al SW. La litología del área consiste de una secuencia de arenisca-lutita de estratificación media, el intemperismo es bajo, la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques es de 0.5 X 0.2 X 0.15 m, la discontinuidad del macizo rocoso es debido a la estratificación y en segundo plano al fracturamiento, el espaciamiento es moderado, la rugosidad es escarpada, la abertura es muy cerrada y sin relleno. A este lugar se le considera peligro medio, debido a que el ángulo de corte del camino es casi vertical, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y falla plana. La afectación principal es a la vía que comunica a las poblaciones antes citadas.

Otro de los lugares donde se tiene identificado que existen problemas por inestabilidad de laderas, principalmente por caída de bloques es en el camino que conduce al poblado de Atempa-Papatlatla (municipio de Calnali), sobre las faldas del cerro Cuetlaxco. La litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita, el grado de intemperismo es bajo, cuya resistencia a la compresión es de roca suave, el tamaño de los bloques son en promedio de 0.4 X 0.3 X 0.2 m, debido a la estratificación y fracturamiento nos llega a formar figuras geométricas que son muy parecidas a un paralelepípedo. La discontinuidad del macizo rocoso se debe en primera instancia a la estratificación y en segundo plano al fracturamiento (Fotografía 7.2.1.2.39.). El espaciamiento es moderado con rugosidad lisa y abertura relativamente cerrada con relleno de arcilla y calcita.



**Fotografía 7.2.1.2.39.- En Atempa-Papatlatla, inestabilidad en la ladera por caída de bloques originadas por las discontinuidades.**

En este lugar se efectuó el levantamiento de una estación estructural, lo cual dio como resultado seis sistemas principales de fracturamiento: A – N 165°/73°, A' – N 108°/63°, A'' N-148°/26°, B – N 265°/63°, B' – N 196°/68°, C – N 54°/49°, el dato de la ladera N 57°/43°, con el análisis de estos puntos se determinó que en esta zona se tiene que la mecánica de movimiento de los bloques es principalmente por falla plana y en segundo término por cuña. En base a lo analizado este lugar se le considera de peligro medio, la afectación es al camino pavimentado (Anexo 11.3, Estereograma 11.3.14.).

Sobre el camino a las comunidades de Otlamalacatla-Piedra Ancha (municipio de Tianguistengo), se tienen evidencias donde hay problemas de inestabilidad de laderas por caída de bloques. Litológicamente el área consiste de caliza con pequeños horizontes arcillosos, su grado de intemperismo es muy bajo, de resistencia dura, el tamaño de los bloques es en promedio de 0.6 X 0.4 X 0.3 m, la forma y dimensión está dada por la estratificación y el fracturamiento, lo que origina que se formen bloques de forma parecida a un paralelepípedo. El movimiento de los bloques es por falla plana y volteo. El espaciamiento de la discontinuidad es moderado con rugosidad ondulada y una abertura de hasta 0.01 m y sin relleno. El grado de peligro es medio, su principal afectación es al camino de terracería.

Sobre el camino que comunica a las poblaciones de Yahualica (cabecera municipal)-Xancaltitla (municipio de Atlapexco), se identifico una zona donde se tiene problemas por inestabilidad de laderas por caída de bloques. La litología de la zona consiste en una secuencia de arenisca-lutita, la cual le sobreyace basalto y andesita. En el caso de las rocas ígneas, el grado de intemperismo es bajo con resistencia medianamente dura, debido al sistema de fracturamiento se forman bloques de dimensiones grandes, estos tienen en promedio de 2 a 3 m de diámetro (Fotografía 7.2.1.2.40.).



**Fotografía 7.2.1.2.40.- En Yahualica-Santo Tomas, zona de constantes caídos de bloques sobre la vía de comunicación.**

La discontinuidad del macizo rocoso es debido al fracturamiento, estas presentan un espaciamiento cerrado, con rugosidad lisa y una abertura de 0.2 a 0.1 sin relleno. El mecanismo de movimientos de los bloques es por volteo, debido al intenso fracturamiento y lo escarpado de los taludes. De acuerdo a lo observado en campo a este lugar se le

considera peligro medio, la principal afectación es a la vía de terracería que comunica a las comunidades antes mencionadas.

Tlalpane se localiza a un kilómetro del poblado de Coatzonco (municipio de Huejutla), presenta problemas por desprendimientos de rocas que provienen de la parte oriente de la meseta Mesa Piedra Cueteada. La litología del lugar consiste de una secuencia de arenisca-lutita, coronando a esta se tiene basalto. Las casas más cercanas a la ladera se encuentran a 200 m, de acuerdo a la información proporcionada por los lugareños han caído bloques, estos se llegan a detener ya que existe una zanja que ayuda a que los bloques no sigan rodando hacia las viviendas. La discontinuidad del macizo rocoso se debe principalmente al diaclasamiento y fracturamiento, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y rodamiento, la forma y dimensión de los bloques está dada por el fracturamiento, que en promedio es de 2 a 3 m de diámetro, A este lugar se le considera peligro bajo, ya que no existe afectación por el momento, sin embargo es recomendable no establecer viviendas próximas a las laderas.

Al poniente del poblado Acatepec (municipio de Huautla), por obras de apertura del camino que da acceso a dicho comunidad se tiene problemas de inestabilidad de laderas. La litología del lugar consiste en una secuencia de arenisca-lutita y coronando a estas se tiene un derrame basáltico (Fotografía 7.2.1.2.41.). El grado de intemperismo es bajo, con resistencia dura, los bloques llegan a medir 10 X 5 X 3, la discontinuidad de la roca está dada principalmente por el fracturamiento y en segundo término por el diaclasamiento, el espacio de de las fracturas es moderado, con rugosidad escarpada y aberturas de 0.10 a 0.15 m, rellenas de arcilla.



**Fotografía 7.2.1.2.41.- En Acatepec, la inestabilidad en el talud es generada por la litología, grado de intemperismo y corte de talud.**

Este lugar es muy inestable debido a que se tiene un contacto litológico, lo cual provoca que los bloques se desprendan y caigan con un mecanismo de movimiento por falla plana. Se le considera de peligro alto, la principal afectación es a la vía que comunica a la población antes citada, además que es el único acceso vehicular.

Sobre el camino que comunica a la población El Barbecho (municipio de Huautla), se tienen esporádicos bloques que han sido desprendidos de la parte poniente de la Mesa Piedra Cueteada. La litología del área consiste de un derrame basáltico, presenta intemperismo bajo con resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques varían de forma y tamaño, estos llegan a medir de 1 a 2 m, de diámetro, la discontinuidad del macizo rocoso se presenta por fracturamiento, el espaciamiento es de 0.10 a 0.15 m, con rugosidad escarpada y abertura de 0.05 a 0.25 m, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, cuña

y rodamiento. A este lugar se le considera de peligro medio, la principal afectación es a la vía de comunicación.

Sobre el camino que comunica a Tlanchinol-Quetzaltongo (municipio de Tlanchinol), se tienen taludes y laderas escarpadas, por lo que frecuentemente se tienen problemas por caída de bloques. La litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita, coronando a estas se tiene un derrame de composición basáltica. El intemperismo de la roca es bajo (decoloración), resistencia medianamente suave, el tamaño de los bloques varían de 0.2 x 0.5 x 0.8 m, la discontinuidad de la roca está dada principalmente por la estratificación y en segundo término por las fracturas, el espaciamiento es de 0.2 a 0.6 m, la rugosidad es escarpada, con abertura de 0.01 y sin relleno (Fotografía 7.2.1.2.42.).

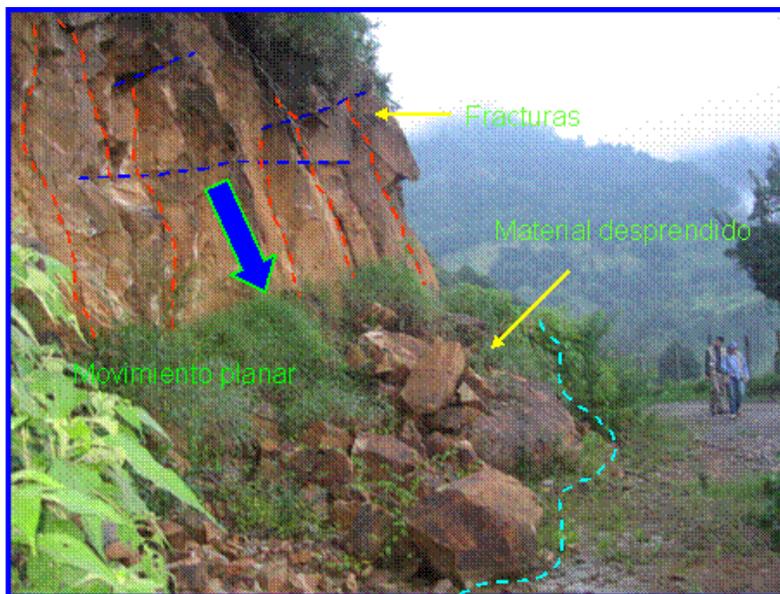


**Fotografía 7.2.1.2.42.- En Tlanchinol-Quetzaltongo, los estratos verticales originan el desprendimiento de bloque.**

Este lugar se le considera de peligro alto, debido a que esta vía (carretera federal 105) es muy transitada en todo el año.

Sobre el camino a las poblaciones de Huiznopala–Acatepec (municipio de Lolotla), se cartografió una zona de inestabilidad de laderas por caída de bloques. La litología del lugar consiste en un derrame basáltico, la roca se presenta intemperizada, de resistencia

medianamente dura, el tamaño de los bloques varía de 1 a 5 m de diámetro, la discontinuidad de la roca está dada por el fracturamiento, este presenta un espaciamiento amplio, la rugosidad es escarpada con abertura de 0.01 y sin relleno (Fotografía 7.2.1.2.43.).



**Fotografía 7.2.1.2.43.- En Huiznopala–Acatepec, inestabilidad de talud es generada por corte del mismo y el fracturamiento intenso.**

Debido al ángulo del talud y el fracturamiento, el mecanismo de movimiento de los bloques es principalmente por falla plana y volteo, a este lugar se le considera de peligro medio, la principal afectación es a la vía que comunica a las poblaciones antes citadas.

En el camino a las poblaciones de Naopa – Ocotlan (municipio de Molango), se tiene inestabilidad de laderas. La litología del lugar consiste en una secuencia de lutita-arenisca, coronando a estas se tiene un derrame basáltico, el grado de intemperismo es bajo y de resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques varían de 0.5 a 1 m de diámetro, la discontinuidad de la roca está dada por el fracturamiento, el espaciamiento varía de 0.2 a 0.6 m, la rugosidad es escarpada, la abertura es de 0.10 a 1.0 m, y sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, el grado de peligro en este lugar es alto, la principal afectación es al camino.

En el trayecto que une a las comunidades de Ixcatlan–Tlazintla (municipio de Molango) y en la ladera noroeste del Puerto Tlahuelompa se identifico una zona de inestabilidad. La litología del lugar consiste de lutita, esta presenta perdida de coloración, su resistencia es suave, el tamaño de los bloques llegan a tener de 2 a 3 m de diámetro, la principal discontinuidad de la roca es la estratificación, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo (Fotografía 7.2.1.2.44.).



**Fotografía 7.2.1.2.44.- En Ixcatlan–Tlazintla, los constantes desprendimientos de bloques de la ladera, se intensifican en temporadas de lluvias.**

A este lugar se le considera como peligro alto, la principal afectación es la vía que comunica a las poblaciones antes citadas.

Sobre el camino a Pemuxtla – Atezca (municipio de Molango) se tiene un área por inestabilidad de laderas por caída de bloques. La litología del área consiste en una toba lítica, el grado de intemperismo es moderado, la resistencia es medianamente suave, el tamaño de los bloques varía de 1 a 5 m de diámetro, la discontinuidad está dada por fracturamiento, el espaciamiento es de 1.0 m, de rugosidad escarpada, abertura de 0.05 y sin relleno. El mecanismo de movimiento de las rocas es por volteo. El poblado de Pemuxtla se encuentra en peligro alto, la afectación es a 30 casas de tipo II con 120 habitantes.

Al nororiente de Molango (cabecera municipal) y en la porción poniente del cerro Podrido, se localiza una porción de terreno con inestabilidad de laderas. La litología del lugar consiste en basalto, el grado de intemperismo es bajo (decoloración), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques varían de 1 a 5 m, de diámetro, la discontinuidad está dada por el fracturamiento, el espaciamiento es alto, rugosidad escarpada, abertura de 0.05 m, y sin relleno (Fotografía 7.2.1.2.45.).



**Fotografía 7.2.1.2.45.- En Molango, el material rocoso está fuertemente fracturado.**

El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, la afectación es a la vía pavimentada que comunica a las poblaciones antes citadas, en algunas partes se tienen zonas de amortiguamiento de 5 -8 m, por lo que ha este lugar se le considera peligro medio.

Al norte del poblado Mecapala (municipio de Xochicoatlán), se identifico un área donde se tiene inestabilidad de ladera por caída de bloques. La litología del lugar consiste de basalto, el grado de intemperismo alto, de resistencia dura, el tamaño de los bloques varía de 0.20 a 0.50 m, la discontinuidad está dada por el fracturamiento, el espaciamiento es de 0.3 m, la rugosidad es escarpado, las aberturas son muy cerradas y sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, a este lugar se le considera peligro medio, la principal afectación es a la vía que comunica al poblado antes mencionado.

Sobre el camino a Xoxoteco (Santa María) - San Juan Cuahutengo (ambos pertenecientes al municipio de San Agustín Metzquititlán), se presentan constantes caídos que son desprendidos de los cortes del talud. La litología de la zona consiste de toba dacítica y dacita, a estas se encuentran sobrepuesto un derrame basáltico, en los cortes de los taludes se tiene material de pie de monte con un espesor aproximado de 8 m, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia de la roca es suave, el tamaño de los bloques es variado, en promedio se tienen son de 1 a 5 m de diámetro, con un mecanismo de movimiento de cuña y volteo. A este fenómeno se le considera de peligro alto a muy alto, ya que en el poblado de San Juan Cuahutengo se encuentran asentadas 35 casas de las cuales 7 son las afectadas directamente, estas viviendas son de tipos II y III. Otro de los problemas se ubica en la porción sur poniente de Mesa Xamaxalco afectando únicamente a la vía de terracería.

Sobre el camino a San Agustín-El Enzuelado (municipio de San Agustín Metzquititlán), las laderas presentan inestabilidad. La litología del área consiste de rocas volcánicas, hacia la base se tiene ignimbrita y en la cima basalto, este presenta un intemperismo bajo (descolorido) con resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques es de 0.60 X 0.30 X 0.30 m, la discontinuidad de la roca está dada por el fracturamiento, este se presenta de 0.60 m, la rugosidad es escarpada, presenta aberturas menores a los 0.005 m, (Anexo 3 Estereograma 11.3.15.). De acuerdo a los datos tomados en campo y al análisis realizado en gabinete, se determino que el talud presenta inestabilidad, por lo que el mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y volteo, se le considera de peligro alto ya que la principal afectación es a la vía de comunicación que es muy transitada todo el año.

Sobre el camino a Zacualtipan-Coatlila (municipio de Zacualtipan) y a la altura de la comunidad de Jiliapan, se encuentran evidencias de inestabilidad de ladera.

La litología del área consiste de una secuencia de lutita-limolita, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es suave, el tamaño de los bloques varía de 0.5 x 0.4 x 0.3 m la discontinuidad del macizo rocoso está dada por la estratificación ( $22^{\circ}/21^{\circ}$ ) el espaciamiento varía de 0.05 a 0.2 m, con rugosidad escarpada y abertura menor a los 0.02

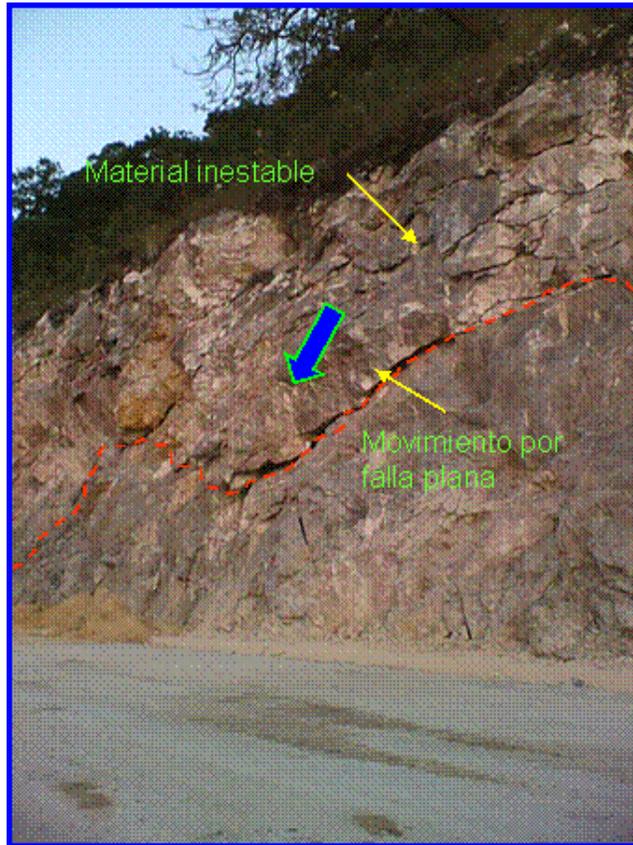
m, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, a este lugar se le considera de peligro medio-bajo, ya que la principal afectación es a la vía de comunicación que no es muy transitada.

Sobre el camino de terracería a Ohuesco-Jalapa (municipio de Zacualtipan), localidades que se encuentran en los límites con el Estado de Veracruz, presentan problemas por inestabilidad de ladera, debido a las características litológicas y factores antropogénicos. La litología del área consiste en una secuencia de arenisca-limolita, presenta un intemperismo bajo (descolorido), con resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques en promedio es de 0.4 X 0.8 X 1.2 m, la discontinuidad de la roca está dada por el fracturamiento, este presenta un espaciamiento de 0.5 m, de rugosidad escarpada y aberturas menores a 0.001 m, otro de los factores que originan la inestabilidad es el ángulo de corte de los caminos, estos tienen 50° de inclinación. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y falla plana. A este lugar se le considera de peligro medio-alto debido a que la principal afectación es a la vía de comunicación que es poco transitada.

La comunidad de Olonteco (municipio de Zacualtipan) la parte nororiente del municipio, es susceptible a presentar problemas por inestabilidad de laderas. La litología del lugar consiste de potentes espesores de caliza, esta presenta un intemperismo bajo (fresco), de resistencia dura, el tamaño de los bloques es de 3.0 X 3.0 X 1.5 m la discontinuidad de la roca está dada un sistema de fracturas con espaciamiento de 0.5 m, de rugosidad escarpada y con aberturas menores a los 0.001m, el mecanismo de movimientos de los bloques es principalmente por volteo y rodamiento, a este lugar se le considera de peligro alto debido a que la principal afectación es directamente a siete viviendas de tipo III, con 28 habitantes susceptibles de ser afectados, por lo que se recomienda tener un constante monitoreo de este lugar.

Sobre el camino a El Encino (municipio de Santiago de Anaya)-Pontadho (municipio de Metztitlán) actualmente están realizando obras de ampliación y pavimentación del camino, por lo que en los cortes del camino presentan inestabilidad en el talud. La litología del área

consiste de caliza masiva muy fracturada, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques es en promedio de 1.0 X 1.0 X 0.5 m, la discontinuidad del macizo rocoso es originada por el fracturamiento, el espaciamiento varía de 0.001 a 0.01 m, la rugosidad es escarpada con aberturas de 0.01 a 0.05 m (Fotografía 7.2.1.2.46, Anexo 11.3 Estereograma 11.3.16.)

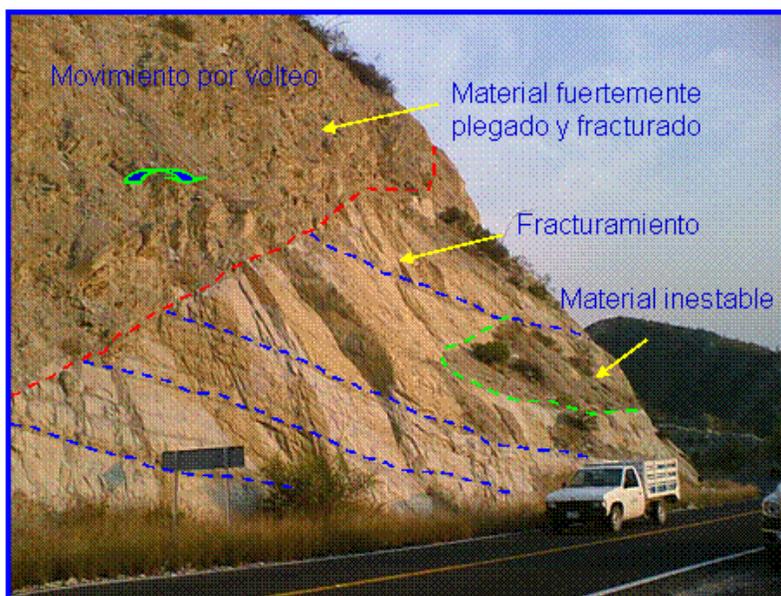


**Fotografía 7.2.1.2.46.- En El Encino- Pontadho, la roca se presenta fuertemente fracturada, los planos de discontinuidad están a favor del corte de talud.**

En base al análisis realizado con los datos estructurales levantados en campo, se determinó que en esta porción de la ladera presenta inestabilidad, por lo que el mecanismo de movimiento de los bloques es por falla plana y por cuña. A este lugar se le considera de peligro medio, ya que la afectación es al camino pavimentado poco transitado.

En las laderas que comprende el Río Venado, en las inmediaciones de las comunidades de Venados Acalome, Buena Vista, El Carrizal, San Pedro Tlatemalco (municipio de Metztitlán)

y sobre la carretera federal No 105, en las laderas del Río Venado, se tiene una amplia zona en donde las laderas presentan remoción de masas. La litología del lugar consiste hacia la parte baja de una secuencia de lutita-caliza de estratificación que va de delgada a media muy fracturada y plegada, hacia la parte superior se tiene coronando un grueso paquete de toba riolítica y basalto, estos se encuentran fuertemente fracturados (Fotografía 7.2.1.2.47.).



**Fotografía 7.2.1.2.47.- El El Venado Acalome, el material rocoso terrígeno que aflora en el talud, se encuentra plegado y fracturado, originando la inestabilidad de la ladera.**

La roca presenta un intemperismo bajo (descolorido), la resistencia es suave, el tamaño de los bloques en promedio es de 0.8 X 0.6 X 0.5 m, la discontinuidad principal es la estratificación y en segundo término es el fracturamiento, el espaciamiento varía de 0.05 a 0.10 m, con rugosidad escarpada de abertura de 0.001 a 0.003 m, sin relleno, para el caso de las rocas volcánicas estas presentan un grado de intemperismo bajo (descolorido), su resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques llegan a ser hasta de 3 X 3 X 3 m, la discontinuidad de la roca es por fracturamiento, el espaciamiento es de 0.5 m, con rugosidad escarpada, aberturas de 0.3 m, sin relleno, en ambas litologías el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, plana y cuña. A esta zona se le considera de peligro alto, debido a que la principal afectación es a la carretera federal 105, que es muy transitada en todo el año, ya que comunica a la parte norte del Estado.

Zacatipan (municipio de Tianguistengo), se encuentra asentada sobre laderas moderadamente escarpadas, lo que hace factible el desprendimiento de bloques hacia las partes bajas. La litología del lugar consiste de una secuencia de caliza-lutita, de estratificación media a delgada y en ocasiones a laminar, presenta nódulos de pedernal de color negro. El grado de intemperismo es bajo (decoloración), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques en promedio es de 0.80 x 0.40 x 0.60 m, (Fotografía 7.2.1.2.48.)



**Fotografía 7.2.1.2.48.- En Zacatipan, la secuencia de caliza-lutita se presenta muy fracturada, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo.**

La discontinuidad del macizo rocoso está dada principalmente por la estratificación y en segundo término por el fracturamiento. El espaciamiento es variable, en promedio es de 0.06 a 0.20 m, con rugosidad escarpada y aberturas de 0.01 a 0.10 m, generalmente sin relleno. En base a los datos estructurales tomados en campo (Anexo 3, Estereograma 11.3.17.), se determina que los bloques presentan dos tipos de movimiento, el de cuña y falla plana, sin embargo existe un tercero que es el de volteo, debido a que existe un sistema de fracturamiento que corta subhorizontalmente la continuidad vertical del macizo rocoso. La afectación principal es al camino de terracería, por lo que se considera de peligro medio, debido a la poca afluencia vehicular.

Al oriente de La Esperanza (municipio de Tianguistengo) y sobre las laderas de Loma Tepehuizco, se tiene inestabilidad de laderas por caída de bloques. La litología del lugar consiste de roca volcánica, principalmente andesítica, el grado de intemperismo es levemente intemperizada (descolorido), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques en promedio es de 1.0 x 0.5 x 0.5 m (Fotografía 7.2.1.2.49.)

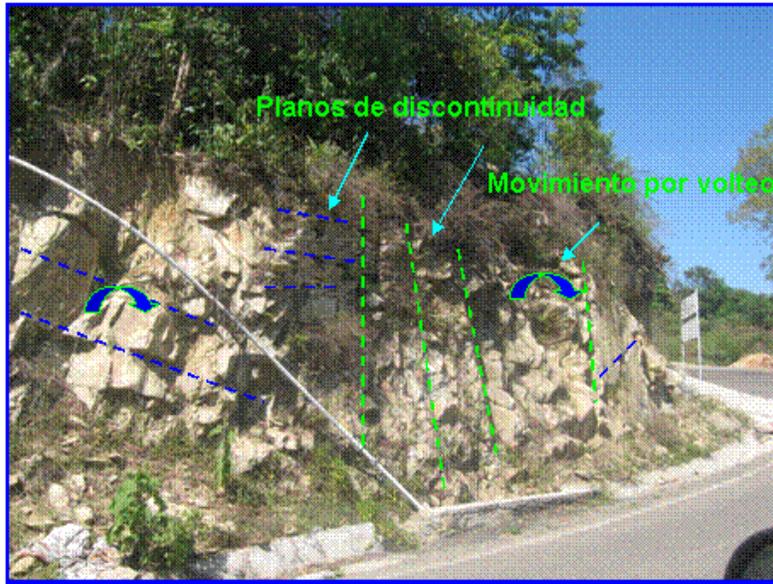


**Fotografía 7.2.1.2.49.- En La Esperanza, parte de la ladera presenta caída de bloques y flujo de detritos, afecta al camino.**

La discontinuidad del macizo rocoso esta dado por el fracturamiento, el espaciamiento de estas varía de 0.60 a 2.0 m, la rugosidad es escarpada y con aberturas de 0.01 a 0.1 m, en base a los datos estructurales tomados en campo, se determinaron cuatro sistemas de fracturamiento, mismas que se interceptan entre ellas, por lo que se da un movimiento por cuña (Anexo 3, Estereograma 11.3.18.), sin embargo también se puede dar el movimiento por volteo. A este lugar se le considera de peligro medio, ya que la principal afectación es al camino de terracería con una longitud de 6 Km.

Sobre el camino a Calnali-San Andrés (municipio de Calnali), se tienen varios contactos litológicos, lo que origina que en los cortes del talud se tenga inestabilidad de laderas. La

litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita de estratificación media, presenta bajo grado de intemperismo (decoloración), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques varían de 0.50 a 1.0 m (Fotografía 7.2.1.2.50.).



**Fotografía 7.2.1.2.50.- Sobre la carretera Calnali-San Andrés, por la estratificación e intenso fracturamiento se producen constante caída de bloques, afectando al camino.**

La discontinuidad del macizo rocoso está dada por la estratificación y en segundo término por el fracturamiento, el espaciamiento es de 0.06 a 0.20 m, de rugosidad escarpada y aberturas de 0.01 a 0.05 m, en la mayoría de los casos estas se encuentran rellenas por arcilla. El mecanismo de movimientos de los bloques es por cuña y volteo y dependiendo del ángulo del trazo del camino se puede generar el movimiento por falla plana. A este lugar se le considera de peligro medio a bajo, ya que los bloque solamente afectan parte de la vía, esta se encuentra pavimentada y da acceso a las comunidades antes citadas.

Sobre el camino de Tlamamala-Olotla (municipio de Tlanchinol-Huazalingo) y en las laderas del Cerro Toncuahuitl, se presenta inestabilidad de laderas debido a las pendientes escarpadas. La litología del lugar consiste hacia las partes bajas en una secuencia de arenisca-lutita, coronando a estas se tienen espesores gruesos de roca basalto, el grado de intemperismo es bajo solamente presenta decoloración, la resistencia de la roca es dura, el tamaño de los bloques varía de 1 a 5 m de diámetro (Fotografía 7.2.1.2.51.).



**Fotografía 7.2.1.2.51.- En Tlamamala, la zona presenta de constantes caídos sobre los caminos, el problema se incrementa en temporada de lluvias.**

La discontinuidad del macizo rocoso está dada por el fracturamiento, el espaciamiento varía de 0.20 a 0.60 m, la rugosidad es escarpada, las aberturas son del orden de 0.01 a 0.10 m, generalmente se presentan sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y volteo, la principal afectación es al camino de terracería que se encuentra a la entrada de Tlamamala, a este lugar se le considera de peligro medio, debido a que este fenómeno es frecuente en temporada de lluvia, lo que origina que se tengan desprendimientos de bloques de las laderas y/o taludes, siendo estos en promedio de menor a 1 m de diámetro.

La comunidad de Chinameca (municipio de Xochicoatlán), se encuentra asentada en cerros altos y laderas escarpadas, por lo que es común encontrar zonas que presentan inestabilidad de laderas por deslizamientos y caída de bloques. La litología del lugar consiste de una secuencia de limolita-lutita-arenisca de espesores medianos a gruesos, esta se encuentra moderadamente intemperizada, estos es, parte de la roca se comporta como suelo, por lo que su resistencia es suave, el tamaño de los bloques es variable, en promedio son de 2 x 1.5 x 1.5 m (Fotografía 7.2.1.2.52.).



**Fotografía 7.2.1.2.52.- En Chinameca, los sedimentos terrígenos se presentan moderadamente intemperizados, son susceptibles a generar movimiento por deslizamiento y/o caída de bloques cuando se encuentran saturadas por agua.**

La discontinuidad del macizo rocoso está dada por la estratificación, seguida del fracturamiento, el espaciamiento varía de entre 0.20 a 0.60 m, la rugosidad es escarpada, la abertura llega a ser de 0.01 a 0.10 m, debido al intemperismo moderado que presenta la roca, se llegan a tener fenómenos combinados, tales como de deslizamiento y caída de bloques. (Anexo 3, Estereograma 11.3.19.) A este lugar se le considera de peligro alto, debido a que la afectación principal es a dos casas de tipo III, así como al camino de terracería. La toma de datos estructurales en el macizo rocoso, nos reflejan que se tiene un mecanismo de movimiento preferencial de los bloques por cuña y de falla plana, sin embargo también se tienen un sistema de fracturamiento que corta subhorizontalmente al macizo rocoso, por lo que es factible que también se tenga el mecanismo de movimiento por volteo.

Así mismo este fenómeno se da en la comunidad de Tenango (municipio de Xochicoatlán), mismo que se encuentra ubicado en las inmediaciones de cerros con elevaciones de más de 1300 msnm, laderas llegan a tener pendientes que varían de escarpado a precipicio, por lo que es común encontrar zonas en donde se presente inestabilidad de laderas por caída de bloques. La litología del lugar consiste de una secuencia de caliza-lutita de estratificación

media a delgada, el grado de intemperismo es bajo (decoloración), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques llegan a ser de 0.50 x 1 x 0.30 m (Fotografía 7.2.1.2.53.).



**Fotografía 7.2.1.2.53.- En Tenango, las rocas calcáreas presentando caída de bloques por volteo y falla plana.**

La discontinuidad del macizo rocoso se debe a la estratificación y al fracturamiento, regionalmente estas rocas se encuentran afectadas por un anticlinal, la estratificación presenta espaciamiento de 0.15 a 0.20 m, la rugosidad es escarpada, las aberturas varían de 0.01 a 0.1 m, algunas aberturas se encuentran rellenas de calcita. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y por falla plana, esto depende del ángulo de corte del camino con respecto a las discontinuidades del macizo rocoso. A este lugar se le considera de peligro medio, ya que la principal afectación es al camino de terracería de aproximadamente 3 km.

En las inmediaciones de las comunidades de Ixtacuatitla, Atotomoc, Oxpantla (municipio de Atlapexco), se tienen laderas que son de terreno inclinado, sin embargo los taludes de los cortes de los camino son casi verticales, lo que provoca que se tenga caída de bloques en esta zona. La litología de la Región consiste en una secuencia de arenisca y lutita de estratificación media a delgada, levemente intemperizada (decoloración), con una resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques en promedio es de 1.5 x 1.0 x 0.6 m (Fotografía 7.2.1.2.54.).



**Fotografía 7.2.1.2.54.- Sobre la carretera Atotomoc-Oxpantla, se tienen problemas de inestabilidad de laderas por caída de bloques.**

La discontinuidad del macizo rocoso esta dado por la estratificación y en segundo plano por el fracturamiento, el espaciamientos varía de 0.20 a 0.60 m, con rugosidad escarpada, las aberturas en promedio son de 0.01 a 0.1 m, en ocasiones rellenas por arcilla. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, a este lugar se le considera de peligro medio, ya que la afectación es de 1 km. del camino pavimentado.

a.5).- Región V

Esta es una de las regiones más extensas dentro del Estado, las principales afectaciones son en viviendas y vías de comunicación, la problemática se distribuye en la porción norte y poniente (Figura 7.2.1.2.7.).

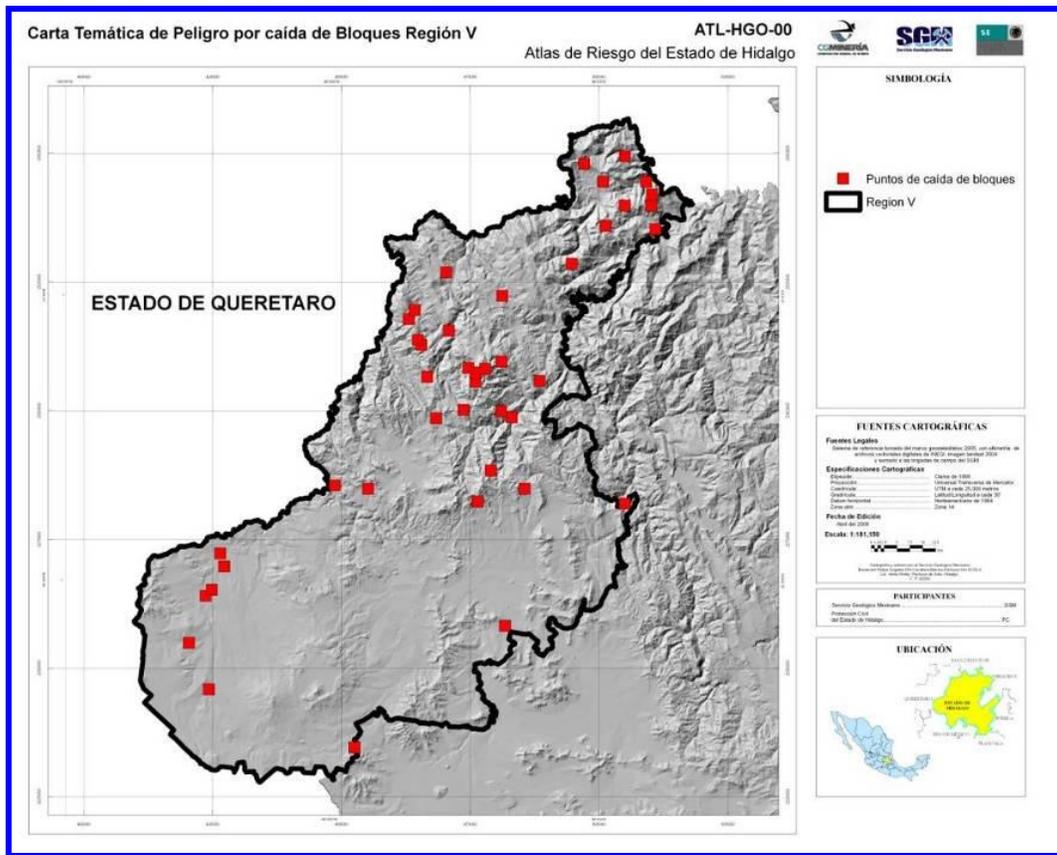


Figura 7.2.1.2.7.- Ubicación de inestabilidad de laderas por caída de bloques en la Región V.

En la desviación que comunica a las grutas de Tolantongo (municipio de Cardonal) - San Pablo Tetlapayac (municipio de Metztlán), se identificaron varios sitios de inestabilidad por caída de bloques. La roca que aflora en la Región es caliza y conglomerado con bajo grado de intemperismo y de resistencia moderadamente dura. Debido a la estratificación y fracturamiento se forman bloques paralelepípedos de 1.0 a 5.0 m, la discontinuidad del macizo rocoso está dada por la discontinuidad y fracturamiento, el espaciamiento de estas es muy amplia, rugosidad escarpada, las aberturas son amplias y se encuentran rellenas por arcillas y limos.

Los datos levantados en campo nos reflejan que en este lugar se tienen 4 sistemas principales A  $215^{\circ}/78^{\circ}$ , B  $12^{\circ}/72^{\circ}$ , C  $322^{\circ}/78^{\circ}$ , D  $112^{\circ}/72^{\circ}$  y como secundarios son A'  $286^{\circ}/43^{\circ}$ , B'  $37^{\circ}/84^{\circ}$ , C'  $340^{\circ}/36^{\circ}$ , D  $140^{\circ}/79^{\circ}$ , lo que nos indica que el mecanismo de movimiento de los bloques desprendidos de la ladera es principalmente por cuña (Anexo 3, Estereograma 11.3.20.). A este lugar se le determina como peligro alto, ya que se encuentra situado un balneario con gran afluencia turística.

Sobre la carretera a Neblinas-Huatepango (municipio de Chapulhuacán), se identifico una zona donde se tiene inestabilidad de ladera por caída de bloques (Fotografía 7.2.1.2.55.). Litológicamente el área consiste en una secuencia de caliza-lutita, estas presentan un grado de intemperismo bajo con resistencia media, el tamaño de los bloques varían de 1.0 a 5.0 m, estos son originados por la estratificación y fracturamiento, la discontinuidad es debido a la estratificación, el espaciamiento es moderado, la rugosidad se presenta ondulada, las aberturas llegan a ser mayores a los 0.10 m y sin relleno.



**Fotografía 7.2.1.2.55.- En las laderas del Cerro El Nixtamal, se realizan obras de ampliación y pavimentación, existe inestabilidad en los taludes.**

Este sitio se considera de peligro medio, la principal afectación es al camino y en gran medida es debido al ángulo de corte del mismo.

Sobre el camino de Pisaflores a Zapotal de Moras (ambas pertenecientes al municipio de Pisaflores) se detectaron varios sitios de movimiento de los bloques que se encuentran sobre la ladera y cortes de talud, algunos lugares donde se tienen mayor incidencia es al sur y sureste de la ladera de los Cerros Tepehuaje al oriente, del Huizache, al suroriente del Gavilán y Neblinas.

Al sur de Tripuente (Fotografía 7.2.1.2.56.) se tiene una secuencia de caliza-lutita, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), presenta una resistencia media, el tamaño de los bloques en promedio es de 1.5 X 1.5 X 0.5 m, la discontinuidad principal del macizo rocoso es la estratificación y esta a la vez se encuentra afectada por una falla normal con orientación NW-SE con inclinación al SW, el espaciamiento de las fracturas varía de 0.3 a 0.5 m, con rugosidad escarpada, abertura de 0.10 m y relleno de material arcilloso. El mecanismo de movimiento de los bloques es por falla plana, debido a que la discontinuidad está a favor del corte del camino y un ángulo de inclinación de 48°, en este lugar los lugareños explotan los bloques de piedra caliza, con ayuda de una barreta aceleran el desprendimiento de los bloques.



**Fotografía 7.2.1.2.56.- En Tripuente, camino de terracería frecuentemente es afectado por caída de bloques.**

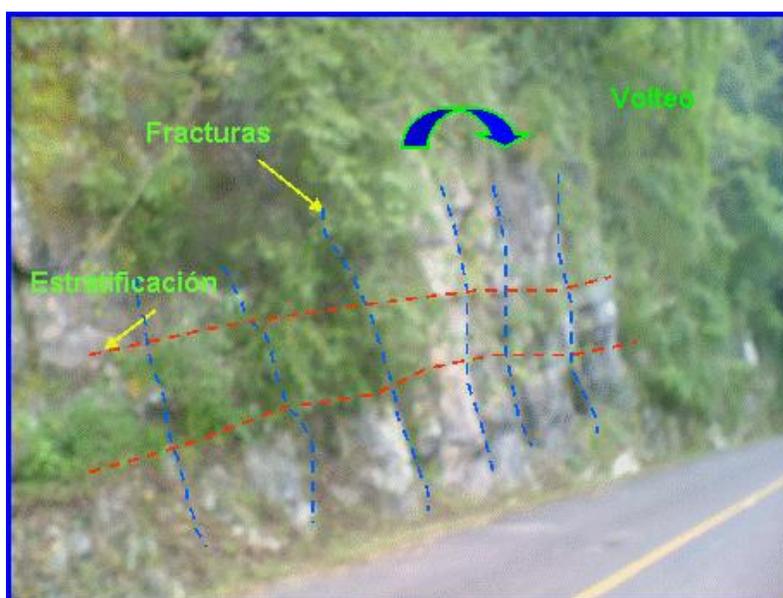
A esta zona se le considera de peligro medio-alto, la principal afectación es a la vía que comunica a las comunidades antes mencionadas.

Otra de las secciones de interés se presenta en el camino de terracería que comunica a la población de Pisaflores-Puerto Oscuro (ambos municipio de Pisaflores), las laderas que se encuentran más inestables se ubican al sur del poblado del Coyol, sur y poniente del Cerro El Ahorcado y al oriente del Cerro Palo de Agua. Al sur de El Coyol se tiene una secuencia de caliza-lutita, el grado de intemperismo es mediano con resistencia medianamente dura, la forma de los bloques es debido a la estratificación y fracturamiento, estos llegan a tener dimensiones de 0.80 X 0.60 X 0.30 m, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y rodamiento, el grado de peligro es medio, la principal afectación es a la vía de comunicación.

Al poniente de la comunidad del Rayo se tiene caliza con delgados horizontes arcillosos, su intemperismo es bajo de resistencia medianamente dura, los bloques tienen tamaños de 0.60 X 0.40 X 0.50 m, la discontinuidad del macizo rocoso es principalmente por la estratificación, el espaciamiento es moderado (0.40 m), con rugosidad escarpada y abertura de hasta 0.10 m y sin relleno. En este sitio se observa claramente el eje de un sinclinal-anticlinal (NW-SE con inclinación de 49°) lo que provoca que este lugar sea inestable y origine desprendimiento de bloques con un mecanismo de movimiento por volteo. A este lugar se le considera de peligro medio, la principal afectación es a la vía de comunicación.

En el camino de terracería que comunica a La Peña-Tlacuilola (pertenecientes al municipio de Pisaflores), se encuentra afectada por caída y desprendimiento del macizo rocoso, la litología del lugar consiste principalmente de lutita con foliación penetrativa, el espesor de los estratos es de grueso a masivo. Los bloques tienen dimensiones de 0.05 X 0.30 X 0.20 m, la forma y dimensión de ésta se da principalmente por la foliación y fracturamiento, a este lugar se le considera de peligro medio-bajo, la principal afectación es a la vía de comunicación.

Sobre la carretera No. 85 que comunica a Pisaflores (cabecera municipal)-El Entronque (municipio de Chapuluacan), en las laderas de los Cerros El Capulín y La Mona se identificaron problemas por caída y desprendimiento de bloques de roca, (Fotografía 7.2.1.2.57.) la litología del área consiste de caliza con horizontes delgados arcillosos, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), con una resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques es de 1.7 X 1.5 X 0.5 m, la discontinuidad del macizo rocoso esta dado principalmente por la estratificación y fracturamiento, en este lugar se observa el eje de un sinclinal con dirección (NE-SW), uno de los factores que acelera la inestabilidad de ladera, es la extracción de los bloques de caliza, los lugareños utilizan barretas para aflojar la roca que se encuentra en el corte del talud, por efecto de gravedad estos caen para posteriormente comercializarlos.

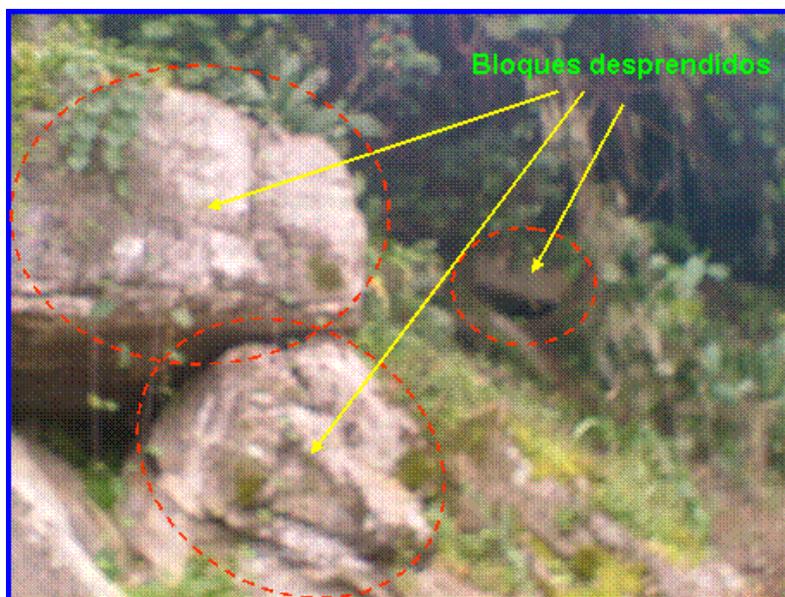


**Fotografía 7.2.1.2.57.- En Pisaflores-El Entronque, la formación de bloques en el talud se debe al fracturamiento de la roca.**

Este lugar es considerado de peligro alto, la principal afectación es a la vía de comunicación.

En Santa Ana de Allende (municipio de Chapuluacan) que se encuentra sobre la carretera federal No 85, en el barrio Pesebre hay problemas por desprendimientos de rocas (Fotografía 7.2.1.2.58.), de acuerdo a la información de los lugareños, hace 80 años aproximadamente en este lugar pasaba el camino federal que comunicaba la ciudad de

Pachuca-Tamazunchale, actualmente el camino pasa sobre el puerto (parte alta), quedando el Barrio El Pesebre asentado entre el material escalonado. La litología del lugar consiste en calizas con espesores de 0.30 m y horizontes arcillosos de 0.10 m, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques llegan a ser de 2.0 X 1.5 X 0.5 m. La discontinuidad del macizo rocoso está dada por la estratificación, el espaciamiento (0.50 m) con rugosidad escarpada y abertura de 0.01 a 0.02 m, rellenas de materia orgánica. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y rodamiento.



**Fotografía 7.2.1.2.58.- En Santa Ana de Allende, gran cantidad de bloques sueltos, son productos de los materiales escalonados y de la erosión diferencial.**

A este lugar se le considera de peligro alto ya que los bloques se dirigen hacia las viviendas (hace 20 años un bloque cayó sobre una casa y mató a dos personas), este fenómeno se acentúa en temporada de lluvias, ya que se forman flujos de lodo que transportan fragmentos de roca que se depositan sobre las viviendas antes mencionadas. Se recomienda tener un constante monitoreo del lugar.

Sobre el camino de terracería que comunica al poblado de Iglesia Vieja-Mesa del Coyol (municipio de Chapuluacan), se tiene una serie de caídos de roca, la litología del lugar consiste de una secuencia de caliza-lutita que se encuentra fuertemente plegada, el

mecanismo de movimiento es por falla plana y por volteo, la principal afectación es a la vía de comunicación.

En la población de Chapuluacan (cabecera municipal), se identificaron viviendas que se encuentran asentadas sobre una falla regional de tipo normal (Fotografía 7.2.1.2.59.), la litología del lugar consiste en una secuencia de caliza-lutita, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques es de 1.0 X 0.80 X 0.30 m, la discontinuidad está dada por la estratificación y fracturamiento, el espaciamiento es de 0.30 m, la rugosidad es escarpada, con abertura de 0.15 m de acuerdo a lo observado en campo, la discontinuidad está a favor de la pendiente con un ángulo de inclinación de 45°, en la parte media de la ladera se tiene la manifestación de un manantial, lo que nos indica que el nivel freático se encuentra muy somero, por consiguiente la ladera presenta alto grado de humedad, la viviendas contribuyen a acelerar el movimiento por el peso que ejerce sobre los planos de discontinuidad, por lo que se concluye que este lugar es de peligro alto.



**Fotografía 7.2.1.2.59.- En Chapuluacan, los desprendimientos de bloques se asocian a la posición de los estratos y al nivel freático somero.**

Se recomienda tener un constante monitoreo en el área, debido a que se tiene un promedio de 80 vivienda y 320 habitantes que serían afectadas en caso de que surgiera dicho fenómeno.

Sobre el camino federal No 85 que comunica al poblado de Chapuluacan (cabecera municipal)-Carrizal de Sótano (municipio de Chapuluacan), se tienen constantes caídos de roca que se desprenden de las laderas del Cerro Los Jarros y en los taludes del corte del camino, la litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita, presentan nódulos de pedernal y fierro, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), con resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques es de (1.0 X 1.0 X 0.50 m), la discontinuidad está dada por la estratificación y fracturamiento, el espaciamiento es de 0.50 m, con rugosidad escarpada, abertura de 0.10 m. además existe un plano de falla de tipo normal (NE-SW con inclinación al NW) que se encuentra a favor del corte del talud, en el mes de septiembre del año en curso, un bloque cayó sobre el toldo de un carro (no se registraron pérdidas humanas), sobre la carpeta asfáltica se observan las evidencias de los fuertes impactos de los bloques que se han desprendido de la ladera. La principal afectación es a la vía de comunicación.

En el trayecto del poblado Cuesta Colorada (municipio de Jacala)-Las Palmitas (municipio de La Misión), se identificaron laderas y taludes inestables en los cortes del camino, estos presentan desprendimiento y caída de bloques, los lugares donde más se acentúa este tipo de fenómenos es en los alrededores del poblado Damathi, La Cienega, El Naranjo, Tepehuaje y Palmitas. La litología que predomina el área es de una secuencia de caliza-lutita con fuerte fracturamiento, el principal mecanismo de movimiento de los bloques es de tipo plana, la afectación es a la vía de comunicación.

Sobre la carretera federal No 85 que comunica a las comunidades Puerto de Piedra (municipio de La Misión)-Zacate Grande (municipio de Chapuluacan) se identificaron laderas y cortes de talud que presentan desprendimiento de roca, los lugares donde se tienen mayor problema son en las comunidades de Rancho Viejo, El Chamal, Jacalilla, Palomas y Palo Semita y esto se debe en gran medida por el tipo de litología y estructuras regionales (Cabalgaduras, fallas normales, anticlinales y sinclinales), que atraviesan de forma diagonal el corte del camino. La litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita, presenta un grado de intemperismo bajo (descolorido), resistencia moderadamente dura y tamaño de los bloques de (1.0 X 1.0 X 0.3 m) la discontinuidad del macizo rocoso está dada

principalmente por la estratificación y en segundo plano por el fracturamiento, el espaciamiento es de 0.30 m, con rugosidad escarpada, la abertura varía de 0.01 a 0.10 m, sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es de tipo plana y por volteo. A este lugar se le considera de peligro medio, la principal afectación es a la vía de comunicación.

En base al recorrido realizado en las comunidades de Puerto de Piedra-La Misión-Cerro Prieto-Puerto de Piedra (ambas pertenecientes al municipio de La Misión), se identificaron laderas y taludes que presentan inestabilidad de ladera. La litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita y de estructuras regionales con una orientación preferencial (NW-SE). En las laderas de la parte oriente del Cerro Ojo de Agua se presentan caída de bloques, cuyo mecanismo de movimiento es por falla plana y volteo, presentándose el mismo mecanismo al sur del Cerro Muñeco y en los alrededores de las comunidades Las Fuentes-Las Adjuntas (municipio de La Misión), este mecanismo de movimiento cambia en el poblado de La Misión donde la caída de los bloques tienen movimiento por volteo. La principal afectación es a la vía de comunicación.

Al sureste del poblado de Jacala (cabecera municipal), sobre la carretera federal No 85, se tienen cortes de talud que presentan inestabilidad (Fotografía 7.2.1.2.60.), la litología del área consiste hacia su base de una secuencia de caliza con horizontes arcillos, le sobreyace depósitos recientes de clastos de caliza cementados ligeramente por carbonato de calcio (material de pie de monte), el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es medianamente dura, el tamaño varía de cantos rodados a grava (material coluvial) y bloques de (1.0 X 0.80 X 0.30 m), la discontinuidad está dada por la estratificación, el espaciamiento varía de 0.15 a 0.30 m, la rugosidad es escarpada con aberturas de 0.10 m, y sin relleno. Los mecanismos de movimiento de la roca es por volteo, plana y por desprendimiento de pequeños clastos (material suelto).



**Fotografía 7.2.1.2.60.- En Jacala, se mapeo una zona inestable de material de pie de monte.**

Este lugar se le considera de peligro medio-alto, debido a que esta vía es altamente transitada.

Sobre el camino que comunica a Jacala (cabecera municipal)-Pacula (cabecera municipal), se tiene inestabilidad en los taludes, la litología del lugar consiste en estratos que van de gruesos a masivos de caliza fuertemente brechada, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es medianamente dura, los bloques tienen una dimensión de 3.0 X 1.5 X 0.5 m), la discontinuidad de la roca está dada por la estratificación y en segundo término por el fracturamiento (tectónico y antropogénico), el espaciamiento es de 0.50 m, con rugosidad escarpada de abertura de 0.01 a 0.10 m, a este lugar se le considera de peligro medio, la principal afectación es a la vía de comunicación.

En el camino que comunica a las poblaciones de Santa María Miraflores-Milpas Viejas-El Fraile (municipio de Pacula), constantemente se tienen problemas por caída de bloques (Fotografía 7.2.1.2.61.). La litología del área consiste de roca caliza y brecha oligomictica, el grado de intemperismo es bajo (fresco), de resistencia dura, el tamaño de los bloques en promedio es de (1.5 X 1.0 X 0.80 m), la principal discontinuidad está dada por el

fracturamiento y en segundo término por la estratificación, el espaciamiento varía de 0.6 a 2.0 m, con rugosidad escarpada, abertura de 0.01 a 0.1 m, y sin relleno.

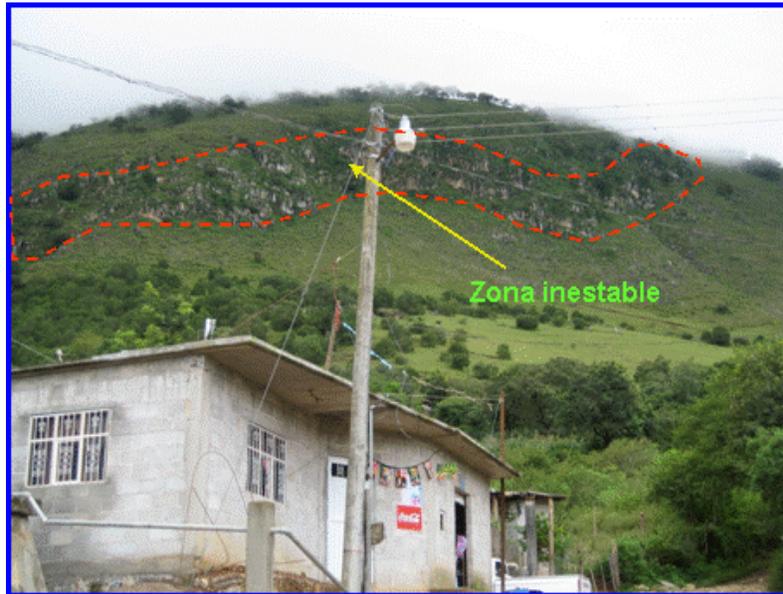


**Fotografía 7.2.1.2.61.- En Santa María Miraflores-Milpas Viejas-El Fraile, parte del camino presenta problemas de inestabilidad de laderas.**

El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y rodamiento, a este lugar se le considera de peligro alto, en la comunidad de Miraflores se aprecian bloques que se han desprendido de la ladera, hacia abajo se tiene una primaria (30 alumnos), una telesecundaria (20 alumnos) y dos casas de tipo III, la otra afectación es a la vía de comunicación.

En el poblado de Jiliapan (municipio de Pacula), existen casas que se encuentran en peligro debido a la inestabilidad de la ladera (Fotografía 7.2.1.2.62.). La litología del área consiste en una secuencia de lutita-caliza, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), de resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques que se forman son de (0.5 X 0.5 X 0.30 m), la principal discontinuidad es por la estratificación y en segundo término por el fracturamiento, el espaciamiento varía de 0.6 a 2.0 m, la rugosidad es escarpada, con aberturas promedio de 0.10 m. el mecanismo de movimiento es por volteo y rodamiento, según información de los lugareños y por lo observado en campo, en esta parte de la comunidad se tiene material de balconeo (material suelto) sobre las laderas, en temporadas de lluvias este material se

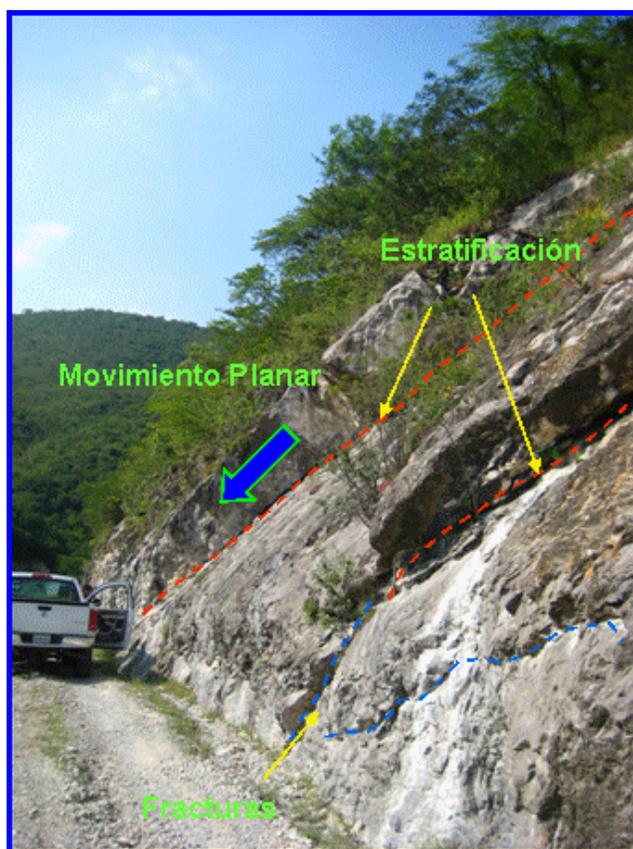
reblandece originando el movimiento de suelo y fragmentos de la roca, afectando a 30 viviendas.



**Fotografía 7.2.1.2.62.- En Jiliapan, ladera presenta constantes caídos de bloques, la zona de amortiguamiento es amplia, lo que mitiga el problema de afectación.**

La construcción de las viviendas es de tipo III, la afectación es a 120 habitantes. A este lugar se le considera de peligro medio-alto, ya que se tiene una amplia zona de amortiguamiento.

Sobre la vía que comunica al poblado de Jacala-Quetzalapa (municipio de Jacala), los cortes del camino han provocado que las laderas y taludes se vuelvan inestables (Fotografía 7.2.1.2.63.). La litología del lugar consiste de caliza con delgados horizontes arcillosos, el grado de intemperismo es bajo (solamente presenta pérdida de color), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques en algunas partes llega a ser de (1.0 X1.0 X 1.0 m) la discontinuidad del macizo rocoso está dada en gran medida por la estratificación y por el fracturamiento, el espaciamiento varía de 0.15 a 1.0 m, rugosidad escarpada y abertura de 0.01 m, el mecanismo de movimiento de los bloques es de tipo plana y volteo.



**Fotografía 7.2.1.2.63.- En Jacala-Quetzalapa, la estratificación es a favor del corte del camino, originando mecanismo de movimiento tipo planar.**

A esta zona se le considera de peligro medio, la principal afectación es a la vía que comunica a las poblaciones antes mencionadas.

En la comunidad de Tierras Amarilla-Los Mármoles (municipio de Zimapán)-Minas Viejas (municipio de Jacala), presentan problemas por inestabilidad de ladera debido al ángulo de corte que presentan los cortes de los taludes en los caminos. La litología del lugar consiste en una secuencia de caliza-lutita y caliza-dolomía, el grado de intemperismo es alto (recristalización de la roca), resistencia suave, el tamaño de los bloques en promedio es de (1.0 X 1.0 X 1.0 m) la discontinuidad del macizo rocoso está dada por la estratificación, el espaciamiento varía de 0.6 a 1.0 m, la rugosidad es escarpada y la abertura llega a tener hasta 0.05 m. (Fotografías 7.2.1.2.64., 7.2.1.2.65; Anexo 3, Estereograma 11.3.21.)



**Fotografías 7.2.1.2.64.- En Tierras Amarilla-Los Mármoles, la inestabilidad y los planos de discontinuidad son a favor del corte del camino.**



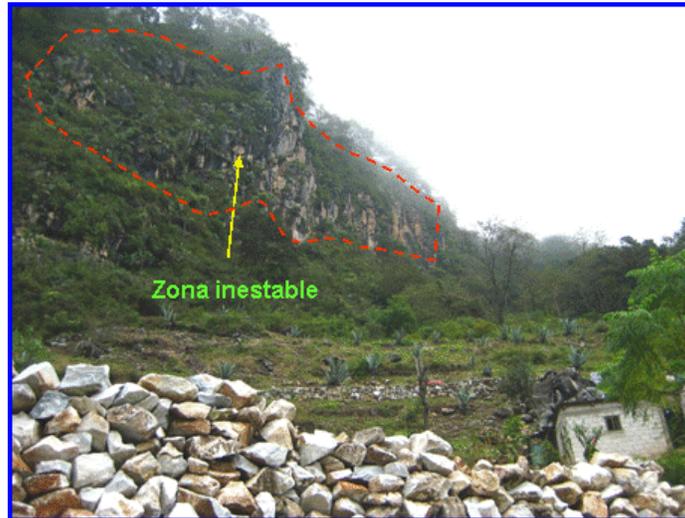
**Fotografía 7.2.1.2.65.- En Tierras Amarilla-Los Mármoles, material fuertemente fracturado provoca frecuentes caídos de bloques.**

En base a la estación estructural levantada en campo, se determinaron 3 sistemas principales de fracturamiento A  $220^{\circ} 82^{\circ}$ , B  $105^{\circ} 71^{\circ}$ , C  $19^{\circ} 71^{\circ}$  Y 3 secundarios B'  $119^{\circ} 82^{\circ}$ , C'  $61^{\circ} 69^{\circ}$  Y C''  $81^{\circ} 82^{\circ}$ , lo que nos determina que los bloques que se desprenden del talud

tienen un mecanismo de tipo cuña y en segundo por falla plana. A este lugar se le considera de peligro medio, la principal afectación es a la vía de comunicación.

Sobre la terracería que comunica a Potrerillos-Adjuntas (municipio de Pacula), los bloques que se desprenden de las laderas y en los taludes afectan únicamente a la vía de comunicación, la litología del lugar consiste en una secuencia de lutita-caliza, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques es de (1.0 X 1.0 X 0.5 m), la discontinuidad de la roca está dada por la estratificación, el espaciamiento es de 0.5 m, con rugosidad escarpada y abertura de 0.10 m, con relleno de calcita. El mecanismo de movimiento es plana y por rodamiento.

En Calera, Encarnación (municipio de Zimapán), Mesa de la Cebada (municipio de Jacala) y El Cobre (municipio de Nicolás Flores), sobre el camino se mapearon zonas de inestabilidad (Fotografías 7.2.1.2.66. y 7.2.1.2.67.), afloran calizas afectadas por un intrusivo granodiorítico con intemperismo alto (recristalización), resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques es de 1.0 X 0.8 X 0.6 m, la discontinuidad del macizo rocoso es propiciada por la estratificación (NE-SW), el espaciamiento es de 0.6 m, con rugosidad escarpada y abertura de 0.10 m, además se encuentra rellena de calcita y material arcilloso.



**Fotografías 7.2.1.2.66.- En La Calera, parte de la ladera presenta un escarpe, lo que origina bloques inestables.**

El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y rodamiento, en la comunidad de El Cobre, en el caso que se desprenda el bloque afectaría a una casa de tipo II, debido a que se encuentra ubicada en la dirección del caído.



**Fotografía 7.2.1.2.67.- En La Calera, la generación de bloques desprendidos se asocian al corte vertical y erosión diferencial.**

Sobre la carretera pavimentada a Codornices (municipio de Zimapán)-La Mohonera (municipio de Pacula), frecuentemente se tienen desprendimientos de bloques que provienen de los taludes del corte del camino. La litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita fuertemente plegada, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), con resistencia medianamente alta, el tamaño de los bloques son de 0.5 X 0.5 X 0.3 m, la discontinuidad del macizo rocoso está dada por la estratificación y el fracturamiento, el espaciamiento de estas son de 0.01 a 0.30 m, con rugosidad escarpada, abertura de 0.01 a 0.03 m. el mecanismo de movimiento de los bloques es de tipo plana y volteo, debido a que los planos de

discontinuidad están a favor del corte del camino. (Fotografía 7.2.1.2.68, Anexo 11.3 Estereograma 11.3.22.).



**Fotografía 7.2.1.2.68.- En Las Codornices-La Mohonera, sobre el camino se cartografiaron taludes inestables.**

La toma de datos estructurales nos indican que existen dos sistemas principales de fracturamiento y uno secundario, tales como: A  $323^{\circ} 84^{\circ}$ , B  $229^{\circ} 78^{\circ}$  y A'  $274^{\circ} 78^{\circ}$ , lo cual nos indica que cuando los bloques se desprenden del talud, estos tienen un mecanismo de movimiento tipo plana y cuña.

Este lugar se le considera de peligro medio-alto, debido a que la altura del talud no sobrepasa los 60 metros, la principal afectación es a la vía de comunicación.

En el trayecto que comunica a la población de Nicolás Flores (cabecera municipal)-Cerro Prieto (mismo municipio), se identificaron dos zonas que presenta inestabilidad de laderas (Fotografía 7.2.1.2.69.). La litología del lugar consiste en una secuencia de lutita-caliza, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques en promedio es de (0.8 X 0.6 X 0.5 m). La discontinuidad de la roca está dada por la estratificación y en segundo término por el fracturamiento, presenta un

espaciamiento de 0.5 m, con rugosidad escarpada y abertura de 0.01 m, con relleno arcilloso.

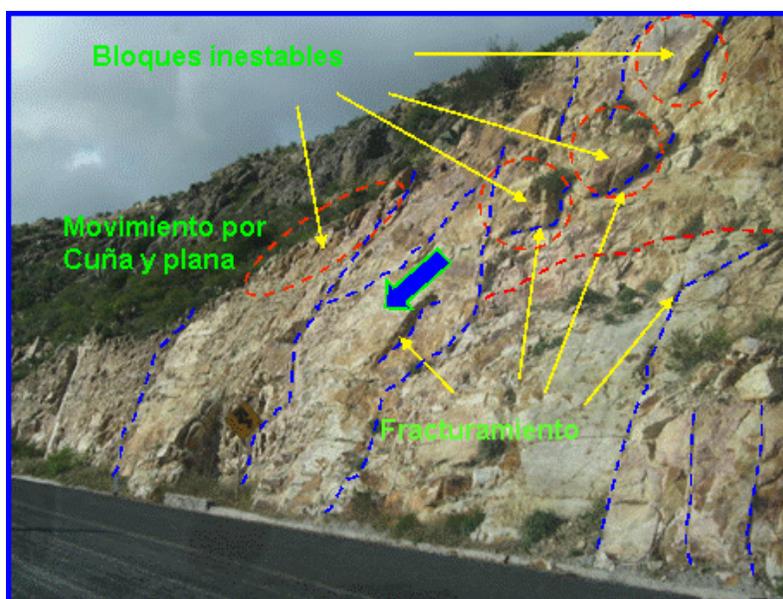


**Fotografía 7.2.1.2.69.- En Nicolás Flores-Cerro Prieto, la inclinación de la estratificación es superior a 55°, favoreciendo el deslizamiento de bloques.**

El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y falla plana, esto se debe a que la discontinuidad se encuentra a favor del corte del camino. Este lugar es considerado como peligro alto, debido a que la dirección de los caídos es hacia 3 viviendas de tipo II, otra de las afectaciones es a la vía de comunicación.

La vía que comunica a la comunidad La Loma (municipio de Zimapán) y a la cortina de la Presa de Zimapán (límite del Estado de Hidalgo y Querétaro), frecuentemente se tiene desprendimientos de fragmentos de roca que provienen de los cortes del talud del camino.

La litología del área consiste de caliza que va de estratificación gruesa a masiva, en la parte superior de esta se encuentran rocas riolíticas y conglomerado polimíctico, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia de la roca es medianamente dura, los bloques son grandes, estos llegan a tener diámetro de hasta 3 m. la discontinuidad está dada principalmente por el fracturamiento, el espaciamiento es de 1.0 m, la rugosidad es escarpada, la abertura varía de 0.005 a 0.01 m. el mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y plana (Fotografía 7.2.1.2.70, Anexo 11.3, Estereograma 11.3.23.).

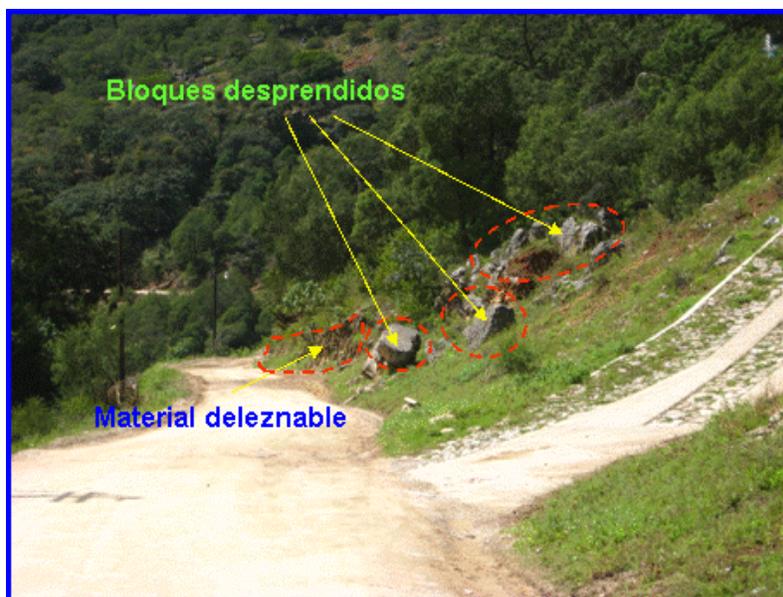


**Fotografía 7.2.1.2.70.- En La Loma, vía que comunica a la presa de Zimapán, el talud es casi vertical, originando inestabilidad de laderas.**

De acuerdo a los datos levantados en campo se determino que en este lugar se tienen cinco sistemas de fracturamiento: A  $201^{\circ} 66^{\circ}$ , A'  $229^{\circ} 66^{\circ}$ , B  $279^{\circ} 85^{\circ}$ , C  $107^{\circ} 54^{\circ}$ , C'  $164^{\circ} 76^{\circ}$ , con un talud de T  $235^{\circ} 85^{\circ}$ , lo que nos determina que la mayor parte de los bloques que están propensos a desprenderse del talud, tienen un mecanismo de movimiento por cuña y plana. A este lugar se le considera de peligro medio-alto, debido a la afluencia vehicular, la principal afectación es a la vía de comunicación.

En la comunidad de Santa María Miraflores (municipio de Capula), se observan bloques de roca que se han desprendido de la ladera (Fotografía 7.2.1.2.71.).

La litología del lugar consiste en una secuencia de caliza-lutita con estratificación media, el grado de intemperismo es medio con resistencia medianamente dura, los tamaños de los bloques llegan a ser de 1 X 0.8 x 0.6 m. La discontinuidad está dada principalmente por la estratificación (230°/55°), la rugosidad es escarpada con una abertura 0.01 a 0.02 m, a este lugar se le considera de peligro alto, debido a que en la parte baja de la ladera se tiene una escuela primaria con un alumnado de 30 niños aproximadamente, una telesecundaria con 200 alumnos y 2 viviendas de tipo III.



**Fotografía 7.2.1.2.71.- Santa Santa María Miraflores, bloques desprendidos de la ladera.**

El desprendimiento de los bloques se producen en la parte alta de la ladera y por acción de la gravedad comienzan a rodar hacia las partes bajas.

Sobre el camino de terracería que comunica a las comunidades de El Manantial-Cuesta Colorada (municipio de Ixmiquilpan) ubicadas al norponiente del poblado de El Cardonal, las laderas presentan inestabilidad de ladera (Fotografía 7.2.1.2.72.). La litología del lugar consiste en una secuencia de lutita-caliza de estratificación delgada, a esta unidad le sobreyace roca volcánica (basalto), el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es dura, el tamaño de los bloques es de 0.5 a 1 m<sup>3</sup> La discontinuidad de la roca está dada por la estratificación y el fracturamiento, el espaciamiento varía de 0.2 a 0.6 m, la

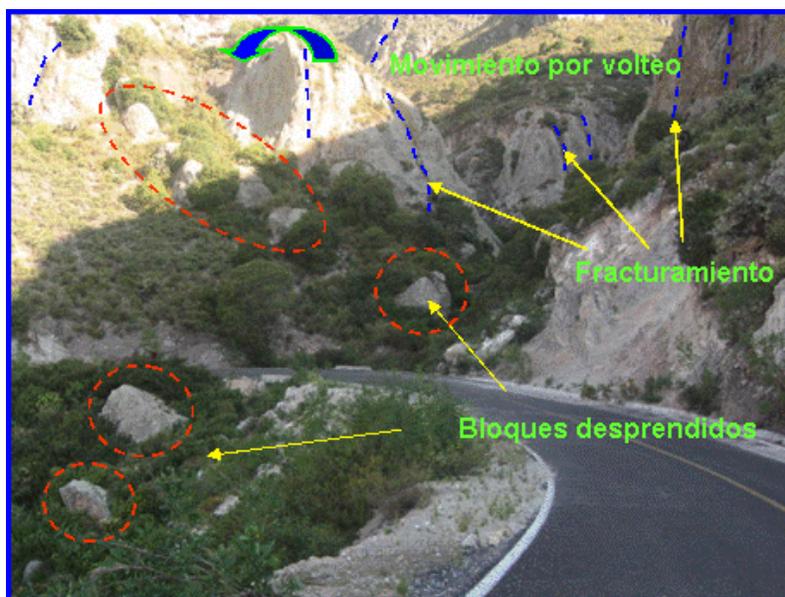
rugosidad es escarpada y de abertura menor a 0.01 m, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, este fenómeno es acelerado por la acción del agua, ya que el nivel freático se encuentra somero.



**Fotografía 7.2.1.2.72.- En El Manantial-Cuesta Colorada, el fracturamiento es perpendicular a la estratificación y a favor del corte del talud.**

A este lugar se le considera de peligro medio, la principal afectación es a la vía que comunica a las poblaciones antes mencionadas.

Sobre el camino pavimentado a las Emes-La Lagunita (municipio de Ixmiquilpan) y en las laderas que se encuentran al oriente del Cerro La Muñeca se presenta zonas de inestabilidad (Fotografía 7.2.1.2.73.). El área insegura se encuentra en un contacto litológico entre una secuencia de lutita-caliza y depósitos de toba andesítica, esta última presenta un grado de intemperismo alto, cuya resistencia es muy suave, el tamaño de los bloques varía de 3m a 5m de diámetro. La discontinuidad de la roca está dada por el sistema de fracturamiento, estas se presentan un espaciamiento de 2m a 4m, la rugosidad es escarpada con abertura en promedio a 0.10m, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y cuña.



**Fotografía 7.2.1.2.73.- En Las Emes-La Lagunita, el camino presenta inestabilidad en las laderas, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y cuña.**

A este lugar se le considera de peligro alto, ya que la principal afectación es a la vía que comunica a las comunidades antes mencionadas.

En la porción poniente el Santuario (municipio de Cardonal) y al nororiente del Cerro El Calvario las laderas presentan inestabilidad (Fotografía 7.2.1.2.74.). La litología del lugar consiste en una secuencia de lutita-caliza, a esta unidad le sobreyace un paquete de roca andesita, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques en promedio es de 5m de diámetro, la discontinuidad del macizo rocoso está dada principalmente por la estratificación y en segundo término por el sistema de fracturamiento, lo que provoca que se tenga un mecanismo de movimiento por volteo.



**Fotografía 7.2.1.2.74.- En El Santuario, el contacto litológico entre una secuencia de calizalutita y hacia la cima basalto, origina laderas escarpadas susceptibles al desprendimientos de bloques.**

A este lugar se le considera de peligro alto ya que la dirección de los caídos es con dirección a 13 viviendas construidas de block con techo de concreto.

Al poniente del poblado Maguey Blanco (municipio de Ixmiquilpan) y en la porción oriente del Cerro Venus, se cartografió inestabilidad de laderas. La litología del área consiste de material lacustre (arenas y gravas), hacia la cima se tiene un grueso paquete de basalto muy fracturado. El intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques es en promedio de 1 X 5 X 3 m, la discontinuidad de la roca es por fracturamiento, el espaciamiento es de 0.2 a 0.6 m, con rugosidad escarpada, con aberturas de 0.01 a 0.01 m y sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, cuña y rodamiento, en el extremo oriente de la ladera se encuentran asentadas 150 viviendas de tipo III, estas presentan peligro medio-alto, ya que la ubicación de las casas se encuentran cerca al talud inestable, de acuerdo a la información de los lugareños, en el año 2000 se desprendió un bloque lo cual afecto a una vivienda y provoco la muerte de una persona. Se recomienda un constante monitoreo de los posibles bloques a desprenderse.

Al poniente del poblado de Tlaxcalilla y sobre las laderas del lado sur del Cerro Colorado se localiza la comunidad de La Cruz, municipio de Huichapan. La litología del lugar consiste de roca volcánica, hacia la base se tienen potentes espesores de toba lítica, a esta le sobreyace roca basáltica vesiculares, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), de resistencia dura, la dimensión de los bloques en promedio es de 3 X 3 X 2 m.

La discontinuidad del macizo rocoso está dada principalmente por el fracturamiento intenso, el espaciamiento es de 1.2 m, con rugosidad escarpada, la abertura es de 0.15m, para las principales y de 0.02m a 0.05m para las secundarias, las aperturas se encuentran sin relleno, sin embargo es frecuente el crecimiento de raíces e incluso troncos de árboles, (Fotografía 7.2.1.2.75, Estereograma 11.3.24.).

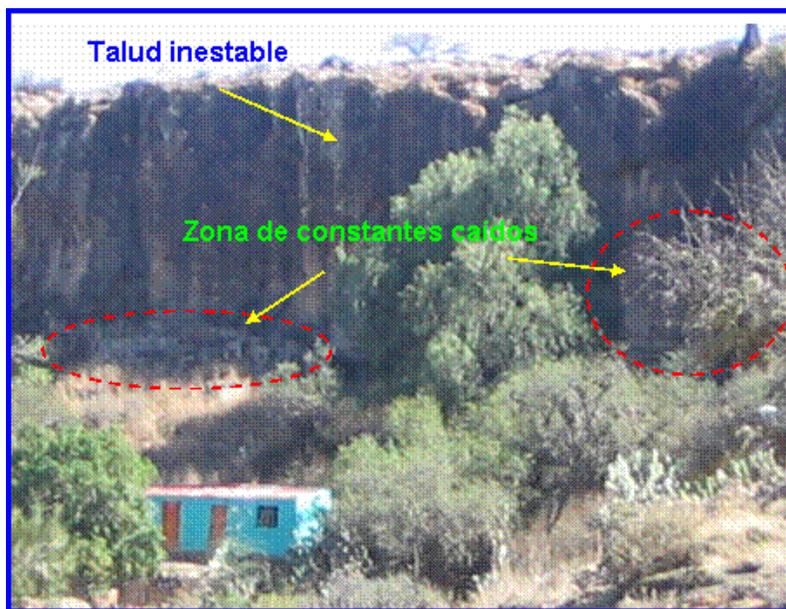


**Fotografía 7.2.1.2.75.- En La Cruz, en la zona de contacto litológico se origina un cambio de pendiente, aunado a esto se tiene un fuerte fracturamiento paralelo y perpendicular a los depósitos de la roca, por lo que se generan desprendimiento y caída de bloques.**

De acuerdo a la estación estructural levantada en campo, nos indica que se tienen 3 sistemas de fracturamientos principales y 3 secundarios, siendo A  $318^{\circ}/78^{\circ}$ , B  $106^{\circ}/78^{\circ}$ , C  $29^{\circ}/84^{\circ}$ , A'  $344^{\circ}/79^{\circ}$ , B'  $106^{\circ}/78^{\circ}$ , C'  $47^{\circ}/83^{\circ}$  lo que nos indican que los bloques que se desprenden del talud tienen un mecanismo de movimiento tipo plana y cuña.

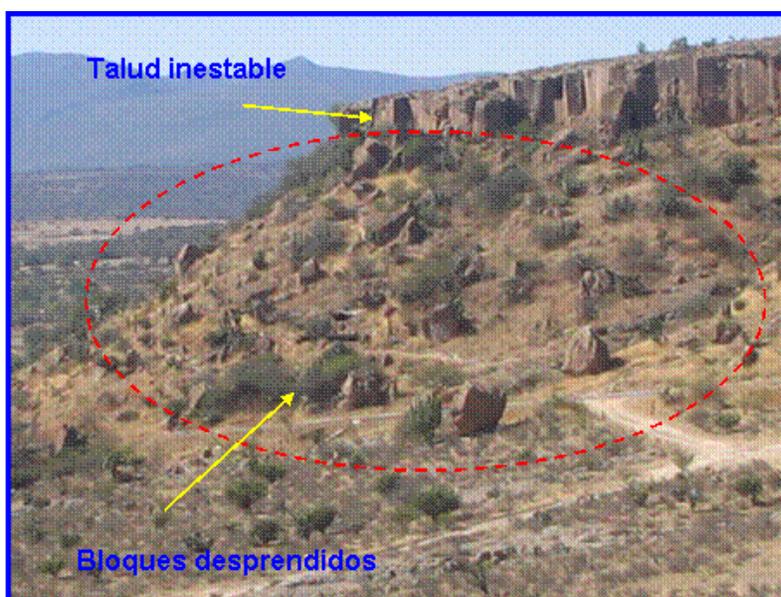
A este lugar se le considera de peligro alto, ya que la dirección de los caídos es hacia 10 viviendas de tipos II y III, estas se ubican al pie del talud, existen claras evidencias de antiguos rodados que se encuentran entre las viviendas, de acuerdo a lo analizado en campo existe un alto grado de probabilidad que continúe el fenómeno de caída de bloques.

En el poblado de Atengo y San Francisco (municipio de Tecozautla) se encuentran ubicadas al pie de las laderas, estas en la actualidad presentan inestabilidad debido a que existe un cambio litológico en el área. La litología del lugar consiste de rocas lacustres hacia la base y coronando ha estas se tienen potentes espesores de tobas líticas, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es medianamente dura para el caso de las tobas y suave para la roca sedimentaria, el tamaño de los bloques en promedio es de 3 x 3 x 2m. (Fotografías 7.2.1.2.76, 7.2.1.2.77; Anexo 3, Estereograma 11.3.25.).



**Fotografía 7.2.1.2.76.- En Atengo, en el contacto litológico se origina inestabilidad en taludes.**

La discontinuidad del macizo rocoso esta dado por el fracturamiento, este llega a tener 3 m de espaciamiento, con rugosidad escarpada, aberturas promedio de 0.05 m, sin relleno.



**Fotografía 7.2.1.2.77.- En San Francisco, las laderas presentan procesos de denudación, originando que los bloques se desplacen hacia partes bajas.**

Los datos levantados en campo nos revelan que el talud presenta 3 sistemas principales de fracturamiento A  $292^{\circ}/78^{\circ}$ , B  $216^{\circ}/83^{\circ}$ , C  $61^{\circ}/19^{\circ}$  y como secundarios se tiene A'  $271^{\circ}/85^{\circ}$ , B'  $190^{\circ}/15^{\circ}$ , con un talud de T  $208^{\circ}/82^{\circ}$ , lo que nos indica que los bloques presentan un mecanismo de movimiento tipo plana y por cuña. A estos lugares se les considera de peligro alto, debido a que en la actualidad estas laderas presentan un proceso de destrucción por el fenómeno de erosión diferencial, estos es, los depósitos sedimentarios sufren socavación por efectos del aire, agua y actividad antropogénica, lo que provoca que la roca que esta coronando tenga un mecanismo de movimiento por cuña y plana. La afectación es a 64 viviendas de tipos II y III, una bodega e Iglesia, afectando en promedio a 256 habitantes.

Al poniente del poblado de Tecozautla se encuentran las comunidades de San Antonio-La Esquina (municipio de Tecozautla), estas dos comunidades presentan características litológicas muy similares y por consiguiente inestabilidad en sus laderas (Fotografía 7.2.1.2.78.). La litología del lugar consiste de depósitos sedimentarios lacustres, conformados por arcillas, limos y arenas, coronando a estas se tienen depósitos de tobas líticas. El grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia varía de suave a medianamente dura, el tamaño de los bloques en promedio es de 4m X 3m X 0.40m.

La principal discontinuidad del macizo rocoso es el fracturamiento, el espaciado es de 1.0 a 1.5 m, con rugosidad escarpada y rellenas de arcilla de color blanco (Fotografía 7.2.1.2.79.). El mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo principalmente, esto es debido al proceso de erosión diferencial que presenta la litología del lugar.



**Fotografía 7.2.1.2.78.- En San Antonio-La Esquina, la roca es muy deleznable generando socavación originada por la acción del viento y agua.**

El grado de peligro es alto, la dirección de los caídos es a 16 viviendas de tipos II y III que se encuentran al pie de las laderas, la afectación en promedio es a 64 habitantes en el caso que se genere dicho fenómeno.



**Fotografía 7.2.1.2.79.- En La Esquina, los bloques desprendidos y asentados sobre material arenoso, apoyados por efectos de la lluvia, provocan el desequilibrio de los bloques y por consiguiente rodar hacia las partes bajas donde se tienen viviendas.**

Al poniente de Tepetitlán y en la porción norte de la ladera del Cerro Juchitan, se localiza la comunidad de La Magdalena (municipio de Chapantongo), la inestabilidad de este lugar se debe a la pendiente y tipo de litología. La litología consiste principalmente de derrames basálticos, este presenta un intemperismo bajo (descolorido), la resistencia es dura, las dimensiones de los bloques en promedio alcanzan el 1 m<sup>3</sup>. La discontinuidad de la roca está dada por el fracturamiento y diaclasamiento, el espaciamiento es de 0.60 m, con rugosidad escarpada, la abertura es de 1 a 10 mm, las aberturas se encuentran sin relleno (Fotografía 7.2.1.2.80.).

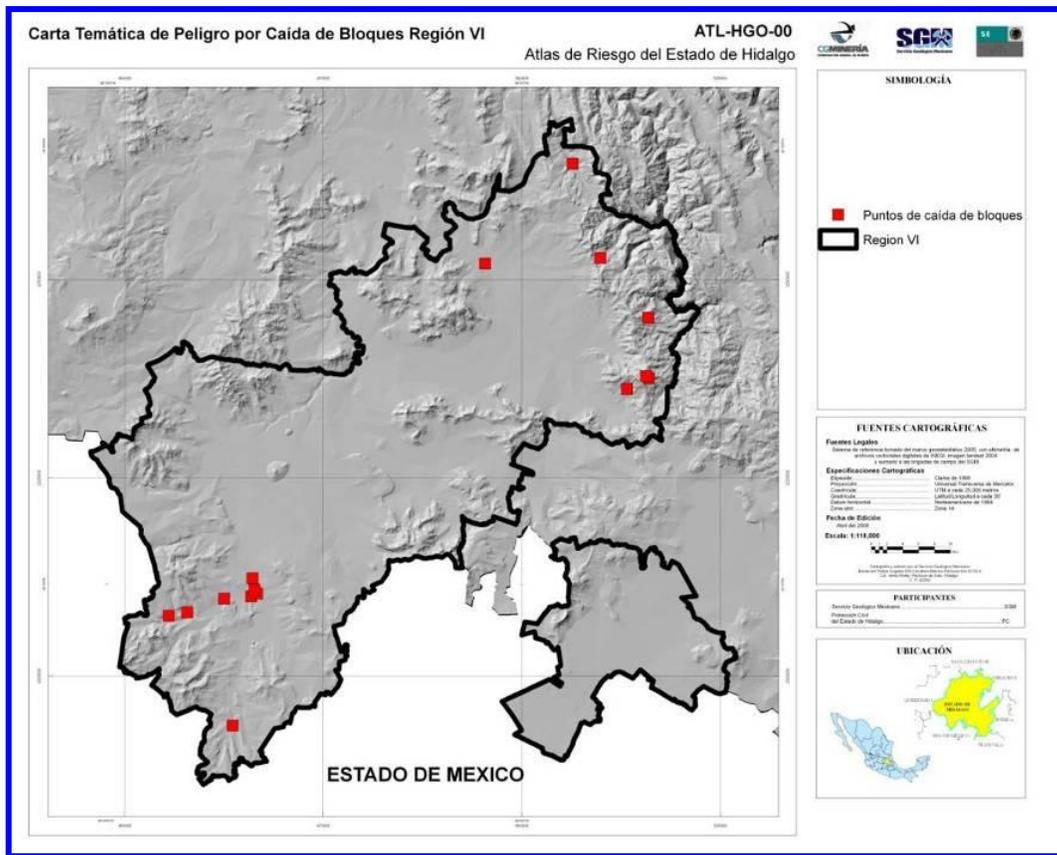


**Fotografía 7.2.1.2.80.- En La Magdalena, el basalto esta muy fracturado en taludes escarpados, originando caída de los bloques.**

A este lugar se le considera de peligro medio, ya que las laderas contienen sobre ellas vegetación tipo bosque, esto mitiga la caída de los materiales, en el caso que se generara el fenómeno de caída de bloques estos tendrían un mecanismo de movimiento por volteo y cuña, la dirección de los caídos es a 10 viviendas de tipo III, ya que estas se encuentran ubicadas al pie del talud con 70° de inclinación y 160 m de altura, la afectación se tendría a 40 habitantes.

#### **a.6).- Región VI**

En los límites de esta Región la principal afectación es a vías de comunicación y viviendas (Figura 7.2.1.2.8.).



**Figura 7.2.1.2.8.- Ubicación de inestabilidad de laderas por caída de bloques en la Región VI.**

En el camino a San José Tepenene con San Jerónimo (municipio del Arenal), se identificaron zonas donde se tiene inestabilidad por caída de bloques. La litología del área consiste de dacitas y andesitas, estas presentan bajo grado de intemperismo y resistencia medianamente dura. La forma de los bloques está determinada por el sistema de fracturamiento, así como por el grado de intemperismo (Fotografías 7.2.1.2.81 y 7.2.1.2.82.).



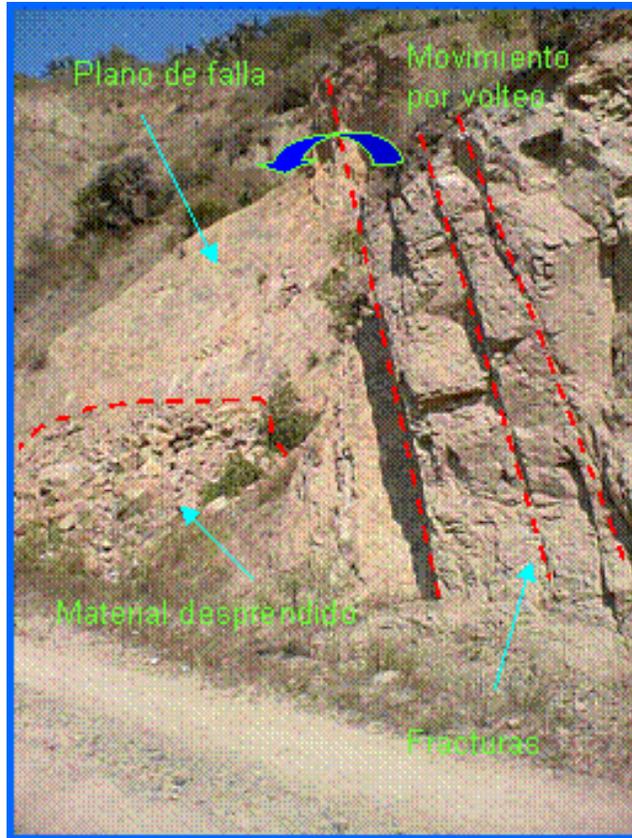
**Fotografía 7.2.1.2.81-** En San Jerónimo, caen grandes bloques desprendidos de la ladera.

Al poblado de San Jerónimo se le considera de peligro alto, debido a que se tienen bloques mayores a 5 m, de forma subredondeada, con pendientes moderadamente escarpadas, la dirección del caído es al sur y hacia ese sentido se encuentra la escuela primaria “San Jerónimo” con una afluencia de 100 alumnos aproximadamente, otra de las afectaciones es al camino.



**Fotografía 7.2.1.2.82.-** En San Jerónimo, los bloques desprendidos y a punto de caer miden 25 m<sup>3</sup>, a una distancia de 100 m se ubica una escuela primaria que puede ser dañada.

Sobre el camino de terracería que comunica a Boxaxni (municipio de Santiago de Anaya)- San Nicolás (municipio de Actopan), se presenta zonas de inestabilidad de laderas. La litología del lugar consiste de tobas andesíticas muy fracturadas, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es de roca suave, el tamaño de los bloques en promedio es de 0.8 X .05 X 0.5 m, la discontinuidad de la roca es por fracturamiento, el espaciamiento es de 0.2 a 1.0 m, la rugosidad es escarpada con aberturas de 0.001 a 0.01 m, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo y plana (Fotografía 7.2.1.2.83.).



**Fotografía 7.2.1.2.83.- Sobre el camino de Boxaxni a San Nicolás, la afectación por caída y volteo de bloques es a esta vía.**

La afectación es al camino que comunica a las comunidades antes mencionadas, sin embargo esta presenta una zona de amortiguamiento de aproximadamente 30 m, por lo que ha esta zona se le considera de peligro bajo.

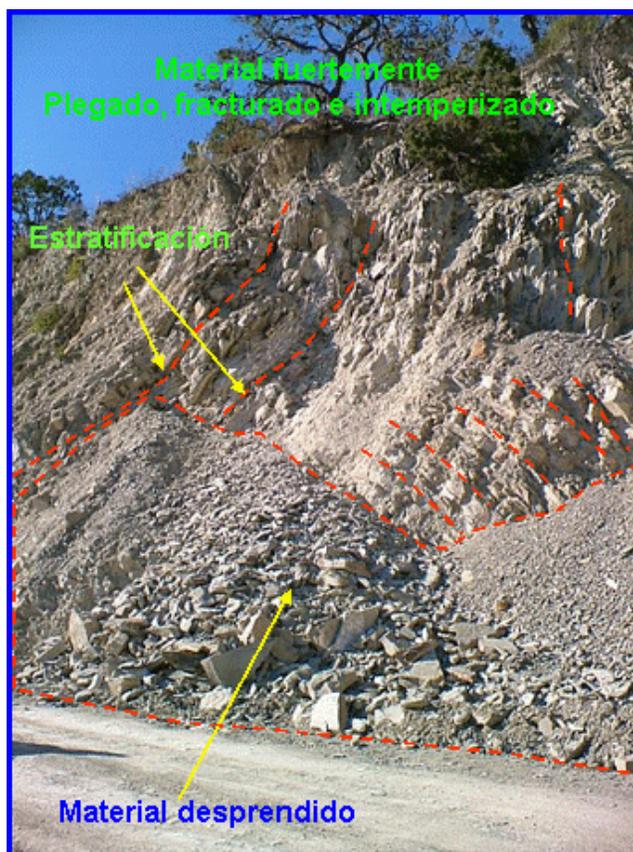
En el tramo de terracería que comunica a Santa María Magdalena-Mesa Chica (municipio de Actopan) y en la porción suroriente del Cerro El Águila, se presentan problemas de inestabilidad en zonas de cambio litológico, ya que en la parte inferior aflora un conglomerado pobremente consolidado, coronando a este se tiene un depósito de toba andesítica, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), la resistencia es medianamente dura, el tamaño de los bloques en promedio es de 0.6 X 0.6 X 0.4 m, la discontinuidad de la roca está dada por el fracturamiento, el espaciamiento es de 0.2 a 0.5 m, la rugosidad es escarpada con aberturas de 0.02 a 0.05 m, algunas rellenas con materia orgánica, el corte del talud es casi vertical lo que provoca que el mecanismo de movimiento de los bloques sea por falla plana y cuña (Estereograma 7.2.1.2.26.), a este lugar se le considera de peligro medio-bajo, debido a que se tiene una área de afectación de 30 m. sobre el camino de terracería, además esta vía presenta poca afluencia vehicular.

De acuerdo a los datos estructurales levantados en campo y con el apoyo del Estereograma se determina que los sistemas de fracturamiento son paralelos, perpendiculares y oblicuos con respecto al talud, por lo que se llega a tener un mecanismo de movimiento principalmente por cuña y por falla plana.

Al nororiente de Tula y sobre las laderas del Cerro Peña Colorada se localiza la comunidad de Xiteje de la Reforma (municipio de Tula), lugar muy escarpado donde se encuentran asentamientos humanos. La litología del sitio consiste de basalto muy fracturado, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), con una resistencia dura, el tamaño de los bloques en promedio es de 1.0 m<sup>3</sup>, la discontinuidad esta dado por el fracturamiento y diaclasamiento, el espaciamiento en promedio es de 0.70 m, con una rugosidad escarpada, las aberturas varían de 1 a 10 mm, las aberturas no presentan relleno.

A este sitio se le considera de peligro medio-alto, debido a que la dirección de los caídos es a 4 viviendas de tipo III, con una afectación de 20 habitantes, esta es una zona de laderas y taludes con pendientes fuertes, sin embargo la vegetación que predomina en el lugar ayuda a mitigar la caída de bloques.

Sobre el camino de terracería de El Conejo a Lomas de Guillen (municipio de Santiago Anaya), a la altura de la Barranca Jonhe, se presentan laderas con problemas de inestabilidad (Fotografía 7.2.1.2.84.). La litología del lugar consiste en una secuencia de arenisca-lutita, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), de resistencia baja, el tamaños de los bloques en promedio son de 0.5 X 0.8 X 0.2 m, la discontinuidad del macizo rocoso esta dado principalmente por la estratificación, el espaciamiento es de 0.01 a 0.12 m, con rugosidad medianamente escarpada y abertura de 0.01 a 0.04 m, con relleno de arcilla, la estratificación y fuerte plegamiento originan que el mecanismo de movimiento de los bloques sea por volteo y cuña.



**Fotografía 7.2.1.2.84.- Sobre el camino de El Conejo a Lomas de Guillen, el talud se compone de una secuencia de arenisca-lutita de estratificación delgada con fuerte plegamiento, el material es deleznable generando fragmentos de diversos tamaños que caen hacia el camino.**

A este lugar se le considera de peligro medio-alto, debido a que la principal afectación es a la vía que comunica a las comunidades antes mencionadas.

Sobre la carretera federal No 85 y al poniente de La Blanca (municipio de Santiago de Anaya) se tiene una zona de inestabilidad de laderas. La litología del lugar consiste de roca caliza con estratificación de 0.8 a 1.0 m, el grado de intemperismo es bajo, con resistencia dura, el tamaño de los bloques en promedio es de 1 X 1 X 0.6 m, la discontinuidad de la roca está dada por la estratificación y en segundo término por el fracturamiento, el espaciamiento es de 1 m, con rugosidad escarpada y con abertura de 0.01, sin relleno, el mecanismo de movimiento de los bloques es por volteo, el grado de peligro es medio-bajo, la afectación es a la vía que comunica a la ciudad de Pachuca-Querétaro.

Al sur de la población de Tula de Allende (cabecera municipal), se localiza el poblado de San Miguel Vindho, hacia las partes donde las laderas comienzan a presentarse moderadamente escarpadas, con pendientes de 35° a 50°, se incrementa el peligro por el fenómeno de caída de bloques, la afectación es principalmente a viviendas que se encuentran ubicadas en dirección de los caídos. La litología de la zona está representada por sedimentos lacustres que se encuentran ampliamente distribuidas en las partes bajas, sobre estos depósitos se encuentra roca volcánica, principalmente basalto vesicular (Fotografía 7.2.1.2.85, 7.2.1.2.86 y 7.2.1.2.87.).



**Fotografía 7.2.1.2.85.- En San Miguel Vindho, los desprendimientos de bloques en las laderas inestables pueden causar daños a viviendas asentadas pendiente debajo de la ladera.**

La roca esta levemente intemperizada (decoloración), su resistencia se considera como medianamente dura, la forma y dimensión de los bloques está dada por el grado de fracturamiento, en promedio varían de 3 x 3 x 0.6 m y 0.8 x 0.6 x 0.6 m,



**Fotografía 7.2.1.2.86.- En San Miguel Vindho, los desprendimientos de bloques en las laderas inestables causan daños a los caminos de acceso.**

La discontinuidad del macizo rocoso esta dado por el fracturamiento, este presenta espaciamientos de 0.20 a 0.60 m, la rugosidad es escarpada, las aberturas son de 0.1 a 0.15 m, y generalmente sin relleno (Anexo 3, Estereograma 11.3.27.).



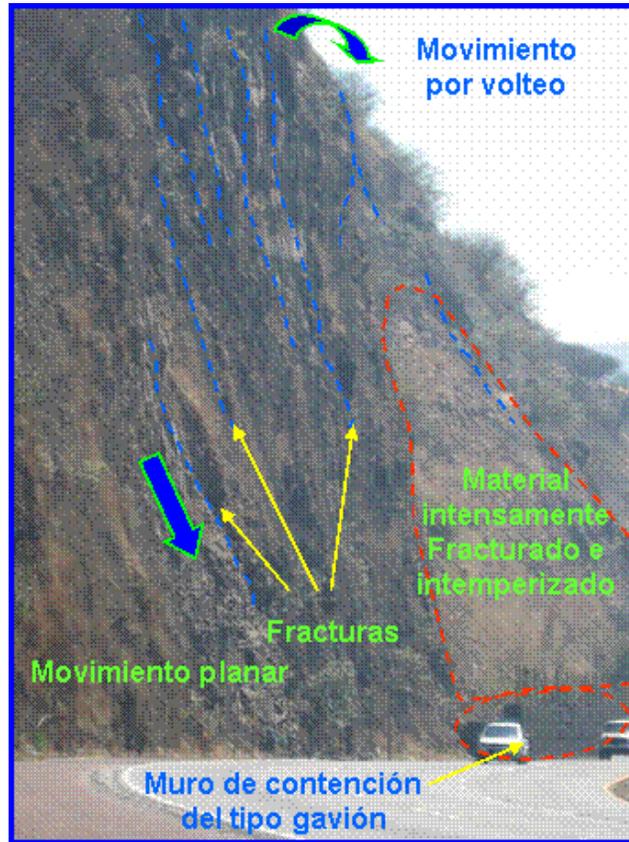
**Fotografía 7.2.1.2.87.- En San Miguel Vindho, el fuerte fracturamiento y erosión diferencial generada en la roca, provoca inestabilidad de laderas por caída de bloques que puede dañar las viviendas ubicadas pendiente abajo.**

A este lugar se le considera de peligro alto, debido a que en conjunto se tienen 171 viviendas que se encuentran ubicadas en una zona de alto riesgo, las características de construcción de las viviendas son en su mayoría son de tipo III.

Los datos estructurales tomados en campo, nos refleja que los sistemas de fracturamiento que afectan al macizo rocoso, originan que el movimiento de los bloques es principalmente por cuña y en segundo término por falla plana, sin embargo hay fracturamiento subhorizontal que rompe con la continuidad vertical de la roca, por lo que se puede generar el movimiento por volteo.

En los alrededores de las poblaciones de Miraflores y Cañada de Madero (pertenecientes al municipio de Tepeji del Río) y sobre la carretera federal No 57 (Tepeji del Río-San Juan del Río), los taludes y laderas presentan inestabilidad.

Para el caso de la localidad Cañada de Madero, la litología consiste hacia su base de sedimentos lacustres y hacia la cima depósitos de basalto, en la localidad de Miraflores afloran basalto, riolita, dacita. (Fotografía 7.2.1.2.87, 7.2.1.2.88.).



**Fotografía 7.2.1.2.87 A.- Sobre la carretera Tepeji del Río-San Juan del Río, el talud escarpado y roca intensamente fracturada provocan caída de bloques y rocas, existen muros de contención para mitigar la afectación a esta vía.**

En general estas rocas se encuentran levemente intemperizadas (decoloración), de resistencia medianamente dura, el tamaño de los bloques varía de 1 a 5 m, de diámetro.



**Fotografía 7.2.1.2.88.- En Cañada de Madero, el asentamiento de viviendas en las proximidades de las laderas inestables hacen que la zona se ubique en riesgo alto por caída de bloques.**

La discontinuidad del macizo rocoso esta dado por el fracturamiento, el espaciamento varía de 0.20 a 0.60 m, rugosidad escarpada, con aberturas de 0.01 a 0.02 m, generalmente se encuentran sin relleno. El mecanismo de movimiento que presentan estos bloques es por volteo y planar. Por las características litológicas, estructurales y topográficas del lugar, esta zona es considera de peligro alto, debido a que la principal afectación es a 30 viviendas con un promedio de 120 habitantes así como a la carretera federal con un kilómetro de afectación, que comunica a las poblaciones antes citadas.

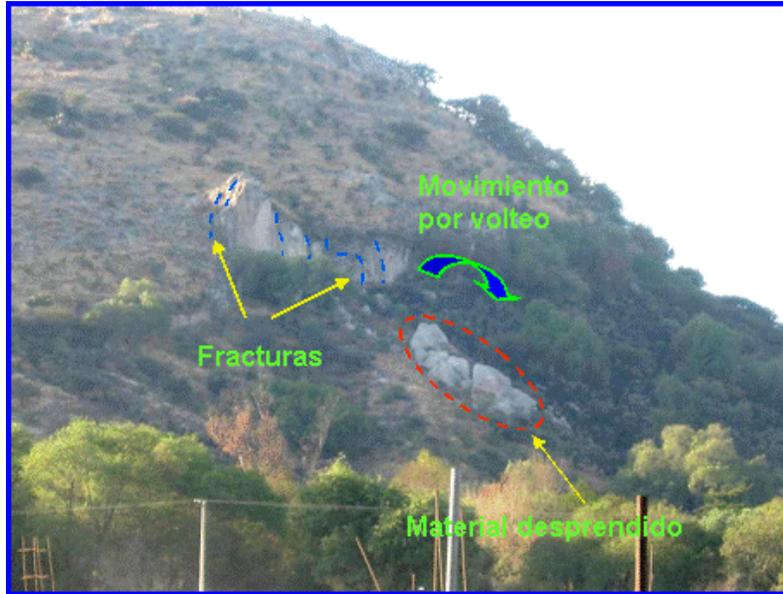
En las inmediaciones del poblado de San Juan Teacalco (municipio de Tula de Allende), se tienen una serie de cerros de mediana elevación, en donde los taludes presentan inestabilidad de laderas por caída de bloques. La litología del lugar consiste de una secuencia de lutita-caliza de estratificación que va de delgada a media, se presenta levemente intemperizada (decoloración), roca suave, el tamaño de los bloques varía de 0.50 a 1.0 m (Fotografía 7.2.1.2.89.).



**Fotografía 7.2.1.2.89.- En San Juan Teacalco, los planos de debilidad se presentan a favor del camino, provocando movimientos por falla planar y flujos de detritos.**

La discontinuidad del macizo rocoso está dada por la estratificación y el fracturamiento, el espaciado es de 0.10 m, con rugosidad escarpada, abertura de 0.01 a 0.1 m, sin relleno. Los planos de debilidad se encuentran a favor del corte del talud del camino, por lo que se llega a originar el movimiento de bloques por falla plana. A este lugar se le considera de peligro medio, ya que la principal afectación es a la vía de comunicación con una longitud de 50 m, aproximadamente.

En las inmediaciones de San Ignacio Nopala (municipio de Tepeji del Río) la morfología consiste de cerros y mesetas de mediana elevación, hacia las partes donde las laderas se vuelven escarpadas, se presenta inestabilidad por caída y rodamiento de bloques. La litología del lugar consiste hacia las partes bajas de depósitos lacustres y hacia la cima roca tobácea, el grado de intemperismo es descolorido, la resistencia de la roca es suave, las dimensiones de los bloques varían de 1 a 5 m de diámetro (Fotografía 7.2.1.2.90.).



**Fotografía 7.2.1.2.90.- En San Ignacio Nopala, los bloques desprendidos de la ladera, afectan a viviendas y al camino.**

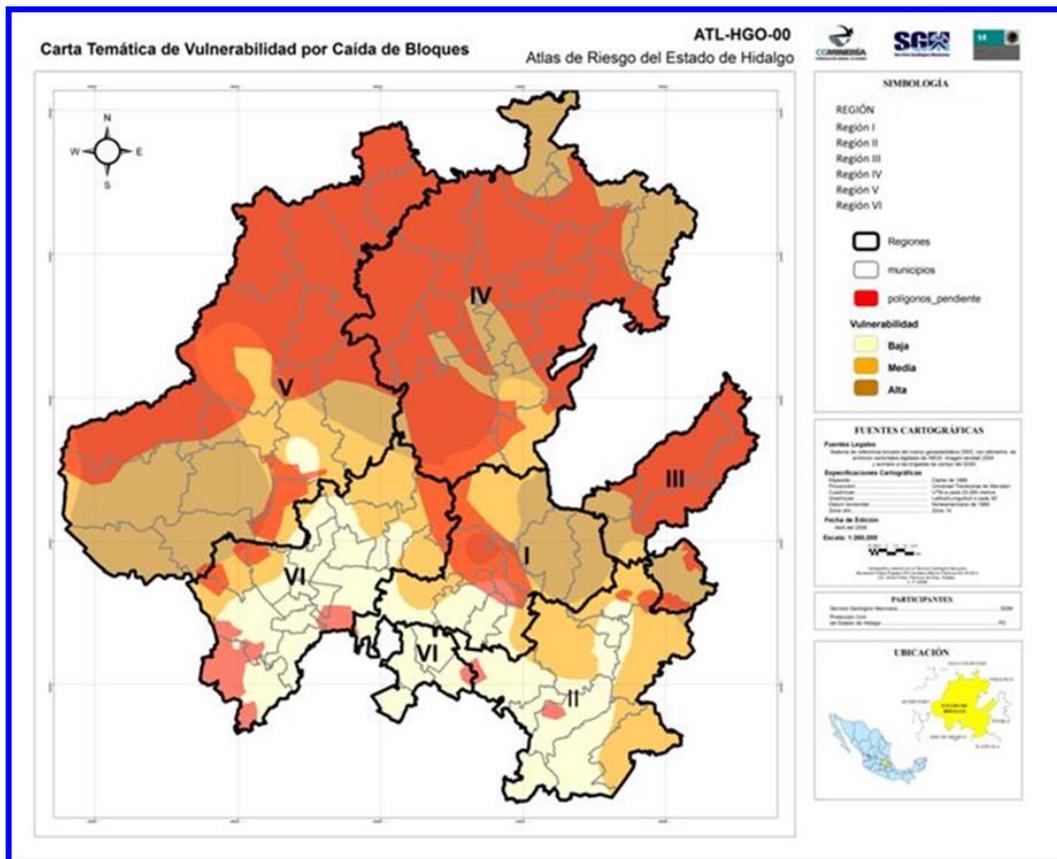
La discontinuidad del macizo rocoso esta dado por el fracturamiento, el espaciamiento va de los 0.60 a 2.0 m, la rugosidad es ondulada con aberturas de 0.01 a 0.1 m, generalmente sin relleno. El mecanismo de movimiento que presenta los bloques es por volteo y rodamiento, la principal afectación es a los caminos de terracería, que en promedio es de 1 km.

La comunidad La Joya (municipio de Tepetitlán), se encuentra asentada en la parte baja de una estructura circular, rodeada de cerros prominentes y escarpado, las laderas que comprenden esta estructura presenta inestabilidad de laderas por caída de bloques. La litología del área consiste de rocas volcánicas, aflora el basalto y andesita, el grado de intemperismo es bajo (decoloración), la resistencia es medianamente dura, el tamaño y dimensión es variable, sin embargo se llegan a tener bloques de 0.7 x 0.3 x 0.5 m, la discontinuidad del macizo rocoso esta dado por el fracturamiento, el espaciamiento de estas en promedio es de 0.2 m, con rugosidad escarpada y aberturas de escasos milímetros y sin relleno. El mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y volteo. En este lugar se encuentran asentadas 2 viviendas de tipo II, el peligro es alto, sin embargo el riesgo de que sufran algún daño es medio, ya que se tiene una zona de amortiguamiento de

aproximadamente 50 m, por lo cual es recomendable evitar que se tengan asentamientos próximos a las zonas escarpadas.

**b) Vulnerabilidad.**

Para poder llegar a establecer el grado de vulnerabilidad existente en el Estado con respecto a la presencia de caída de bloques, se tomo en cuenta la clasificación establecida por CONAPO (2005) respecto al grado de marginación y la dispersión del fenómeno en cada una de las regiones del Estado, dando como resultado que la marginación elevada se distribuye en la zona serrana, disminuyendo hacia el centro del mismo, siendo ésta la más susceptible a ser afectada por procesos naturales (Figura 7.2.1.2.9.)



**Figura 7.2.1.2.9.- Zonificación estatal de vulnerabilidad y áreas susceptibles a la inestabilidad de laderas por caída de bloques.**

Las regiones III, IV y gran parte de la V presentan un grado de marginación y vulnerabilidad alta, debido principalmente a que se tiene una topografía abrupta, rocas intensamente fracturadas y una precipitación pluvial importante. En el resto de las regiones se observan polígonos aislados con un alto riesgo asociado a caída de bloques sin embargo, se localizan en zonas donde la marginación es de media a baja.

En el Estado, la de caída de bloques se debe a los siguientes factores: litología, distribución y cantidad de discontinuidades, taludes verticales, falta de vegetación, clima y en algunos casos un nivel freático somero, para llegar al análisis de vulnerabilidad se consideró el análisis establecido por CENAPRED (2007) para pérdidas materiales, donde considera el menaje existente en las viviendas de acuerdo al nivel adquisitivo de sus ocupantes.

En las siguientes tablas se muestran las localidades con mayor vulnerabilidad, el análisis se determinó de acuerdo a la clasificación de CENAPRED y el grado de marginación de la CONAPO.

**Tabla 7.2.1.2.2.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región I.**

Municipio	Localidad	Casas afectadas	Tipo	Habitantes afectados
Atotonilco El Grande	Cerro Colorado	4 casas de tipo II	2	16
Omitlán de Juárez	Omitlán de Juárez	5 casas de tipo III	2	20
Mineral del Monte	Pueblo Nuevo	10 casas de tipo II	2	40
Pachuca de Soto	Porvenir y Nueva Estrella 1a y 4a sección (Cerro Maravillas)	21 casas de tipo II	2	84
	Barrio San Nicolas y La Alcantarilla	10 casas de tipo II	2	40
	El Tezontle	3 casas de tipo II	2	12
Total		53 casas		212

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

**Tabla 7.2.1.2.3.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región II.**

Municipio	Localidad	Casas afectadas	Tipo	Habitantes afectados
Tulancingo de Bravo	Huapalcalco, Col. La Cañada.	100 casas de tipos II y III	2	400
Tepeapulco-Cuautepec	Los Cides	3 casas tipos II y III	2	12
Apan	Apan	15 casas de tipos II y III	2	60
Zapata	Santa Clara, San José Morelos	10 casas de tipos II y III	2	40
Total		78		512

**Tabla 7.2.1.2.4.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región III.**

Municipio	Localidad	Casas afectadas	Tipo	Habitantes afectados
Huehuetla	Plan del Recreo	6 casas de tipos II y III	2	24

**Tabla 7.2.1.2.5.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región IV.**

Municipio	Localidad	Casas afectadas	Tipo	Habitantes afectados
Tepehuacan de Guerrero	Cuatolol	20 casas de tipos II y III	2	80
Metztitlán	San Cristobal, Amajatlán, Tlatepexe	24 casas de tipos II y III	2	96
Molango	Pemuxtla, Atezca	30 casas de tipos II y III	2	120
San Agustín Metzquititlán	Xoxoteco, Cuahutengo	7 casas de tipos II y III	2	28
Zacualtipan	Olonteco	7 casas de tipos II y III	2	28
Xochicoatlán	Chinameca	2 casas de tipos II y III	2	8
Total		90 casas de tipos II y III		360

**Tabla 7.2.1.2.6.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región V.**

Municipio	Localidad	Casas afectadas	Tipo	Habitantes afectados
Huichapan	La Cruz	10 casas de tipo II	2	40
Tecoautla	San Francisco	60 casas de tipos II y III	2	240
	Atengo	4 casas de tipos II y III	2	16
	San Antonio	4 casas de tipos II y III	2	16
	La Esquina	12 casas de tipos II y III	2	48
Ixmiquilpan	Maguey Blanco	150 casas de tipos II y III	2	600
Cardonal	El Santuario	13 casas de tipos II y III	2	52
Zimapán	El Cobre	1 casa de tipos II y III	2	4
	La Encarnación	5 casas de tipos II y III	2	20
Nicolás Flores	El Paso	2 casas de tipos II y III	2	8
Pacula	Santa María Mira Flores	2 casas de tipos II y III	2	8
	Jiliapan	30 casas de tipos II y III	2	120
Chapulhuacán	Santa Ana de Allende	5 casas de tipos II y III	2	20
	Chapulhuacán	80 casas de tipos II y III	2	320
Total		378		1512

**Tabla 7.2.1.2.7.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en viviendas de la Región VI.**

Municipio	Localidad	Casas afectadas	Tipo	Habitantes afectados
Tula de Allende	San Miguel Vindho	171 casas de tipos II y III	2	684
Tepeji del Río	Cañada de Madero	30 casas de tipos II y III	2	120
El Arenal	Los Frailes	3 casas de tipos II y III	2	12
Total		204 Casas de tipos II y III		816

**Tabla 7.2.1.2.8.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región I.**

Municipio	Localidad	Material del camino	Tipo de camino
Atotonilco El Grande	Paso de León	Pavimento	Carretera Estatal
	San Bartolome	Terracería	Rural
Omitlán de Juárez	Vicente Guerrero	Pavimento	Carretera Estatal
Huasca de Ocampo	San Sebastian	Terracería	Rural
	Huasca de Ocampo	Pavimento	Carretera Estatal
Mineral del Chico	Puerto Tres Cruces	Terracería	Rural
	Mineral del Chico	Pavimento	Carretera Estatal
Pachuca de Soto	El Lobo	Pavimento	Camino de acceso a Pachuca
	Minerva	Pavimento	Camino de acceso a Pachuca
	Militar	Pavimento	Camino de acceso a Pachuca
	Cerro del Barrio	Pavimento	Camino de acceso a Pachuca

**Tabla 7.2.1.2.9.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región II.**

Municipio	Localidad	Material del camino	Tipo de camino
Singuilucan	Matias Romero, Suchipango	Camino pavimentado	Camino estatal
Tepeapulco Cuauhtepic	San Miguel Allende, Palo Hueco, Maravillas y Rinconada	Camino pavimentado	Camino estatal
Almoloya	Laguna del Puerco-La Laguna	Camino de terracería	Rural
Zempoala	Acelotla de Ocampo, Las Palomas	2 Caminos de pavimento	Camino federal

**Tabla 7.2.1.2.10.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región III.**

Municipio	Localidad	Material del camino	Tipo de camino
Huehuetla	San Ambrosio	Terracería	Rural
San Bartolo Tutotepec	El Fresno	Pavimento	Carretera Estatal
	Huasquilla	Pavimento	Carretera Estatal

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Tenango de Doria	Camino a Cerro Chiquito-San Fco. La Laguna, San José del Valle	Terracería	Rural
	Carretera Metepec-Tenango de Doria	Pavimento	Carretera Estatal

**Tabla 7.2.1.2.11.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región IV.**

Municipio	Localidad	Material del camino	Tipo de camino
Orizatlán	Piedra Hincada, Santo Domingo	Pavimento	Carretera Estatal
Tlanchinol	Temango, Jalpa	Terracería	Rural
	Quimixtla, Hueyapa, San Miguel	Terracería	Rural
	Garrapata, Xitlama	Terracería	Rural
	La Montaña, La Quebradora	Pavimento	Carretera Estatal
	Cuatlimax	Terracería	Rural
	Tlanchinol, Quetzaltongo	Pavimento	Carretera Estatal
Tlanchinol, Huazalingo	Tlamamala, Olotla	Terracería	Rural
Tlanchinol, Huejutla de Reyes	San José, Coacuilco	Pavimento	Carretera Estatal
Tepehuacan de Guerrero	Acoyotla, Xiliapa	Terracería	Rural
	Tepehuacan, Cuazahuatl	Pavimento	Carretera Estatal
Lolotla	Ixtlapala, Tetlapaya	Terracería	Rural
	Huiznopala, Acatepec	Terracería	Rural
Tlahuiltepa	San Francisco, Xilocuatitla	Terracería	Rural
	Zaragoza	Terracería	Rural
Juárez	Juárez, Itztacuatla	Terracería	Rural
Eloxochitlán	Agua del Capulín	Terracería	Rural
	Gilo	Terracería	Rural
	Almolón	Terracería	Rural
	Eloxochitlán, Ixmolinla, Acuatitlán, Malila	Terracería	Rural

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Huejutla de Reyes	Tehuacán, Tlalnepanco	Pavimento	Carretera Estatal
Huazalingo	Coahuazas	Pavimento	Carretera Estatal
	Huilotitla Dos, Pilchiatipa	Terracería	Rural
Calnali	Atempa, Papatlatla	Pavimento	Carretera Estatal
	Calnali, San Andrés	Pavimento	Carretera Estatal
Yahualica, Atlapexco	Yahualica, Xancaltitla	Terracería	Rural
Huautla	Acatepec	Terracería	Rural
	El Barbecho	Pavimento	Carretera Estatal
Molango	Molango	Pavimento	Carretera Estatal
	Naopa, Ocotlán	Terracería	Rural
	Ixcatlán, Tlazintla	Pavimento	Carretera Estatal
	Molango	Pavimento	Carretera Estatal
San Agustín Metzquitlán	Xoxoteco, Cuahutengo	Terracería	Rural
	San Agustín, El Enzuelado	Pavimento	Carretera Estatal
Zacualtipan	Zacualtipan, Coatlila	Terracería	Rural
	Ohuesco, Jalapa	Terracería	Rural
Metztitlán	El Encino, Pontadho	Terracería	Rural
Metztitlán	San Cristobal, Amajatlán, Tlatepexe	Pavimento	Carretera Estatal
	Venados, Acalome, Buena Vista, El Carrizal, San Pedro Tlatemaco	Pavimento	Carretera Estatal-Federal
Tlanguistengo	Otlamalacatla, Piedra Ancha	Terracería	Rural
	Zacatipan	Terracería	Rural
	La Esperanza	Pavimento	Carretera Estatal
Xochicoatlán	Mecalapa	Terracería	Rural
	Chinameca	Terracería	Rural
	Temango	Terracería	Rural
Atlapexco	Ixtacuátitla, Atotomoc, Oxpantla	Pavimento	Carretera Estatal

**Tabla 7.2.1.2.12.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región V.**

Municipio	Localidad	Material del camino	Tipo de camino
Ixmiquilpan	Cuesta Colorada	Terracería	Camino Rural
	El Meje	Pavimento	Carretera Estatal
Zimapán	Las Piletas	Pavimento	Carretera Estatal
	Pueblo Nuevo	Pavimento	Carretera Estatal
	Los Mármoles	Pavimento	Carretera Estatal
	Los Duraznos	Pavimento	Carretera Estatal
	Presa Zimapán	Pavimento	Carretera Estatal
	Codornices-Rojo Gómez	Pavimento	Carretera Estatal
	Encarnación-La Manzana	Terracería	Camino Rural
Nicolás Flores	Tedra	Terracería	Camino Rural
	San Nicolás-Las Trancas	Terracería	Camino Rural
Pacula	Santa María Mira Flores	Terracería	Camino Rural
	Fraile	Pavimento	Carretera Estatal
	Santa María-Milpas Viejas	Pavimento	Carretera Estatal
	Las Adjuntas	Terracería	Camino Rural
	Jacala-Pacula	Pavimento	Carretera Estatal
Chapulhuacán	Puerto de Piedra-Zacate Grande	Pavimento	Carretera Estatal
	Camino Neblinas	Pavimento	Carretera Estatal
	Cantil Espejo	Pavimento	Carretera Estatal
	Camino a Pisaflores	Pavimento	Carretera Estatal
	La Lomita	Pavimento	Carretera Estatal
Jacala	Camino a Santo Domingo	Pavimento	Carretera Estatal
	Carretera Federal No 85	Pavimento	Carretera Estatal
Pisa Flores	Camino Bonigú	Pavimento	Carretera Estatal
	El Rayo	Pavimento	Carretera Estatal
	Tripunte	Pavimento	Carretera Estatal

**Tabla 7.2.1.2.13.- Localidades con vulnerabilidad alta por caída de bloques en vías de comunicación de la Región VI.**

Municipio	Localidad	Material del camino	Tipo de camino
Tula de Allende	San Lucas Teocalco	Pavimento	Carretera Estatal
Tepeji del Río	Francisco I. Madero	Pavimento	Carretera Federal
	Miraflores	Pavimento	Carretera Federal
	San Ignacio Nopala	Pavimento	Carretera Estatal
Santiago de Anaya	Lomas de Guillen	Pavimento	Carretera Estatal
	Patria Nueva	Pavimento	Carretera Estatal
El Arenal	San José Tepenene	Terracería	Rural
Actopan	Las Mecas	Terracería	Rural
	Santa María Magdalena	Terracería	Rural

**B.1).- REGIÓN I**

Existen 10 km de caminos entre caminos pavimentados y de terracería, vulnerables a la caída de bloques, el municipio con más fragilidad es Pachuca de Soto, ya que se afectan a 34 casas y 136 habitantes, (Tabla 7.2.1.2.14).

**Tabla 7.2.1.2.14.- Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región I.**

Municipio	Afectación
Pachuca de Soto	34 casas de tipos II y III, 136 habitantes, 4 caminos pavimentados
Mineral del Monte	10 casas de tipos II y III, 40 habitantes
Omitlán de Juárez	5 casas de tipos II y III, 20 habitantes, 1 camino pavimentado
Atotonilco El Grande	4 casas, 16 habitantes, 1 camino pavimentado, 1 camino de terracería
Huasca de Ocampo	1 camino pavimentado, 1 camino de terracería
Mineral del Chico	1 camino pavimentado, 1 camino de terracería
Total	53 casas de tipos II y III, 212 habitantes, 8 caminos pavimentados, 3 caminos de terracería

**B.2).- REGIÓN II**

En esta Región existen 2.5 km de caminos pavimentados y de terracería, vulnerables al fenómeno de caída de bloques. Los municipios que presentan mayor fragilidad son Tulancingo de Bravo y Apan, afecta a 115 viviendas y a 460 habitantes (Tabla 7.2.1.2.15.).

**Tabla 7.2.1.2.15.- Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región II.**

Municipio	Afectación
Tulancingo	100 casas de tipos II y III, 400 habitantes
Tepeapulco Cuatepec	3 casas de tipos II y III, 12 habitantes, 1 vía pavimentada
Apan	15 casas de tipos II y III, 60 habitantes
Zapata	10 casas de tipos II y III, 40 habitantes
Singuilucan	1 vía pavimentada
Almoloya	1 vía de terracería
Zempoala	2 vías pavimentadas
Total	78 casas de tipos II y III, 312 habitantes, 4 vías pavimentadas y 1 vía de terracería.

### B.3).- REGIÓN III

Existe 91.5 km caminos pavimentados y de terracería, vulnerables al fenómeno de caída de bloques. El municipio con mayor fragilidad es Huehuetla, afecta a 6 casas con 24 habitantes, 1 escuela primaria y camino de terracería (Tabla 7.2.1.2.16.).

**Tabla 7.2.1.2.16.- Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región III.**

Municipio	Afectación
Huehuetla	6 casas de tipos II y III, 24 habitantes, 1 Escuela primaria, 1 camino de terracería.
San Bartolo Tutotepec	2 caminos pavimentados.
Tenango de Doria	1 camino pavimentado, 1 camino de terracería.
Total	6 casas de tipos II y III, 24 habitantes, 1 Escuela primaria, 3 caminos pavimentados, 2 caminos de terracería.

### B.4).- REGIÓN IV

Existen aproximadamente 340.2 km de caminos pavimentados y de terracería, vulnerables al fenómeno de la caída de bloques. Los municipios con mayor inseguridad son Tepehuacán, Molango y Metztlán, debido a que la caída de bloques afecta a 74 viviendas y con 296 habitantes, (Tabla 7.2.1.2.17.).

**Tabla 7.2.1.2.17. Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región IV.**

Municipio	Afectación
Orizatlán	1 camino pavimentado
Tlanchinol	4 caminos de terracería, 2 caminos pavimentados
Tlanchinol, Huazalingo	1 camino de terracería
Tlanchinol, Huejutla de Reyes	1 camino pavimentado
Tepehuacan de Guerrero	20 casas de tipos II y III, 80 habitantes, 1 escuela primaria y 1 telesecundaria, 1 camino de terracería, 1 camino pavimentado
Lolotla	2 caminos de terracería
Tlahuiltepa	2 caminos de terracería
Júarez	1 camino de terracería
Eloxochitlán	4 caminos de terracería
Huejutla de Reyes	1 camino pavimentado
Huazalingo	1 camino de terracería, 1 camino pavimentado
Calnali	2 caminos pavimentados
Yahualica, Atlapexco	1 caminos de terracería
Huautla	1 camino de terracería, 1 camino pavimentado
Molango	30 casas de tipos II y III, 120 habitantes, 1 camino de terracería, 3 caminos de pavimentados
San Agustín Metzquititlán	7 casas de tipos II y III, 28 habitantes, 1 camino de terracería, 1 camino pavimentado
Zacualtipan	7 casas, 28 habitantes, 2 caminos de terracería
Metztitlán	24 casas, 96 habitantes, 2 caminos de pavimentados, 1 camino de terracería
Tianguistengo	2 caminos de terracería, 1 camino pavimentado
Xochicoatlán	2 casas tipos II y III, 8 habitantes, 3 caminos de terracería
Atlapexco	1 camino pavimentado
Total	90 casas, 360 habitantes, 1 escuela primaria , 1 telesecundaria, 18 caminos de terracería, 28 caminos pavimentados

### B.5).- REGIÓN V

Existen 243 km de caminos pavimentados y de terracería, vulnerables al fenómeno de caída de bloques. En base al análisis realizado, el municipio con mayor inseguridad es Ixmiquilpan, ya que afecta a 150 casas y 600 habitantes, 2 caminos. Otros municipios vulnerables son Chapulhuacán, Tecozautla y Pacula teniendo afectada este último una escuela primaria y

telesecundaria, en estos tres municipios el fenómeno de caída de bloques afectaría a 197 casas con 788 habitantes y 10 caminos. (Tabla 7.2.1.2.18.).

**Tabla 7.2.1.2.18. Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región V.**

Municipio	Afectación
Ixmiquilpan	150 casas de tipos II y III, 600 habitantes, 1 camino pavimentado, 1 camino de terracería.
Chapulhuacán	85 casas de tipos II y III, 340 habitantes, 5 camino pavimentado.
Tecoautla	80 casas de tipos II y III, 320 habitantes.
Pacula	32 casas de tipos II y III, 128 habitantes, 1 Escuela Primaria y Telesecundaria, 3 caminos pavimentados, 2 caminos de terracería.
Cardonal	13 casas de tipos II y III, 52 habitantes, Centro turístico (Grutas de Tolantongo).
Huichapan	10 casas de tipos II y III, 40 habitantes
Zimapán	6 casas, 24 habitantes, 6 caminos pavimentados, 1 caminos de terracería.
Nicolás Flores	2 casas de tipos II y III, 8 habitantes, 2 caminos de terracería.
Pisaflores	3 caminos pavimentados.
Jacala	2 caminos pavimentados.
Total	378 casas de tipos II, II y IV, 1512 habitantes, 1 Escuela Primaria y Telesecundaria, 20 caminos pavimentados, 6 caminos de terracería.

### B.6).- REGIÓN VI

Existen 3.5 km de caminos pavimentados y de terracería, vulnerables al fenómeno de caída de bloques. El municipio con mayor inseguridad es Tula de Allende, debido a que afecta a 171 casas, con 684 habitantes y un camino pavimentado. Otro municipio vulnerable es Tepeji del Río, el cual de presentarse el fenómeno de caída de bloques afectaría a 30 casas con 120 habitantes y 3 caminos pavimentados (Tabla 7.2.1.2.19.).

**Tabla 7.2.1.2.19.- Municipios con mayor vulnerabilidad en la Región VI.**

Municipio	Afectación
Tula de Allende	171 casas de tipos II y III, 684 habitantes, 1 camino pavimentado.
Tepeji del Río	30 casas de tipos II y III, 120 habitantes, 3 caminos pavimentados.
El Arenal	3 casas de tipos II y III, 12 habitantes, 1 Escuela primaria, 1 camino de terracería.
Santiago de Anaya	2 caminos pavimentados.

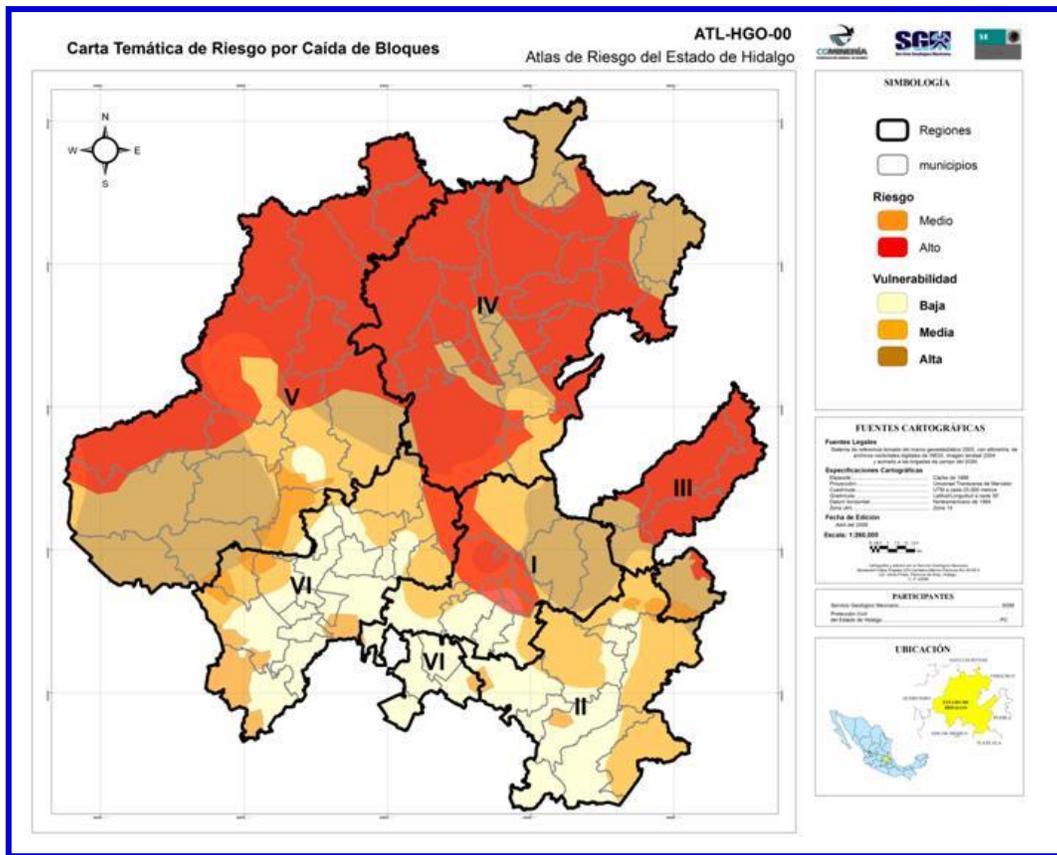
## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Actopan	2 caminos de terracería.
Total	204 casas, 816 habitantes, 1 Escuela primaria, 6 caminos pavimentados, 3 caminos de terracería.

### c) Riesgo

Las zonas susceptibles a la problemática de inestabilidad de laderas por caída de bloques tienen la característica de tener pendientes fuertes conformadas por materiales volcánicos, con fracturamiento intenso, además en función de las parámetros, geomorfológicos, clima, vegetación y actividad antropogénica.

Las regiones del Estado consideradas en riesgo alto son: III, IV y V y una fracción de la Región I, debido a la presencia de caída de bloques que se da en la mayoría de los casos en rocas volcánicas fracturadas (Tobas, basaltos, andesitas, etc.) y sedimentarias (caliza, lutitas, areniscas etc.), considerando el índice de marginación de CONAPO (2005), el Censo de Población INEGI (2005), y la clasificación de viviendas establecida por CENAPRED (2006-2009), a estas regiones se les considera en grado de marginación alto y por lo tanto en vulnerabilidad elevada, conjugando estas variables dichas regiones se encuentran en riesgo alto. Sin embargo la presencia del fenómeno disminuye hacia la porción sur poniente y sur oriente del Estado, presentando un riesgo medio en la porción sur-oriente de la Región V y parte occidente de la Región VI; en el resto de las zonas y regiones se tiene un riesgo bajo por dicho fenómeno (Figura 7.2.1.2.10.).



**Figura 7.2.1.2.10.- Zonificación estatal de riesgo por caída de bloques.**

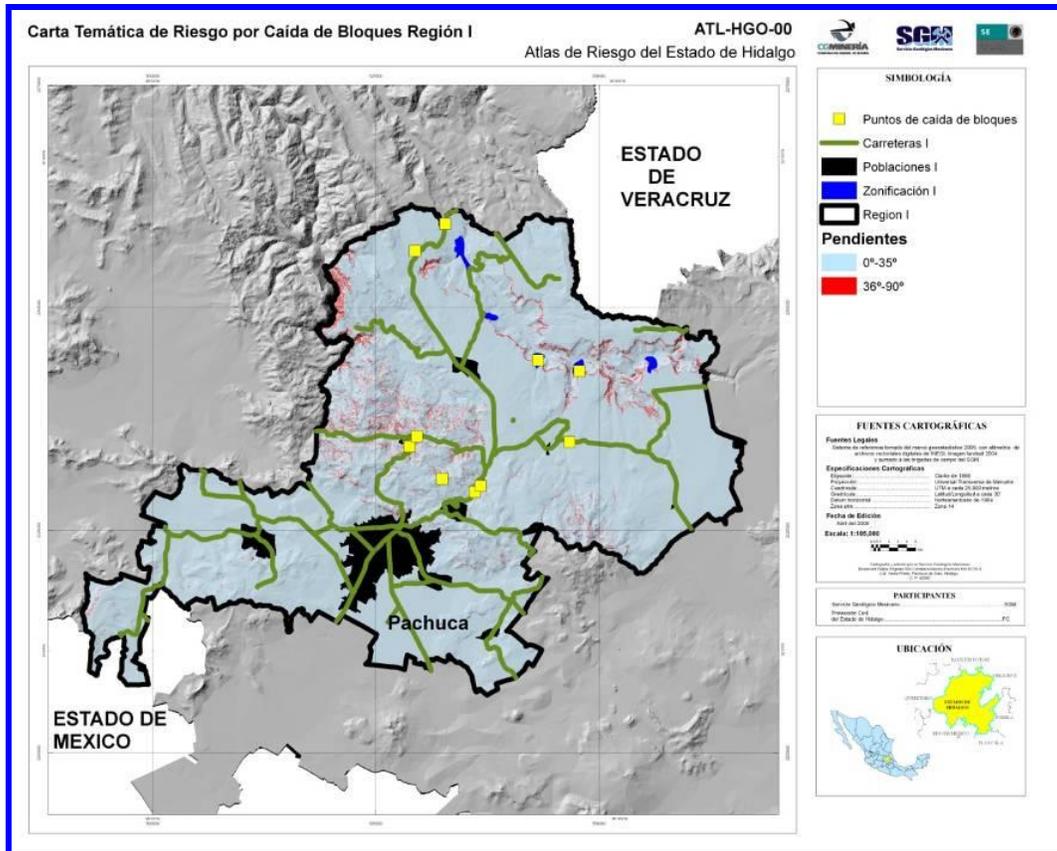
Las zonas susceptibles a la problemática por caída de bloques tienen la característica de tener pendientes fuertes conformadas por materiales volcánicos, con fracturamiento intenso, además en función de los parámetros, geomorfológicos, clima, vegetación y actividad antropogénica. Para facilitar la concepción de la problemática en las regiones, se consideró que el riesgo alto está en función de la afectación del fenómeno, si este incide directamente a asentamientos urbanos y vías de acceso.

En el caso de afectar únicamente a vías de acceso con poca afluencia vehicular, sin poner en riesgo a la población, este se consideró como riesgo medio, y el riesgo bajo, aquel que no causa daños graves a la población y a vías de comunicación. Todas las localidades de las regiones mostradas son afectadas de alguna manera por el fenómeno, ya que si este afecta a viviendas y vías de acceso exponiendo a la población existente en estas localidades. La tendencia de la caída de bloques es por volteo y rodamiento, siendo este último el que mayor

radio de afectación, ya que está en función de la geometría del bloque y del grado de pendiente del terreno.

**c.1).- Región I**

Este fenómeno se concentra en la parte centro y norte de la Región. Las pendientes mayores a los 35° (rojo) presentan caída de bloques (Figura 7.2.1.2.11.).



**Figura 7.2.1.2.11.- Zonificación de riesgo por caída de bloques en la Región I.**

En la tabla 7.2.1.2.20, se muestra un resumen de las localidades afectadas, el grado de riesgo que presenta, la afectación principal y el tipo de material inestable.

Tabla 7.2.1.2.20.- Riesgo y afectación por caída de bloques en localidades de la Región I.

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectación	Litología y dimensión del bloque $\varnothing$	Tipo de movimiento
Alto	Atotonilco El Grande	Paso de León	Carretera estatal a Metztitlán	Andesita, bloques de 1 a 3 m de $\varnothing$	Volteo y cuña
		Cerro Colorado	4 casas de tipo II	Basalto y toba, bloques de 1m de $\varnothing$	Volteo y rodamiento
		San Bartolome	Terracería Atotonilco-San Bartolome	Basalto , bloques de 0.10 a 1 m de $\varnothing$	Volteo y cuña
	Omitlán de Juárez	Omitlán de Juárez	5 casa de tipo III	Andesita y dacita, bloques de 1 a 5 m de $\varnothing$	Volteo, cuña y falla plana
		Vicente Guerrero	Carretera Pachuca-Atotonilco El Grande	Andesita y dacita, bloques de 1 a 5 m de $\varnothing$	Volteo, cuña y falla plana
	Mineral del Monte	Pueblo Nuevo	10 casas de tipos II y III	Andesita, bolques de 1 a 5 m de $\varnothing$	Volteo y falla plana
	Pachuca de Soto	Porvenir y Nueva Estrella 1a y 4a sección (C. Maravillas)	21 casas de tipos II y III	Andesita fracturada y fallada, bloques de 2 m de $\varnothing$	Volteo, cuña y falla plana
		Barrio San Nicolas y La Alcantarilla	10 casas de tipos II y III.	Andesita fracturada y fallada, bloques de 2 m de $\varnothing$	Volteo, cuña y falla plana
		El Tezontle	3 casas de tipo II	Andesita fracturada y fallada, bloques de 2 m de $\varnothing$	Volteo, cuña y falla plana
	Medio	Huasca de Ocampo	San Sebastian	Terracería San Miguel Regla-San Sebastian	Basalto, bloques de 0.1 a 2 m de $\varnothing$
Huesca de Ocampo			Carretera Huasca de Ocampo-San José Cacaloapan	Basalto, bloques de 1 a 5 m de $\varnothing$	Volteo
Mineral del Chico		Puerto Tres Cruces	Terracería Mineral del Chico-Carboneras	Andesita, bloques de 1 a 5 m de $\varnothing$	Volteo

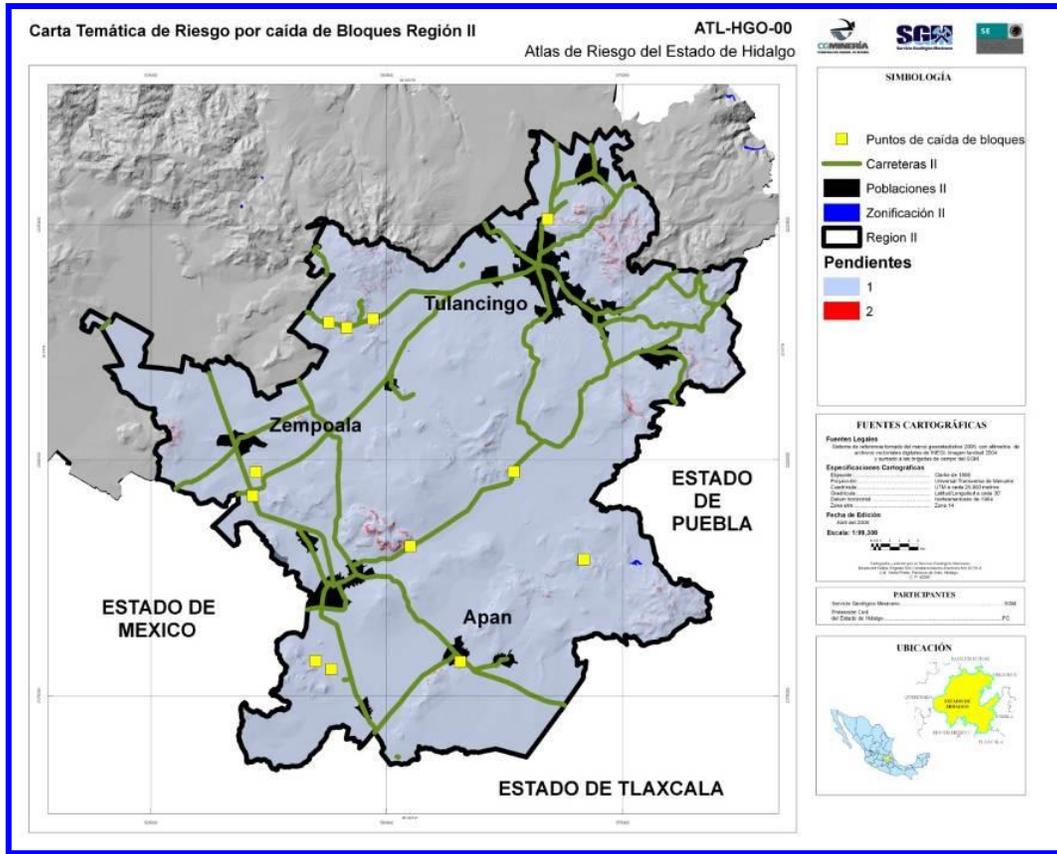
## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

		Mineral del Chico	Carretera Mineral del Chico-Estanzuela	Toba riolítica, bloques de 1 a 5 m de $\Phi$	Volteo
	Pachuca de Soto	El Lobo	Caminos de acceso a Pachuca	Andesita fracturada y fallada, bloques de 2 m de $\Phi$	Volteo, cuña y Planar
		Minerva	Caminos de acceso a Pachuca	Andesita fracturada y fallada, bloques de 2 m de $\Phi$	Volteo, cuña y falla plana
		Militar	Caminos de acceso a Pachuca	Andesita fracturada y fallada, bloques de 2 m de $\Phi$	Volteo, cuña y falla plana
		Cerro del Barrio	Caminos de acceso a Pachuca	Andesita fracturada y fallada, bloques de 2 m de $\Phi$	Volteo, cuña y falla plana

En la Región, la caída de bloques se tiene principalmente en rocas volcánicas representadas por tobas, basaltos y andesitas, en todos los casos estas rocas presentan intenso fracturamiento y fallamiento, los cambios bruscos de temperatura ayudan a incrementar el fracturamiento de las mismas, así como el desarrollo de vegetación en las fracturas, lo que propicia la extensión y ampliación de la misma, así mismo la precipitación en la zona, es otra variable que acelera el fenómeno. En la mayoría de los casos el desprendimiento del bloque se hace con movimientos de volteo y plana principalmente, seguido del de cuña. Siendo los bloques que caen con movimiento de volteo los que mayor radio de afectación llegan a tener.

### c.2).- Región II

La caída de bloques en esta Región se distribuye en zonas puntuales. Los polígonos en rojo muestran pendientes mayores a los 35° y los de azul muestran riesgo alto por caída de bloques (Figura 7.2.1.2.12.).



**Figura 7.2.1.2.12.- Zonificación por caída de bloques en la Región II.**

En la zona conurbada de Tulancingo se encuentran asentadas varias comunidades en peligro por desprendimiento de bloques, esto es debido principalmente por la proximidad a los escarpes de las laderas, por mencionar algunas se tiene: Tepaltzingo, Huitititla, Guadalupe Victoria, Santa María Nativitas, San Lorenzo Sayula, Tezoncualpan, San Isidro etc, (Figura 7.2.1.2.13.).

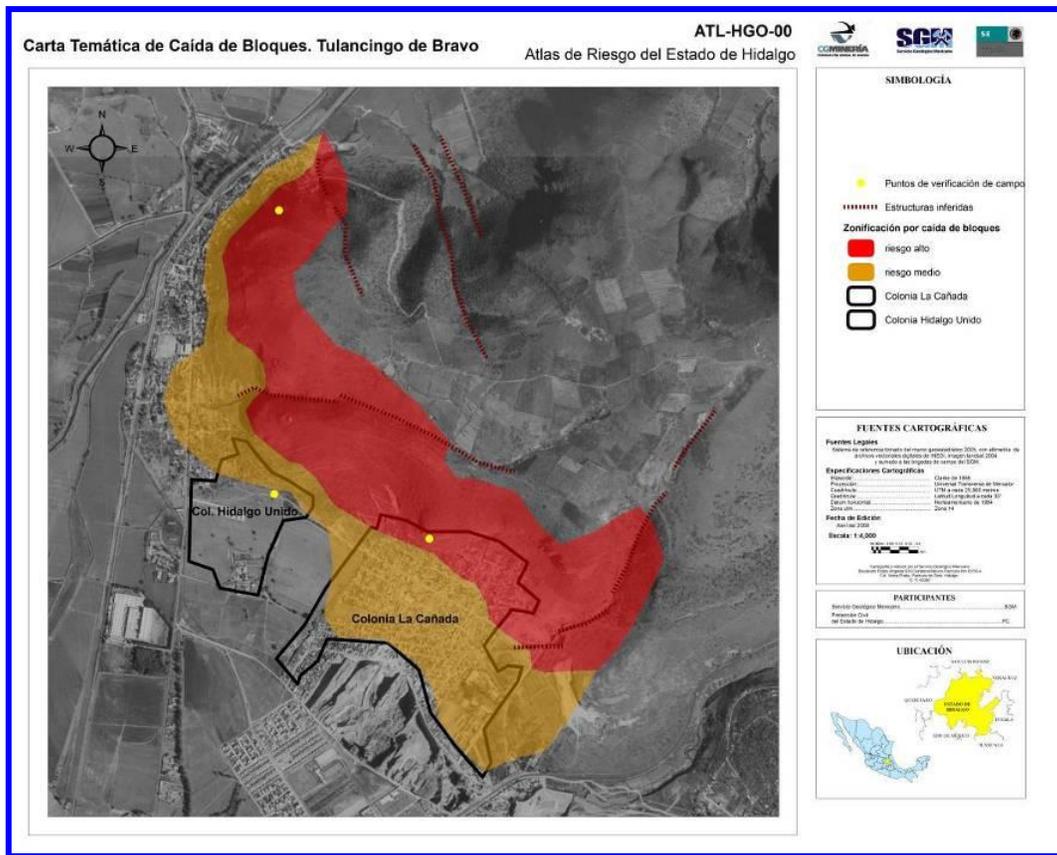


Figura 7.2.1.2.13. En la parte norte de la Ciudad de Tulancingo, algunas viviendas se encuentran en zona de riesgo alto por caída de bloques.

En la tabla 7.2.1.2.21., se muestra un resumen de las localidades afectadas, el grado de riesgo que presenta, la afectación principal y el tipo de material inestables.

Tabla 7.2.1.2.21.- Riesgo y afectación por caída de bloques en localidades de la Región II.

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectación	Litología y dimensión del bloque Ø	Tipo de movimiento
Alto	Tulancingo	Huapalcalco, Col. La Cañada	100 casas de tipo III	Riolita, 1 a 5 m de Ø	Cuña y volteo
	Tepeapulco	Los Cides	3 casas de tipo III	Andesita, de 0.5 a 1.0 m de Ø	Volteo y cuña
	Apan	Apan	Un panteón municipal y 15 casas de tipo III	Andesita, de 1.0 a 5.0 m de Ø	Volteo y cuña

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	Emiliano Zapata	Santa Clara, San José Morelos	10 casas de tipo III	Basalto, 1 a 2 m de Ø	Volteo y falla plana
	Zempoala	Acelotla de Ocampo, Las Palomas	2 caminos, carretera federal No 132 y No 88	Basalto, 0.5 x 0.4 x 0.3 m	Volteo y cuña
Medio	Singuilucan	Suchipango-Matias Rodriguez	Camino pavimentado	Riolita 0.2 a 0.5 m de Ø	Cuña y volteo
	Tepeapulco-Cuautepec	San Miguel Allende, Palo Hueco, Maravillas y Rinconada	Camino pavimentado	Andesita, 1 a 5 m de Ø	Cuña y volteo
Bajo	Almoloya	Laguna del Puerco-La Violeta	Camino de terracería	Riolita, 1 a 5 m de Ø	Volteo, cuña y falla plana.

**c.3).- Región III**

El fenómeno de caída de bloques se distribuye en la parte central, caracterizado por presentar materiales volcánicos, en los que la caída de bloques no es tan frecuente como en el resto de la Región. Los polígonos en color rojo presentan pendientes mayores a los 35° y los de azul son zonas susceptibles a presenta inestabilidad de laderas (Figura 7.2.1.2.14.).

La localidad que presenta una afectación alta, es la colonia Plan del Recreo que se encuentra en el poblado de Huehuetla (cabecera municipal) el fenómeno de caída de bloques afecta a 6 casas de tipo II, a una escuela primaria y a la vía que da acceso al barrio antes citado (Figura 7.2.1.2.15.).

# ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

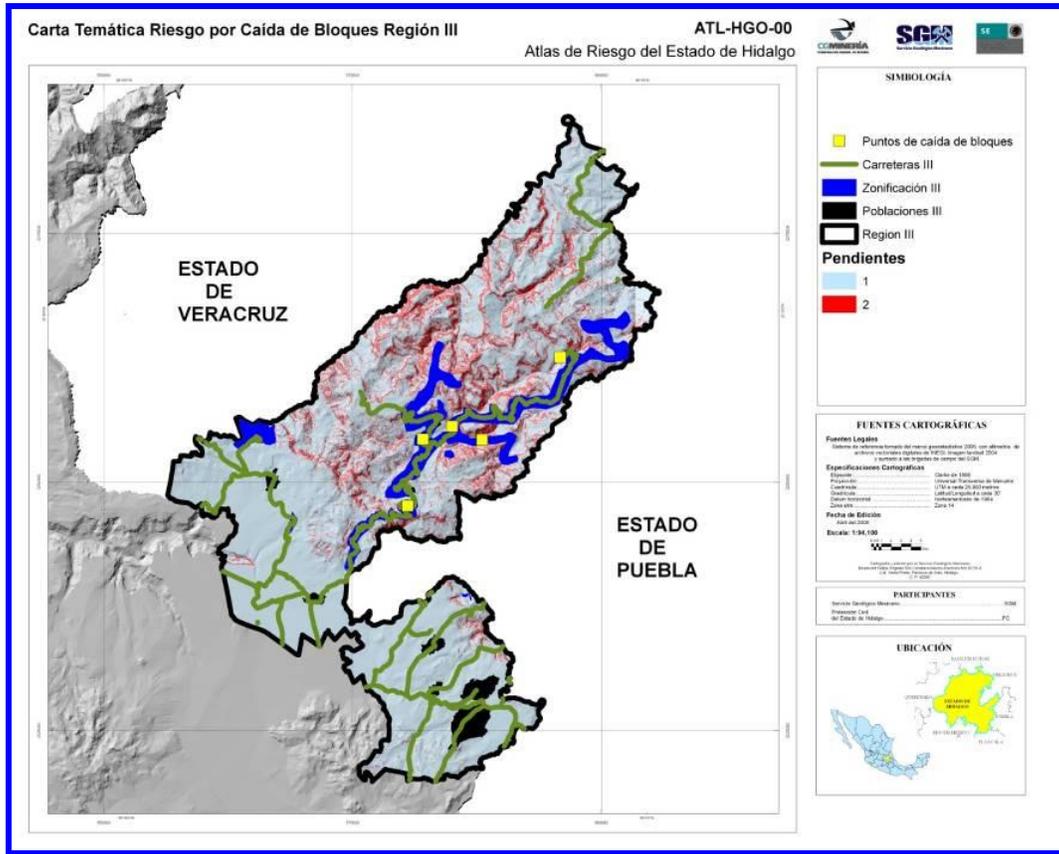
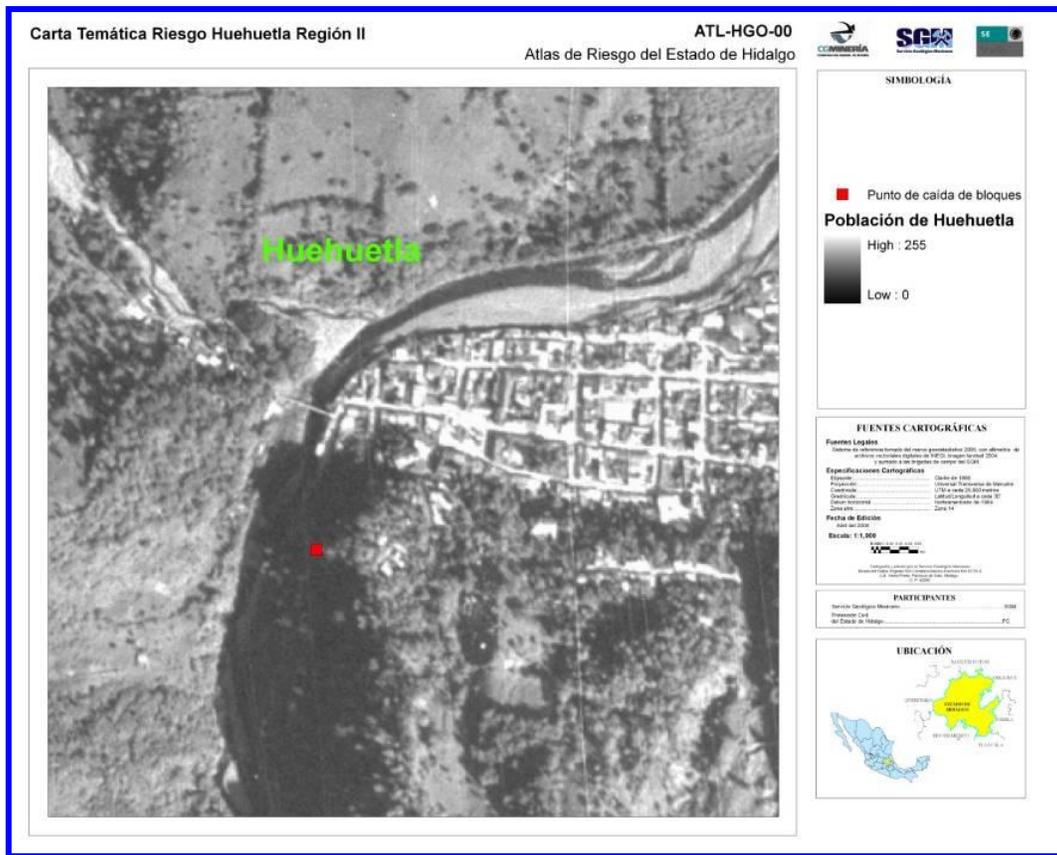


Figura 7.2.1.2.14.- Zonificación de riesgo por caída de bloques de la Región III.



**Figura 7.2.1.2.15.- Localidad Huehuetla.- Barrio Plan del Recreo, problemas de inestabilidad de laderas.**

En la tabla 7.2.1.2.22, se muestra un resumen de las localidades afectadas, el grado de riesgo que presentan, el daño principal y el tipo de materiales inestables.

**Tabla 7.2.1.2.22.- Riesgo y afectación por caída de bloques en localidades de la Región III.**

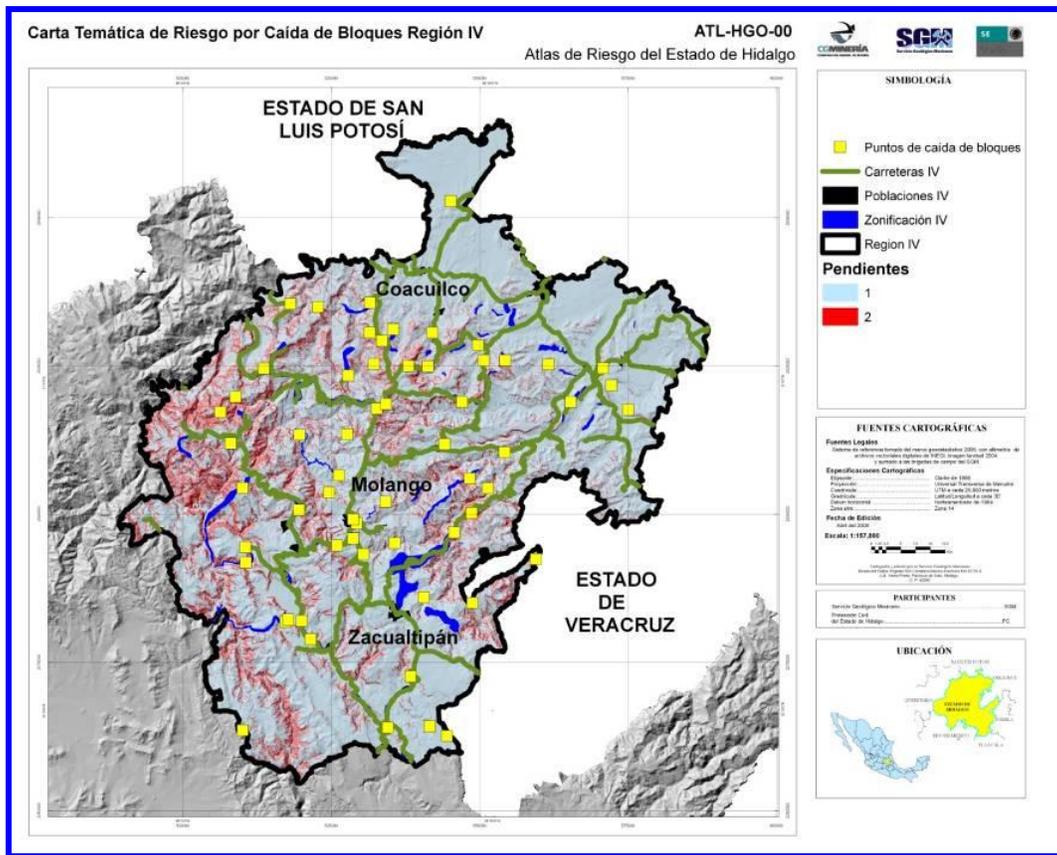
Riesgo	Municipio	Localidad	Afectación	Litología y dimensión del bloque $\phi$	Tipo de movimiento
Alto	Huehuetla	Plan del Recreo	6 casas de tipo II, 1 Escuela primaria	Limolita, bloques de 1 a 3 m de $\phi$	Volteo y cuña
		San Ambrosio	Camino de terracería San Gregorio-San Ambrosio	Caliza, bloques de 0.50 m de $\phi$	Falla plana
Medio	San Bartolo Tutotepec	El Fresno	Camino pavimento a San Bartolo Tutotepec	Secuencia de lutita- caliza, bloques de 1 a 2 m de $\phi$	Volteo y caída de detritos

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

		Huasquilla	Camino pavimento San Bartolo Tutotepec-Huehuetla	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 3 x 3 x .8 m de $\Phi$	Volteo
	Tenango de Doria	Cerro Chiquito-San Fco. La Laguna, San José del Valle	Terracería Cerro Chiquito-San Francisco La Laguna.	Secuencia de lutita- calizas, bloques de 0.3 x 0.3 x 0.5 m	Falla plana
		Carretera Metepec-Tenango de Doria	Camino pavimento a Tenango de Doria	Material piroclastico y basalto, bloques de 0.5 a 1m de $\Phi$	Volteo

**c.4).- Región IV**

La caída de bloques se manifiesta principalmente por la presencia de materiales fracturados y con una presencia importante de agua, mismos que se distribuye por toda la Región. Los polígonos en rojo representan pendientes mayores a 35° y en azul, es la zonificación de riesgo alto por caída de bloques (Figura 7.2.1.2.16.).



**Figura 7.2.1.2.16.-. Zonificación de riesgo por caída de bloques de la Región IV.**

En las tablas, 7.2.1.2.23, 7.2.1.2.24 se muestra un resumen de las localidades afectadas, el grado de riesgo que presenta, la afectación principal y el tipo de bloques inestables.

**Tabla 7.2.1.2.23. -Riesgo alto y afectación por caída de bloques en diferentes localidades de la Región IV.**

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectación	Litología y dimensión del bloque $\phi$	Tipo de movimiento
Alto	Tepehuacan de Guerrero	Acoyotla, Xiliapa	Camino de terracería	Caliza-lutita, 1.0 x 0.6 x 0.4 m	Volteo y falla plana.
	Tepehuacan de Guerrero	Cuatolol	20 casas de tipo III, 1 escuela primaria, 1 telesecundaria.	Caliza-lutita, 2.5 x 1.0 x 1.5 m	volteo y rodamiento
	Tlanchinol	Garrapa, Xitlma	Camino de terracería	Caliza-lutita, 0.5 x 1.0 x 0.8 m	Volteo y falla plana.
	Tepehuacan de Guerrero	Tepehuacan, Cuazahuatl	Camino pavimentado	Caliza-lutita-arenisca, 2 x 1 x 0.6 m	Falla plana y volteo

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Eloxochitlán	Gilo	Camino de terracería	Basalto, 1 a 2 m de Ø	Volteo y rodamiento
Eloxochitlán	Almolón	Camino de terracería	Caliza, 1.5 x 2 x 2 m	Cuña y volteo
Molango	Molango	Camino pavimentado	Basalto, 5 m de Ø	Cuña y volteo
Eloxochitlán	Eloxochitlán, Ixmolinla, Acuatitlán, Malila	Camino de terracería	Caliza-lutita-limolita, 0.2 x 0.5 x 1 m	Volteo y cuña
Metztitlán	San Cristobal, Amajatlán, Tlatepexe	24 casas de tipo III, un camino pavimentado	Basalto 1 a 5 m de Ø	Cuña y volteo
Tlanchinol	La Montaña, La Quebradora	Camino pavimentado	Basalto, 2 a 4 m de Ø, Arenisca-lutita, 1 x 0.6 x 0.6 m	Cuña y volteo
Huautla	Acatepec	Camino de terracería	Basalto, 10 x 5 x 3 m	Falla plana
Tlanchinol	Quetzaltongo, Tlanchinol	Camino pavimentado	Caliza-lutita, 0.2 x 0.5 x 0.8 m	Volteo y falla plana.
Molango	Naopa, Ocotlán	Camino de terracería	Basalto, 0.5 x 1 m	Volteo
Molango	Ixcatlán, Tlazintla	Camino pavimentado	Lutita, 2 a 3 m de Ø	Volteo
Molango	Pemuxtla, Atezca	30 casas de block con techo de lámina	Toba lítica, 1 a 5 m de Ø	Volteo
San Agustín Metzquititlán	Xoxoteco, Cuahutengo	7 casas de tipo II, un camino de terracería	Basalto, 1 a 5 m de Ø	Cuña y volteo
San Agustín Metzquititlán	San Agustín, El Enzuelado	Camino pavimentado	Basalto, 0.6 x 0.3 x 0.3 m	Cuña y volteo
Zacualtipan	Olonteco	7 casas de tipo III	Caliza, 0.3 x 0.3 x 1.5 m	volteo y rodamiento
Metztitlán	Venados, Acalome, Buena Vista, El Carrizal, San Pedro Tlatemaco	Carretera Federal No. 105	Lutita-caliza, 0.8 x 0.6 x 0.5 m, Basalto, 3 x 3 x 3 m de Ø	Volteo, falla plana, cuña
Xochicoatlán	Chinameca	2 casas de tipo III, un camino de terracería	Lutita-limolita-arenisca, 2 x 1.5 x 1.5 m	Cuña, falla plana, volteo

**Tabla 7.2.1.2.24.-Riesgo medio y bajo; afectación por caída de bloques en diferentes localidades de la Región IV.**

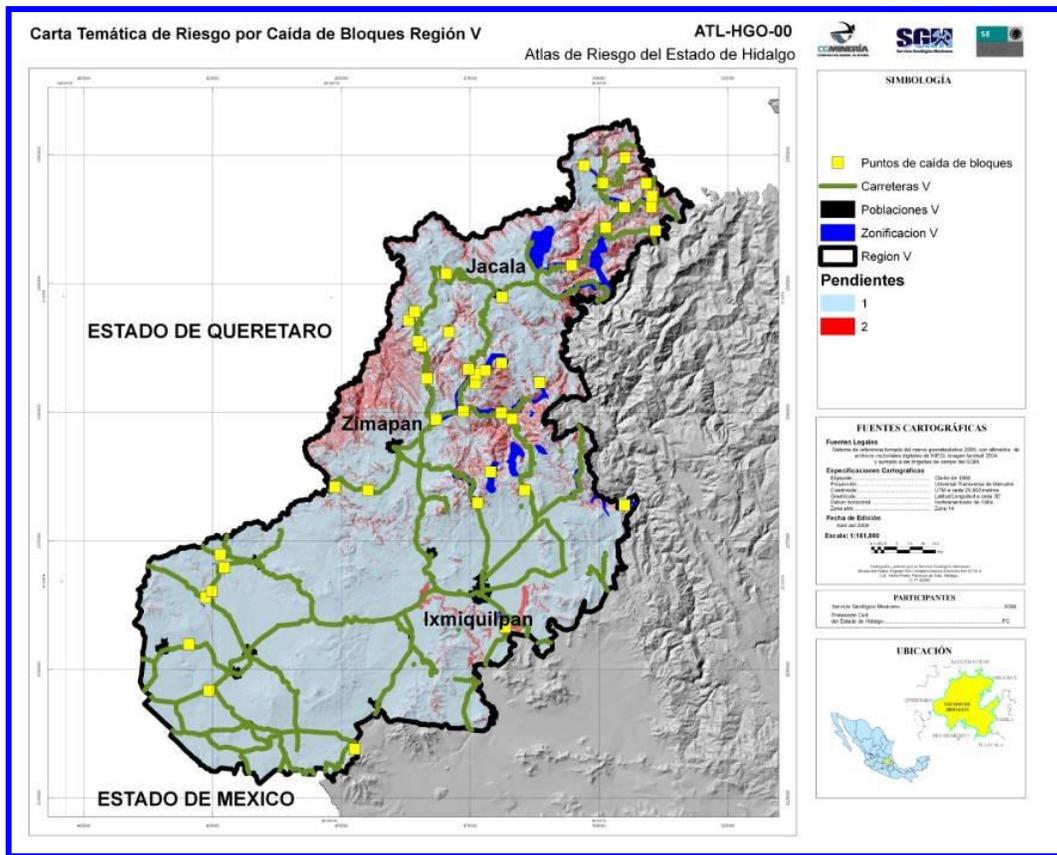
Riesgo	Municipio	Localidad	Afectación	Litología y dimensión del bloque Ø	Tipo de movimiento
Medio	Tlanchinol	Temango, Jalpa	Camino de terracería	Caliza-lutita, 1 x 0.6 x 0.4 m	Volteo y falla plana.
	Tlanchinol	Quimixtla, Hueyapa, San Miguel	Camino de terracería	Caliza-lutita, 0.5 x 1 x 0.8 m	volteo y rodamiento
	Lolotla	Ixtlapala, Tetlapaya	Camino de terracería	Basalto, 1 m de Ø	Falla plana, cuña y volteo
	Tlahuiltepa	San francisco, Xilocuatitla	Camino de terracería	Caliza-lutita, 1 x 0.8 x 0.6 m	Falla plana y volteo
	Tlahuiltepa	Zaragoza	Camino de terracería	Caliza-lutita, 1.5 x 1 x 0.6 m	Falla plana y volteo
	Tlahuiltepa	Agua del Capulín	Camino de terracería	Caliza-lutita, 1 x 0.8 x 0.5 m	Cuña, falla plana, volteo
	Juárez	Juárez, Itztacuatlá	Camino de terracería	Caliza-lutita, 0.2 x 0.5 x 0.8 m	Falla plana y volteo
	Tlanchinol, Huejutla de Reyes	San José, Coacuilco	Camino pavimentado	Arenisca-lutita, 0.5 x 0.3 x 0.1 m	Cuña y falla plana
	Tlanchinol	Cuatlimax	Camino de terracería	Arenisca-lutita, 0.5 x 0.3 x 0.15 m	Volteo
	Huejutla de Reyes	Tehuacán, Tlalnepanco	Camino pavimentado	Arenisca-lutita, 0.5 x 0.2 x 0.2 m	Volteo
	Huazalingo	Coahuazas	Camino pavimentado	Arenisca-lutita, 0.4 x 0.3 x 0.2 m	Volteo
	Huazalingo	Huilotitla Dos, Pilchiatipa	Camino de terracería	Arenisca-lutita, 0.5 x 0.2 x 0.15 m	Volteo, falla plana
	Calnali	Atempa-Papatlatla	Camino pavimentado	Caliza-lutita, 0.4 x 0.3 x 0.2 m	Falla plana, cuña
	Tlanguistengo	Otlamalacatlá, Piedra Ancha	Camino de terracería	Caliza, 0.6 x 0.4 x 0.3 m	Falla plana y volteo
	Yahualica, Atlapexco	Yahualica, Xancaltitla	Camino de terracería	Basalto, 2 a 3 de Ø	Volteo
	Huautla	El Barbecho	Camino pavimentado	Basalto, 1 a 2 m de Ø	Volteo, cuña y rodamiento

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	Lolotla	Huiznopala, Acatepec	Camino de terracería	Basalto, 1 a 5 m de Ø	Falla plana y volteo
	Molango	Molango	Camino pavimentado	Basalto, 1 a 5 m de Ø	Volteo
	Xochicoatlán	Mecalapa	Camino de terracería	Basalto, 0.2 a 0.5 m de Ø	Volteo
	Zacualtipan	Zacualtipan, Coatlila	Camino de terracería	Lutita-limolita, 0.5 x 0.4 x 0.3 m	Volteo
	Zacualtipan	Ohuesco, Jalapa	Camino de terracería	Arenisca-limolita, 0.4 x 0.8 x 1.2 m	Volteo y falla plana.
	Metztitlán	El Encino, Pontadho	Camino pavimentado	Caliza, 1 x 1 x 0.5 m	Falla plana y cuña
	Tianguistengo	Zacatipan	Camino de terracería	Caliza-lutita, 0.7 x 0.4 x 0.6 m	Cuña y falla plana
	Tianguistengo	La Esperanza	Camino pavimentado	Andesita, 1 x 0.5 x 0.5 m	Cuña y volteo
	Calnali	Calnali, San Andres	Camino pavimentado	Caliza-lutita, 0.5 x 0.8 x 1 m	Volteo, cuña
	Tlanchinol, Huazalingo	Tlamamala, Olotla	Camino de terracería	Basalto, 1 a 5 m de Ø	Cuña y volteo
	Xochicoatlán	Tenango	Camino de terracería	Caliza-lutita, 0.5 x 1 x 0.3 m	Volteo, falla plana
	Atlapexco	Ixtacuatitla, Atotomoc, Oxpantla	Camino pavimentado	Arenisca-lutita, 1.5 x 1 x 0.6 m	Volteo
Bajo	Orizatlan	Piedra Hincada, Santo Domingo	Camino pavimentado	Arenisca-lutita, 0.2 x 0.5 x 0.3 m	Volteo

**c.5).- Región V**

La principal zona donde se presenta la caída de bloques es en la porción norte de la Región y en menor medida en la porción suroeste. Los polígonos de color rojo muestran pendientes mayores a 35°, los de azul son zonificaciones de riesgo alto por caída de bloques (Figura 7.2.1.2.17.).



**Figura 7.2.1.2.17.- Zonificación de riesgo por caída de bloques de la Región V.**

En la tablas, 7.2.1.2.25. y 7.2.1.2.26. se muestra un resumen de las localidades afectadas, el grado de riesgo que presenta, la afectación principal y el tipo de material inestable.

**Tabla 7.2.1.2.25.- Riesgo alto, afectación por caída de bloques en las diferentes localidades de la Región V.**

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectación	Litología y dimensión del bloque $\varnothing$	Tipo de movimiento
Alto	Ixmiquilpan	Maguey Blanco	150 casas de tipo III	Toba y basalto, bloques de 3 a 5 m de $\Phi$	Volteo
		El Meje	Camino pavimentado El Meje-La Pechuga	Conglomerado y toba andésitica bloques de 0.5 a 5 m de $\Phi$	Volteo
	Chapulhuacán	Santa Ana de Allende	5 casas de tipo II	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 1 a 2 m de $\Phi$	Volteo
		Chapulhuacán	80 casas de tipo II	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 1m de $\Phi$	Volteo y falla Plana
	Tecoautla	San Francisco	60 casas de tipos II y III	Roca volcánica y tobas, bloques de 2 a 3 m de $\Phi$	Volteo
		Atengo	4 casas de tipo II	Tobas y material piroclástico, bloques de 2 a 3 m de $\Phi$	Volteo
		San Antonio	4 casas de tipo II	Toba ácida, bloques 2 a 5 m de $\Phi$	Desgajamiento por socavación
		La Esquina	12 casas de tipos II y III	Roca volcánica, bloques de 3 a 4 m de $\Phi$	Volteo
	Pacula	Santa María Mira Flores	1 Escuela Primaria, 1 Telesecundaria, 2 casas de tipo II, 1 camino de terracería Santa María Miraflores	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 1 m de $\Phi$	Volteo
		Fraile	Camino pavimentado El Fraile-San Francisco	Secuencia de lutita y caliza, detritos	Caída de detritos
		Jiliapan	30 casas de tipos II y III	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 1m $\Phi$	Volteo
	Cardonal	El Santuario	13 casas de tipo II	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 1 a 5m $\Phi$	Volteo

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

Huichapan	La Cruz	10 casas de tipo II	Basalto y tobas, bloques de 2 a 3 m de $\Phi$	Volteo
Zimapán	Las Piletas	Camino pavimentado a Hidroeléctrica Zimapán	Riolita, bloques de 0.5 a 1 m de $\Phi$	Cuña y volteo
	Pueblo Nuevo	Camino pavimentado a Pueblo Nuevo-Tierras Amarillas	Basalto, bloques de 0.50 m de $\Phi$	Volteo
	El Cobre	1 casa de tipo II	Caliza, bloques de 2 m de $\Phi$	Volteo
	La Encarnación	5 casas de tipo II	Caliza, bloques de 2 m de $\Phi$	Cuña y volteo
	Los Mármoles	Camino pavimentado a Los Mármoles	Caliza y dolomita, bloques de 0.2 a 1 m de $\Phi$	Volteo
	Los Durazos	Camino pavimentado Zimapán-Jacala	Secuencia de lutita y caliza, bloques 1 m de $\Phi$	Volteo
	Presa Zimapán	Camino pavimentado a Hidroeléctrica Zimapán	Caliza, bloques de 0.5 a 1 m de $\Phi$	Cuña y volteo
	Codornices-Rojo Gómez	Camino pavimentado Codornices-Rojo Gómez	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 0.50 m de $\Phi$	Volteo
	Nicolás Flores	El Paso	2 casas de tipo II	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 0.3 m de $\Phi$
San Nicolás-Las Trancas		Camino de terracería San Nicolás-Las Trancas-Jagüey	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 0.3 m de $\Phi$	Volteo
Cardonal	Tolantongo	Centro turístico (Grutas Tolantongo)	Conglomerado, bloques de 0.5 a 1 m de $\Phi$	Volteo

Tabla 7.2.1.2.26.- Riesgo medio, afectación por caída de bloques en localidades de la Región V.

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectación	Litología y dimensión del bloque $\varnothing$	Tipo de movimiento
Medio	Ixmiquilpan	Cuesta Colorada	Camino de terracería Bondho-Cuesta Colorada	Caliza, bloques de 1 m de $\Phi$	Volteo
	Chapulhuacán	Puerto de Piedra-Zacate Grande	Camino pavimentado La Culebra-Jacalilla	Caliza, bloques de 1 m de $\Phi$	Falla plana
		Camino Neblinas	Camino pavimentado a Neblinas	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 1 m de $\Phi$	Volteo y falla plana
		Cantil Espejo	Camino pavimentado Chapulhuacán-Tamazunchale	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 1 m de $\Phi$	Volteo
		Camino a Pisaflores	Camino pavimentado a Pisa Flores	Caliza, bloques de 1 a 2 m de $\Phi$	Falla plana
		La Lomita	Camino pavimentado Rancho Nuevo-Chapulhuacán	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 1 a 2 m de $\Phi$	Volteo
	Pacula	Santa María-Milpaz Viejas	Camino pavimentado Santa María-Milpaz Viejas	Caliza, bloques de 1 m de $\Phi$	Volteo
		Las Adjuntas	Camino de terracería a Las Adjuntas	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 2 m de $\Phi$	Falla plana
		Jacala-Pacula	Camino pavimentado Jacala-Pacula	Caliza brechada, bloques de 1 a 3 m de $\Phi$	Volteo
	Zimapán	Encarnación-La Manzana	Camino de terracería Encarnación-La Manzana	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 0.5 m de $\Phi$	Volteo
	Nicolás Flores	Tedra	Camino de terracería Castadho-Nicolás Flores	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 1 m de $\Phi$	Volteo
	Pisa Flores	Camino Bonigú	Camino pavimentado Pisaflore-Bonigú	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 0.5 a 1 m de $\Phi$	Volteo

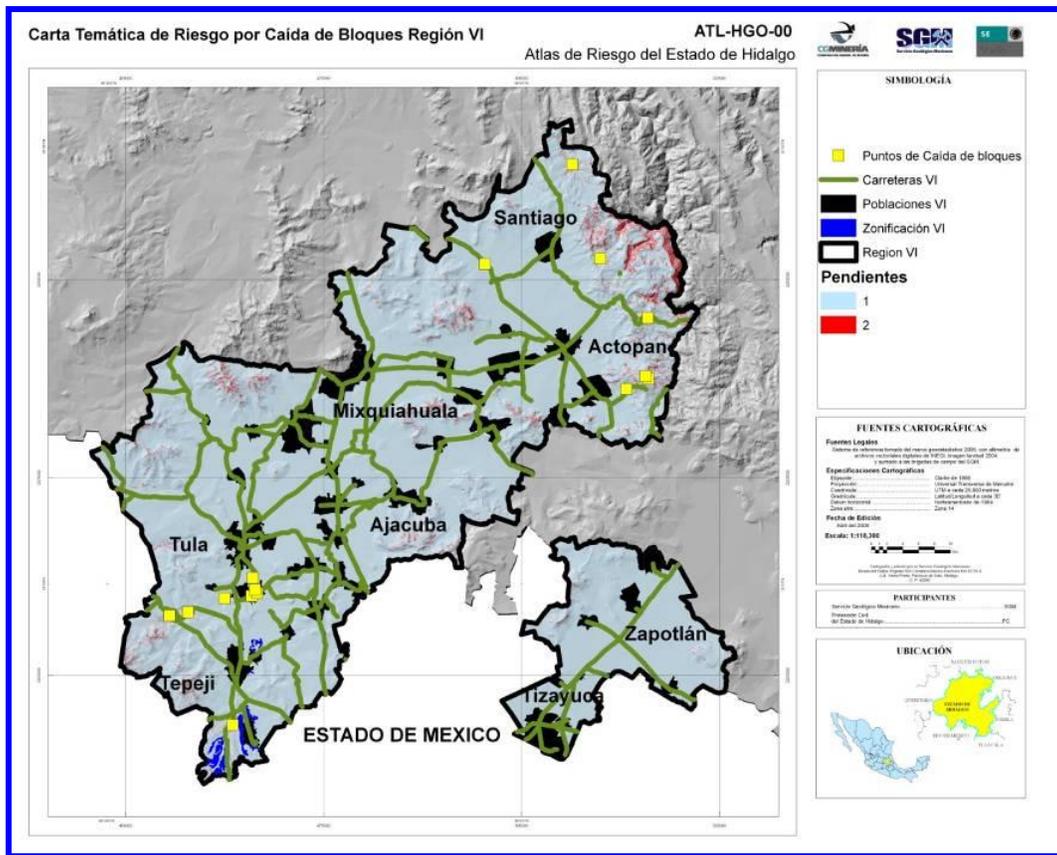
ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

		El Rayo	Camino pavimentado Pisaflores-El Rayo	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 0.5 m de $\Phi$	Volteo
		Tripunte	Camino pavimentado Chalahuite-Tripunte	Secuencia de lutita y caliza, bloques de 0.5 a 1 m de $\Phi$	Falla plana
	Jacala	Camino a Santo Domingo	Camino pavimentado Santo Domingo-Jacala	Caliza, bloques de 1 m de $\Phi$	Falla plana
		Carretera Federal No 85	Camino pavimentado a Jacala	Caliza, bloques de 0.5 m de $\Phi$	Falla plana y caída de detritos

**c.6).- Región VI**

La caída de bloques se concentra en la parte suroeste y nororiente de la Región. Los polígonos de color rojo muestran pendientes mayores a los 35° y los de azul es una zonificación de riesgo alto por caída de bloques (Figura 7.2.1.2.18.).

# ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO



**Figura 7.2.1.2.18.- Zonificación de riesgo por caída de bloques de la Región VI.**

En la tabla 7.2.1.2.27., se muestra un resumen de las localidades afectadas, el grado de riesgo que presenta, la afectación principal y el tipo de material inestables.

**Tabla 7.2.1.2.27.-Riesgo y afectación por caída de bloques en las diferentes localidades de la Región VI.**

Riesgo	Municipio	Localidad	Afectación	Litología y dimensión del bloque $\phi$	Tipo de movimiento
Alto	Tula de Allende	San Miguel Vindho	171 casas de tipo III	Basalto, bloques de 1 a 3 m de $\phi$	Volteo
		San Lucas Teocalco	Camino pavimentado Santa María Magdalena-San Teocalco	Lutita, bloques de 0.5 a 1 m de $\phi$	Volteo

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	Tepeji del Río	Fco. I Madero	Carretera Federal Huichapanorte-sur de Juan del Río.	Basalto, bloques de 1 a 2 m de $\Phi$	Volteo
		Cañada de Madero	30 casas de tipo II	Basalto, bloques de 1 a 5 m de $\Phi$	Volteo
		Miraflores	1 km Autopista Mex-Qro	Basalto, bloques de 1 a 5 m de $\Phi$	Volteo
		San Ignacio Nopala	Carretera estatal a Tepeji del Río	Toba, bloques de 1 a 5 m de $\Phi$	Volteo y falla plana
	El Arenal	Los Frailes	3 casas de tipo II	Andesita, bolques de 5 m de $\Phi$	Volteo
		San Jerónimo	Escuela Primaria	Andesita, bloque de 3 m de $\Phi$	Volteo
Medio	Santiago de Anaya	Lomas de Guillen	Camino pavimentado El Conejo-Lomas de Guillen	Secuencia de arenisca y lutita, bloques de 1 m de $\Phi$	Volteo
		Patria Nueva	Camino pavimentado Patria Nueva-Lagunilla	Caliza, bloques de 1m $\Phi$	Volteo
	Actopan	Las Mecas	Camino de terracería Boxaxni-San Nicolás	Toba andesítica, bloques de 1 m de $\Phi$	Volteo y falla plana
		Santa María Magdalena	Camino de terracería Sta. Ma. Magdalena-Mesa Chica	Toba andesítica, bloques de 0.5 m de $\Phi$	Volteo y falla plana
	El Arenal	San José Tepenene	Camino de terracería San José Tepenene-San Jerónimo	Dacita, bloques de 5 m de $\Phi$	Volteo

### 7.2.2 Hundimientos

Un hundimiento es un movimiento vertical descendente de roca, suelo o material no consolidado, por acción y efecto de la gravedad. Se presenta en aquellas zonas en donde ha ocurrido colapso por gravedad, disolución y derrumbes de techos de cavernas naturales o hechas por el hombre, como por ejemplo las minas subterráneas en terrenos poco

consolidados, zonas con hundimientos debido a la falta compactación del terreno o por reacomodo del suelo y por sobreexplotación de aguas subterráneas. Puede ocurrir en forma repentina o lentamente, y comprender áreas reducidas de pocos metros o grandes superficies de varios km<sup>2</sup> (SGM, 2004).

### a) Peligro

Para identificar los peligros geológicos originados por hundimiento del terreno se requiere considerar la información de estructuras geológicas (INEGI, SGM), como fallas normales o zonas semicirculares de hundimiento (dolinas) originados por disolución de rocas de carbonato de calcio (caliza), cavidades naturales (cavernas) o actividad antropogénica (minas, socavones, túneles).

Para hacer el análisis se debe considerar la deforestación, erosión, degradación y abandono de suelos de cultivo, la presencia de agua tanto superficial como subterránea, los desechos de aguas negras y drenajes o superficiales y en mal estado zonas urbanas y suburbanas.

En el Estado de Hidalgo se han registrado desde 1988 hundimientos de diferentes grados de afectación a la población. Estos han ocurrido en los municipios de: Huejutla y Tlanchinol en el año 1988; Huautla en 1990; Metztitlán en 1991; Huejutla y Mineral del Monte en 1992; Pachuca y Mineral del Monte en 1993; Pachuca y Epazoyucan en 1994; Pachuca y Mineral del Monte en 1995; Tezontepec de Aldama y Pachuca en 1996; Mineral de la Reforma en 1997, Pachuca y Tlahuelilpan en 1999. En este Atlas se reconocieron 2 tipos o causas que producen los hundimientos: obras mineras y por kársticidad.

#### a.1).- Hundimientos por obras mineras

Los fenómenos que la subsidencia provoca en la superficie del terreno son principalmente los siguientes (Rambaud, 1983).

- Fracturas, grietas y fisuras.-Las fracturas en superficie pueden ser grietas abiertas, deslizamientos escalonados o hundimientos en huecos, debidos a esfuerzos cortantes producidos sobre el terreno.
- Hoyos y fosas.- Cuando el área que colapsa es relativamente pequeña, la subsidencia toma la forma de hoyo o fosa, lo que generalmente está asociado a la minería por túneles y pilares en poca profundidad.
- Ondulaciones de hundimiento.- Con el transcurso del tiempo estas fosas se ensanchan y se transforman en grietas y escalonamientos.

Las deformaciones de la superficie del terreno debidas a la subsidencia minera pueden afectar seriamente a las edificaciones e instalaciones, causándoles serios daños que requieren costosas reparaciones. Sobre la superficie afectada no sólo pueden verse desplazamientos, inclinaciones y agrietamientos, sino también hundimientos.

Los asentamientos producidos sobre la superficie del terreno producen cambios de gradiente que pueden afectar especialmente a las conducciones de agua y drenaje y a las viviendas.

### **a.2).- Hundimiento por karsticidad**

El principal peligro derivado de los procesos cársticos es la generación de hundimientos en la superficie terrestre, es un riesgo condicionado por la litología es decir que se da principalmente en rocas carbonatadas (calizas y dolomías), evaporíticas (yesos, anhidrita y halita). En las rocas metamórficas, los mármoles son la litología cárstificable más común, en estos terrenos ocurren una importante cantidad de interacciones entre procesos físicos, químicos y biológicos que dan lugar a una serie de efectos geológicos entre los que cabe destacar la disolución, la precipitación, la sedimentación y finalmente los hundimientos (Durán, 1988).

Este fenómeno como proceso y sus expresiones morfológicas (dolinas) son las manifestaciones más notables de los peligros naturales ligados a la carsticidad. Los hundimientos pueden ser (Foose, 1981; Durán, 1988): lentos (subsistencia) o rápidos (colapso). Pueden darse en carsts cubiertos o desnudos, con mayor frecuencia en los primeros. Los colapsos son los más frecuentes en carst desnudos. Están fuertemente condicionados por varios factores: tipo de roca en que se abre la cavidad y sus características geomecánicas, la forma, posición respecto a la superficie, el tamaño de la cavidad que provoca la inestabilidad del subsuelo, la presencia de fluidos u otros materiales en el interior de las cavidades (agua, aire, sedimentos) y otros factores dinámicos como la sismicidad y las fuerzas generadas por la dinámica del agua subterránea, natural o inducida.

En el caso del carst cubierto, el principal papel condicionante lo juegan el tipo de cobertura, su naturaleza textural y su espesor, sus características geomecánicas, así como los factores dinámicos relacionados con la variación del nivel freático.

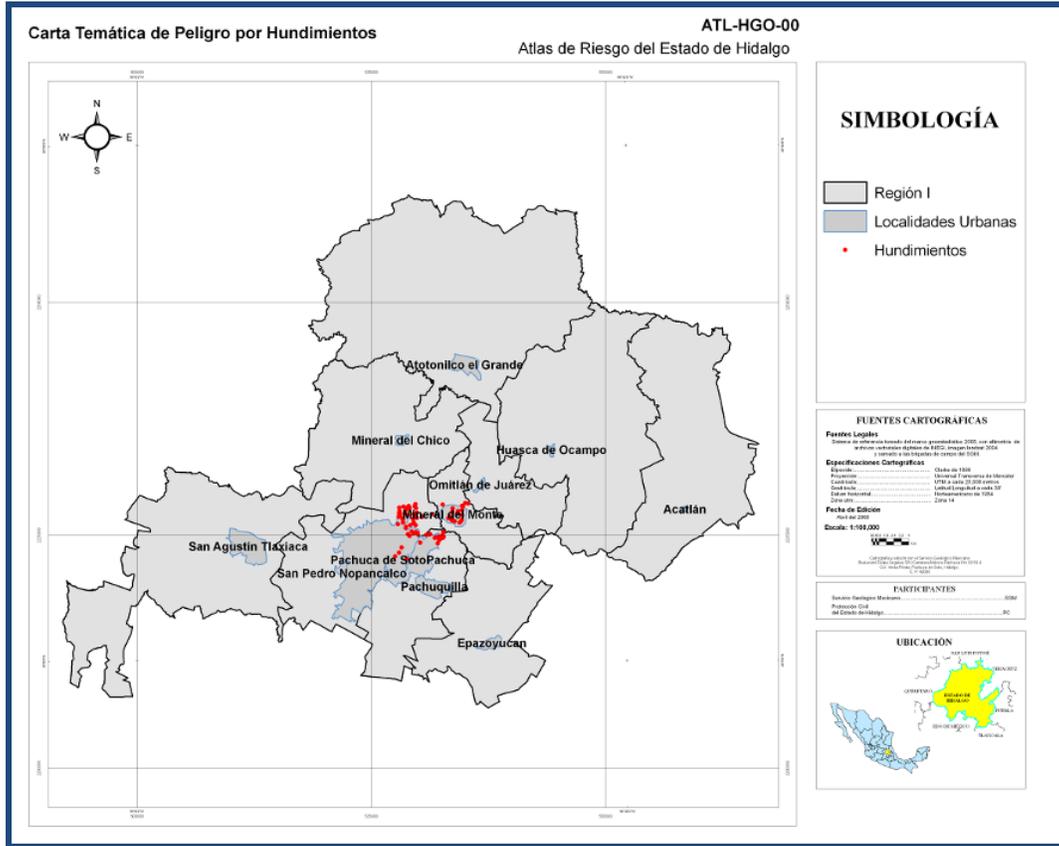
Estas manifestaciones cársticas son frecuentes en regiones de reducidos relieves y en áreas con pequeñas deformaciones. Para el caso del Estado de Hidalgo estos problemas se presentan principalmente en la Región IV (municipio de Molango) y Región V (municipios de Jacala y Pacula).

### a.3).- Región I

La minería en el Estado de Hidalgo ha sido una actividad de gran importancia que ha existido desde la época prehispánica hasta la actualidad, debido a los grandes yacimientos minerales con los que cuenta, como son los depósitos mineralizados situados en Pachuca, La Reforma, Real del Monte, Atotonilco el Chico, Capula y San José Tepenene.

En la parte central de la Región, existe un fuerte peligro de hundimientos a causa del asentamiento de viviendas sobre obras mineras antiguas y recientes. Este problema se

presenta principalmente en el norte, noreste y oriente de la Ciudad de Pachuca, en Real del Monte y Mineral de la Reforma (Figura 7.2.2.1.).



**Figura 7.2.2.1.- En rojo se observa la localización de las zonas con peligro por hundimiento en la Región I.**

Los hundimientos suscitados en esta Región son una consecuencia de los movimientos del terreno causados por la extracción subterránea de minerales y rocas, que dejan un vacío, el cual se ha ido rellenando por fuerzas gravitacionales con materiales del área circundante, que por asentamiento han formado superficies de hundimientos.

**a.3.1).- Hundimientos por obra minera en Pachuca.**

La minería en este municipio se ha desarrollado por más de 500 años, algunas obras mineras fueron explotadas hasta la superficie lo que ocasionó que muchas áreas quedaran expuestas y sobre estas se han desarrollado asentamientos humanos.

En la década de los noventas se suscito el primer colapso en la colonia Cubitos por lo que fue necesario realizar estudios para identificar otras áreas susceptibles a hundimientos.

La mayoría de las obras mineras en Pachuca, se localizan hacia la parte norte, noreste y oriente de la ciudad, detectándose algunos casos en los Barrios El Arbolito, Camelia, Xotol, San Rafael, San Nicolás y La Alcantarilla, Cerro El Cristo y las colonias Guadalupe, Buenos Aires y Nueva Estrella.

Esta área se constituye por 3 vetas principales que son: Valenciana, Corteza y San José de Gracia. Las tres estructuras fueron explotadas cercanas a superficie, lo que ha originado múltiples colapsos a lo largo de éstas; los hundimientos de mayores dimensiones se ubican en las vetas Corteza y Valenciana con diámetros que varían de 10 a 30 m y profundidades de hasta 60 m.

Las colonias que se consideran como de riesgo alto son: Barrio El Arbolito donde se detecto una zona de riesgo con un estimado de 40 m de ancho, sobre la cual están asentadas al menos 50 viviendas que en su mayoría son de tipo II y sólo unas cuantas de tipos III y IV, en la misma colonia en la calle Peñuñuri casa No. 305 se encuentra un hundimiento que tiene más de 50 m de profundidad con un diámetro de 40 m de acuerdo al estudio geofísico de resistividad realizado por el CRM en 2005 y un diámetro de 7 m en superficie.

En ambos extremos de las calles Peñuñuri, en los callejones El Zarco, Porvenir y Observatorio, los muros de las viviendas y banquetas presentan fracturas en sentido vertical y daño estructural en la horizontal; las fracturas varían de 1 a 5 cm. de ancho (Fotografía 7.2.2.1.).



**Fotografía 7.2.2.1. Hundimiento suscitado en la calle Peñuñuri No. 305, Barrio el Arbolito.**

En la colonia Nueva Estrella, sobre la veta Falla Encino se ubican 4 viviendas, en el Barrio La Camelia de la misma colonia se localizan otras 3 viviendas que se encuentran asentadas sobre el labrado de las veta Maravillas, por lo que estos sitios se consideran de riesgo alto. Debido a ello tuvieron que ser deshabitadas pues presentaban fracturamiento en pisos y muros. En Barrio Xotol, se ubican 20 viviendas de las misma forma presentan muros y pisos seriamente dañados por agrietamiento observándose la necesidad de realizar un desalojo.

En el Barrio San Rafael se identificó un fracturamiento sobre el labrado de la veta Vizcaína, ubicándose en ambos lados de la fractura 6 viviendas, de las cuales 3 han sido desalojadas por presentar daños severos en la estructura; en el Barrio San Nicolás se presentan hundimientos sobre el labrado de la veta falla Valenciana y a ambos lados de la estructura se encuentran ubicadas 6 viviendas y una cancha deportiva, así mismo se ubicaron otros tres puntos de hundimientos rellenos con basura y que no cuentan con ninguna protección o señalamiento; al noreste del cerro El Cristo se ubican 3 viviendas cercanas al tiro principal de la mina San Anselmo La Rabia, por lo que se considera zona de riesgo

Se perciben movimientos y se escuchan ruidos por posibles derrumbes en la localidad Barrio la Alcantarilla, el labrado de la veta Corteza presenta hundidos en serie que han sido rellenados por material heterogéneo, cuyo diámetro de la cavidad es de aproximadamente 50 m, se encuentran casas derribadas como testigo de los daños causados por hundimientos

En el cerro El Lobo se encuentra una zona de hundimientos alineados en la zona labrada por la veta del mismo nombre, estos hundimientos tienen un diámetro de 25 m, la zona se considera de alto riesgo, actualmente se tiene un campo deportivo.

En la Colonia Buenos Aires se encuentran más de cuatro viviendas que presentan fracturas en muros y pisos; en la que se tienen problemas por el relleno de los tiros con basura que expiden olores fétidos. En la obra El Túnel se ubican 5 viviendas, algunas de las cuales presentan fracturas en el muro, dado que estas zonas son consideradas de alto riesgo, no se debe permitir la construcción de más viviendas.

Las zonas localizadas en riesgo medio son: el tramo de la carretera que comunica a los poblados de Camelia y Cerezo, donde se encuentra el labrado de la veta falla Milanese, esta veta se une al Tiro de la Mina El Rosario, al extremo norte de la veta se ubican 3 casas con presencia de pequeñas fracturas en muros. El cerro Maravillas que se encuentra hacia el norte de Pachuca, en donde se encuentran obras mineras como tiros, túneles y minas y algunas que están fuera de la zona urbana pero que no dejan de representar un riesgo debido a que no cuentan con señalamientos ni están protegidos, en esta misma zona hay una veta falla en superficie que se dirige hacia el barrio Xotol; en la Colonia Guadalupe se tienen más de 5 viviendas en riesgo, algunas de estas presentan daños en su estructura y se encuentran habitadas por al menos 15 personas.

Las zonas en riesgo bajo corresponden a los jales; en la Ciudad de Pachuca están reconocidos 5 jales, de los cuales 3 se encuentran dentro del área urbana y sobre los cuales se ha incrementado la presencia de viviendas e infraestructura pública; al depósito de mayor dimensión se le conoce como Presa Sur 2, se encuentra en la periferia de las colonias Valle

de San Javier, Venta Prieta y Centro Minero. El jal que se conoce como Presa Sur 1, pertenece a la colonia ampliación Santa Julia y por último el jal Dos Carlos que se localiza en el municipio de Mineral de La Reforma.

En la localidad El Xotol existe un jal al cual se le reconoce con el mismo nombre, este pertenece al municipio de Pachuca pero se localiza a 1 km de la zona urbana.

### a.3.2).- Hundimientos por obra minera en Mineral de La Reforma.

En la calle 12 de Octubre se ubica el tiro San Guillermo el cual fue relleno con escombros para la construcción de una cancha deportiva lo que representa una zona de riesgo alto ya que este lugar es transitado por personas en este terreno se tiene la presencia de grietas de 10 cm de abertura con una superficie aproximada de 150 m. (Fotografía 7.2.2.2.).



**Fotografía 7.2.2.2.- Cancha construida sobre el tiro San Guillermo, en Mineral de la Reforma.**

**a.3.3).- Hundimientos por obra minera en Mineral del Monte.**

Existen 21 tiros y 3 minas dentro del área urbana, sin embargo, por comentarios de los habitantes, se sabe que existen alrededor de 300 tiros en toda la localidad.

De los 21 tiros, 7 son utilizados como basureros, los cuales se encuentran en los barrios de Dolores, El Viento, La Quebradilla, Sacramento, Acosta, Santa Agueda y Rancho El Capulín. Se observó además que algunos de estos tiros están cercados con malla y otros presentan barda de concreto, algunos otros que se encontraron sin ninguna medida de seguridad son los tiros de Dolores y El Viento.

Existen viviendas asentadas sobre los tiros, Santa Agueda, Santa Teresa, San Vicente así como el Ex-Hospital y que se encuentran recubiertos con loza de concreto. Las profundidades los tiros varían desde 400 a 700 m con un diámetro superficial de 15 m.

En el estacionamiento del barrio de Dolores, se observaron asentamientos y fracturas en el muro perimetral con aberturas de 5 cm (Fotografía 7.2.2.3.). También se observó viviendas con dichos fracturamientos como son las de los barrios de San Ignacio, Santa Teresa, La Ladrillera y el barrio San Ramón.



**Fotografía 7.2.2.3.- Fracturamiento del muro perimetral del estacionamiento en el Barrio Dolores.**

Las zonas de mayor riesgo están localizadas sobre las vetas Santa Brígida, en donde se estima una población afectada de 30 viviendas y 120 habitantes; sobre la veta Vizcaína se observaron alrededor de 33 viviendas con 143 habitantes aproximadamente y sobre la veta Santa Inés también se observan afectaciones a 15 viviendas y 60 habitantes, estas casas presentan fuerte fracturamiento con aberturas de hasta 20 cm (Fotografía 7.2.2.4.).



**Fotografía 7.2.2.4.- Zona de la veta Santa Inés, daños a algunas viviendas por movimiento del terreno.**

En la zona existieron 3 minas abandonadas denominadas Dificultad, La Rica y Acosta, existen otras tres obras las cuales están cubiertas por escombros y obras civiles construidas las cuales se encuentran afectadas 3 viviendas cerca del Panteón Inglés; en el Barrio Santa Teresa se encuentran afectadas 5 viviendas, ya que se ubican cerca de la mina Prisión, la superficie dañada es de 10 m<sup>2</sup> y la mina de Guadalupe se encuentran deterioradas 3 viviendas.

Hacia la parte noreste de Real del Monte, en el Barrio Sacramento se localiza una casa donde se observan fracturas en su construcción; en este mismo barrio se encuentra el tiro Sacramento 1 donde dos viviendas que por su cercanías a éste se consideran de riesgo medio por hundimientos.

En el Rancho Rufina frente a la primaria Altamirano se ubica un tiro con una profundidad de 150 m que ha sido cubierto, a un costado de este tiro se encuentra asentada una vivienda que hasta el momento no presenta daño en su infraestructura, pero que se localiza en una zona de riesgo medio por hundimiento.

También se localizaron obras mineras dispersas en la ciudad tales como: tiros San José La Rica, la cual tiene 650 m de profundidad, La Mina Purísima Concepción que tiene una profundidad de 850 m., Mina Dolores con 570 m de profundidad, Mina Acosta la cual es utilizada como lugar turístico y tiene un túnel de 450 m con dirección S45°E, Mina Dificultad con una profundidad de 525 m; así como los Tiros Santa Agueda, Guadalupe, Santa Teresa, Resquicio (con 270 m de profundidad), San Esteban, Santa Bárbara, San Ignacio, Mina Pabellón y San Carlos La Reunión. La presencia de estas obras dentro de la zona urbana no deja de representar un peligro inminente por la ubicación áreas habitacionales en su entorno (Figura 7.2.2.2.).

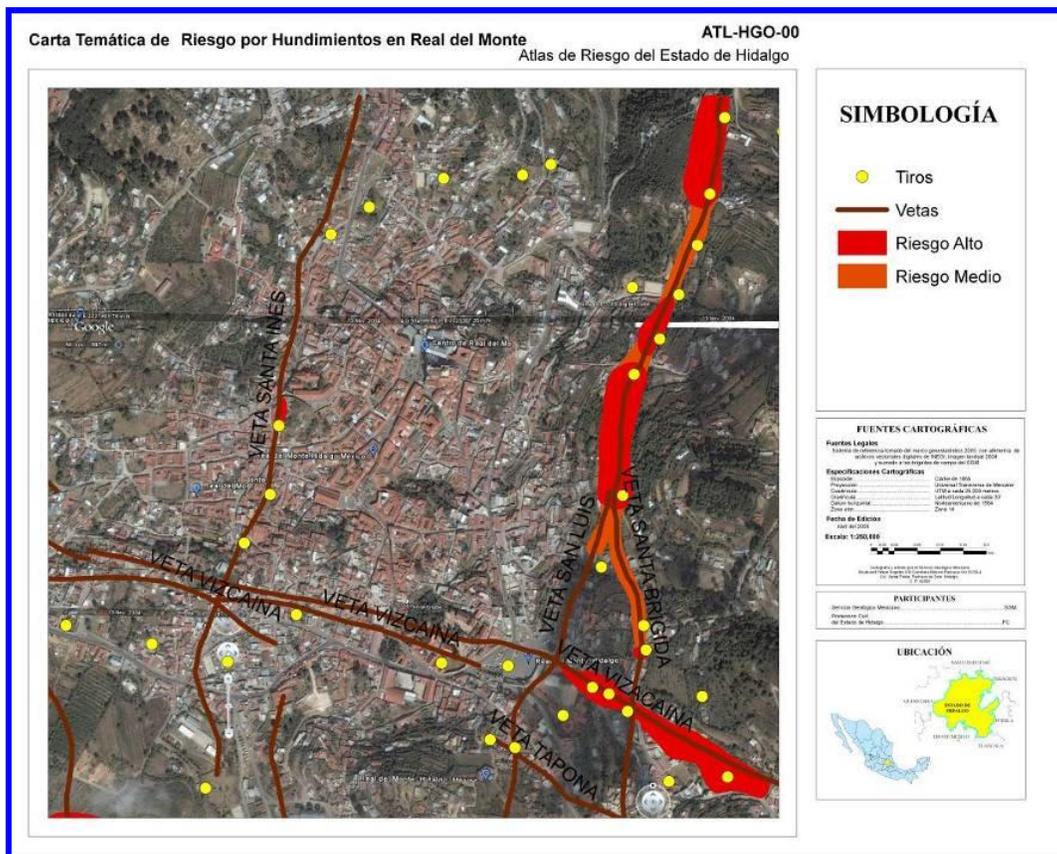
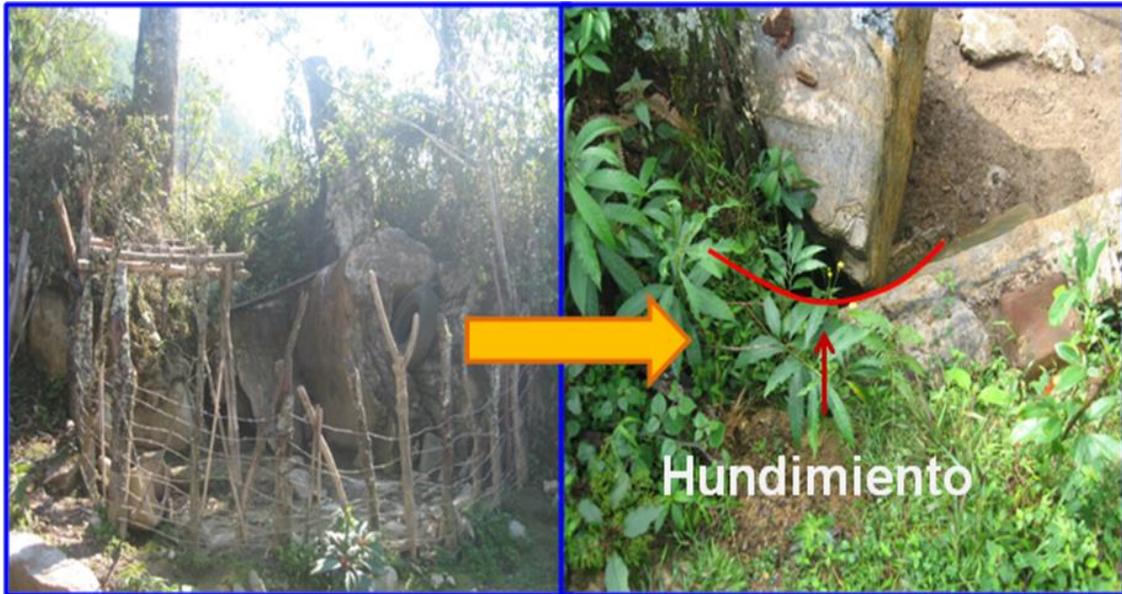


Figura 7.2.2.2.- Zonificación por riesgo alto y medio en la Ciudad de Real del Monte.

#### a.4).- Región IV

En esta Región se detectaron 3 zonas en peligro por hundimientos kárstico (Figura 7.2.2.3.).





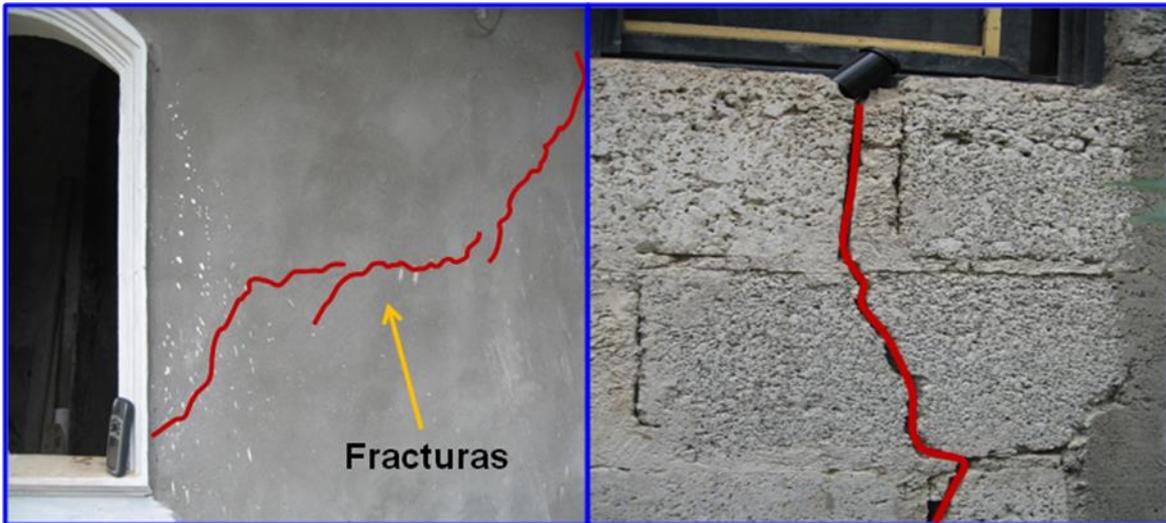
**Fotografía 7.2.2.5. Hundimiento de 30 m en la localidad Nuevo Monterrey, actualmente taponaron el boquete con rocas.**

Sobre la carretera de Nueva Era con Nuevo Monterrey se observan cortes donde la kársticidad es perfectamente visible por lo que se infiere que esta zona es susceptible a hundimientos. Este fenómeno se extiende en un área de 2 km<sup>2</sup>, se recomienda no establecer ningún tipo de asentamiento (Fotografía 7.2.2.6.).



**Fotografía 7.2.2.6 Cavernas ubicadas sobre el camino Nueva Era a Nueva Monterrey.**

En Chipoco se identificaron zonas de hundimiento debido a que esta población se encuentra asentada sobre caliza de la Formación Chipoco, una de las características de esta roca es la presencia de fracturas que se agrandan por la circulación de agua a través de estas, ocasionando la formación de cavernas por disolución del carbonato, las casas en este poblado presentan fuerte fracturamiento en muros, pisos, columnas y techos (Fotografía 7.2.2.7.).



**Fotografía 7.2.2.7. Fracturamiento de viviendas del poblado Chipoco.**

El hundimiento que se presenta en la ex Unidad Minera Otongo ubicada en el mismo poblado de Chipoco, (Fotografía 7.2.2.8.) fue debido a que el suelo arenoso mal compactado (jales) y reblandecimiento causado por lluvias, provoco un hundimiento en la infraestructura desplantada en ese sitio.

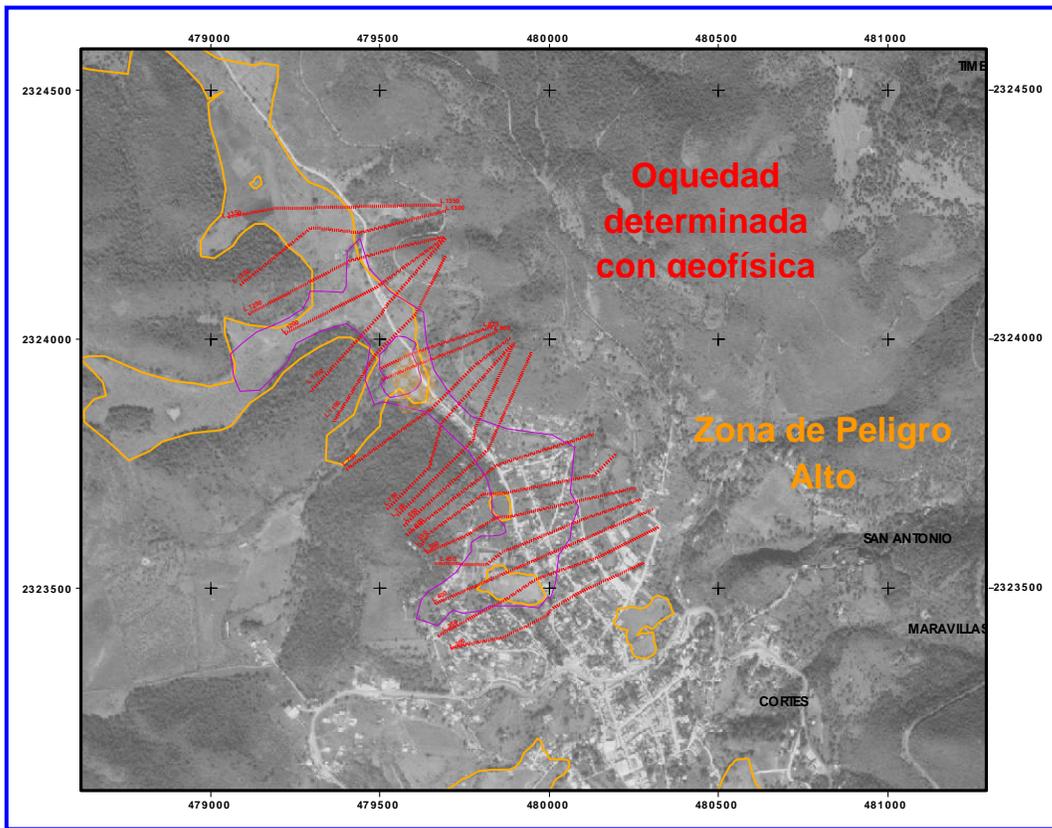


**Fotografía 7.2.2.8. Hundimiento en la ex Unidad Minera de Otongo.**

#### **a.5).- Región V**

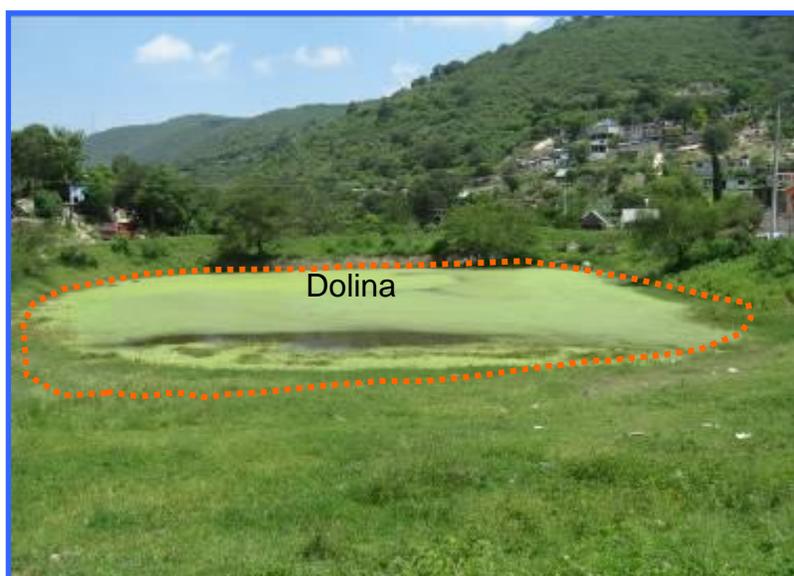
En Jacala en el mes de agosto de 2006, la Dirección de Protección Civil del Gobierno del Estado, contrató a la empresa Perforaciones y Geología (PERGEO), para realizar un estudio de geofísica. En este estudio se identificó una cavidad en los barrios “El Calvario, El Polvorín y Cerritos”, su diámetro se estimó en aproximadamente 50 m y su profundidad menor a los 50 m, por lo que esta localidad se le considera como de peligro alto (Figura, 7.2.2.7.).

En la zona de la secundaria, no se detectaron oquedades en el subsuelo, por lo que la deformación superficial corresponde a asentamientos irregulares del terreno arcilloso.



**Figura 7.2.2.7.- De acuerdo a los resultados del estudio de geofísica realizado por PERGEO S. A. de C. V., se identificaron las zonas de peligro alto por hundimientos.**

En la colonia el Polvorín (noroeste de Jacala), 34 viviendas son afectadas, de las cuales 6 han sido desalojadas. Esta colonia se encuentra asentada sobre caliza y dolomía, con alto grado de disolución. Cercana a esta colonia se tiene una dolina que se utiliza como represa (Fotografía 7.2.2.9.). De acuerdo a la información proporcionada se sabe que frecuentemente se escuchan estruendos subterráneos y se sienten movimientos sísmicos, lo que provoca que algunas dolinas que tienen agua almacenada lleguen a vaciarse.



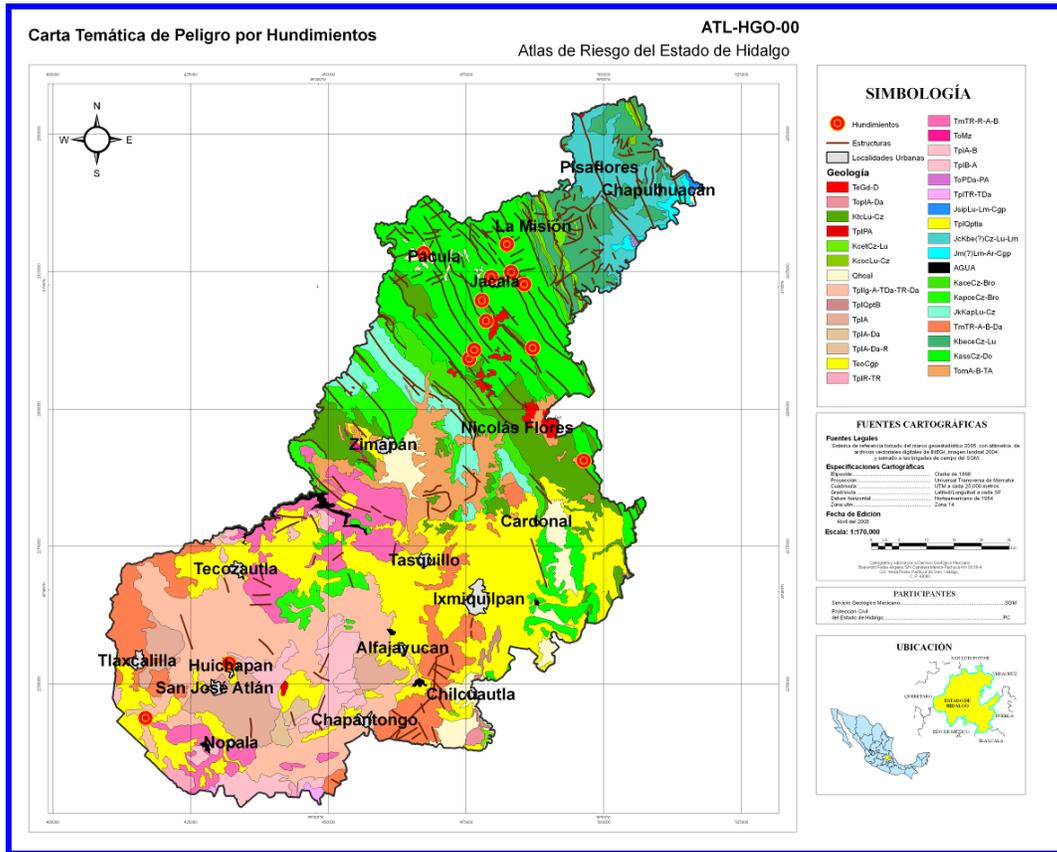
**Fotografía 7.2.2.9.- Dolina ubicada en la Colonia El Polvorín, Jacala de Ledezma.**

En este municipio también se encuentra afectado el Centro Cristiano, los trabajos de geofísica (PERGEO) ubicaron una oquedad a menos de 50 m de profundidad, el edificio presenta fracturamiento en sus muros, agravándose en el extremo NW donde ya se observa un asentamiento diferencial, el personal de Protección Civil Municipal menciona que en época de estiaje el terreno presenta agrietamiento por desecación con alineación sensiblemente paralela a la dirección de la pendiente, el edificio actualmente está abandonado.

Otro problema de subsidencia se observa al sur de Jacala, en donde la principal afectación es a un edificio del CETis y a varias viviendas que se encuentran alrededor de una dolina de aproximadamente 2 km<sup>2</sup> de diámetro de forma burdamente elipsoidal. Los muros y pisos de los inmuebles y centro escolar localizados en la periferia de la misma, presentan fuerte fracturamiento con dirección NW-SE, actualmente esta área es utilizada para uso agrícola.

Se tiene otra zona de dolinas que se encuentran alineadas con una orientación NW-SE (Figura 7.2.2.8.) que corresponde a la misma orientación que presentan los anticlinales y sinclinales de la Región. Existen comunidades que se encuentran asentadas sobre las

dolinas son: El Sótano, El Pinalito, Laguna Seca, Pacula y Vicente Guerrero y que presenta un riesgo alto.



**Figura 7.2.2.8.- Ubicación de hundimientos de la Región V, están alineados con las estructuras geológicas, que tienen una dirección NW-SE.**

En la comunidad del Sótano, el año pasado se sintió un estruendo acompañado de movimientos sísmicos, la dolina se encuentra a escasos 300 m bajo su nivel de agua (4 m), esto debido a que se formó una nueva oquedad dentro de la dolina, las pocas viviendas de tipo II y algunas de tipo I no han sufrido agrietamiento, por lo que es difícil percibir algún tipo de movimiento del suelo.

En El Pinalito, Laguna Seca, Pacula y Vicente Guerrero, de acuerdo a la información de los habitantes sus viviendas no han sufrido agrietamiento en muros o pisos, sin embargo es común sentir movimientos sísmicos.

En Agua Fría Grande, Octupilla, Barranca Arriba, Durango y El Cobrecito aparte de las dolinas, se tiene la presencia de cavernas y aberturas (denominadas localmente “sótanos” y “respiraderos”), dichas cavidades son aparentemente estables en superficie, por lo que actualmente no se tiene reporte de colapso repentino de cavernas que afecte a alguna población del área.

Otras poblaciones afectadas por hundimientos en la Región son las localidades Cieneguilla, Barrio de Manzanitas y La Laguna perteneciente al municipio de Cardonal, donde se tienen diversas evidencias de estos casos; como dolinas, cavernas y la existencia de drenaje subterráneo, la afectación es aproximadamente a un área de 1 km<sup>2</sup>, en donde se encuentran asentadas 30 viviendas, en el camino de terracería se encuentra en riesgo por dichos hundimientos. El fenómeno se debe a la kársticidad y está asociada a una falla regional que tiene un rumbo NW-SE (Foto 7.2.2.10.)



**Fotografía 7.2.2.10. En La Cieneguilla-Barrio Manzanitas y La Laguna, la disolución de la caliza, da lugar a oquedades.**

En la cabecera municipal de Huichapan en el año 2008 se suscito un hundimiento en la calle Profesora María Tapia Lugo (atrás del centro de Salud), un camión de transporte que iba circulando por esta calle se colapso, este hundimiento se debe a que desde la época de la revolución se excavaron túneles los cuales atraviesan casi toda la cabecera municipal, la

litología de esta localidad es de tobas, este problema se agravó ya que los mismos pobladores al encontrar estos túneles que ya estaban rellenos comenzaron a extraer nuevamente el material dejando grandes oquedades (Figura 7.2.2.9.).

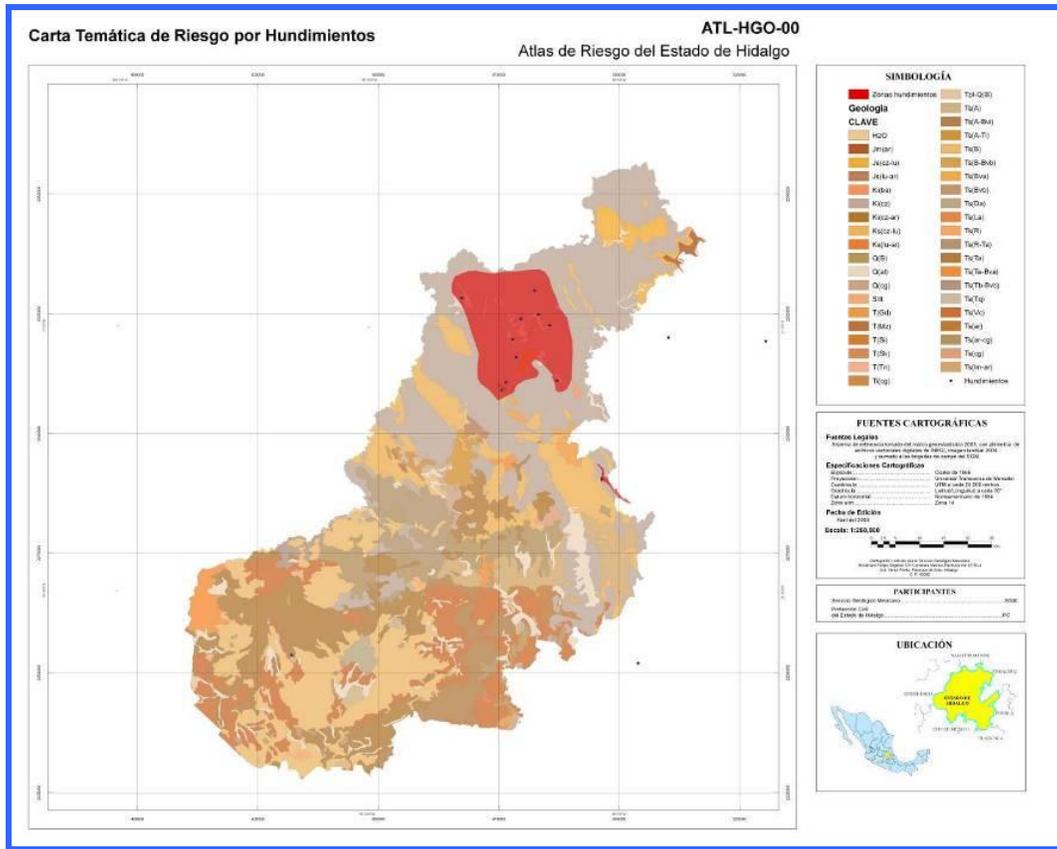
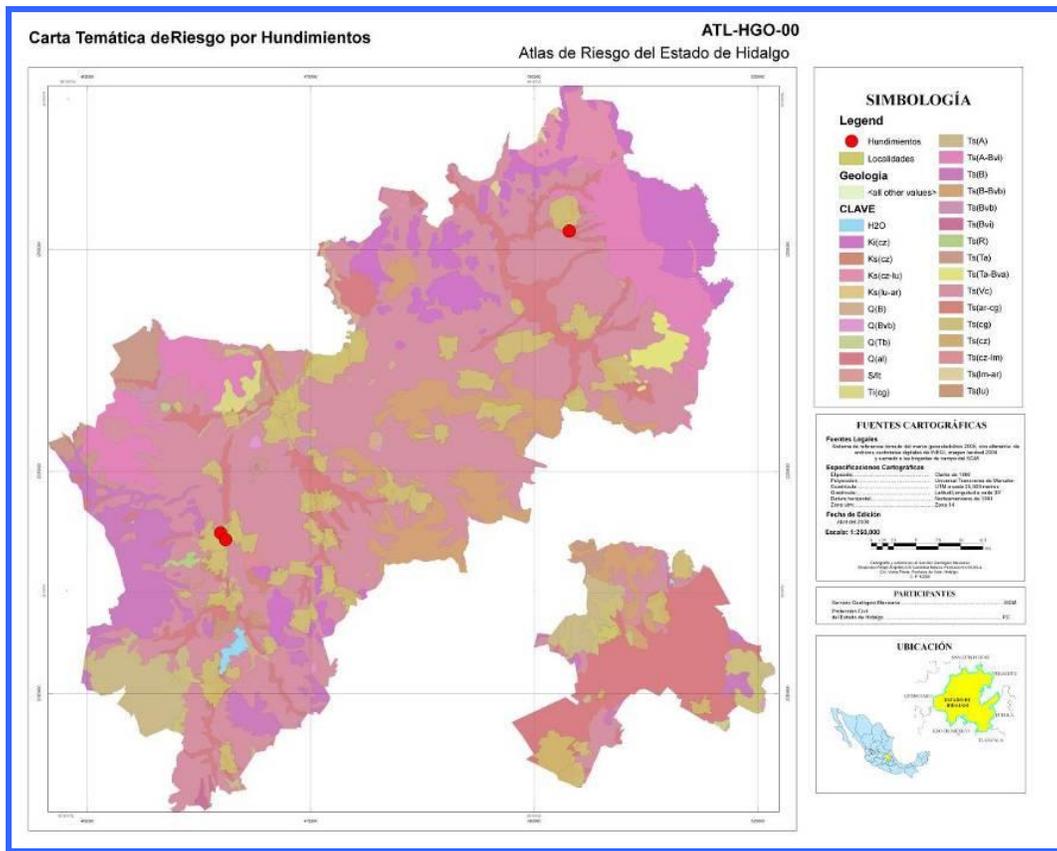


Figura 7.2.2.9.- En rojo se tiene la zonificación de riesgo alto por hundimientos en la Región V.

a.6).- Región VI

En esta Región los hundimientos que se han suscitado se reflejan en viviendas construidas sobre antiguos bancos de material en terrenos que presentan oquedades como es el caso de Tula y Tepeji del Río y a la construcción de estructuras sobre material no consolidado como es el caso de la localidad de Santiago de Anaya (Figura, 7.2.2.10.).



**Figura 7.2.2.10.- Zonas (marcadas en rojo) donde se han presentado hundimiento en la Región VI, las cuales están consideradas como de riesgo alto.**

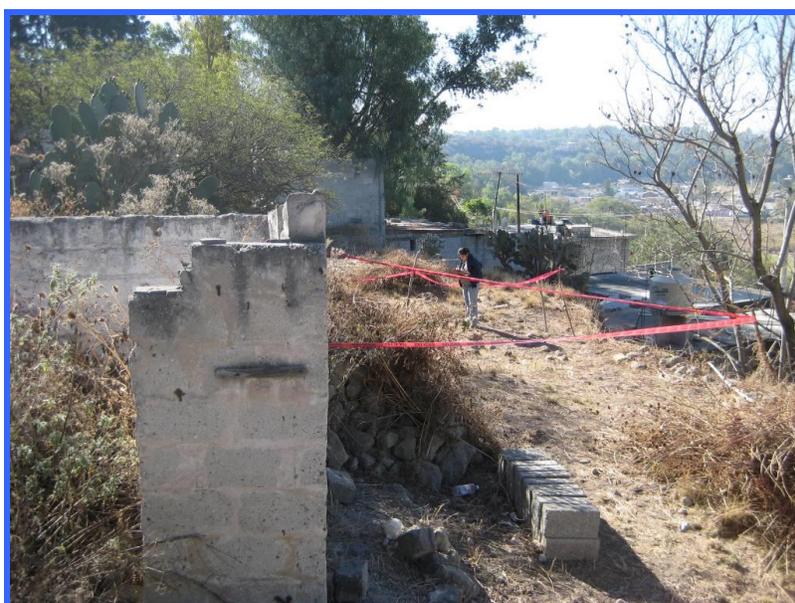
En Santiago de Anaya (cabecera municipal) a dos kilómetros al sur del poblado, se tiene construida una presa de oxidación con dimensiones de 4 X 4 X 3 m techada con loza. Esta estructura sufrió un asentamiento y basculamiento con una inclinación de 5° con dirección al NW, este fenómeno ocurrió en el mes de julio de 2008. De acuerdo a lo observado en campo esta estructura se encuentra asentada sobre material no consolidado (arenas y gravas), además el suelo presenta grietas de desecación y sobre el camino pavimentado se llegan a sentir pequeños desniveles, lo que nos indica que esta área es inestable.

De acuerdo a lo observado en la imagen de satélite y ortofoto se tienen curvilineamientos y lineamientos con una orientación NE-SW, perdiéndose el rasgo en la zona de la planicie con lo que se puede concluir que esta área presenta inestabilidad por subsidencia, se recomienda realizar un estudio geológico y geofísico del área para determinar con precisión el área en peligro.

En la Ciudad de Tula, los hundimientos se han registrado en las colonias Centro, unidad habitacional de PEMEX, Jalpa, Barrio Alto, San Lorenzo, San Marcos y El Carmen.

Sin embargo, las colonias que se han visto más afectadas son: Unidad Habitacional de PEMEX y Colonia Cielito, donde se generó un hundimiento el 6 febrero de 2009 (fotografía, 7.2.2.11.) debido a que está asentada en lo que se considera un antiguo banco de material (del cual no se tiene registro alguno), donde extraían arena, la evidencia del hundimiento son grietas de 20 a 50 cm; por comentarios de los habitantes la oquedad es muy profunda y se manifiestan emanaciones de vapor. La morfología del sitio corresponde a un cerro, formado por rocas volcánicas de composición tobácea, esta roca es muy deleznable y fácil de erosionar con la acción del agua pluvial, así como por descargas de aguas negras de la red de drenaje de asentamientos localizados en la zona, lo que reblandece la roca y propicia el fenómeno de hundimiento.

La Colonia El Cielito se encuentra en riesgo alto por hundimientos ya que se observan grandes oquedades en los alrededores de esta colonia viéndose afectadas aproximadamente 200 viviendas construidas de mampostería, la escuela primaria “Toltecatoytl” y el preescolar “Huitzilopochtli”.



**Fotografía 7.2.2.11.- Diámetro del hundimiento ocurrido en la colonia El Cielito.**

En la Unidad Habitacional de PEMEX, los hundimientos se deben a la compactación natural de los suelos residuales o aluviales, y que combinado con el peso de las casas y con la extracción de agua a través de los pozos que son principalmente utilizados para consumo urbano, han generado los asentamientos en el terreno. Las evidencias del hundimiento son: grandes grietas sobre el pavimento, postes ladeados y fracturas en casas y barda (Fotografía 7.2.2.12.); la afectación es a 150 viviendas.



**Fotografía 7.2.2.12.- Unidad Habitación de PEMEX, las evidencias de movimientos de masas se representa por postes ladeados, fracturas en casas y sobre el pavimento.**

En Tepeji del Río en la Colonia Noxtongo, se puede observar la presencia de grandes oquedades (Fotografía 7.2.2.13.) debido a extracción del material que consiste en tobas, lo que ha ocasionado deslizamientos y posiblemente genere futuros hundimientos, dentro de esta colonia se ubica un terreno baldío a 200 m de las viviendas, por lo que antes de construir algún fraccionamiento se recomienda realizar un estudio geofísico para conocer las condiciones del terreno y delimitar de manera exacta la zona de riesgo.



**Fotografía 7.2.2.13.- Oquedades presentes en la Colonia Noxtongo.**

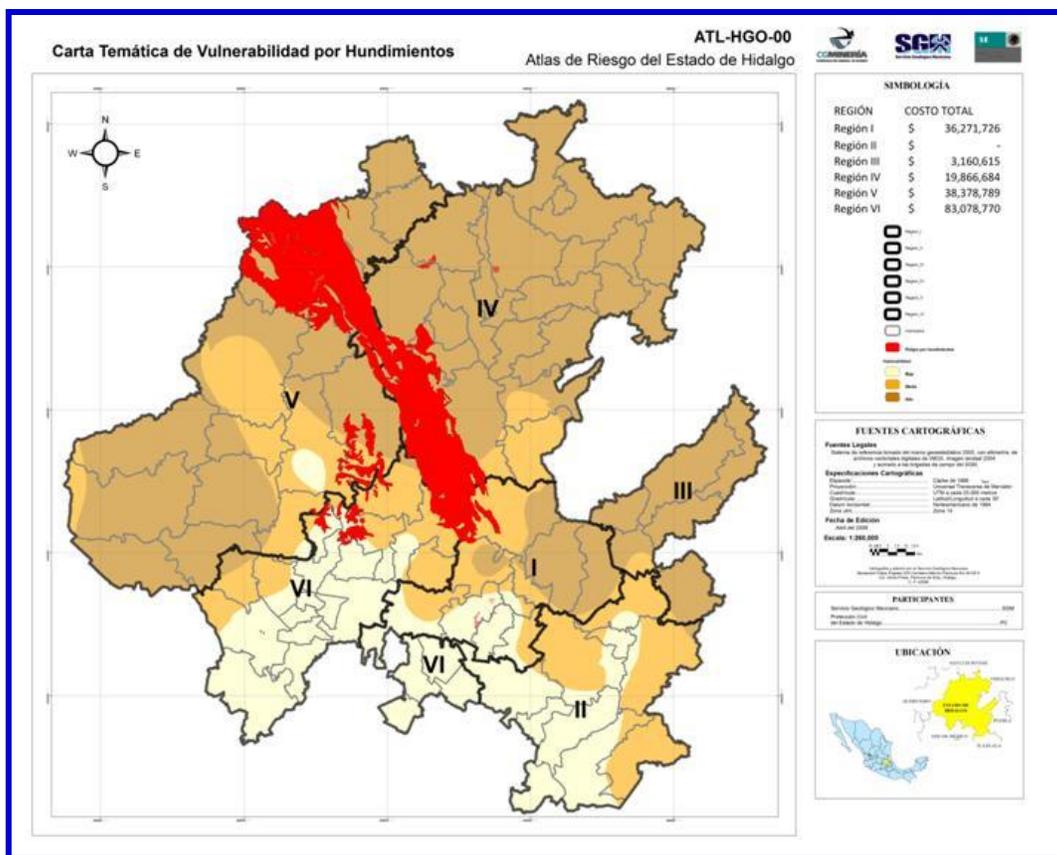
En la Región se identificaron 3 localidades en riesgo alto por hundimiento (Tabla 7.2.2.1.), debido a dos factores: el primero, el asentamiento de viviendas sobre material mal compactado sobre antiguos bancos de material, la litología consiste en tobas muy deleznales que por la acción del agua los materiales son socavados haciendo que el terreno sea inestable. Mientras que el segundo es la sobreexplotación de agua a través de los pozos que son principalmente utilizados para consumo urbano, ha generado los asentamientos en el terreno.

**Tabla 7.2.2.1 Localidades de la Región VI con problema de hundimientos y sus afectaciones.**

Municipio	Localidad	Afectación
Santiago de Anaya	Santiago de Anaya	1 presa de oxidación y 1 camino
Tula	Colonia Cielito	200 viviendas de tipos II y III y 2 escuelas
Tula	Colonia Vías del Salitre	150 viviendas de tipos II y III
Tepeji del Río	Colonia Noxtongo	200 viviendas de tipos II y III

**b) Vulnerabilidad**

La Región V en su límite con la Región IV, son las más vulnerables a ser afectadas por la presencia de hundimientos, ya que en la mayoría de los casos, los asentamientos irregulares que se distribuyen cerca o dentro de la zonificación de peligro, carecen en la mayoría de los casos de un sistema de drenaje, lo que ayuda a acelerar la erosión de la roca calcárea existente en la zona aunado a las fuertes precipitaciones (Figura 7.2.2.11.). En la zona centro, los hundimientos están asociados a la actividad minera, CONAPO (2005) considera que el grado de marginación varía de medio a bajo.



**Figura 7.2.2.11.- Zonificación de vulnerabilidad y áreas susceptibles a hundimientos en el Estado.**

La concentración principal en el Estado de Hidalgo se distribuye en la porción central de la Región V, en la porción sur-occidental de la Región IV, en la fracción nor-occidente de la Región I y en los límites de la Región V y VI, estos hundimientos se caracterizan por ser

producto de kársticidad, obras mineras y extracción de agua que provoca materiales no consolidados.

**b.1).- Región I**

Esta Región presenta alto riesgo por hundimiento debido a que la población se ha asentado cerca de antiguas obras mineras afectando principalmente a las ciudades de Pachuca, Real del Monte y Mineral de la Reforma. En la Región hay un total de 218 viviendas con aproximadamente 872 habitantes en zona de riesgo por hundimientos; para el caso de Pachuca se tienen 124 casas en riesgo por hundimiento, dichas casas son de tipo II (Tabla 7.2.2.2.).

**Tabla 7.2.2.2.- Colonias con vulnerabilidad alta por hundimiento en la Ciudad de Pachuca.**

Colonias	Viviendas	Habitantes
Barrio El Arbolito	50	200
Colonia Nueva Estrella	8	40
Barrio Camelia	4	16
Barrio Xotol	20	80
Barrio San Rafael	6	12
Barrio San Nicolás	6	24
Cerro El Cristo	3	29
Barrio La Alcantarilla	10	40
Colonia Guadalupe	5	20
Colonia Buenos Aires	7	28
Cubitos	5	20

En Real del Monte pueden resultar afectadas 115 viviendas de tipo III con 460 habitantes (Tabla 7.2.2.3.).

**Tabla 7.2.2.3.- Colonias con vulnerabilidad alta por hundimiento en la Ciudad de Real del Monte.**

Colonias	Viviendas	Habitantes
Barrio del viento	6	24
Barrio La Quebradilla	2	8
Barrio de Sacramento	10	40
Barrio de Acosta	2	8
Mina de Acosta	1	4
Panteón Ingles	3	12
Barrio de Guadalupe	5	20
Santa Agueda	18	72
Barrio la Reforma	1	4
Calle Santa Teresa	4	16
Barrio San Vicente	5	20
Barrio El Hospital	10	40
Barrio San Ignacio	4	16
Mina Guadalupe	3	12
Barrio Santa Teresa	5	20
Barrio San Ramón	16	64

### b.2).- Región IV

Entre Nuevo Monterrey y la Nueva Era se identificaron zonas con vulnerabilidad alta por hundimiento el cual es observado a lo largo de cortes sobre la carretera. Se encuentran sensibles 1 vivienda construida de tipo III, así como 2 km de terracería entre ambas poblaciones.

En la colonia Unidad Minera en Chipoco existen 20 casas de tipo II vulnerables, esta colonia ya ha sido deshabitada debido a los hundimientos generados en la zona ya que las casas presentan fuerte fracturamiento.

**b.3).- Región V**

El principal problema en la Región es la existencia de asentamientos urbanos, mismos que se dan próximos a zonas de escurrimientos naturales o ríos subterráneos, aproximadamente hay 222 viviendas cerca de dolinas, cavernas, etc., lo que pone en peligro a los habitantes de las localidades de El Polvorín, Agua Fría Grande, Durango, El Cobrecito, Laguna Seca, El Sótano, El Pinalito, Pacula y Cieneguilla. Aproximadamente en toda la Región hay 888 habitantes altamente vulnerables, las construcciones suelen ser de tipo II, con algunos servicios (Tabla 7.2.2.4.).

**Tabla 7.2.2.4.- Colonias con vulnerabilidad alta por hundimiento de la Región V.**

Localidades	Viviendas	Habitantes
El Polvorín	28	112
Agua Fría Grande	20	80
Durango	5	20
El Cobrecito	20	80
Laguna Seca	100	400
El Sótano	6	24
El Pinalito	3	12
Pacula	10	40
Cieneguilla	30	120

**b.4).- Región VI**

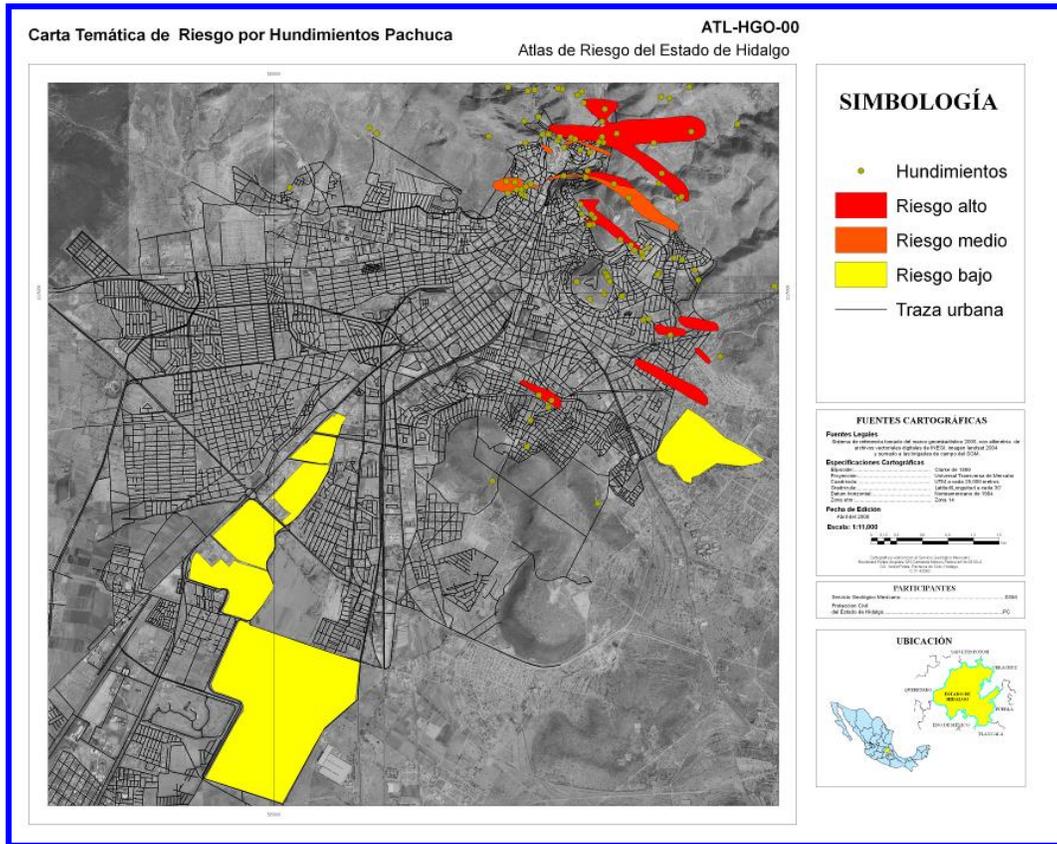
En esta Región los hundimientos que se han suscitado se deben principalmente a la construcción de viviendas sobre antiguos bancos de material en terrenos que presentan oquedades como en Tula y Tepeji del Río, a la construcción de estructuras sobre material no consolidado como es de Santiago de Anaya. Se tienen aproximadamente 350 viviendas con vulnerabilidad alta, las construcciones son de tipo II, con algunos servicios (Tabla 7.2.2.5.).

**Tabla 7.2.2.5.- Colonias con vulnerabilidad alta por hundimientos en la Región VI.**

Localidades	Viviendas	Habitantes
Colonia Cielito	200	800
Unidad habitacional PEMEX	150	600



vetas, jales, etc. (Figura 7.2.2.13.). En la ciudad de Pachuca los hundimientos de mayor riesgo se ubican en el noreste y los de menor riesgo (jales) en el suroeste de la ciudad



**Figura 7.2.2.13.- Zonificación de riesgo por hundimiento en la Ciudad de Pachuca.**

Las zonas consideradas como de riesgo alto son aquellas viviendas que se encuentran asentadas a lo largo de vetas en donde la explotación minera llegó a la superficie o que cuentan con un abrigo (espesor entre superficie y obra minera) que va de 0 a 50 m, y en donde en algunos casos hubo explotaciones posteriores. Las zonas en riesgo medio son en las que las obras mineras dejaron un abrigo de más de 50 m, y las zonas que se consideran como de riesgo bajo son los asentamientos sobre jales (Tabla 7.2.2.6.).

**Tabla 7.2.2.6.- Colonias en riesgo alto, medio y bajo en la Región I, y sus principales afectaciones.**

Municipio	Colonia	Risgo	Afectación
Pachuca de Soto	Barrio El Arbolito	Alto	viviendas
	Colonia Nueva Estrella	Alto	viviendas

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	Veta Falla Encino	Alto	viviendas
	Barrio Camelia	Alto	viviendas
	Barrio Xotol	Alto	viviendas
	Barrio San Rafael	Alto	viviendas
	Barrio San Nicolás	Alto	viviendas
	Cerro El Cristo	Alto	viviendas
	Barrio La Alcantarilla	Alto	viviendas (derribadas)
	Cerro El Lobo	Alto	1 pista para deporte
	Colonia Buenos Aires	Alto	viviendas
	Colonia Cubitos	Alto	viviendas (derribadas)
	Obra El Tunel	Alto	viviendas
	Veta Falla Milaneza	Medio	viviendas
	Cerro Maravillas	Medio	Tiro sin proteger
	Colonia Guadalupe	Medio	viviendas
	Valle de San Javier	Bajo	viviendas
	Venta Prieta	Bajo	viviendas
	Centro Minero	Bajo	viviendas
	Ampliación Santa Julia	Bajo	viviendas
	Xotol	Bajo	viviendas
Real del Monte	Barrio Dolores	Alto	20 viviendas
	Barrio del Viento	Alto	6 viviendas
	Barrio La Quebradilla	Alto	2 viviendas
	Barrio de Sacramento	Alto	10 viviendas
	Barrio de Acosta	Alto	2 viviendas
	Mina de Acosta	Alto	1 viviendas
	Panteón Ingles	Alto	3 viviendas
	Barrio de Guadalupe	Alto	5 viviendas
	Santa Agueda	Alto	18 viviendas
	Barrio la Reforma	Alto	1 viviendas
	Calle Santa Teresa	Alto	4 viviendas
	Barrio San Vicente	Alto	5 viviendas
	Barrio el Hospital	Alto	10 viviendas
	Barrio San Ignacio	Alto	4 viviendas



En la tabla 7.2.2.7., se muestran las localidades en riesgo por hundimiento, así como su principal afectación.

**Tabla 7.2.2.7. Localidades en riesgo alto de la Región IV y sus principales afectaciones.**

Municipio	Localidad	Riesgo	Afectación
Molango	Nuevo Monterrey	Alto	1 vivienda y 1 camino
	Chipoco	Alto	20 viviendas de tipos II y III

### c.3).- Región V

Se tienen 9 localidades que se encuentran en riesgo alto por hundimiento debido a la kársticidad que hay en el área, en la tabla 7.2.2.8., se muestran las localidades que han sido afectadas y el municipio al que pertenecen así como la afectación que han sufrido.

**Tabla 7.2.2.8.- Localidades con problema de hundimiento en la Región V y sus afectaciones.**

Municipio	Localidad	Afectación
Jacala	El Polvorín	28 viviendas
	Agua Fría Grande	20 viviendas
	Durango	5 viviendas
	El Cobrecito	20 viviendas
	Laguna Seca	100 viviendas
	El Sótano	6 viviendas
	El Pinalito	3 viviendas
Pacula	Cieneguilla	30 viviendas
	Pacula	10 viviendas

En la Figura 7.2.2.15., se observa en color rojo la zona que está en riesgo por hundimientos en la Región V la cual abarca los municipios de Jacala y Pacula.

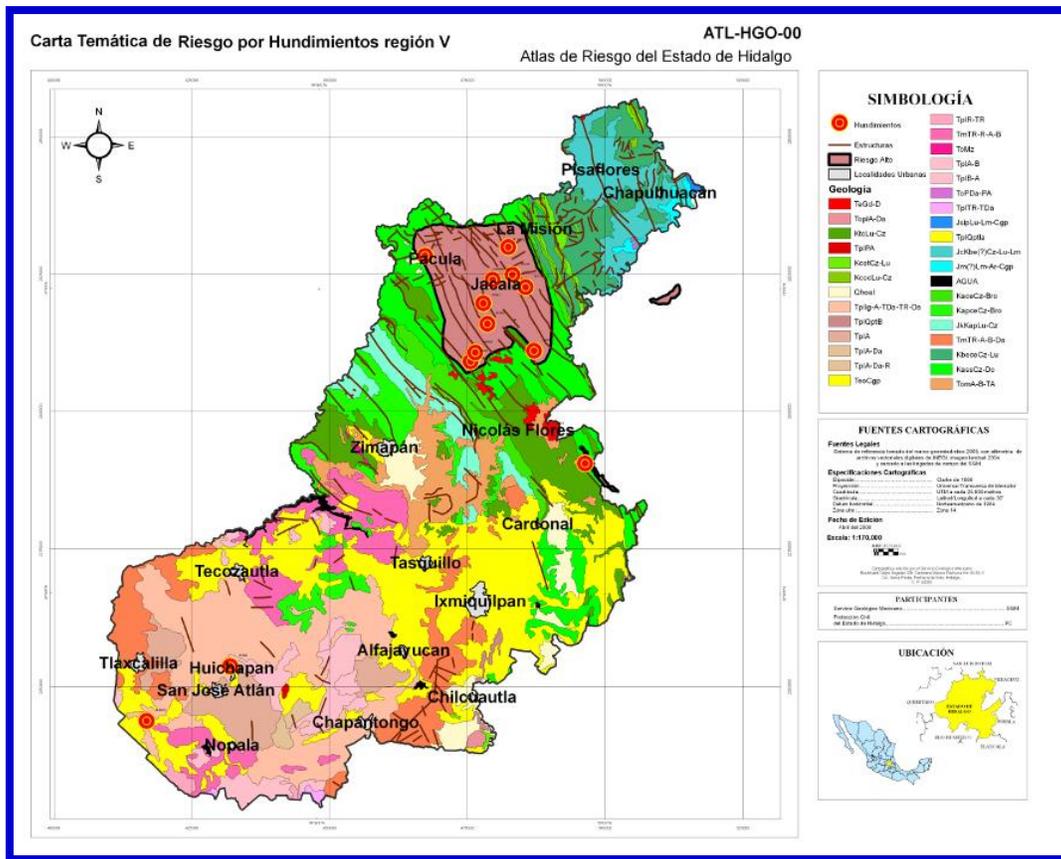


Figura 7.2.2.15.- Zonificación (rosa) de riesgo alto por hundimientos en la Región V.

c.4).- Región VI

Se identificaron 3 localidades en riesgo alto por hundimiento Tabla 7.2.2.9.

Tabla 7.2.2.9.- Localidades de la Región VI con problema de hundimiento y sus afectaciones.

Municipio	Localidad	Riesgo	Afectación
Santiago de Anaya	Santiago de Anaya	Alto	1 presa de oxidación y 1 camino
Tula	Colonia Cielito	Alto	200 viviendas de tipos II, III y IV, y 2 escuelas
Tula	Colonia Vías del Salitre	Alto	150 viviendas de tipos II, III y IV,
Tepeji del Río	Colonia Noxtongo	Alto	200 viviendas de tipos II, III y IV,

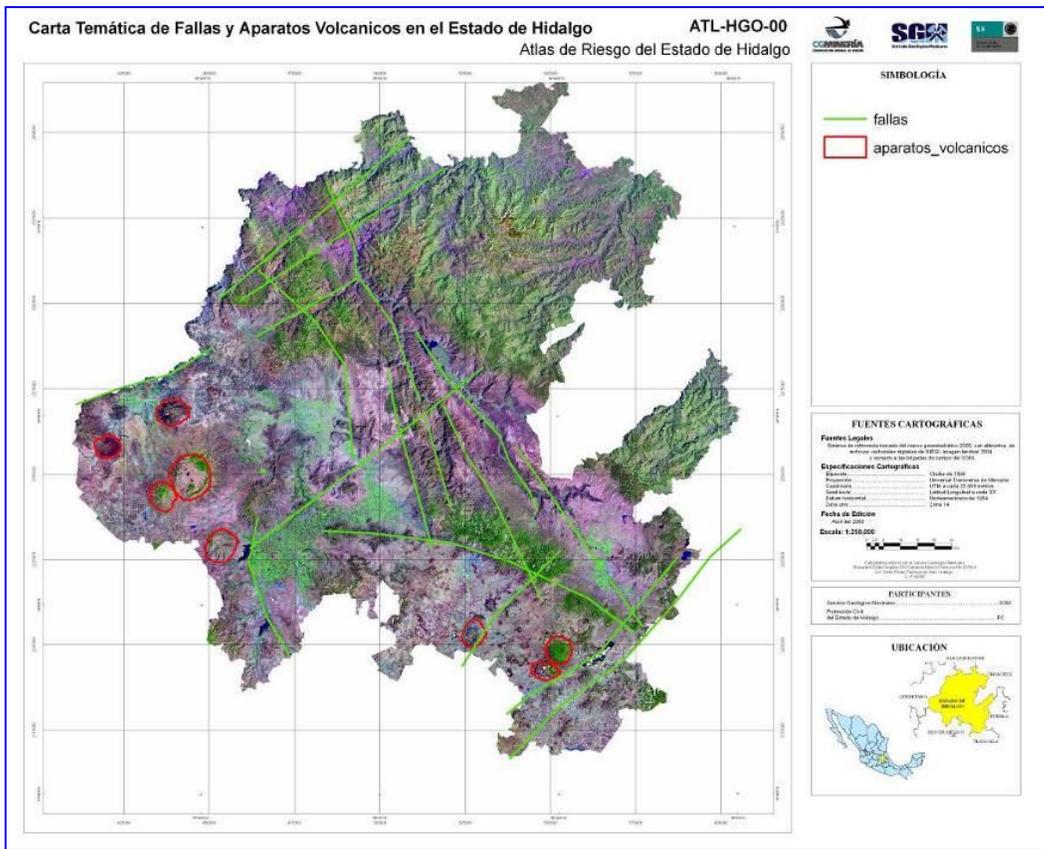
### 7.2.3.- Vulcanismo

El nacimiento de volcanes y la actividad de muchos de los existentes también es un fenómeno que contribuye a la transformación del relieve terrestre. Es sin duda el proceso que origina mayores modificaciones en menor tiempo. Sucede en forma tan rápida que a la fecha es uno de los procesos geológicos mejor conocidos por el hombre. En el mundo hay muchos millones de personas expuestas al riesgo de erupciones volcánicas, en especial explosivas. Algunas de estas personas viven incluso en las propias laderas de los volcanes.

La actividad volcánica que se manifiesta en la superficie terrestre se debe al ascenso de magma (una masa de roca fundida del interior de la Tierra) a través de grietas, que al salir a superficie su expresión es violenta y peligrosa en forma de erupciones y sismos que forman estructuras volcánicas como calderas y volcanes. Nunca se ha observado en México la formación de una caldera, a pesar de que las erupciones volcánicas han sido frecuentes a través de la historia.

Las estructuras volcánicas que forman son principalmente Calderas, domos, conos de eyección, teniendo formas cónicas y circulares típicas de los volcanes. Cabe señalar que algunos de estos aparatos volcánicos son difíciles de identificar, ya que están muy erosionados y se encuentran prácticamente a nivel de la superficie.

En el Estado de Hidalgo las fallas juegan un papel muy importante en el desarrollo de las emisiones de roca volcánica, ya que estas funcionan como conductos por donde fluye el magma, que al salir a superficie nos forma las diferentes aparatos volcánicos y mesetas compuestas tanto de basalto, andesita, riolita, toba, etc (Figura 7.2.3.1.)



**Figura 7.2.3.1.- Sistema principal de fallas y fracturas, aparatos volcánicos más grandes y representativos del Estado.**

El sistema de fallas de orientación NW 20-35° SE coincide con los rumbos de los ejes de los anticlinales de las rocas sedimentarias y el sistema de fallas NE 40-65° SW coincide con la presencia de aparatos volcánicos alineados en esa dirección, además de delimitar las fosas tectónicas, las cuales han formado pequeñas y medianas cuencas lacustres como la de la laguna de Tecocomulco y Valle del Mezquital, actualmente se encuentran saturadas por depósitos de materiales arcillo-arenoso, cenizas y derrames volcánicos, quedando solamente como evidencia algunos remanentes de agua.

Otro aspecto importante asociado al vulcanismo es la presencia de zonas termales, donde la CFE ha establecido la existencia de más de mil manifestaciones termales en la República Mexicana, de las cuales solo una minoría corresponde a sistemas capaces de generar energía eléctrica comercialmente. La mayoría de estos puntos localizados han sido utilizados como balnearios aún desde tiempos precolombinos. La mayoría de estas zonas termales se

localizan en la parte central del país, coincidiendo con el Eje Neovolcánico, el cual contiene la mayoría de los volcanes mexicanos que han presentado actividad reciente. Los factores que determinan la presencia de estas zonas termales es la fuente de calor provocada por la actividad volcánica que está en proceso de enfriamiento, además la existencia de agua suficiente en el subsuelo para mantener la actividad hidrotermal.

En el Estado se tienen conocidas las localidades de Pathe, Amajac, El Thepé, Ajacuba, Tecozautla, Grutas de Tolantongo, Barranca de Alcholoaya, no descartando la presencia de un mayor número de exposiciones; aunque se tengan estas manifestaciones termales, no se tiene registrado volcanes activos ni evidencias de actividad volcánica en Hidalgo.

Cabe señalar que el volcán activo más cercano es el Popocatepetl y se localiza al sur del Estado aproximadamente a 70 km., en los límites de los Estados de Puebla, México y Morelos.

Considerando la información de el CENAPRED y el Sistema Estatal de Protección Civil, el cual ha establecido un monitoreo que permitirá pronosticar el tipo, magnitud, tiempo probable de iniciación, duración del fenómeno, además del área afectada, cuando se presente la actividad volcánica, así mismo elaboraron una Figura de peligros del Volcán Popocatepetl, donde el radio de afectación es considerado de 35 km., tomando en cuenta este radio de influencia el Estado de Hidalgo no se vería afectado, sin embargo dependiendo de los vientos dominantes el Estado podría ser afectado por la caída de ceniza.

#### a).- Distribución del vulcanismo

El Figura 7.2.3.2., muestra los aparatos volcánicos que existen en el Estado, así como la tendencia de alinearse en dirección del sistema fallas con orientación noreste-suroeste.

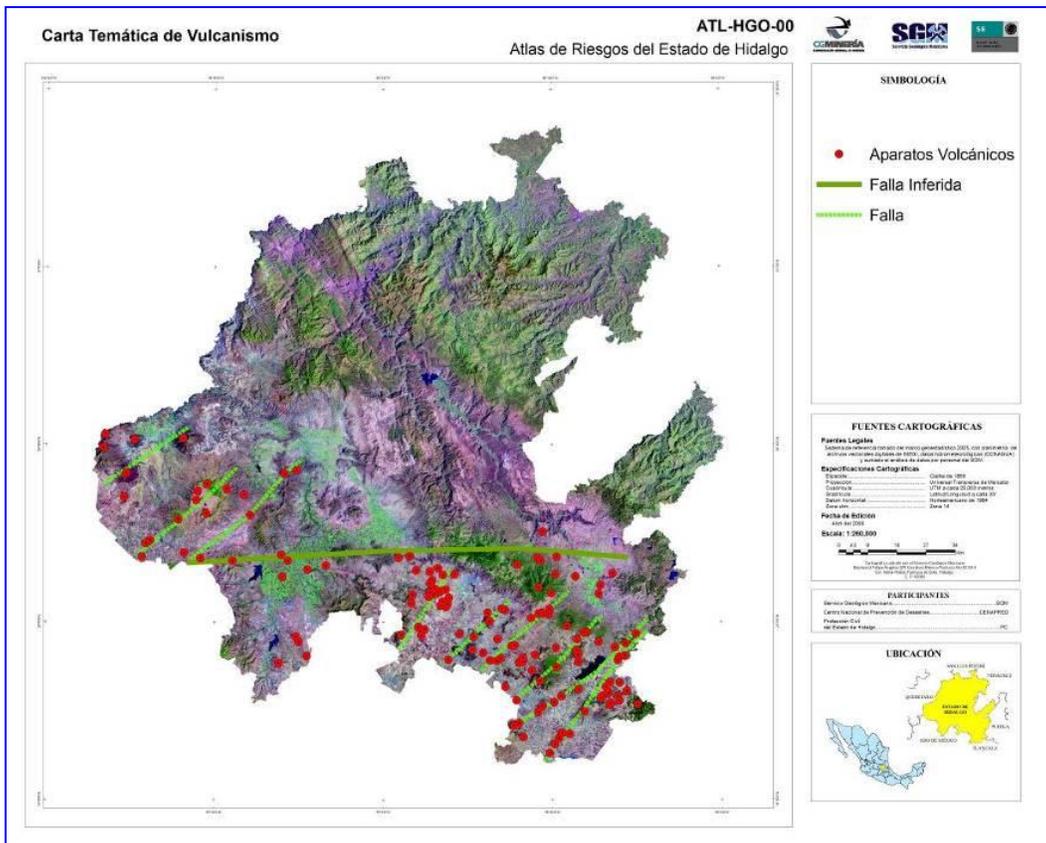


Figura 7.2.3.2.- Alineación de aparatos volcánicos en el Estado

a.1).- Región I

En la Región de Pachuca la sucesión de eventos volcánicos se identifican como parte del Eje Neovolcánico. Toda esta área se encuentra cubierta por diferentes campos volcánicos sobrepuestos, divididos en dos dominios, uno en la parte nororiental donde predominan las rocas más antiguas de edad Oligo-Miocénicas (36 a 5.1 Ma), siendo esta la que alberga la gran mayoría de los depósitos minerales de la Región y otro en la porción sur-occidental con vulcanismo Plio-Cuaternario (5.1 a 0.01), el cual está caracterizado por un complejo volcánico de composición principalmente riolítico con algunos derrames basálticos que contienen abundante vidrio volcánico. También se tienen algunos aparatos volcánicos compuestos por pumicita la cual se presenta en capas piroclásticas de composición máfica, aflora en la parte suroccidental de la ciudad de Pachuca, son de edad Pleistoceno-Holoceno, así mismo tienden a alinearse, coincidiendo con el sistema de fallas NE-SW, por lo que si en

algún momento existiese actividad volcánica sobre la falla, estarían en zona de riesgo el poblado e inmediaciones de Santiago Tlapacoya (Tabla, 7.2.3.1.).

**Tabla 7.2.3.1.- Distribución de los aparatos volcánicos en la Región I.**

Nº	X	Y	REGION	NOMBRE APARATO VOLCANICO	MUNICIPIO	CLAVE LITOLOGICA	EDAD
2	549369	2239857	1	C. Tezontle	Huasca de Ocampo	TplB-TR	Plioceno
3	547792	2231599	1	C. Tepezala	Huasca de Ocampo	TplB-TR	Plioceno
4	548819	2230798	1	C. Verde	Huasca de Ocampo	TplB-TR	Plioceno
5	553727	2231977	1	C. Aguatepec	Huasca de Ocampo	TplB-TR	Plioceno
6	541606	2229555	1	C. Gordo	Omitlan de Juarez	QhoTq	Holoceno
7	553335	2226512	1	C. Prieto	Acatlan	TplB-TR	Plioceno
8	559544	2225891	1	C. Tepenacasco	Acatlan	TplB-TR	Plioceno
17	537822	2215412	1	C. Tezontle	Epazoyucan	TplTDa-R	Plioceno
18	536739	2215726	1	C. Grande	Epazoyucan	TplTDa-R	Plioceno
19	514539	2220850	1	C. La Providencia	San Agustin Tlaxiaca	TplA-B	Plioceno
20	514483	2227311	1	C. Pelavacas	San Agustin Tlaxiaca	TplA-B	Plioceno
21	517029	2228433	1	C. Colorado	San Agustin Tlaxiaca	TplA-B	Plioceno
22	518520	2226290	1	El Judío	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
23	510270	2227740	1	C. El León	San Agustin Tlaxiaca	TplA-B	Plioceno
52	519489	2216301	1	Matilde 1	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
53	519942	2217136	1	Matilde 2	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
54	517787	2216651	1	Matilde 3	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
55	520396	2219178	1	Huxmi 1	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
56	518426	2217971	1	Huxmi 1	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
57	519385	2221738	1	C. De La Bandera	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
58	517959	2221270	1	C. De La Bandera 2	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
59	516965	2220989	1	C. De La Bandera 3	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
60	515769	2220269	1	C. El Arco	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
61	514185	2219421	1	C. Gordo	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
62	516056	2221971	1	C. Niño	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
63	515210	2224643	1	C. Guerra	San Agustin Tlaxiaca	TplA-B	Plioceno
64	514591	2223642	1	C. San Agustin	San Agustin Tlaxiaca	TplA-B	Plioceno
65	522135	2226523	1	C. Redondo	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
66	532367	2214511	1	c. Chirerete	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
67	532917	2211819	1	Loma Los Montieles	Pachuca de Soto	TplA-B	Plioceno
119	508765	2217580	1	C. Santana	San Agustin Tlaxiaca	TplA-B	Plioceno
120	509121	2220120	1	C. José María	San Agustin Tlaxiaca	TplA-B	Plioceno
121	504746	2231642	1	C. La Cruz	San Agustin Tlaxiaca	TplA-B	Plioceno

La “Caldera de Amajac”, está constituida por derrames basálticos fisurales que forman grandes mesetas, además de situarse a lo largo de una falla regional orientada sensiblemente E-W, que es la responsable del hidrotermalismo existente en los baños de Amajac. El agua de los manantiales tiene una temperatura de alrededor de los 55°C y emana en calizas y depósitos de travertino, sobre las zonas de fracturas y cavernas de disolución, que son los conductos favorables para la circulación de agua caliente hacia la superficie.

## a.2).- Región II

Para el área comprendida entre las ciudades de Huauchinango-Tulancingo el vulcanismo predominante es de edad Plioceno, constituido por derrames de basalto-andesita, toba dacítica-riolita, toba basáltica-basalto y pumicita.

Al sur del Estado en la Sierra de Los Pitos se desarrollo un complejo volcánico de edad Plioceno-Pleistoceno (5.1 a 0.01 Ma), el cual generó una serie de domos riolíticos acompañados de emisiones de piroclastos y lavas, así como una serie de aparatos volcánicos de composición basáltica-andesítica, con intercalaciones de piroclastos y escoria a los que se asocian una serie de volcanes de lava y conos cineríticos.

Al sureste del Estado en las inmediaciones de Ciudad Sahagún-Laguna de Tecocomulco-Apan-Huimiluyan, el vulcanismo también es de edad Plioceno-Pleistoceno y ha edificado una gran cantidad de aparatos volcánicos (Volcanes Coatzetzengo, La Paila, El Jihuingo) que forman parte del denominado Campo Volcánico Humeros-Acocolco. Litológicamente está conformado por una serie de derrames de andesita-toba andesítica-riolita. Esta serie de aparatos se alinean en dirección NE-SW coincidiendo con el sistema de fallas, siendo esta una zona de debilidad tectónica favorable para la actividad volcánica. En caso de que existiera un evento eruptivo las poblaciones que se encuentran en zona de riesgo son: Chiconcuac, Tlanalapa, Tepeapulco, Los Cides, Francisco Sarbia, Tecocomulco de Juárez, San Rafael Mazatepec, Alcantarillas, San Miguel de las Tunas, Apan, y varias comunidades pequeñas aledañas a las mencionadas (Tabla, 7.2.3.2.).

Tabla 7.2.3.2.- Distribución de aparatos volcánicos de la Región II.

Nº	X	Y	REGION	NOMBRE APARATO VOLCANICO	MUNICIPIO	CLAVE LITOLOGICA	EDAD
1	571061	2226846	2	C. Napateco	Tulancingo de Bravo	TpITDa-R	Plioceno
9	567282	2223112	2	B. Tulancingo	Tulancingo de Bravo	TpITDa-R	Plioceno
10	566717	2220528	2	Centro Tulancingo	Tulancingo de Bravo	TpITDa-R	Plioceno
11	552085	2220671	2	C. Lagunitatlan	Singuilucan	TpITDa-R	Plioceno
12	551566	2215790	2	C. La Paila	Singuilucan	QptA-B	Pleistoceno
13	551216	2214133	2	C. Tepetongo	Singuilucan	QptA-B	Pleistoceno
14	549255	2214518	2	C. Molcajete	Singuilucan	QptA-B	Pleistoceno
15	548189	2214231	2	C. La Cantera	Singuilucan	TpITDa-R	Plioceno
16	545870	2212951	2	C. Pelón	Singuilucan	QptA-B	Pleistoceno
24	578312	2208123	2	C. La Paila	Cuautepec de Hinojosa	QptA-B	Pleistoceno
25	575143	2205079	2	C. La Minilla	Cuautepec de Hinojosa	TpITDa-R	Plioceno
26	571811	2203896	2	C. Buenavista	Cuautepec de Hinojosa	QptA-B	Pleistoceno
27	566728	2205581	2	Volcán Coatzetzingo	Cuautepec de Hinojosa	QptA-B	Pleistoceno
28	562952	2208634	2	Volcán La Paila del Agua	Singuilucan	QptA-B	Pleistoceno
29	562198	2208383	2	Volcán La Paila Seca	Singuilucan	QptA-B	Pleistoceno
30	556956	2210503	2	Volcán La Paila	Singuilucan	QptA-B	Pleistoceno
31	559819	2203049	2	C. Anaranjado (Caldera)	Singuilucan	TpITA-A	Plioceno
32	560131	2206342	2	C. El Tío Lolo	Singuilucan	QptA-B	Pleistoceno
33	553562	2203626	2	C. La Cantera	Singuilucan	QptA-B	Pleistoceno
34	560341	2201479	2	C. El Agua Azul	Tepeapulco	TpITA-A	Plioceno
35	560498	2199295	2	C. El Viejo	Tepeapulco	TpITA-A	Plioceno
36	573097	2200817	2	C. La Calandria	Cuautepec de Hinojosa	TpITDa-R	Plioceno
37	572720	2199835	2	C. El Torongil	Cuautepec de Hinojosa	TpITDa-R	Plioceno
38	574912	2201273	2	C. El Comal	Cuautepec de Hinojosa	TpITDa-R	Plioceno
39	572786	2188711	2	C. El Resorte	Almoloya	TpITA-A	Plioceno
40	573240	2192782	2	C. El Coyote	Almoloya	QptA-B	Pleistoceno
41	570239	2192960	2	C. El Conejo	Apan	QptA-B	Pleistoceno
42	568951	2191530	2	C. El Colorado	Almoloya	QptA-B	Pleistoceno
43	567906	2188711	2	C. Cuatro Vientos	Almoloya	QptA-B	Pleistoceno
44	570089	2185922	2	C. San Antonio	Almoloya	TpITA-A	Plioceno
45	570521	2186487	2	C. San Antonio 1	Almoloya	TpITA-A	Plioceno
46	569911	2189582	2	C. El Mangullo	Almoloya	QptA-B	Pleistoceno
47	567435	2187987	2	C. H. Cuatlaco	Almoloya	QptA-B	Pleistoceno
48	575520	2190245	2	C. Terrenillos	Almoloya	TpITDa-R	Plioceno
49	573222	2187182	2	C. El Presidio	Almoloya	TpITA-A	Plioceno
50	578809	2186177	2	C. La Peña El Tepezan	Almoloya	TpIA-Da	Plioceno
51	548175	2222414	2	C. Las Navajas	Singuilucan	TpIR-TR	Plioceno
68	535444	2206260	2	C. Metepec	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
69	540791	2204386	2	C. Montito	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
70	542140	2198927	2	C. Pelón	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
71	548639	2193361	2	: El Jhuingo	Tepeapulco	TpIA-Da	Plioceno
72	553653	2197704	2	C. La Paila	Singuilucan	QptA-B	Pleistoceno
73	546122	2196558	2	C. Bellavista	Tlanalapa	QptA-B	Pleistoceno
74	542125	2198944	2	C. Pelón	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
75	543250	2199268	2	C. Mantito	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
76	543250	2200590	2	C. Santo Tomas	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
77	547071	2201434	2	C. La Rinconada	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
78	535239	2199591	2	C. Acelatia	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
79	533164	2199735	2	C. Las Olivas	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
80	536443	2200306	2	C. Acelatia	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
81	531015	2202123	2	C. Tepa	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
82	535456	2206401	2	C. Metepec	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
83	539819	2204239	2	C. El Tecajete 1	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno
84	540809	2204402	2	C. El tecajete	Zempoala	QptA-B	Pleistoceno

a.3).- Región III

En esta zona existe relativamente poca presencia de rocas y estructuras volcánicas, dicha Región se localiza en el límite de las provincias del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre

Oriental, consiste en una alternancia de toba riolítica del Oligoceno y derrames de basalto del Plioceno.

#### **a.4).- Región IV**

En esta Región las estructuras volcánicas propias de los aparatos volcánicos no se aprecian claramente, pero si hay presencia de un complejo volcánico, las cuales también forman parte del Eje neovolcánico. Estas rocas se conocen como basalto Tlanchinol de edad Mioceno, consta de paquetes de andesita y basalto separados por aglomerado y escoria, también existen derrames fisurales como en Yahualica asociados a la falla del mismo nombre, considerada como conducto de los derrames. Sobreyaciendo ha esta unidad se tiene una serie de paquetes de tobas pumicíticas pseudoestratificadas de composición riolítica. En Molango a lo largo del graben afloran derrames de basalto y toba riolita del Plioceno.

#### **a.5).- Región V**

En Tecozautla el vulcanismo de edad Mioceno consiste en basalto-andesita, toba riolítica-andesita, andesita y riolita de edad Plioceno, se tiene la andesita, toba riolítica intercalada con el conglomerado y lavas de composición basáltica que corresponden al Volcán Nopala (Milán M. et al. 1993).

La Caldera de Huichapan representa episodios volcánicos explosivos, ocurridos en tiempo diferente, su disposición y dispersión del material expulsado permiten establecer que la distancia promedio para el depósito es del orden de 20 km. Esta caldera forma parte del Campo Volcánico Huichapan-Tula Ñadu, donde predominan derrames de andesita, toba andesítica y ceniza teniendo una edad de entre 4.5-4.2 Ma (Plioceno Temprano).

Estos aparatos también tienden a alinearse en dirección NE-SW paralelo al fallamiento. En esta zona las poblaciones que estarían en riesgo son: Chapantongo, Tenería, San Pablo Oxtotipán, El Dexthi Alberto, El Astillero, San Isidro El Astillero, Nopala, Dañu, Bondonjito, La

Mesita, Cuamxhi, La Joya y varias comunidades más pequeñas que se localizan en las inmediaciones de estas poblaciones (Tabla 7.2.3.3.).

**Tabla 7.2.3.3.- Distribución de aparatos volcánicos en la Región V.**

Nº	X	Y	REGION	NOMBRE APARATO VOLCANICO	MUNICIPIO	CLAVE LITOLOGICA	EDAD
123	443418	2231561	5	C. San Sebastian	Nopala de Villagrán	TplR-TR	Plioceno
124	438384	2233259	5	C. Maravillas	Nopala de Villagrán	TplA-B	Plioceno
125	427925	2237169	5	C. El Burro	Nopala de Villagrán	TplA-B	Plioceno
126	426596	2236227	5	C. Humin	Nopala de Villagrán	TplA-B	Plioceno
127	425344	2232082	5	C. Las Atarjeas	Nopala de Villagrán	TplR-TR	Plioceno
128	419828	2250656	5	C. Frío	Huichapan	TmTR-A-B-Da	Mioceno
129	420495	2258223	5	C. La Cruz	Huichapan	TplA	Mioceno
130	413468	2266073	5	C. Frío	Tecozautla	TmTR-A-B-Da	Mioceno
131	414108	2270326	5	Mercader	Tecozautla	TmTR-A-B-Da	Mioceno
132	423066	2268554	5	C. El Ratón	Tecozautla	TmTR-A-B-Da	Mioceno
133	438174	2268909	5	Dedho	Tecozautla	TmTR-A-B-Da	Mioceno
134	436585	2243717	5	C. Nopala	Chapantongo	TplA	Plioceno
135	445279	2245501	5	C. hualtepec	Chapantongo	TplA-Da-R	Plioceno
136	458881	2244906	5	C. Teneria	Chapantongo	Tpllg-A-Tda-TR-Da	Plioceno
137	456973	2251388	5	C. Xathe	Alfajayucan	TplA	Plioceno
138	451618	2253093	5	El Sauz	Alfajayucan	TplB-A	Plioceno
139	445526	2254652	5	C. Grande	Huichapan	Tpllg-A-Tda-TR-Da	Plioceno
140	442607	2252535	5	C. Ixcabondha	Huichapan	TplA-B	Plioceno
141	442180	2249648	5	C.	Gexca	TplPA	Plioceno
142	469529	2257772	5	C. La Cruz	Ixmiquilpan	TmTR-A-B-Da	Mioceno
143	473319	2258919	5	C. Xintza	Ixmiquilpan	TmTR-A-B-Da	Mioceno

El Campo Geotérmico de Pathé está dentro de la Región V, se localiza en una secuencia volcánica del Mioceno Tardío al Plioceno en una zonade fallamiento normal activo. Estas fallas se agrupan en dos tendencias de dirección sensiblemente norte-sur y cercana a la E-W. El grupo E-W es la extensión meridional de la Semifosa Tectónica de Aljibes cuya falla maestra es curva con un desplazamiento vertical compuesto. La producción de vapor generalmente ocurre en la zona de intersección de la parte oriental de la fosa tectónica de San Francisco (Carrillo, M.M., 1998).

#### a.6).- Región VI

La Región de Tula se caracteriza por presentar una serie de derrames de composición andesítico-Basáltico, con la presencia de algunos aparatos volcánicos de grandes

dimensiones, su edad es del Cuaternario Pleistoceno. Para Mixquiahuala, Progreso e Ixmiquilpan, el vulcanismo es de composición andesítico-dacítico y tiene una edad que varía del Oligoceno al Plioceno. En esta zona los aparatos volcánicos no tienden a presentar cierta alineación por lo que no existe evidencia de actividad volcánica (Tabla 7.2.3.4.).

**Tabla 7.2.3.4.- Distribución de los aparatos volcánicos en la Región VI.**

Nº	X	Y	REGION	NOMBRE APARATO VOLCANICO	MUNICIPIO	CLAVE LITOLOGICA	EDAD
102	520252	2199915	6	C. Benito Juárez	Villa Tezontepec	QptA-B	Pleistoceno
105	508211	2232116	6	C. La Cantera	El Arenal	TplA-B	Plioceno
106	482281	2229161	6	C. Tumba	Ajacuba	TplQptB	Plioceno-Pleistoceno
107	476578	2227945	6	C. La Cruz	Tlahuelilpan	TplQptB	Plioceno-Pleistoceno
108	468864	2225751	6	C. Xicuco	Tezontepec de Aldama	TplTR-TDa	Plioceno
109	470495	2230733	6	C. Huitel	Tezontepec de Aldama	TplQptB	Plioceno-Pleistoceno
110	468448	2232588	6	C. La Cruz	Tezontepec de Aldama	TplTR-TDa	Plioceno
111	467618	2198875	6	C. El Epazote	Tepeji del Río de Ocampo	QptA-B	Pleistoceno
112	473825	2205488	6	C. El Salto	Tepeji del Río de Ocampo	QptA-B	Pleistoceno
113	472994	2207055	6	C. Conejos	Tepeji del Río de Ocampo	QptA-B	Pleistoceno
114	476348	2201060	6	C. Praderas	Atotonilco de Tula	QptA-B	Pleistoceno
115	510859	2210103	6	C. El Colorado	Zapotlan de Juárez	QptA-B	Pleistoceno
116	512821	2209396	6	C. Zapotlan	Zapotlan de Juárez	QptA-B	Pleistoceno
117	511789	2207511	6	C. Santa Rosa	Zapotlan de Juárez	QptA-B	Pleistoceno
118	505618	2207718	6	C. El Rosal	Tolcayuca	QptA-B	Pleistoceno
122	453379	2230744	6	La Joya	Tepehilitan	TmTR-A-B-Da	Mioceno

## 7.2.4.-Sismicidad

La corteza terrestre, es la parte más superficial y rígida de la Tierra, está compuesta por un sistema tipo rompecabezas, a cada pieza de este rompecabezas se le denomina Placa Tectónica, estas placas cubren grandes áreas de la superficie terrestre se mueven en diferentes direcciones produciéndose choques entre ellas.

Los Sismos (temblores o terremotos) se producen por el rompimiento de la roca de que se compone la corteza terrestre. Cuando dos placas tectónicas o bloques de corteza terrestre están en contacto, se produce fricción entre ellas, manteniéndolas en contacto hasta que la fuerza que se acumula por el movimiento entre las placas sea mayor que la fuerza de fricción

que las mantiene en contacto. En ese momento se produce un movimiento al romperse ese contacto, la energía liberada se convierte en energía sísmica, entre otras, que se propaga por el interior de la Tierra. Esta energía sísmica que se propaga como ondas es lo que sentimos bajo los pies cuando ocurre un temblor. El punto donde se genera la ruptura se llama hipocentro y el punto de la superficie terrestre donde llegan las primeras ondas sísmicas se llama epicentro.

El territorio Mexicano se encuentra dividido entre cinco placas tectónicas. La mayor parte del país, entre ellas el Estado de Hidalgo, se encuentra sobre la Placa Norteamericana.

La placa del Caribe se mueve hacia el oriente respecto a la de Norteamérica, a lo largo del sistema de fallas Polochit-Motagua. El movimiento entre estas dos placas es transcurrente, al igual que el movimiento entre la del Pacífico y la de Norteamérica en el Norte de Baja California. La Placa del Pacífico se mueve hacia el noroeste respecto a Norteamérica. Este movimiento también genera zonas de extensión entre las Placas del Pacífico y Norteamérica bajo el Mar de Cortés. Entre las Placas del Pacífico y Rivera y entre las de Pacífico y Cocos también se dan movimientos de extensión y transversos. Las placas de Rivera y Cocos chocan con la Placa Norteamericana a lo largo de la Fosa Mesoamericana (F.M.A.). Aquí se produce una Compresión (Figura 7.2.4.1.).



**Figura 7.2.4.1.1.- Placas tectónicas y sus correspondientes velocidades relativas promedio. (Tomado del manual Fenómenos Geológicos cap III. Gutiérrez M. Carlos A.)**

Sismos significativos que han ocurrido en México durante este siglo son los sismos corticales, de este tipo son los que se han registrado en el Estado. Estos eventos ocurren dentro de la Placa Norteamericana, son sismos Intraplaca muy superficiales (no llegan a sobrepasar los 35 kilómetros de profundidad) por lo general presentan mecanismos de falla normal. Aunque pueden tener algunos mecanismos de tipo compresivo y también pueden estar asociados a volcanes. Sus magnitudes son considerablemente menores a las de los sismos de subducción, incluso menores a la de los sismos profundos; sin embargo, debido a que son superficiales y ocurren principalmente a lo largo del Eje Volcánico Mexicano, donde se concentra la mayoría de la población en el país, pueden provocar graves daños. El sismo de Acambay de 1912 tuvo una magnitud de 7.0 y ocasionó grandes daños en los pueblos de Acambay y Tixmadejé en el Estado de México, además provocó algunos daños en la ciudad de México. En 1920 ocurrió el sismo de Jalapa, el cual provocó graves daños a esta ciudad veracruzana.

Para este estudio, se tiene el catalogo de sismos que se han producido en la última década del siglo pasado, desde 1990 al 2000.

### a) Peligro

El Estado se encuentra en la Zona B, de acuerdo a la regionalización del Manual de Diseño de Obras Civiles (diseño por sismo) de la Comisión Federal de Electricidad para todo el país. Para realizar esta división se utilizaron los catálogos que incluyen información de sismos grandes de magnitudes arriba de 7° Richter que se han registrado desde inicios de siglo, que están documentados en registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en este siglo. Dichas zonas sísmicas indican la frecuencia de sismos y la máxima aceleración que el suelo puede alcanzar comparada con la aceleración de la gravedad terrestre. La Zona B a la que corresponde el Estado de Hidalgo, en donde usualmente se registran sismos de magnitudes menores a 7°, que ocurren con poca frecuencia, aunque localmente pueden ocasionar movimientos de tierra importantes (Figura 7.2.4.2.).



**Figura 7.2.4.2.1.- Regionalización sísmica de la Republica Mexicana (Fuente: Manual de diseño de Obras Civiles, CFE).**

Además los tipos de sismos que se han registrado dentro del Estado son de tipo cortical de una profundidad no mayor de 35 km como ya se menciona al principio del subcapítulo, estos sismos corticales se asocian a mecanismo de falla normal, de tipo extensivo, el Eje Neovolcánico cruza al Estado de Hidalgo en su porción sur, que es en donde se presentan la mayor cantidad de epicentros, en esta zona se registraron 36 epicentros en la década de 1990 al 2000, en la provincia de la Sierra Madre Oriental en la misma década se registraron 7 epicentros, 4 de estos epicentros tienen profundidades mayores a 35 Km llegando a alcanzar los 100 Km, denominados sismos de tipo interplaca (Figura 7.2.4.1.).

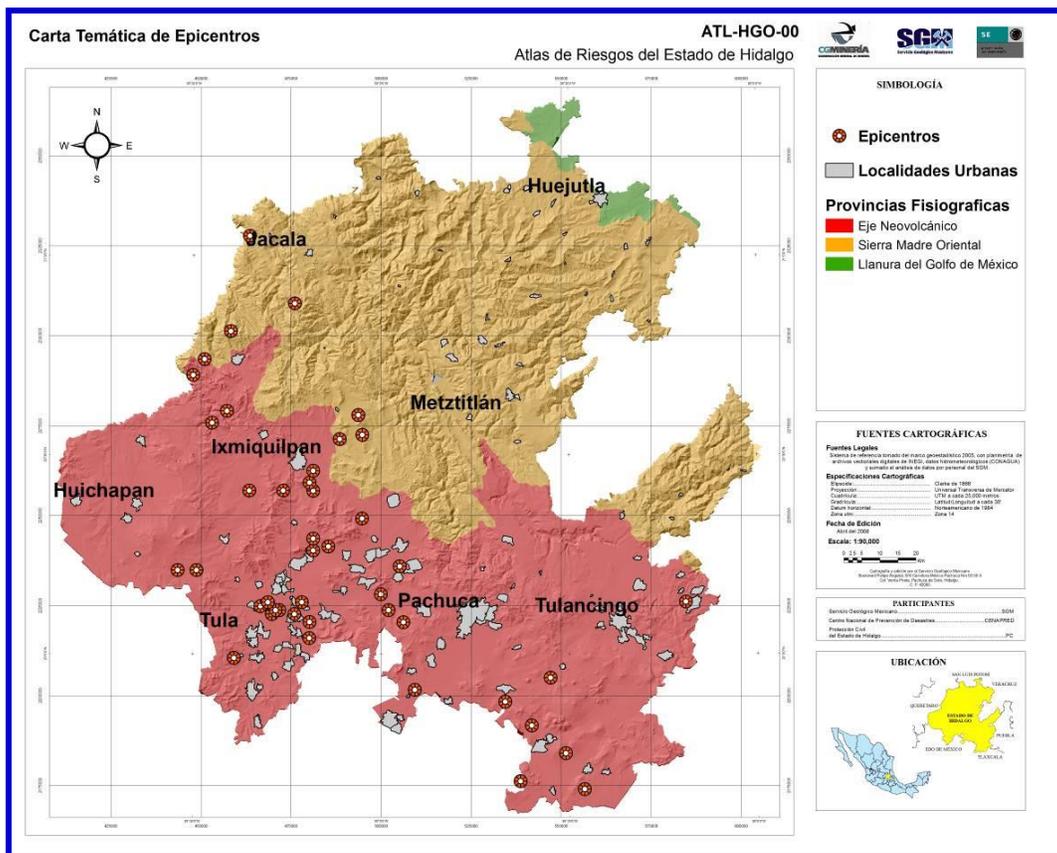


Figura 7.2.4.2.2.- Epicentros registrados en el Estado (Fuente: SSN Editada por el SGM).

A diferencia de las zonas costeras, en donde los sismos se deben al choque entre dos placas tectónicas, en el Eje Neovolcánico los temblores, generalmente son más pequeños con magnitudes que llegan a ser de 4 grados Richter y menos frecuentes, mismos que ocurren en el interior de la Tierra, pues no hay fronteras entre placas, sino deformaciones de una sola placa tectónica, en este caso la de Norteamérica. Además, dentro del Eje Neovolcánico

existen fallas activas que se expresan cuando hay sismos y que hacen complejo el entendimiento de estos fenómenos. Sin embargo algunos autores han descrito el fenómeno que se produce por los movimientos tectónicos entre placas para Eje Neovolcanico.

El vulcanismo del Eje Neovocánico tiene una composición calcoalcalina y alcalina con una edad comprendida entre el Mioceno superior hasta el Cuaternario. Coinciden en la propuesta de relacionar el vulcanismo en este eje con la subducción a lo largo de la Trinchera Mesoamericana (Nixon, 1982, Johnson and Harrison, 1990; Ferrari et al., 1994 y Pardo and Suárez, 1995). Una de las características importantes del Eje es que yace oblicuo a la trinchera con una orientación sensiblemente de oriente-poniente, geometría inusual, donde el arco volcánico no es paralelo a la zona de subducción.

La deformación es más antigua en la porción oriental de la Franja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM). La cuenca de la Ciudad de México es una depresión tectónica con más de 2 km de profundidad cuya formación se remonta al Oligoceno o hasta al Eoceno (Ferrari et al., 2003a; Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005). La depresión está limitada al poniente por el TSMA (Sistema de Fallas Normales Taxco San Miguel Allende) y al sur por el sistema de fallas de La Pera-Tenango con orientación E-W (García-Palomo et al., 2000; Ferrari et al., 2003a), que también parece controlar el vulcanismo monogenético de la Sierra Chichinautzin (Márquez et al., 1999c).

En el resto de la FVTM oriental, las únicas estructuras tectónicas evidentes son el Semigraben de Aljibes, el Graben Mezquital (Suter et al., 2001) y las fallas normales del Campo Volcánico de Apan (García-Palomo et al., 2002). El Semigraben de Aljibes está conformado por cuatro fallas normales de dirección E-W ubicadas en el límite norte de la FVTM, a ~140 km al NNW de la Ciudad de México (Suter et al., 1995a). Las fallas basculan al sur, cortan basaltos del Mioceno tardío, y se consideran potencialmente activas (Suter et al., 1995a; Suter et al., 1996). El Graben del Mezquital es una estructura de dirección E-W ubicada ~40 km al oriente de Aljibes. Algunos estudios gravimétricos sugieren que ambas estructuras son parte de una sola depresión tectónica (Campos-Enríquez y Sánchez-Zamora, 2000). El graben está limitado al norte por la falla Cardonal que llega a afectar a rocas con

edades mayores a los 4.6 Ma (Suter et al., 2001). Sin embargo, y aunque la sismicidad es difusa en el área, la presencia de dos eventos sísmicos de magnitud ( $M_w$ ) ~5 indican que esta estructura es potencialmente activa (Suter et al., 1996; Quintanar et al., 2004). Por su parte, García-Palomo et al. (2002) describen varias fallas normales de dirección NE en el Campo Volcánico de Apan. Aparentemente estas fallas afectan únicamente a rocas del Mioceno medio y no parecen ser activas, (Figura 7.2.4.3., Figura 7.2.4.2.).

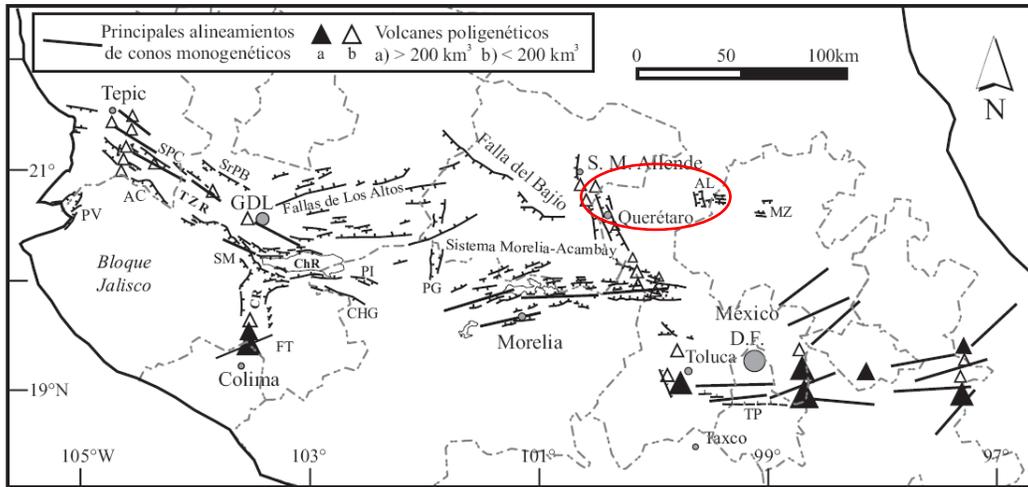
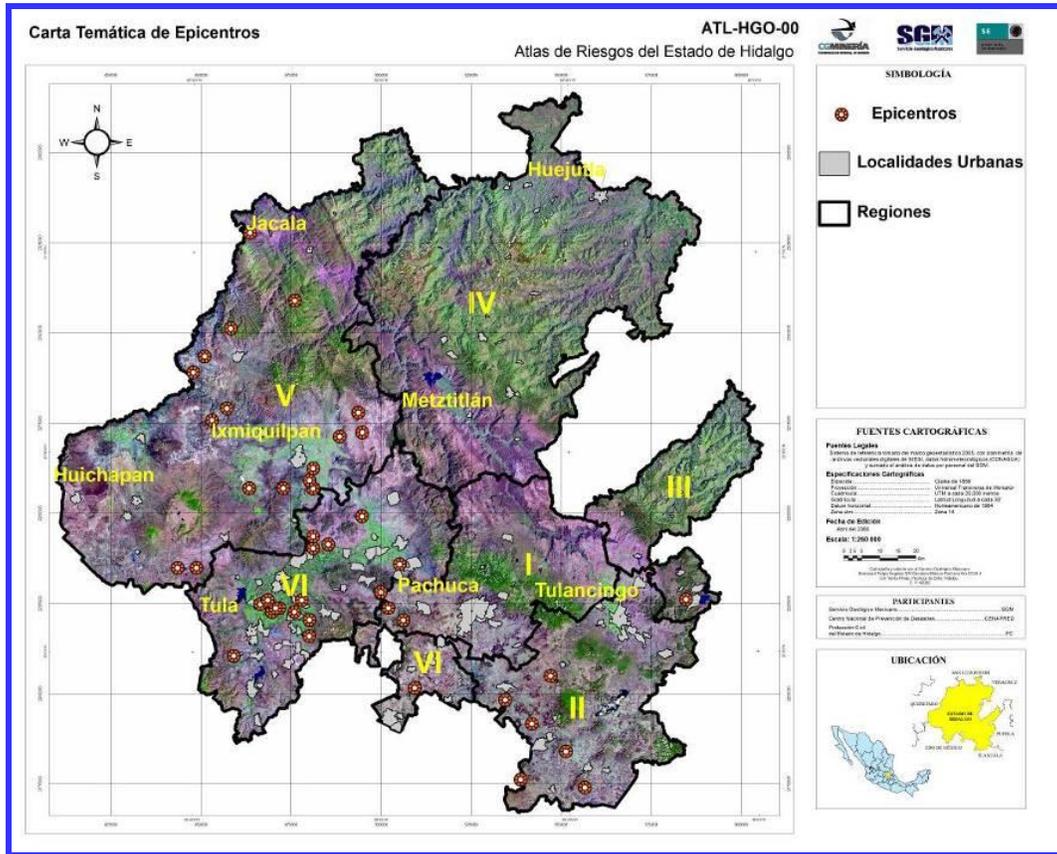


Figura 7.2.4.2.3.- Principales sistemas de fallas de la Región (Gómez-Orozco et. al., 2005).





**Figura 7.2.4.3.- Epicentros registrados en la década de 1990-2000 en el Estado (Editada por el SGM).**

Dichos sismos que se han producido en esta zona, están asociadas a fallamiento que es una característica del Eje Neovolcánico. Los municipios que pueden ser afectados son: Zimapán, Tasquillo, Ixmiquilpan, Cardonal, Alfajayucan, Progreso, Francisco I Madero, Jacala, Nicolás Flores, San Salvador, Chapantongo, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan, Atitalaquia, Tula, Tepeji, El Arenal, San Agustín Tlaxiaca, Tezontepec, Zempoala, Tlanalapa, Singuilucan, Tepeapulco, Apan, Emiliano Zapata, Acaxochitlan y Pacula. En la siguiente tabla también se enlistan las localidades cercanas a los epicentros registrados.

Y al ser de magnitudes entre 2.8 y 4.3 grados Richter, no se tiene conocimiento de haber ocasionado daños mayores a las poblaciones, asentadas en esta zona del Estado de Hidalgo.

En la tabla 7.2.4.1., se observan los epicentros registrados en el Estado, así como también los poblados y la localidad urbana en donde se produjeron o cerca de ellos.

De esta manera se puede conocer las áreas con peligro por sismos, los cuales pueden causar derrumbes parciales de viviendas, la caída de muros, postes, cornisas, etc. El estallido de vidrios, la caída de muebles, de cables de energía eléctrica, incendios, etc. También se pueden producir fracturas o aberturas en el terreno plano.

**Tabla 7.2.4.1.- Localidades cercanas a los epicentros registrados en el Estado.**

No	Carta 50	Loc Urbana	Poblado	Magnitud	Profundidad	Intensidad	Fecha	Hora
0	Apan	Apan	Los Encinos	3.6	28	7	23-febrero-1994	00:58:12.
1	Apan	Emiliano Zapata	San Luis	3.0	5	8	16-marzo-1999	11:30:29.
2	Cd Sahagun	Apan	Lomas del Pedregal	4.0	100	6	25-febrero-1994	15:01:42.
3	Cd Sahagun	Tlanalapa	Tlanalapa	4.0	81	6	25-febrero-1994	08:33:22.
4	Tizayuca	Zempoala	Acelotla de Ocampo	4.0	16	8	25-febrero-1994	19:57:43.
5	Tizayuca	Tolcayuca	El Rincon	3.6	5	9	25-junio-1997	17:25:13.
6	Cd Sahagun	Singuilucan	El Chichimeco	3.8	15	8	25-febrero-1994	15:10:56.
7	Tepeji del Rio	San Ildefonso	San Ildefonso	3.0	42	6	21-agosto-1998	23:56:14.
8	Mixquiahuala	Tlaxcoapan	Tlaxcoapan	3.3	5	8	20-abril-1998	15:06:42.
9	Pachuca	San Agustin Tlaxiaca	El Campanario	3.4	30	6	1-octubre-1990	08:00:11.
10	Mixquiahuala	Tlaxcoapan	Rancho Chihuahua	3.4	3	9	23-marzo-1998	06:38:10.
11	Mixquiahuala	Atitalaquia	San Jose Bojay El Grand	4.3	5	10	18-marzo-1998	11:56:04.
12	Mixquiahuala	Tula	El Solis	4.1	5	9	12-marzo-2000	03:44:48.
13	Pachuca	San Agustin	Casas Coloradas	3.5	3	9	4-enero-1999	23:21:59.
14	Mixquiahuala	Tula	El Monte	3.3	5	8	18-marzo-1998	20:14:35.
15	Mixquiahuala	Tula	El Monte	3.2	10	7	25-marzo-1998	12:32:58.
16	Tula de Allende	Santa Ana Ahuehuepan	Santa Ana Ahuehuepan	3.3	5	8	2-abril-1998	12:54:31.
17	Mixquiahuala	Tlahuailpan	Tlahuailpan	3.3	3	9	23-marzo-1998	23:42:23.
18	Mixquiahuala	Santa Ana Ahuehuepan	Cerro del Xicuco	3.3	9	8	29-marzo-1998	08:36:35.
19	Huachinango	Tepepa	Tepepa	3.9	34	7	8-julio-1994	07:41:41.
20	Mixquiahuala	San Nicolas	San Isidro	2.9	5	8	19-abril-1998	04:27:48.
21	Tula de Allende	Chapantongo	San Bartolo Ozocalpan	3.1	20	6	2-abril-1998	16:34:11.
22	Tula de Allende	Chapantongo	San Jose El Marquez	3.3	17	7	8-febrero-1999	08:36:31.
23	Pachuca	El Arenal	La Presa	3.1	2	9	6-octubre-1997	16:20:03.
24	Ixmiquilpan	Progreso	Progreso	3.1	1	10	19-marzo-1998	00:14:35.
25	Ixmiquilpan	Progreso	Colonia Veracruz	3.4	2	9	18-abril-1997	07:02:28.
26	Ixmiquilpan	Progreso	La Rancaheria	2.8	5	8	19-marzo-1998	02:11:14.
27	Ixmiquilpan	Actopan	Boxaxni	3.5	6	8	1-julio-1999	20:06:11.
28	Ixmiquilpan	El Xhoti	Ixmiquilpan	3.3	7	8	19-septiembre-19	18:56:43.
29	Ixmiquilpan	El Dexthi	Ixmiquilpan	3.4	2	9	19-septiembre-19	02:11:03.
30	Huichapan	Alfajayucan	Alfajayucan	3.5	10	8	28-mayo-2000	04:01:45.
31	Ixmiquilpan	El Tablon	Ixmiquilpan	3.9	15	8	9-septiembre-199	00:30:03.
32	Ixmiquilpan	Pueblo Nuevo	Ixmiquilpan	4.1	10	9	17-junio-1992	06:14:11.
33	Tasquillo	Ixmiquilpan	El Rosario, Capula	3.6	5	9	21-noviembre-19	19:18:41.
34	Tasquillo	Cardonal	Durango	3.1	3	8	17-octubre-1998	01:43:12.
35	Tecoautla	Tasquillo	Ojo de Agua	3.4	4	9	26-junio-2000	05:45:57.
36	Tasquillo	Cardonal	Cerro Blanco	4.1	5	9	23-junio-1992	05:32:31.
37	Tecoautla	Tasquillo	Ponithu	3.5	5	9	15-mayo-2000	09:04:02.
38	Queretaro	Zimapan	Xaha y El Sauz	4.2	19	8	5-junio-1996	09:40:42.
39	Tecoautla	Zimapan	Bothiña	3.8	57	6	3-octubre-1996	19:47:12.
40	San Joaquin	Zimapan	Mina el Monte	4.2	20	8	22-septiembre-19	18:21:25.
41	San Nicolas	Pacula	El Cobrecito	3.5	8	8	24-marzo-1999	02:14:37.
42	Jalpan	Pacula	Vicente Guerrero	3.6	74	6	26-mayo-2000	20:57:08.

**a.2).- Región V**

En la Región V, en la carta Nicolás Flores, durante la verificación de campo, se cartografió que en la población de Plomosas, municipio de Jacala, en Septiembre del 2008, la gente sintió un movimiento con lo que algunos utensilios de cocina se agitaron, así como también el movimiento de cristales de las ventanas, por lo que se le asigna una intensidad según la

escala de Mercalli de VI; en Agua Fría Chica, también del municipio de Jacala, en el año 1985, la población ha sentido movimientos del terreno con intensidades de VI.

En El Cobrecito, municipio de Zimapán, en 1998 se registró un epicentro con una magnitud de 3.5 y una intensidad de 8, y según los pobladores de este lugar cada 10 años perciben los temblores que se reflejan en el movimiento de utensilios de cocina, por lo que en escala de Mercalli (Tabla 7.2.4.2.), tendrían una intensidad de V. No se tiene un catálogo más amplio de al menos 1990 a la fecha, para relacionar los epicentros suscitados en el límite de la Placa de Cocos en la Costa del Pacífico, con los sismos percibidos en esta parte del Estado de Hidalgo.

**Tabla 7.2.4.2.- Clasificación de sismos en la Escala de Mercalli (intensidades).**

I No sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos suspendidos pueden oscilar delicadamente.
III Sentido muy claramente en interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, pero mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable.
IV Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan.
V Platos, ventanas y puertas agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
VI Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VII Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VIII Todo el mundo corre al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras corrientes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.
IX Daño leve en estructuras diseñadas especialmente; considerables en edificios corrientes sólidos con colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Paredes separadas de la estructura. Caída de chimeneas, rimeros de fábricas, columnas, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Conductores de automóviles entorpecidos.
X Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
XI Algunos edificios bien construidos en madera, destruidos; la mayoría de las obras de estructura de ladrillo, destruidas junto con los cimientos; suelo muy agrietado. Rieles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en

<p>las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.</p>
<p>XII Pocas o ninguna obra de albañilería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Rieles muy retorcido.</p>
<p>XII Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel, deformadas. Objetos lanzados al aire.</p>

Estos sismos percibidos por pobladores de la zona de Jacala, pueden tener su origen por derrumbamiento del techo de cavernas y minas, dichos sismos generalmente ocurren cerca de la superficie y se sienten en un área reducida.

### a.3).- Región VI

En el municipio de Ixquimiquilpan, por testimonio de los pobladores en las localidades de Colonia Veracruz, municipio de Francisco I. Madero, el día Miércoles 5 de Noviembre de 2008, solo algunas personas percibieron un temblor, que en la escala de Mercalli correspondería a una intensidad de III; en la localidad de Demacú municipio de San Salvador, en la época de los 80's los pobladores percibían temblores, en este lugar hay una estación sismológica fuera de uso. En el poblado de la Flor, municipio de San Salvador, hace aproximadamente 25 años (año 1983) los pobladores sintieron un temblor, que produjo derrumbamiento de una vivienda y fracturas en otras, así como desprendimiento de rocas, que en la escala de Mercalli corresponde con una intensidad de VII. Dicha actividad sísmica se puede relacionar a la zona de vulcanismo de la zona y al fallamiento.

En las localidades de Tlacotlapilco municipio de Chilcuautla, percibieron temblores solo algunas personas hace aproximadamente cinco años (2003); en el municipio de Ixmiquilpan, en las localidades de Humedades y El Tephé en los años 1976, 1977, 1985 y 2000, algunos pobladores percibieron temblores, sin mayores consecuencias. Dichos sismos se asocian al fallamiento activo del Graben del Mezquital. En la localidad de Cerro Azul en el año de 2007 en el mes de abril los lugareños percibieron movimientos del terreno, en un área aproximada de un kilómetro cuadrado, se cimbraron las ventanas y además se escucharon estruendos, dichos temblores continuaron percibiéndose hasta en 12 ocasiones por día y durante un mes.

Según los pobladores estos movimientos también fueron percibidos hace aproximadamente 67 años. Fueron afectadas una vivienda y en algunas otras se formaron grietas, dichas viviendas son de block. A la fecha continúan percibiendo movimientos y estruendos.

## b) Vulnerabilidad

Las regiones que presentan vulnerabilidad por sismos son las regiones I, II, III, IV.

### b.1).- Región I

El número de habitantes expuestos a esta zona sísmica es de 1´758,066, está contemplada la capital del Estado que es Pachuca, así como poblaciones con una densidad de población alta como son, Actopan, Cuauhtepac de Hinojosa, Ixmiquilpan, Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma, Tepeapulco, Tepeji del Rio de Ocampo, Tezontepec de Aldama, Tizayuca, Tula de Allende y Tulancingo de Bravo (Tabla, 7.2.4.3.).

**Tabla 7.2.4.3.- Número de habitantes en los municipios del Estado.**

CLAVE_MUNI	NOMBRE	HABITANTES			
001	Acatlán	17914	045	Omitlán de Juárez	7529
002	Acaxochitlán	34892	048	Pachuca de Soto	275578
003	Actopan	48518	050	Progreso de Obregón	19672
004	Agua Blanca de Iturbide	8443	051	Mineral de la Reforma	68704
005	Ajacuba	16111	052	San Agustín Tlaxiaca	27118
006	Alfajayucan	16859	054	San Salvador	28637
007	Almoloya	10638	055	Santiago de Anaya	14066
008	Apan	39247	056	Lugo Guerrero	29246
009	El Arenal	15037	057	Singuilucan	13143
010	Atitalaquia	24749	058	Tasquillo	15429
012	Atotonilco el Grande	23823	059	Tecoautla	31609
013	Atotonilco de Tula	26500	061	Tepeapulco	49850
016	Cuauhtepac de Hinojosa	45527	063	Tepeji del Río de Ocampo	69755
017	Chapantongo	11389	064	Tepetitlán	8893
019	Chilcuautla	15284	065	Tetepango	9697
021	Emiliano Zapata	12309	066	Villa de Tezontepec	10723
022	Epazoyucan	11522	067	Tezontepec de Aldama	41909
023	Francisco I. Madero	29466	069	Tizayuca	56573
024	Huasca de Ocampo	15201	070	Tlahuelilpan	15412
029	Huichapan	39734	072	Tlanalapa	8662
030	Ixmiquilpan	73903	074	Tlaxcoapan	24734
035	Metepec	9278	075	Tolcayuca	11746
038	Mineral del Chico	6714	076	Tula de Allende	93296
039	Mineral del Monte	11944	077	Tulancingo de Bravo	129935
041	Mixquiahuala de Juárez	37747	082	Zapotlán de Juárez	16493
044	Nopala de Villagrán	15099	083	Zempoala	27333
			084	Zimapán	34476

En cuanto a la infraestructura expuesta se tienen cuatro parques industriales, el más importante es el de Ciudad Sahagún con una población de 28,609 habitantes y 7622 viviendas, el cual es un complejo con vocación metalmeccánica originado en la década de los 50's para ser el polo de desarrollo Industrial más importante del país. Tiene una superficie total de 120 has. El Parque Industrial Tepeji del Río, con una superficie total de 518.2 has, con una densidad poblacional de 32,541 habitantes con 8,034 viviendas. Parque Industrial Atitalaquia que cuenta con una población de 5,932 habitantes con 1,471 viviendas, el cual esta comunicado al Arco Norte y al ferrocarril, así mismo con la Autopista México-Querétaro. Superficie Total: 229 has. Parque Industrial Tula, con una población de 28,432 habitantes y 7,459 viviendas, este parque Industrial, cuenta con infraestructura, petrolera y cementara, por mencionar algunos, con conectividad a la carretera Jorobas-Tula, Arco Norte y la Autopista México-Querétaro. Actualmente están instaladas importantes empresas establecidas. Superficie Total: 97 has. Todos estos parques industriales tienen en común una excelente comunicación vial, que contactan con el nuevo libramiento carretero denominado Arco Norte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Para el Estado de Hidalgo se tiene prospectado además otro parque industrial que es el de Mineral de la Reforma que cuenta con una población de 42,223 Habitantes, este cuenta con 46 lotes que van de 5 mil m2 hasta 3 Hectáreas. Superficie Total: 69.6 Has.

Las pérdidas son importantes de acuerdo a toda la infraestructura existente así como a la densidad poblacional, en el caso de un sismo de magnitud mayor a 7° en la escala de Richter.

## b.2).- Región II

El número de habitantes en esta Región es de 368, 232 y 89,526 viviendas. La población se dedica principalmente al comercio y la industria textil. En la zona de los Llanos de Apan, se

tienen registrados 6 epicentros, en donde los de mayor magnitud son de 4° y se han producido en las cercanías de Zempoala, Tlanalapa y Tepeapulco, los cuales se alinean de NW-SE, el resto son de magnitud menor a 4°, dichos sismos se relacionan al fallamiento del Campo Volcánico de Apan.

La población que pudiera ser afectada en el caso de Ciudad Sahagún si se produjera un sismo mayor a 7°, es de 28,609 y 7622 viviendas, se puede llegar a tener en pérdidas materiales hasta por 2 mil millones de pesos, esto considerando un desastre o pérdidas totales. Las pérdidas estimadas para Tulancingo de Bravo son de 7 mil millones de pesos, esto considerando que se produzca un desastre por sismos.

### **b.3).- Región III**

Se tiene una población de 109,121 habitantes y 23,297 viviendas. La localidad urbana más cercana al epicentro registrado es Santiago Tepepa y fue de magnitud 3.9 a una profundidad de 34 km, su origen se puede asociar a la cercanía del fallamiento existente en el Campo Volcánico de Apán. En Santiago Tepepa la población expuesta es de 3,860 habitantes y 676 viviendas. Las pérdidas económicas, en el caso de que se produzca un sismo mayor a 7° es de mil millones de pesos. Las viviendas que predominan en esta zona son de tipos II, III y IV.

### **b.4).- Región IV**

De acuerdo al análisis realizado, no se contemplan pérdidas monetarias por causa de sismos, debido a que la Región se considera asismica.

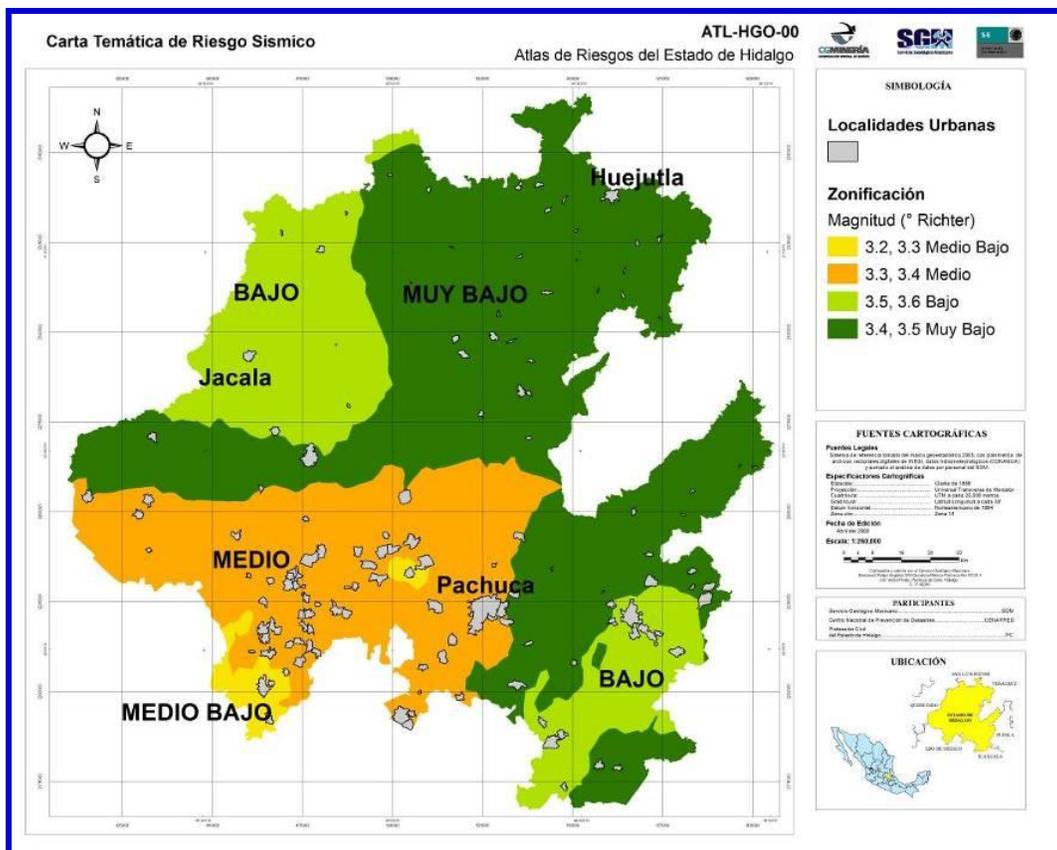
### **b.5).- Región V**

El número de habitantes es de 339,883 y 82,168 viviendas, en caso de presentarse un fenómeno con gran intensidad las pérdidas económicas en los municipios de Huichapan serán de 600 millones y en Ixmiquilpan 200 millones de pesos.

**c) Riesgo**

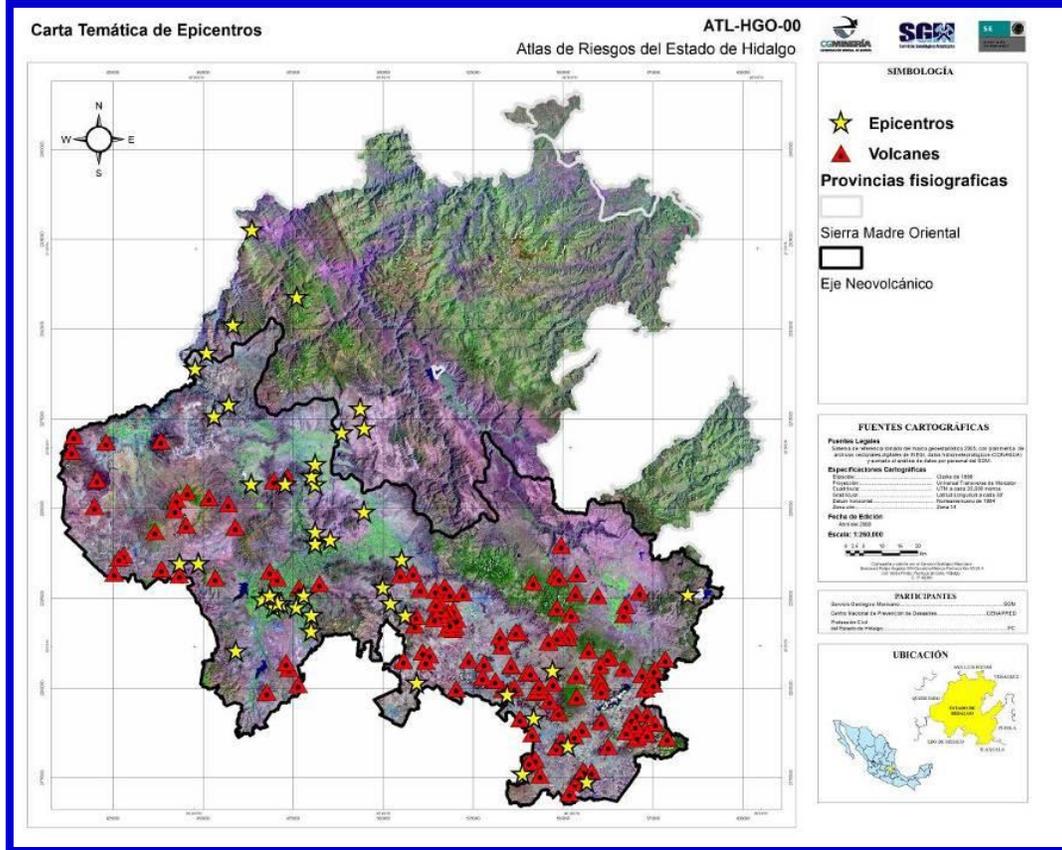
El riesgo sísmico es producto de tres factores: El valor de los bienes expuestos (C), tales como vidas humanas, edificios carreteras, puertos, tuberías, etc; la vulnerabilidad (V), que es un indicador de la susceptibilidad a sufrir daño, y el peligro (P) que es la probabilidad de que ocurra un hecho potencialmente dañino; así  $R=C \times V \times P$ . (CENAPRED, 2007)

En cada una de las regiones se realizó una interpolación con el método Kriging, tomando como variable las magnitudes de los epicentros registrados en el Estado, con lo que se puede observar que las zonas en color verde es prácticamente asísmica, el polígono en verde olivo, el riesgo por sismicidad es prácticamente nulo y el polígono amarillo corresponde a un riesgo medio (Figura 7.2.4.4.).



**Figura 7.2.4.4.- Zonificación de riesgo sísmico en el Estado, de acuerdo a las magnitudes y epicentros registrados en 1990-2000.**

La zona con riesgo medio que se localiza en la porción sur del Estado, tiene características geológicas, como son suelos blandos (depósitos lacustres), poblacionales (en esta zona la densidad poblacional es la más alta) y económicas (la mayor infraestructura se concentra en esta zona), así como la mayor cantidad de epicentros registrados (Figura 7.2.4.5.).



**Figura 7.2.4.5.- Epicentros y estructuras volcánicas en el Estado, los epicentros en color amarillo se concentran en la porción sur asociado al vulcanismo de la zona (triángulos rojos).**

Sin embargo en la porción oriental hay una zona de riesgo bajo, en las cercanías de Jacala en donde se han reportado epicentros de magnitudes entre 3.8° y 4.2°, los cuales se asocian a colapsos de cavernas con afectación a viviendas, las cuales han presentados fracturamiento en sus paredes.

La porción norte del Estado, está considerada de grado muy bajo, fisiográficamente en esta porción se encuentra la Sierra Madre Oriental, para la cual no se tienen registros de sismos.

**c.1).- Región I**

Se concentra la mayor cantidad de población en el Estado y así como su principal infraestructura (parques industriales, Tepeji del Rio, Atitalaquia y Tula, vías de comunicación y de conducción, edificios, viviendas, etc.) aunado a las condiciones geotectónicas, como los existentes en el Valle del Mezquital, con materiales lacustres y aluvión que se comportarían como una base poco consolidada. Por lo anterior, el riesgo sísmico en el Estado está en el rango de medio a bajo.

**c.2).- Región II**

En el caso de la Región II, de acuerdo a una primera regionalización en cuanto a peligro del Eje Neovolcánico se localizan seis epicentros. En cuanto a población se tiene a los municipios de Almoloya, Apan, Cuautepec de Hinojosa, Emiliano Zapata, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Singuilucan, Tepeapulco, Tlanalapa, Tulancingo de Bravo y Zempoala. La sismicidad reportada en esta Región es de magnitudes bajas que van desde 3, 3.6, 3.8 y 4 grados en la escala de Richter, esta se asocia directamente con el vulcanismo de la zona, y por sus magnitudes no representan riesgo alto para la población (Figura 7.2.4.6.).

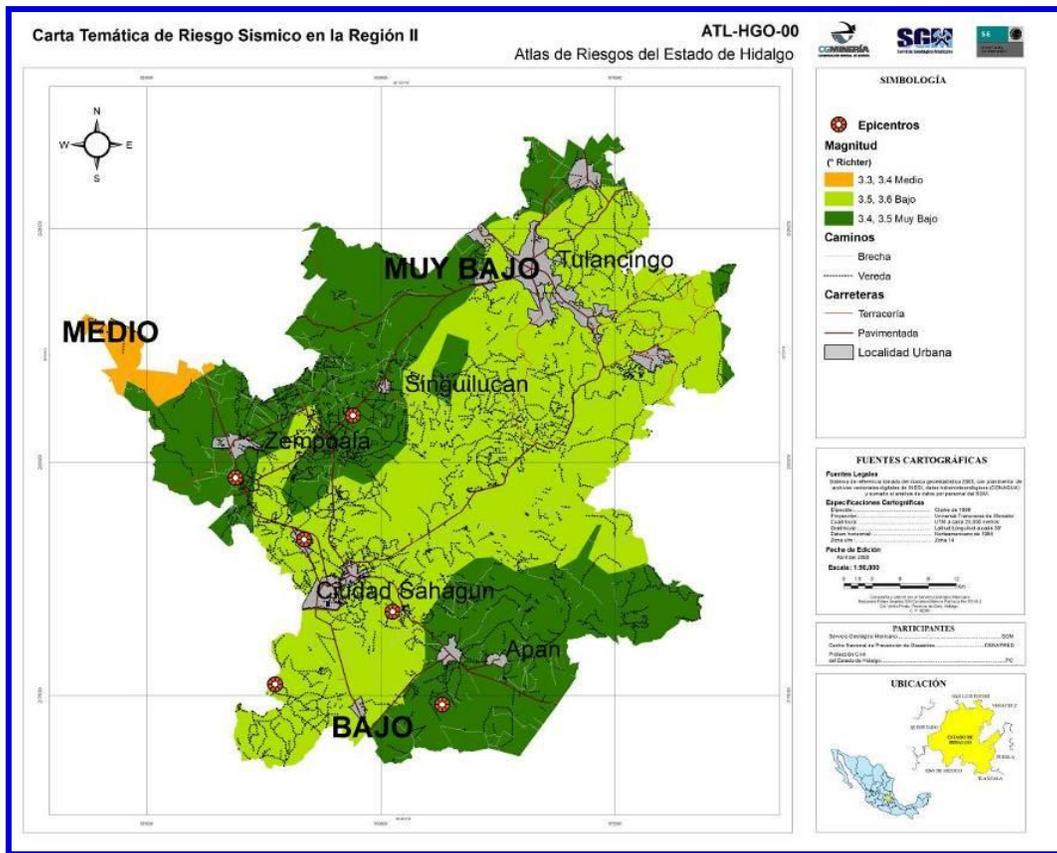


Figura 7.2.4.6.- Zonificación de riesgo sísmico para la Región II.

### c.3).- Región III

Se ha registrado un epicentro de magnitud 3.9° en la escala de Richter, para la década de 1990-2000 y el vulcanismo no es importante pues no se tiene identificado ningún cráter, solo derrames como basaltos y andesitas. En la Figura, (7.2.4.7.), se puede observar una zonificación de riesgo por sísmico, tomando como variable principal la magnitud, como lo que se obtiene que en la Región el riesgo por sismo esta en el rango de muy bajo a bajo.

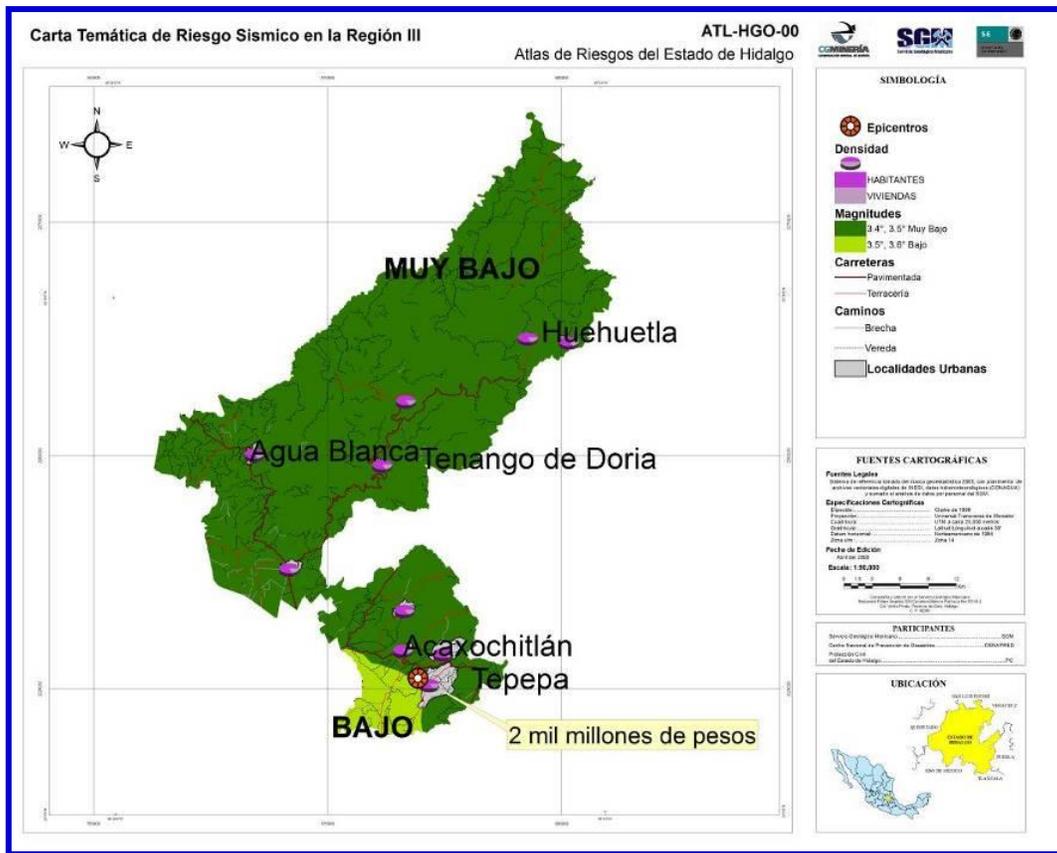


Figura 7.2.4.7.- Zonificación de riesgo sísmico para la Región III.

El único epicentro registrado en la Región está ubicado en la localidad de Santiago Tepepa, el 8 de julio de 1994, a una profundidad de 34 km, a la fecha el Servicio Sismológico Nacional (SSN) no ha registrado sismicidad en la zona.

**c.4).- Región IV**

Los sismos que aquí se presentan se producen a más de 100 km de profundidad, los cuales son esporádicos y no representan afectación (Figura 7.2.4.8.).

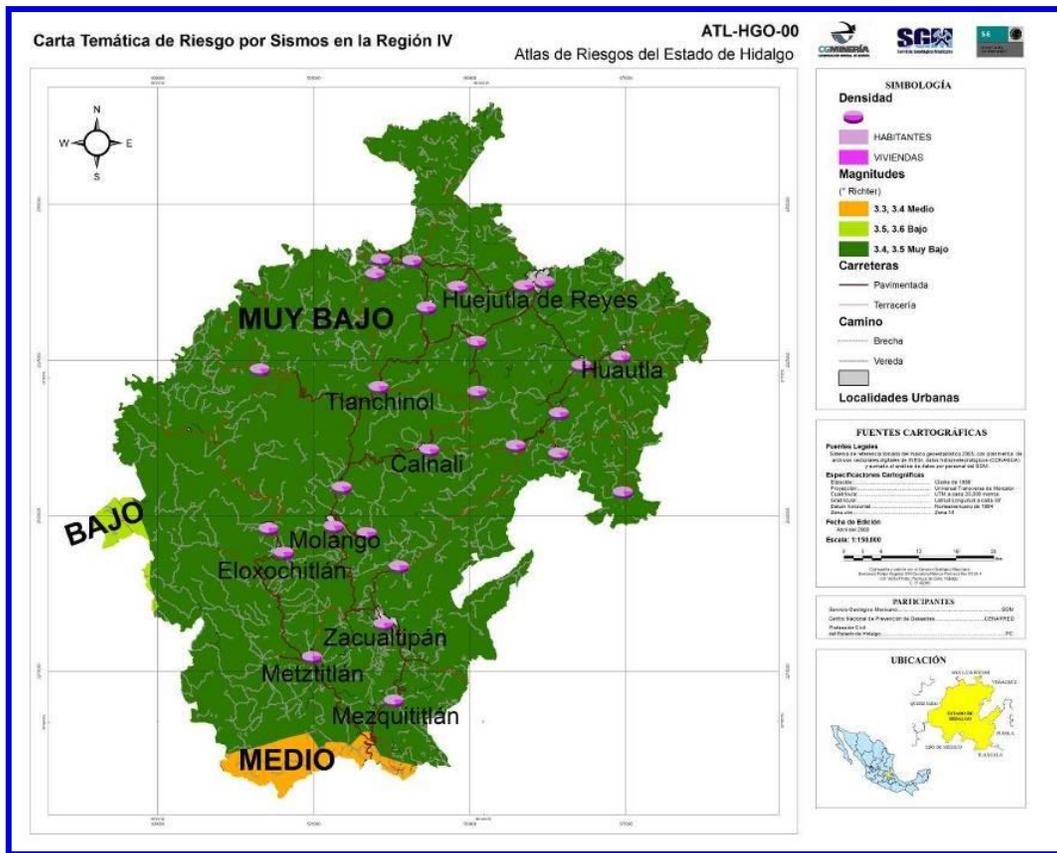


Figura 7.2.4.8.- Zonificación de riesgo sísmico en la Región IV.

**c.5).- Región V**

Se tienen reportados 17 epicentros de magnitudes que van de 3.1 a 4.2 en la escala de Richter y que hasta la fecha no se tiene reporte de afectación importante a las viviendas y a la población, sin embargo es la Región en donde se tiene una densidad de epicentros mayor con respecto al resto de las regiones. En el plano de análisis para riesgo de la Región V, se tiene que la porción sur es una zona que se encuentra en riesgo medio, ya que aquí se han producido la mayoría de los sismos con magnitudes que van de 3.3° a 4.1° Richter, a continuación la zona de riesgo bajo se tiene una menor concentración de epicentros con magnitudes que van de 3.5 a 3.6° Richter. Por último la zona de riesgo muy bajo que a nivel estatal se tienen reportados muy pocos epicentros, sin embargo las magnitudes han llegado a ser de 3.5° Richter, (Figura, 7.2.4.9.).

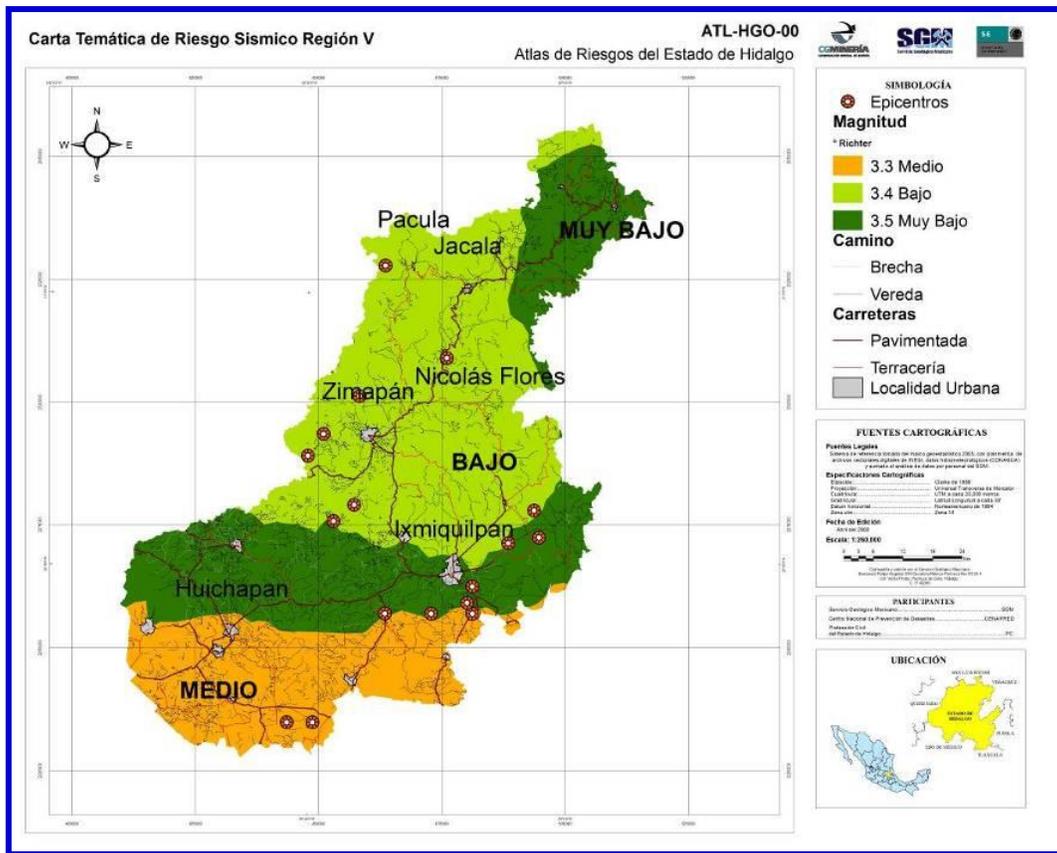


Figura 7.2.4.9.- Zonificación de riesgo sísmico en la Región V.

### 7.3 Peligros antropogénicos - Bancos de material

La importancia de éstos es relevante puesto que son utilizados para la industria de la construcción que se traduce en la generación de la infraestructura de una localidad, sin embargo, se han desarrollado asentamientos habitacionales cerca o sobre ellos, debido a que en algunos casos los bancos de material son informales y no cuentan con un apropiado diseño de explotación y de abandono, generando daños ecológicos y peligro por remoción de masas, inundaciones, inclusive hundimientos cuando existen viviendas o infraestructura en la parte baja de lo que fue un banco de material.

Algunos bancos de materiales activos, no representan riesgo para la población, sin embargo, los que se hallan abandonados, urgen de prontas medidas de prevención para evitar el asentamiento.

En el Estado existe un sin número de bancos de materiales, la mayoría son de pocas dimensiones y se ocuparon de manera esporádica, de acuerdo a la SCT, existen 28 operaciones formales, de dimensiones considerables y en operación (Tabla 7.3.1.).

**Tabla 7.3.1. Bancos de materiales censados por la SCT en el Estado.**

Región	Nombre del banco de materiales	Municipio
I	Acozac	Pachuca
	Cerro Blanco	Pachuca
	El Xathe	Atotonilco El Grande
II	Acatlán	Acatlán
	Chamberluco	Zempoala
	El Rincón	Tlanalapa
	Grupo J. Noriega y asociados	Epazoyucan
	La Trinidad	Epazoyucan
	Mazatepec	Tepeapulco
	Mina Cardenas	Epazoyucan
	San Juan Tepemazalco	Zempoala
	Santa Cruz	Apan
	Santo Tomás	Zempoala
	Tepeapulco	Tepeapulco
	Zempoala	Zempoala
IV	Río Atlapexco	Atlapexco
	Río Milpillás	Metztitlán
	Río Tamala	Tepehuacan de Guerrero
	Río Tehuetlan	Huejutla de Reyes
V	Calera del Valle	Ixmiquilpan
	San Miguel	San Salvador
VI	Bomintzha	Tepeji del Río
	Caleras Bertrán	Atotonilco de Tula
	Cementos Mexicanos	Huichapan
	Cerro de la Escondida	Tolcayuca
	Cooperativa Juárez	Ixmiquilpan
	Procal 2000	Tepeji del Río
	Rancho Guadalupe	Tolcayuca

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	San Antonio	Tula de Allende
	Triturados de Tepeji	Tepeji del Río

La Norma Técnica Ecológica Estatal, NTEE-COEDE-001/2000, señala los criterios para la extracción de los diferentes tipos de bancos de materiales debiendo cumplir después de su utilización con los requisitos de ley establecidos como lo es la formación de taludes que deberán tener un ángulo menor o igual a 45 grados, para el caso de tepetate, tezontle o cualquier tipo de roca, siendo la inclinación del talud igual al ángulo de reposo que garantice la estabilidad, además establece que las actividades de explotación no deben afectar cauces de ríos, arroyos o manantiales, y respetar las zonas o derechos de vías federales.

De acuerdo a las dimensiones del banco, así como su impacto a vías de comunicación o asentamientos urbanos, fueron analizados los más relevantes o riesgosos, esto, utilizando la zonificación establecida por la Dirección de Protección Civil del Estado.

### a) Peligro

#### a.1).- Región I.

En San Pedro Nopancalco al suroeste de la ciudad de Pachuca, se extrae tezontle, por la manera en que se ha explotado, este banco representa un riesgo para aproximadamente 8 viviendas ubicadas en uno de los márgenes, a escasos 2m de distancia. Es importante cuidar que la zona urbana no crezca hacia este sitio por los posibles deslizamientos.

En la carretera Pachuca-Ciudad Sahagún, a la altura de San Juan Tizahuapan, se encuentran 4 bancos de material de aproximadamente 400m de largo por 200m de ancho y de 15 a 20m de profundidad (Fotografía 7.3.1.), mismos que representan un riesgo a corto plazo debido a la mala planeación para su aprovechamiento. Además de que no cuentan con medidas de seguridad, por ejemplo; la falta de señalamientos que delimiten el perímetro afectado. Si la mancha urbana crece hacia éstos, quedarían muy cerca de sus flancos con posibilidades de la ocurrencia de un percance con consecuencias irreversibles.



**Fotografía 7.3.1.- En San Juan Tizahuapan, algunas viviendas se asentaron en uno de los flancos de un banco de material.**

### **a.2).- Región II**

En esta Región, existen diversos bancos de material, algunos de los cuales funcionan de acuerdo a la normativa, aunque también los hay clandestinos.

Tulancingo es una de las ciudades que cuenta con mayor número de bancos de material explotados dentro de la zona urbana, los cuales representan un cierto grado de peligro para la población circundante a los mismos (Fotografía, 7.3.2.). En El Mirador de esta misma ciudad se localizan dos bancos, uno inactivo y el otro en explotación (Fotografía 7.3.3.).



**Fotografía 7.3.2.- Banco de materiales dentro de la zona urbana en la ciudad de Tulancingo.**



**Fotografía 7.3.3.- Banco de materiales en la ciudad de Tulancingo, casas ubicadas en los alrededores.**

En la localidad de Caraballo al noroeste de Singuilucan, existe un banco que por su calidad como agregado petreo tuvo una demanda fuerte, este se ubica a la entrada de la cabecera municipal. La afectación principal es producto del asentamiento de viviendas en el mismo cerro causando daños a 7 viviendas, por lo tanto; se recomienda en caso de seguir explotando este lugar, regular las actividades de acuerdo a la normativa vigente para evitar

posibles daños a las viviendas asentadas en la parte superior de la ladera (Fotografía, 7.3.4.).



**Fotografía 7.3.4.- Banco de material inactivo localizado en Caraballo, Singuilucan, Hgo.**

En la población de Tepeapulco, en el Cerro del Jihuingo se explota material riolítico, de veinte bancos de material existentes solo El Jihuingo cumple con las disposiciones legales, el resto no cumple con lo establecido en la ley. La pendiente del talud es de  $30^\circ$  con una longitud de 100 m (Fotografía 7.3.5.). Cabe mencionar que los bancos que no cuentan con estatutos para una buena explotación se ubican al noroeste del Cerro del Jihuingo, provocando la caída de rocas afectando seriamente a las viviendas.



**Fotografía 7.3.5.- Cerro El Jhuingo, existen distribuidos al menos 30 bancos de material.**

En el municipio de Atotonilco El Grande, existen 3 bancos de materiales con taludes verticales que por su cercanía a los poblados representan un riesgo para la población, uno de estos se localiza dentro de la zona urbana; El Rincón (Fotografía 7.3.6.) actualmente un banco está en proceso de ser rellenado por materiales heterogéneos lo que puede generar asentamientos diferenciales debido a la mala compactación.

Otro de los bancos se localiza en el poblado de El Zoquite (Fotografía 7.3.7.) se encuentran asentadas tres viviendas sobre uno de los flancos, mismas que se verían involucradas en caso de un deslizamiento.



**Fotografía 7.3.6.- En El Rincón, se tienen un banco de material relleno con materiales heterogéneos.**



**Fotografía 7.3.7.- En El Zoquite, talud vertical, casas ubicadas en unos de los flancos del banco de material.**

En el municipio de Atotonilco, se sitúa el banco llamado Cerro Colorado (Fotografía 7.3.8.), cuya litología es de rocas volcánicas. En uno de los flancos se ubican cuatro viviendas de tipo II.



**Fotografía 7.3.8.- En el Cerro Colorado, se tienen casas ubicadas en unos de los flancos del banco de material.**

### **a.3).- Región III**

En Tenango de Doria, se funcionó un banco de material para la extracción de pumicita, en sus alrededores se asientan algunas viviendas, actualmente se encuentra inactivo y debido al incumplimiento de la normatividad este posee un talud con una pendiente de 80°, dichas características representan cierto grado de peligro para las viviendas que a futuro pudieran establecerse en la zona (Fotografías 7.3.9. y 7.3.10.)



**Fotografías 7.3.9 y 7.3.10 En Tenango de Doria se ubica un banco de materiales inactivo, se han establecido 2 viviendas.**

**a.4).- Región IV.**

En la ciudad de Huejutla de Reyes, en las cercanías a la localidad Llamactla se encuentran establecidos 5 bancos cuyos materiales son de origen terrígeno, los taludes presentan una pendiente de 45°.

En el poblado de Tehuetlan persiste la explotación de cuatro bancos, donde la extracción de material se genera de manera irregular lo que provoca que en temporada de lluvias el material sobrante sea acarreado obstruyendo coladeras y cunetas originando inundación en la parte baja del poblado resultando afectadas 30 viviendas (Fotografía 7.3.11.).



***Fotografía 7.3.11.- En Tehuetlan, existe banco de material con inadecuada forma de explotación, los materiales sueltos son arrastrados por el agua de lluvia hacia los cauces de ríos y arroyos azolvándolos.***

En la entrada a la ciudad de Zacualtipán, se asientan diez casas de tipo III en el borde del banco. La litología consiste en toba con una pendiente vertical. (Fotografía 7.3.12.).



**Fotografía 7.3.12.- En Zacualtipán, casas asentadas en los flancos del banco de material, por ser una roca deleznable el riesgo por deslizamientos de estas es alto.**

#### **a.5).- Región V.**

En Jacala existen varios bancos de material, algunos de ellos inactivos, actualmente hay 3 en operación utilizados para la construcción de viviendas. Hay 2 bancos de material inactivos a escasos 20 m uno del otro, el primero está se utiliza como bodega de reciclaje (Fotografía 7.3.13.) en el costado de este banco hay 4 casas, dos cerca de los flancos y otras 2 al frente; en el otro banco las casas están ubicadas en la parte superior a 1 m del flanco del banco, se recomienda evitar asentamientos urbanos en los francos del talud y en la parte baja del banco.



**Fotografía 7.3.13.- En Jacala de Ledezma, los bancos de material abandonados se ubican dentro de la zona urbana.**

Al noroeste de la misma ciudad, prácticamente en la entrada principal, se encuentra un banco de material inactivo cuya roca está constituida por clastos de caliza, en el cual se extraía grava y piedra bola (material de pie de monte) material utilizado para el revestimiento de caminos, la manera en que lo explotaron no fue correcta, ya que dejaron el talud casi vertical, el riesgo en la zona es por deslizamiento debido a la poca competencia de la roca es fácil de erosionar y propiciar el fenómeno, especialmente en temporada de lluvias, debido a que el agua se trasmite con mayor facilidad, aunado a que este material está cementado con carbonato de calcio, material fácil de disolverse. La principal afectación es a dos casas de Tipos II y III (Fotografías 7.3.14., 7.3.15.).



**Fotografías 7.3.14. y 7.3.15.- En Jacala, se tiene un banco de material inactivo, uno de sus flancos produce deslizamientos.**

Sobre la carretera federal que lleva a Querétaro hay un banco de material que afecta, hasta el momento dos casas de tipo III (Fotografía 7.3.16. y 7.3.17.) queda hacia la salida de Ixmiquilpan, las dimensiones son de 100 x 30 x 20 m, el material que extraen son tobas para revestimiento de la carretera que está en construcción, afecta a dos viviendas de tipo III y si se permite mas asentamientos la zona pueden quedar clasificada en riesgo algo , puesto que la altura del talud es de aproximadamente 20 m y en una lluvia fuerte deslavar la roca y afectar dichas casas.



**Fotografías 7.3.16., 7.3.17. Sobre la Carretera Federal hacia Querétaro, esta se construyó cerca de un corte de un banco de material.**

Otro banco de materiales se encuentra en las cercanías del poblado La Estancia, municipio de Chicuautla (Fotografía, 7.3.18.), en el Cerro El Capulin, dicho banco se encuentra inactivo, pero de activarse afectaría a 5 viviendas de tipo II que se encuentran cerca. En dicho banco se explotó roca andesítica, el corte del talud está a 90°, sus dimensiones son de 100 x 25 x 10 m.



**Fotografía 7.3.18.- En La Estancia, se ubicó un banco de materiales inactivo.**

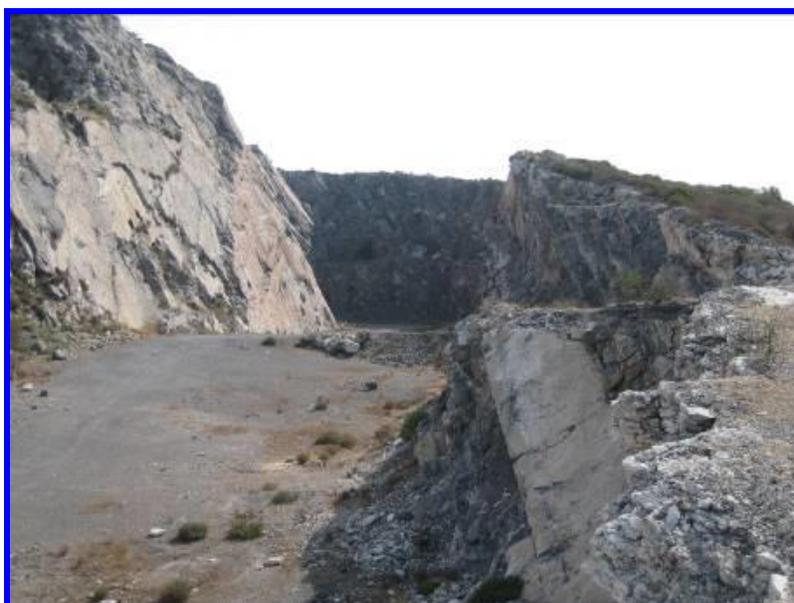
#### **a.6).- Región VI**

En la ciudad de Tizayuca se encuentra un banco de material abandonado que actualmente está siendo rellenado con escombros y cascajo, el cual puede después ser usado como terreno para construcción de viviendas u otras edificaciones, lo anterior no se recomienda sin una compactación apropiada de esos materiales, debido a que en un futuro este terreno tendrá un reacomodo y las construcciones que se encuentran sobre el banco, tendrán fracturamiento de paredes y techos, hasta es posible hundimiento y colapsos, como ya se han presentado casos en otros sitios donde casas y construcciones se han colapsado al ser edificados sobre materiales heterogéneos (Fotografía 7.3.19.).



**Fotografía 7.3.19.- En Tizayuca, se ubica un banco de materiales que actualmente se está rellenado con material heterogéneo.**

En Pacheco de Allende, municipio de San Salvador, se localizaron tres bancos de material, (Fotografía 7.3.20.), las dimensiones son de 250 x 25 x 200 m, estos bancos se encuentran inactivos, y en él se explotaba roca caliza. Uno de estos bancos fue cerrado a petición de los pobladores cuyas casas eran afectadas por el uso de explosivos, ya que las detonaciones propiciaban la formación de fracturas en las paredes de las mismas, aproximadamente 20 viviendas de tipos II y III fueron afectadas.



**Fotografía 7.3.20.- En Pacheco de Allende, se ubica un banco de material abandonado, fue clausurado a petición de los pobladores, argumentando afectación de las viviendas por el uso de explosivos.**

En Yolotepec municipio de Santiago de Anaya, hay un banco de materiales (Fotografía 7.3.21.), sobre el que se está construyendo una vivienda de tipo III. En este banco explotaron tobas, el corte cuenta con un talud de 90° y las dimensiones son de 200 x 100 x 30 m. Actualmente está inactivo. Se considera que podría representar riesgo si dentro de un tiempo el terreno pudiera ser ocupado para el asentamiento de viviendas, lo cual no es recomendable ya que la roca es deleznable.



**Fotografía 7.3.21.- En Yolotepec, se tienen casas establecidas en unos de los flancos del talud de un banco de materiales.**

En Emiliano Zapata, municipio de Ajacuba, existe un banco de materiales inactivo, con dimensiones de 300 x 35 x 50 m (Fotografía 7.3.22.), la afectación es a 10 viviendas de tipo II. La cercanía de las casas a uno de los flancos del banco pone a los habitantes en riesgo puesto que la roca es poco competente y en época de lluvias sufre desgaste, por lo que en un futuro las casas pueden presentar fracturas debidas al deslizamiento del terreno.



**Fotografía 7.3.22.- En Emiliano Zapata, casas establecidas en unos de los flancos del talud de un banco de materiales.**

### **b) Vulnerabilidad**

En las Regiones I, II y V, la actividad extractiva en estos bancos de material, aunado a las condiciones hidrometeorológicas existentes en las mismas, generan en el caso de un mal diseño de minado la generación de deslizamientos y caída de bloques inclusive hundimientos e inundaciones. De acuerdo al análisis realizado se determinaron zonas vulnerables dependiendo al grado de afectación que puedan sufrir las viviendas y al posible peligro generado por esta actividad antropogénica (Tabla 7.3.2.).

**Tabla 7.3.2. Localidades con vulnerabilidad alta producidos por la cercanía de bancos de material (activos y abandonados)-población y peligro ocasionado.**

Región	Municipio	Localidad	Cantidad de bancos de materiales	Afectación	Peligros
I	Pachuca	San Pedro Nopancalco	1	8 casas de tipo II	Posibles deslizamientos
		San Juan Tizahuapan	4		Si se permite la edificación de viviendas a futuro podrían presentarse hundimientos
II	Tulancingo	Tulancingo	2	50 casas de tipo II	Deslizamiento y posible hundimiento en caso de que construyan una mayor cantidad de viviendas
	Singuilucan	Caraballo	1	7 casas de tipo III	Posibles deslizamientos
		La Nueva (El Tezontle)	1	Recurso natural	
	Tepeapulco	Cerro El Jihuingo	30	De 8 a 10 casas de tipos II y III, carretera, recurso natural	Caída de bloques, desprendimientos de material por los altos taludes.
III	Tenango de Doria	Tenango de Doria	1	2 casas de tipo III, 1 taller eléctrico	deslizamiento
IV	Huejutla de Reyes	Llammaclta	5	30 casas de tipos II y III	Por bloqueo de cauces, inundación
	Zacualtipán	Zacualtipán	1	10 casas de tipo III	Deslizamientos
	Ixmiquilpan		1	2 casas de tipo III	Caída de rocas
	Chicuautila	El Capulín	1	5 casas de tipo III	Caída de rocas
V	Jacala	Jacala	3	6 casas de tipo III	Deslizamientos
VI	Tizayuca	Tizayuca			Posibles hundimientos por construcciones futuras sobre material heterogéneo.

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO

	San Salvador	Pacheco de Allende	3	20 casas de tipo III	Por fracturamiento podría dañar estructura de las viviendas.
	Santiago de Anaya	Yolotepec	1	1 casa de tipo III	Deslizamiento
	Ajacuba	Emiliano Zapata	1	10 casas de tipo III	Deslizamientos

El municipio más vulnerable debido a la cercanía de la población con los bancos de material es Tulancingo de Bravo en la Región II, le siguen Pacheco de Allende en la Región VI y Llamactla en Huejutla de Reyes en la Región IV.

### c) Riesgo

Se presenta cuando la cercanía que estos bancos de materiales tienen asentamientos urbanos o vías de comunicación, las autoridades municipales deben regular esta actividad económica.

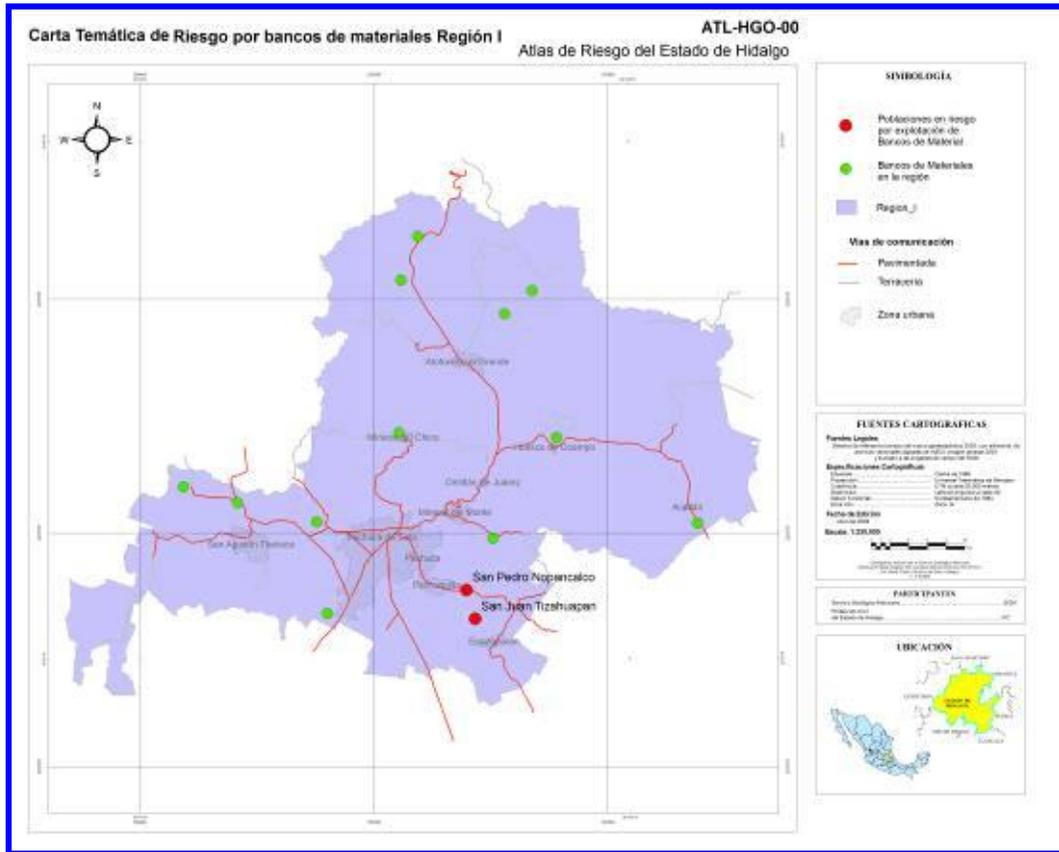
#### c.1).- Región I

Se han detectado varios bancos de materiales que por el crecimiento de la población quedan dentro de la zona urbana y/o ésta tiende a crecer hacia estos sitios, debido a que por la demanda de terreno para la construcción de viviendas, pueden ser usados para este fin (Figura 7.3.1.).

En San Pedro Nopancalco municipio de Pachuca de Soto, hay 8 casas con un promedio de 320 habitantes, que pueden ser afectadas por deslizamientos del terreno, pues éstas se localizan a escasos metros del flanco de un banco de material.

Cerca de San Juan Tizahuapan municipio de Pachuca, en los alrededores de la localidad hay 4 bancos de materiales que representan un riesgo pues por su relativa cercanía a la cabecera del Estado, el crecimiento de la población tiende a crecer hacia dicho lugar, si el

banco es rellenado con escombro podría presentarse hundimiento por la compactación natural del terreno.



**Figura 7.3.1.- Zonas de riesgo (rojo) para la población que se ubica cerca de los bancos de material de la Región I.**

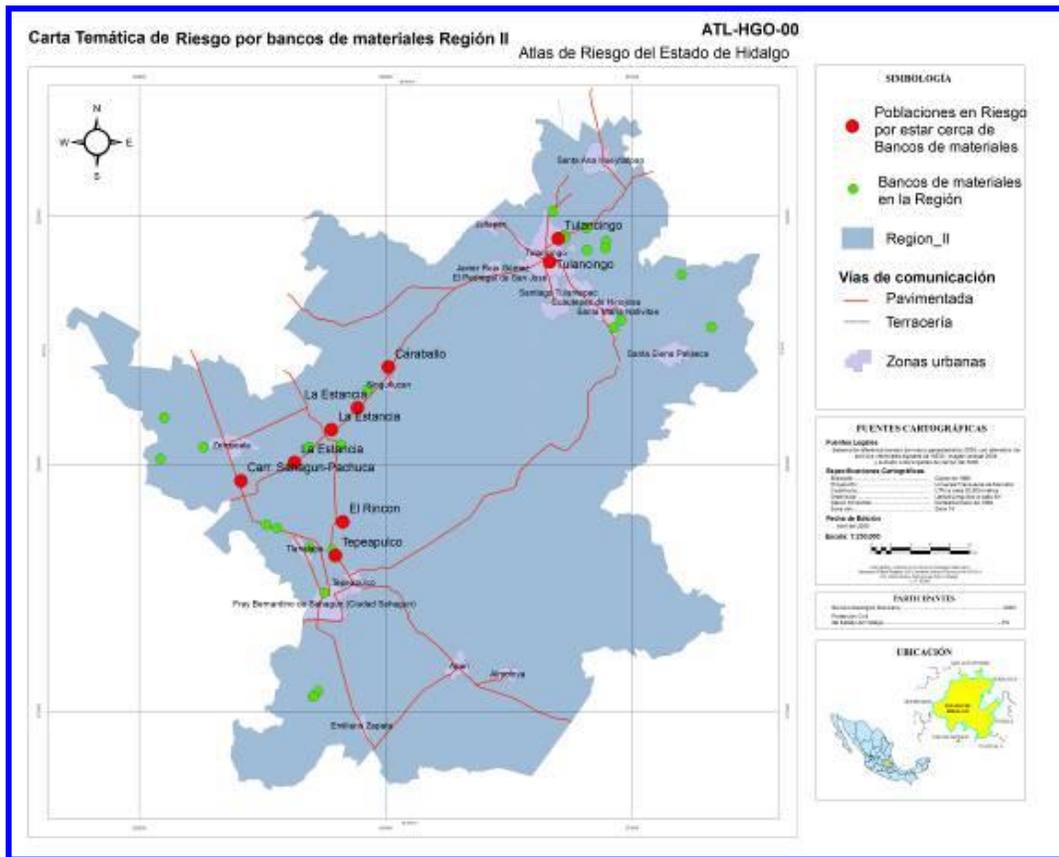
**c.2).- Región II**

En la ciudad de Tulancingo se detectaron 2 bancos de materiales cuya afectación actualmente es a 50 casas, en uno de ellos con 200 habitantes, en el otro inician las actividades de relleno y compactación, con vistas a establecer un desarrollo habitacional, estas áreas explotadas no se recomiendan para el uso urbano, son zonas de peligro muy alto (Figura 7.3.2.)

En el municipio de Singuilucan, en la localidad de Caraballo se ven afectadas 7 casas con un aproximado de 30 habitantes

El municipio de Tepeapulco, en el cerro del Jihuingo se tiene conocimiento que hay más de 30 bancos de materiales que no tienen observación de la normativa vigente por lo que representan un riesgo, hasta el momento se pueden ver afectadas 30 personas por caída de bloques.

Para el municipio de Atotonilco El Grande, en los poblados de El Rincón, El Zoquite y Cerro Colorado, un total de 7 casas serían afectadas y a futuro algunas más por posibles deslizamientos o hundimientos.



**Figura 7.3.2.- Zonas de riesgo (rojo) para la población que se ubica cerca de los bancos de material de la Región II.**

**c.3).- Región III**

En Tenango de Doria (Figura 7.3.4.) existen 2 casas de tipo II afectadas por un banco de materiales, aunque es posible que a futuro se establezcan más casas en la zona, cosa que

no se recomienda pues serían susceptibles a deslizamientos o a que las rocas se desprendan.

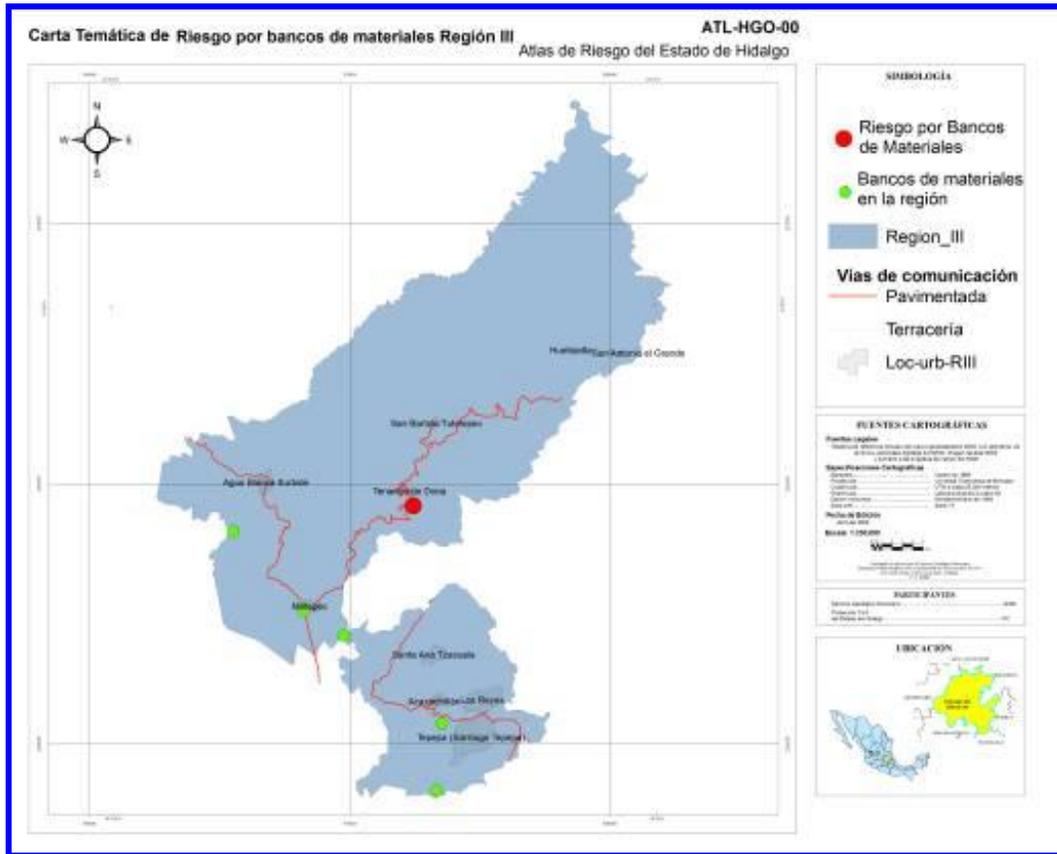
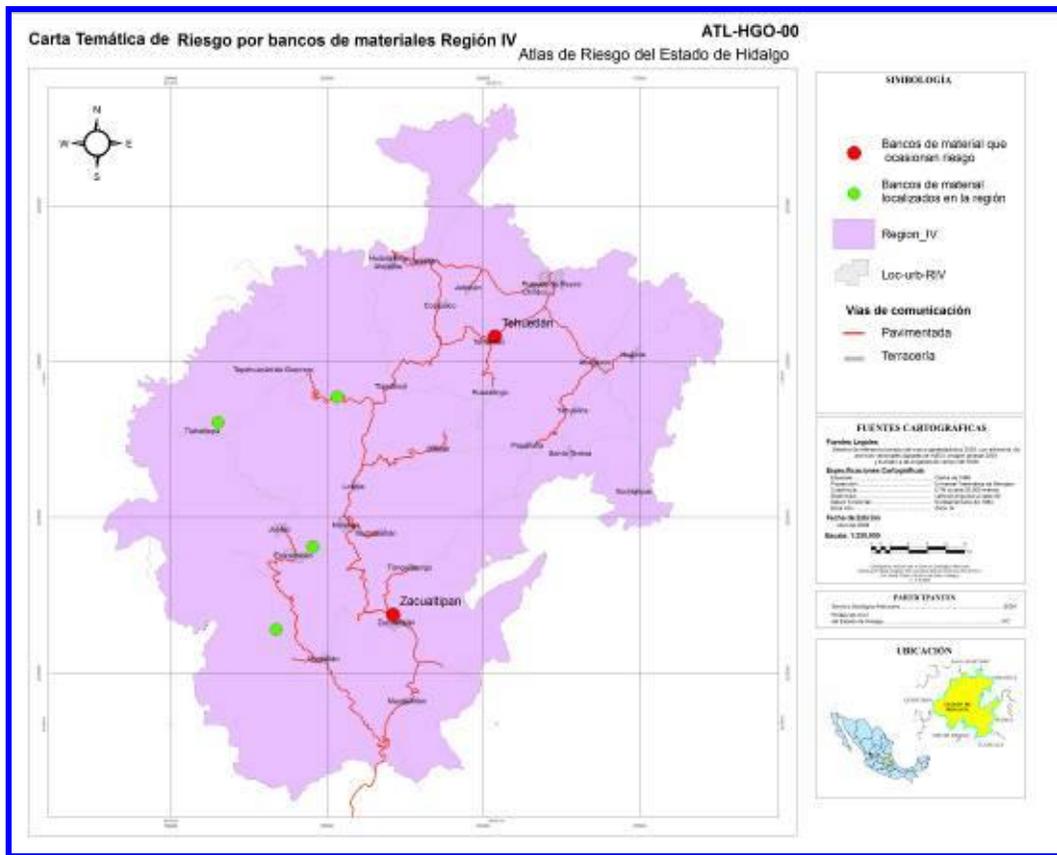


Figura 7.3.3.- Zonas de riesgo (rojo) para la población que se ubica cerca de los bancos de material de la Región III.

#### c.4).- Región IV

Para esta Región se tienen dos localidades (Figura 7.3.4.) en riesgo por dos razones, una la de permitir que se asentaran viviendas cerca de los bordes del banco de materiales y otro por no realizar una explotación adecuada de los mismos, a continuación se explica cada caso.



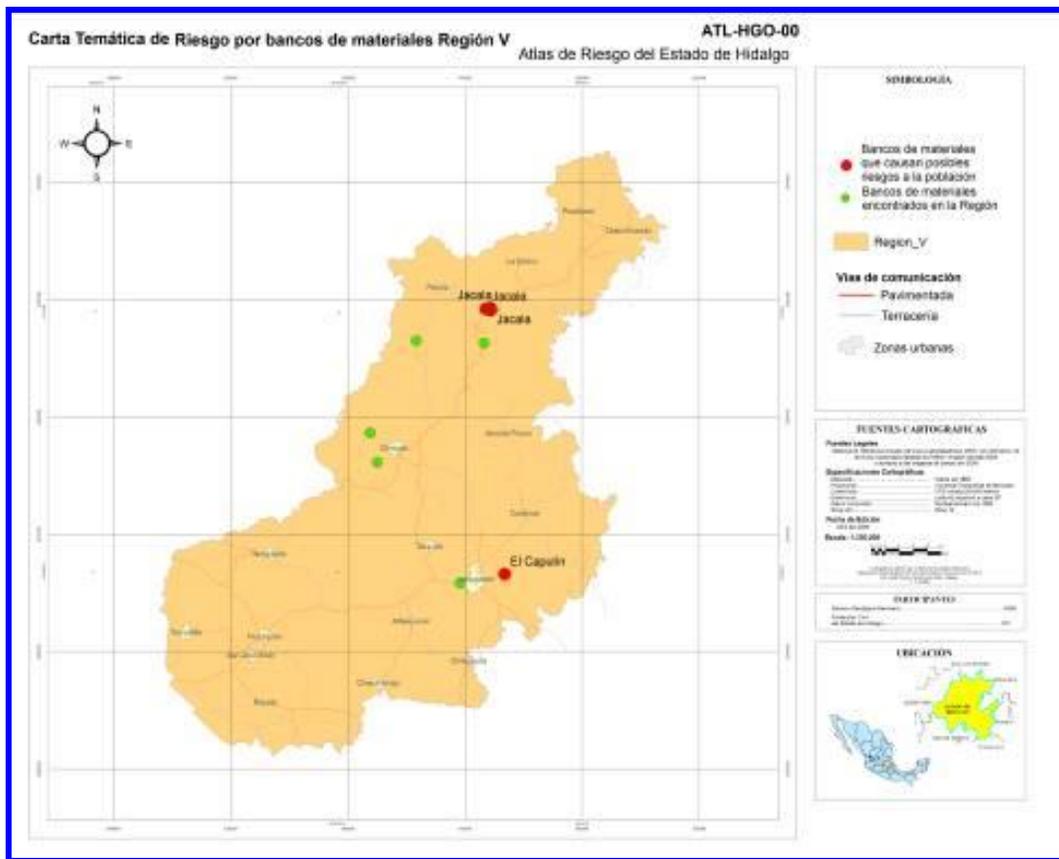
**Figura 7.3.4.- Zonas de riesgo (rojo) para la población que se ubica cerca de los bancos de material de la Región IV.**

En Llamactla municipio de Huejutla de Reyes, hay 5 bancos de materiales que producen riesgo, debido a que su método de explotación no contempla el control de sus detritos, los cuales son arrastrados por los escurrimientos y azolvan el cauce de un río y un arroyo inundando Tehuetlán, aproximadamente son afectadas 30 casas de tipo III, en las cuales habitan aproximadamente un total de 120 habitantes.

En la ciudad de Zacualtipán se ven afectadas 10 casas de tipo III por la extracción que se realizó en un banco de material, ahora las casas están en riesgo puesto que se localizan a 2m del flanco del banco, aproximadamente 40 habitantes serían afectados.

**c.5).- Región V**

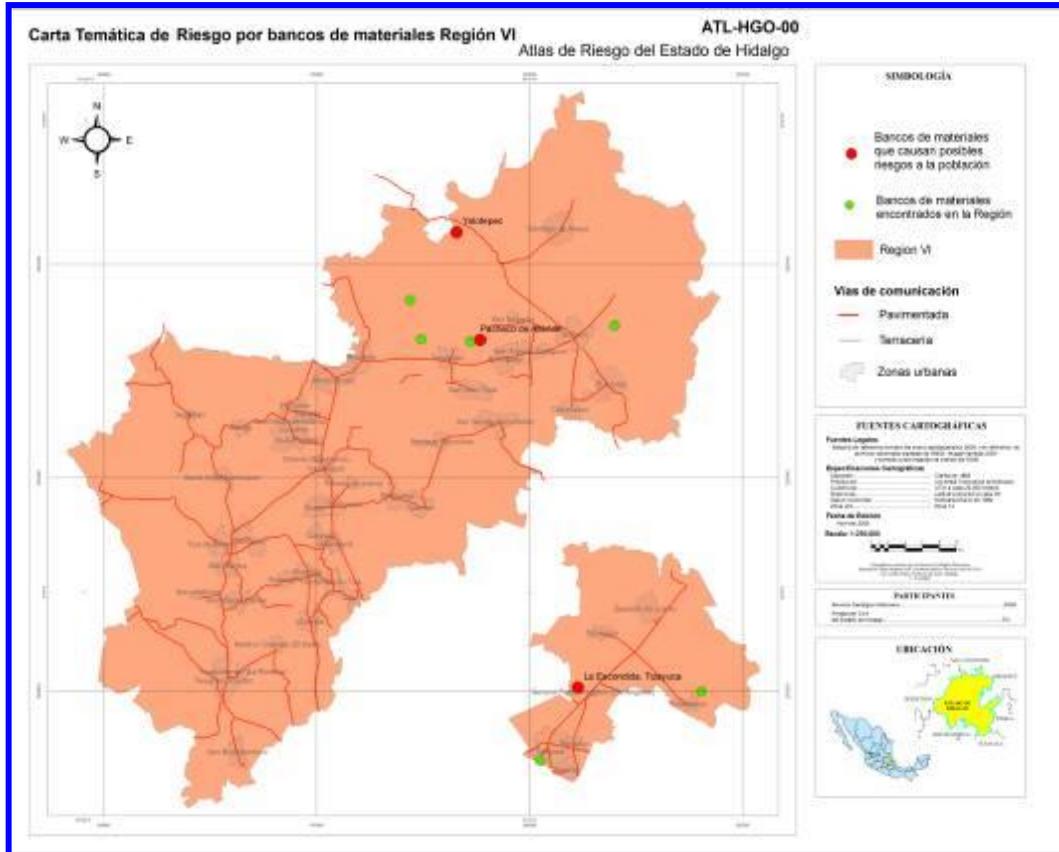
En Jacala, en 2 bancos de materiales, en uno de ellos, en la parte alta del flanco principal hay 4 casas en riesgo con 20 habitantes, en el otro banco el riesgo es para una población de 10 habitantes y 4 casas, aunque si continúa el desarrollo de una zona habitacional este número se vería incrementado, el banco está ubicado cerca de la cabecera municipal de Ixmiquilpan. En la localidad de La Estancia del municipio de Chicuautla, 5 casas con unas 22 personas, pueden ser afectadas si se continúa la explotación de dicho banco. Estas tres poblaciones (Figura 7.3.5.), se encuentran en riesgo por la cercanía que tienen a bancos de materiales, ya que en algunos, el método de explotación puede provocar caída de bloques y/o deslizamientos.



**Figura 7.3.5.- Zonas de riesgo (rojo) para la población que se ubica cerca de los bancos de material en la Región V.**

**c.6).- Región VI**

En Pacheco de Allende municipio de San Salvador, hay 20 viviendas en riesgo con un total de 73 habitantes, estas casas han sido afectadas por el desmedido uso de explosivos, utilizados en el banco de materiales para la explotación del mismo, actualmente este banco está inactivo (Figura 7.3.6.).



**Figura 7.3.6.- Zonas de riesgo (rojo) para la población que se ubica cerca de los bancos de material en la Región VI.**

En Yolotepec municipio de Santiago de Anaya, la explotación de los bancos de material han afectado a 1 vivienda, al parecer dicha área está contemplada para el asentamiento de futuras zonas habitacionales. No se recomienda ninguna actividad ni asentamiento urbano.

7.4 Análisis a semidetalle de riesgo en ocho ciudades propuestas por Protección Civil

a) Agua Blanca de Iturbide.

El municipio de Agua Blanca de Iturbide, se localiza en la Región III, presenta serios problemas por deslizamientos (Figura 7.4.1). El riesgo se presenta más elevado en zonas de alto grado de marginación, los deslizamientos se cartografiaron próximos a esta ciudad se localizan a una distancia de 3 km al sur y 3 km al norte aproximadamente. En lo que respecta el área urbana, en la actualidad no se encuentra afectado por ningún fenómeno natural, por lo que de acuerdo análisis realizado el municipio se encuentra en un riesgo bajo.

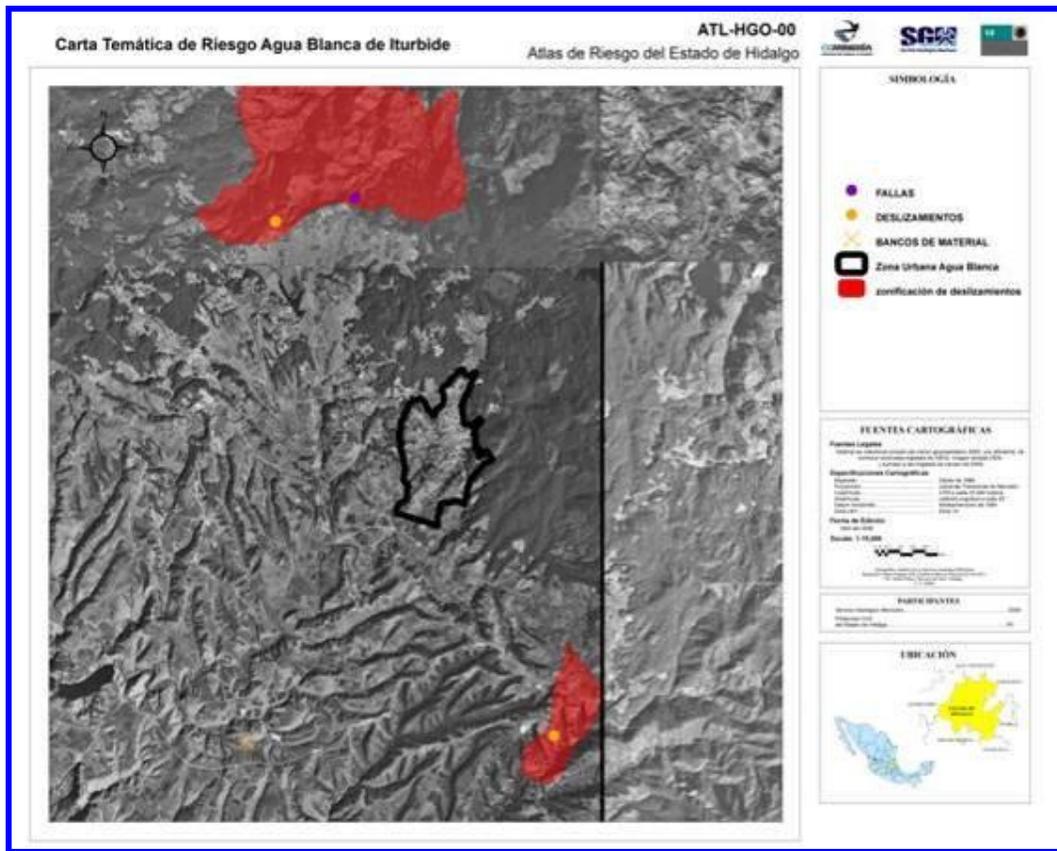


Figura 7.4.1.- Zonificación del riesgo en las inmediaciones de la ciudad de Agua Blanca de Iturbide.

El acceso a la localidad es a través de una carretera de dos carriles que va del municipio de Agua Blanca (Hidalgo) a la localidad de Zacualpan (Veracruz).

Este camino es afectado constantemente por caída de bloques, especialmente en la temporada de lluvias, los bloques son de composición andesítico-basáltica, subangulosos cuyas dimensiones varían de 2 a 6 toneladas, de tal manera que al caer sobre la vía de comunicación estos llegan a dejar incomunicado a la población. El espesor del suelo varía de 20 a 30 cm, mismos que al saturarse con el agua pluvial propician un fenómeno combinado de deslizamiento y caída de bloques, hacia la parte norte de la localidad.

Plan Grande municipio de Agua Blanca, es afectado por la presencia de flujos de lodo, principalmente en la temporada de lluvias, esta se encuentra asentada en el escarpe formado por mesetas basálticas, delimitadas por una sierra de composición volcánica compuesta de: toba riolítica, dacítica, existiendo intemperismo moderado de la roca, que da lugar a suelos rojizos, arcillosos.

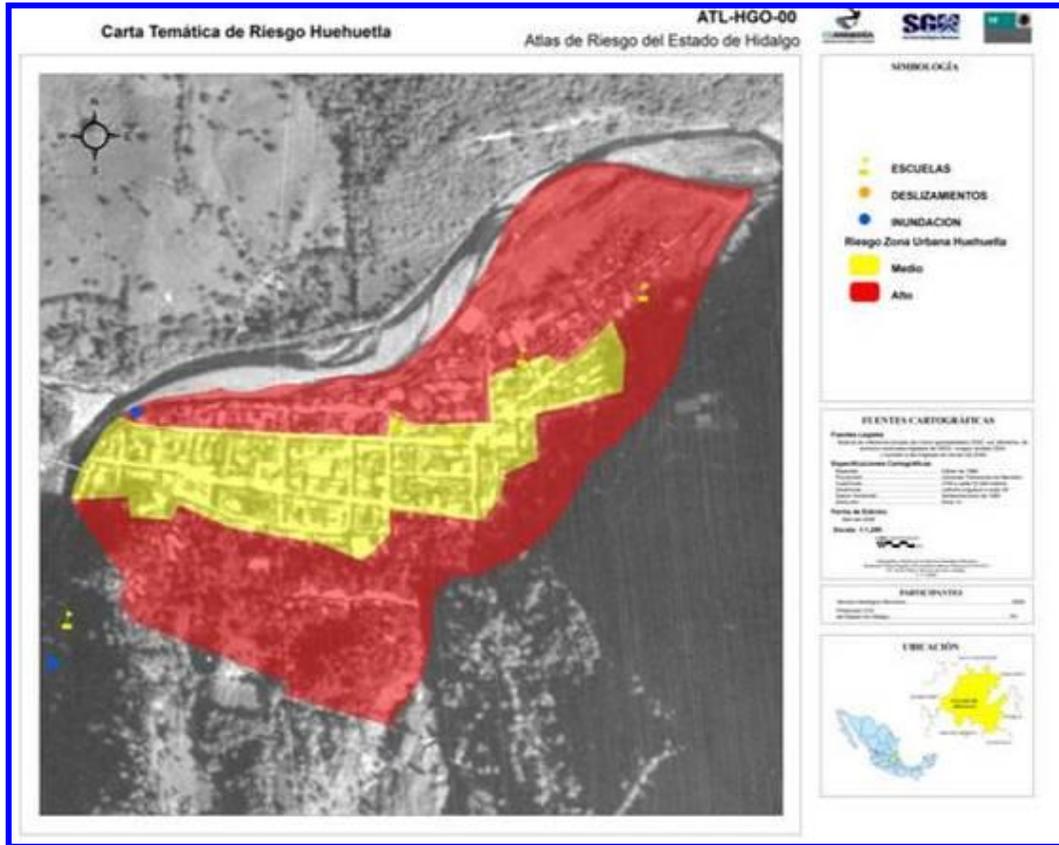
Estos suelos son saturados en la temporada de lluvias, lo que propicia el desplazamiento de los mismos, como evidencia de este fenómeno se observa la formación de grietas con una orientación NE 10° SW , originados por los efectos del Huracán DEAN, en el mes de Agosto del año pasado.

Los deslizamientos conocidos en esta zona están caracterizados por alta deforestación, laderas saturadas de humedad, pendientes abruptas, bastante pronunciadas por lo que el fenómeno se manifiesta principalmente en los cortes de las vías de comunicación.

## b) Huehuetla.

Huehuetla está asentada sobre la margen sur del río del mismo nombre, es afectada por desbordamientos de esta corriente que registra avenidas intensas en la temporada anual de lluvias. Esto se debe a que la mitad de esta población se sitúa en la planicie de inundación del río y a menos de 1.5 m de elevación sobre el cauce. Aproximadamente 200 casas se localizan en esta área.

El riesgo se presenta más elevado en zonas de alto grado de marginación, donde los fenómenos predominantes son la inundación por el desbordamiento del cauce y deslizamientos de material inestable (periferia de la ciudad). Por el contrario, el riesgo es menor en aquellas partes de la ciudad (parte central) donde la vulnerabilidad es media. (Figura 7.4.2.).



**Figura 7.4.2.- Zonificación del riesgo en la ciudad de Huehuetla.**

En el camino al Barrio Plan del Recreo, localizado en el poblado de Huehuetla (cabecera municipal), se cartografiaron zonas de caída de bloques, debido a que la humedad satura las rocas que componen a los cerros, propiciando el desprendimiento de las mismas.

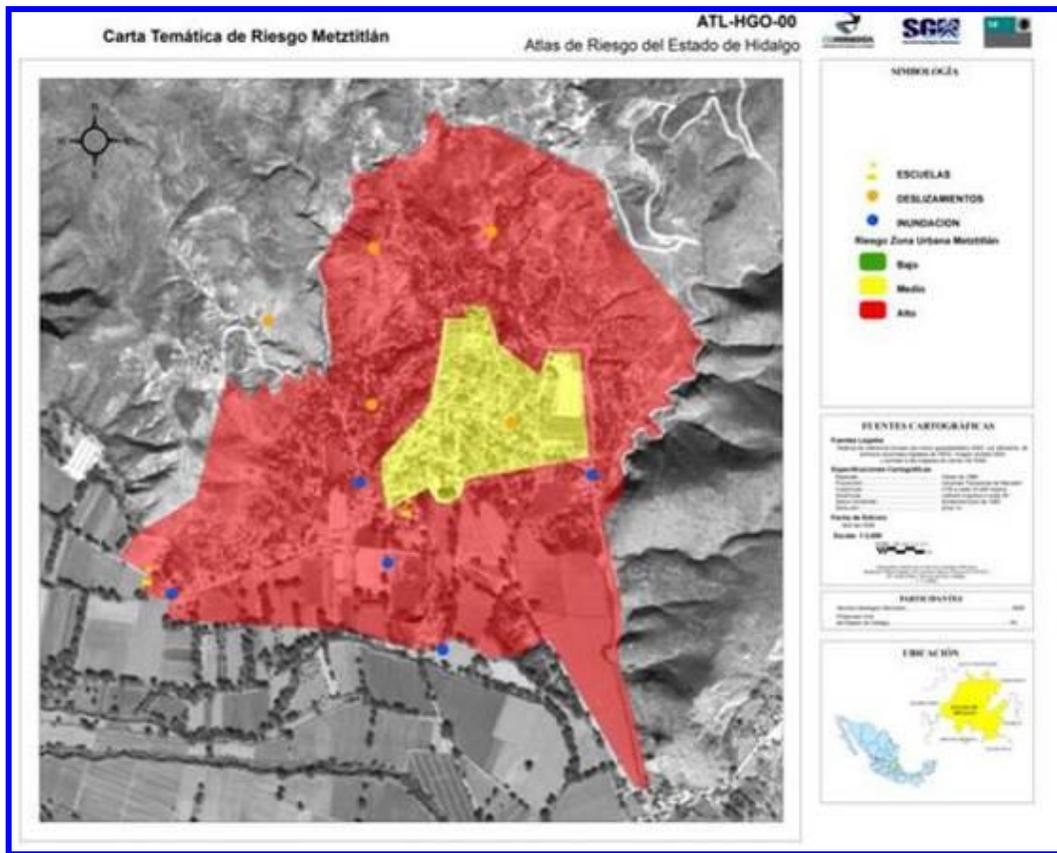
La litología del área consiste en potentes estratos de limolita de color rojizo con intenso fracturamiento, el grado de intemperismo es bajo (descolorido), presenta una resistencia suave, el tamaño de los bloques en promedio es de (3 X 2 X 1.6 m), la discontinuidad está dada por el fracturamiento la cual tiene un sistema principal (NW-SE con inclinación al SW),

el espaciamiento varía de 0.05 a 0.1 m, con rugosidad escarpada y abertura de 0.01 a 0.1 m. el mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y plana. A este lugar se le considera de peligro alto, debido a que la afectación por caída de bloques, directa es a seis casas construidas de tipo II, a la escuela preescolar “Luis Donald Colosio” que solamente cuenta con una aula y al camino, si esta llega a ser bloqueada la afectación sería a 80 habitantes que quedarían incomunicados.

De acuerdo al los datos estructurales tomados en campo y con el análisis realizado en gabinete, se determina que en este lugar se tienen ocho sistemas de fracturamiento, siendo tres las principales A  $237^{\circ} 68^{\circ}$ , B  $117^{\circ} 75^{\circ}$ , C  $323^{\circ} 77^{\circ}$ , el resto son secundarias, la distribución espacial de las discontinuidades dan como resultado la forma y tamaño de los bloques. El mecanismo de movimiento que predomina es por cuña, siguiéndole el tipo falla plana.

### c) Metztlán.

El municipio de Metztlán, se localiza al sur de la Región IV. La principal problemática es por inundación junto con deslizamientos. El mayor riesgo se presenta en zonas de alto grado de marginación, dichos riesgos son causados por las inundaciones por desbordamiento y deslizamientos de material inestable (periferia de la ciudad). Por el contrario, el riesgo es menor en aquellas partes de la ciudad (parte central) donde la vulnerabilidad predominante es media (Figura 7.4.3.).



**Figura 7.4.3.- Zonificación del riesgo en la ciudad de Metztitlán.**

Las afectaciones por inundación son principalmente a la parte baja de la ciudad, situada sobre el valle aluvial. Esta parte corresponde al poniente y suroeste de la zona urbana, donde los niveles de agua alcanzados son de hasta 2 metros.

En Los Barrios Coatlán (calle 4 de Julio) y Tepeyacapa (calle 16 de Octubre), por donde escurren los cauces naturales, la fuerza del agua es tal que hay abundante acarreo de bloques (1 m de diámetro), cantos y detritos, el nivel que el agua llega a alcanzar es de 0.50 a 1 m. de altura. Este material es depositado en las partes bajas donde están asentadas más de 20 casa, 30 negocios y dos escuelas.

- Escuela Secundaria Técnica No. 5 “Gral. Emiliano Zapata” con 510 alumnos y 32 docentes. El nivel del agua alcanza 1.8 a 2 m. de altura.

- CECYTEH ubicado a 150 m del Río Venados, en temporadas de fuertes avenidas el río se desborda aunado al aporte de los escurrimientos naturales esta escuela se ve severamente afectada por inundación, donde el nivel del agua llega hasta los 3 m.

Los cultivos de riego del valle fluvial se consideran de vulnerabilidad alta ante inundaciones extremas y medias de frecuencia anual, por su alta exposición y vulnerabilidad reducida a moderada.

En cuanto a la presencia de deslizamientos, estos se dan en lutita, arenisca y caliza fuertemente plegadas y deformadas, cubiertas por rocas de origen volcánico: Flujos y derrames lávicos.

Estos fenómenos se originan en laderas cuyas pendientes son de 45°; donde se observa alta deforestación, aunado a las fuertes precipitaciones, variables que fomentan la presencia del fenómeno, siendo afectadas principalmente las vías de comunicación.

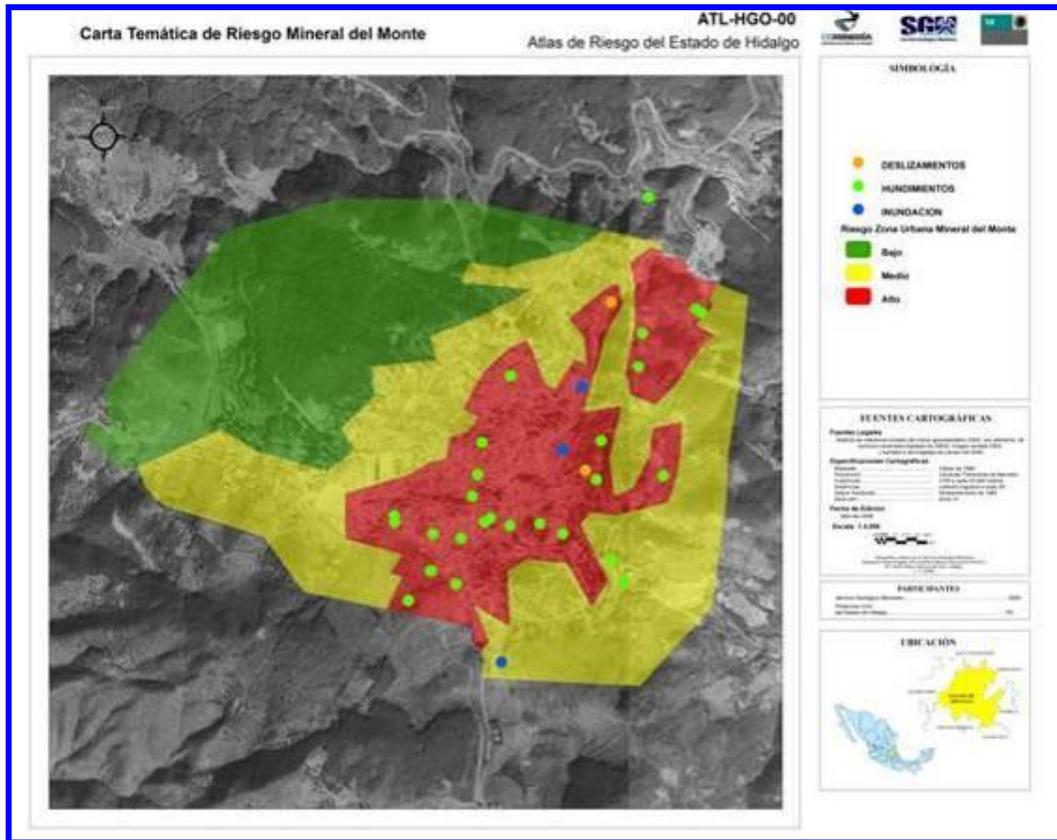
En la cabecera municipal de Meztlán, los deslizamientos se forman en cerros de composición volcánica: basalto, toba riolítica que se caracterizan por ser muy deleznable, fácil de erosionar al saturarse por el contacto con agua. Aproximadamente hay 25 casas 100 habitantes, asentadas en la ladera del mismo incluyendo el Convento de los Santos Reyes que data del siglo XVI, el cual presenta grandes fracturas en las paredes.

El deslizamiento tiene dirección al NW con una inclinación de 32° a 87°, siendo el área norte del mismo el que mayor problema presenta. En el año de 1992 el deslizamiento afectó a la colonia 5 de Mayo ubicada detrás del templo, misma que tuvo que ser evacuada en su totalidad. Dicho fenómeno afecta a los Barrios: Las Casitas, Calvario (5 casas), Coatlán (20 casas), Tepeyacapa (15 casas) y El Carrizal donde hay más de 20 casas totalmente fracturadas; el fracturamiento es intenso, variando de 90° a 42°, la abertura de estas fracturas varía de 1 a 5 cm. resultando 240 habitantes afectados.

Esta comunidad se encuentra asentada sobre un cerro con pendiente mayor a 20°, compuesto de alternancias de lutita arenisca (material arcilloso muy deleznable) coronándolo derrames de andesita, fácil de erosionar por la acción pluvial.

**d) Mineral del Monte.**

Se localiza en la Región I, la principal problemática es por hundimientos aunque también se presentan deslizamiento e Inundación. El riesgo alto se localiza en áreas de alto grado de marginación, donde los fenómenos predominantes son el hundimiento (por obras mineras), inundación (por desbordamiento) y deslizamientos de material inestable (porción central). Por el contrario, el riesgo medio y bajo se presenta en aquellas áreas de la ciudad donde la vulnerabilidad es media (periferia) (Figura 7.4.4.).



**Figura 7.4.4.- Zonificación del riesgo en la ciudad de Mineral del Monte.**

Las afectaciones por hundimiento se deben a las obras mineras realizadas desde hace más de 500 años, por lo que la mancha urbana se ha extendido a lo largo de ellas, estas se ubican en los Barrios El Arbolito, Camelia, Xotol, San Rafael, San Nicolás y La Alcantarilla, también sobre los Cerros El Cristo, El Lobo y las Colonias Buenos Aires, Nueva Estrella, Minerva, Cubitos; las zonas en riesgo medio se ubican en el tramo carretero Camelia-Cerezo, Cerro Maravillas, Barrio Xotol y Colonia Guadalupe. Siendo estas consideradas en peligro alto, debido a que en ellas se presenta el fenómeno de hundimiento manifestado en fracturamiento de viviendas.

Las colonias que se encuentran asentadas a lo largo de vetas en donde la explotación minera llegó a superficie o que cuentan con un abrigo que va de 0 a 50 m de profundidad, son consideradas dentro del riesgo medio y bajo. Esto de acuerdo a la profundidad a la que se encuentra la obra minera.

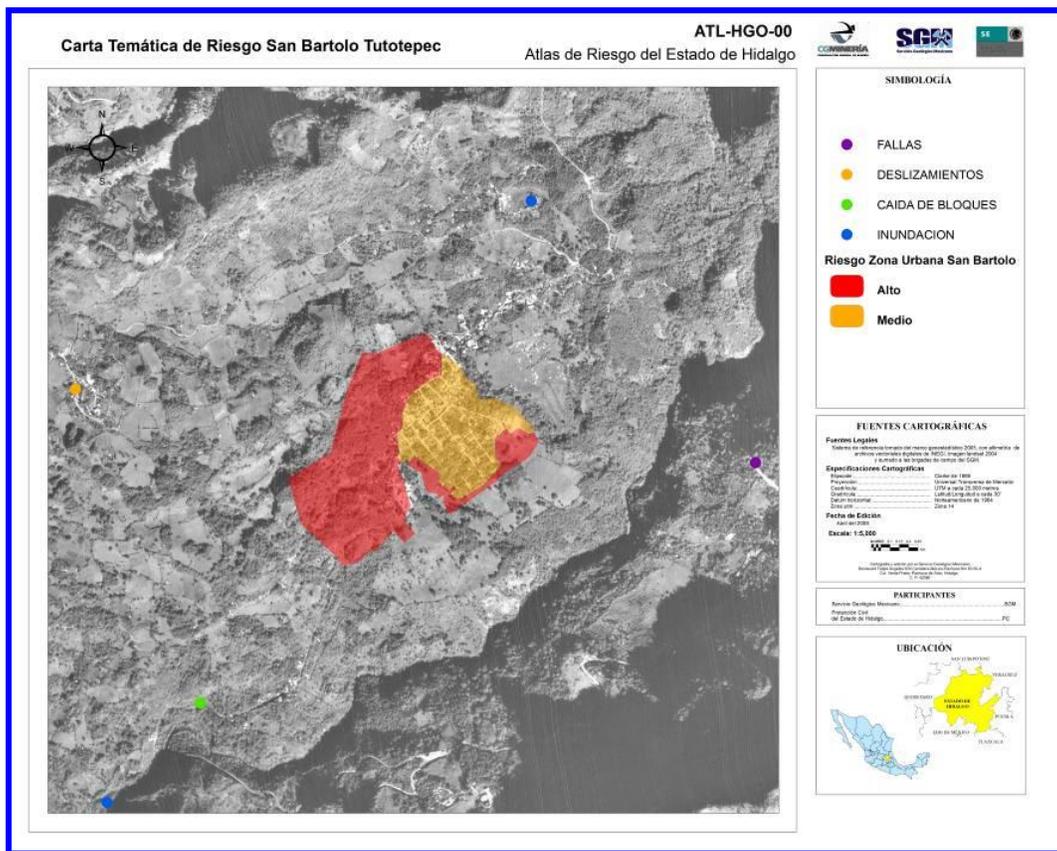
Los deslizamientos se generan en donde las laderas presentan ángulos mayores a los 20°, la litología del área consiste de roca volcánica moderadamente intemperizada, siendo el factor detonante para se origine dicho fenómeno son los escurrimientos residuales y las altas precipitaciones del lugar. La principal afectación es a viviendas que se encuentran ubicadas en las laderas de los cerros cuyo material es deleznable y fácil de erosionar con la acción pluvial, hasta el momento en Real del Monte el daño es a 7 viviendas con un total de 28 habitantes, En el Barrio de La Trinidad en el cerro del Judío se tienen 600 viviendas con una población de 2,400 habitantes.

En cuanto a la presencia de inundaciones, este se genera por desbordamiento del río San Pedro y eventualmente por desbordamiento de la Presa La Ladrillera, cuyo terraplén es de poca altura. Los escurrimientos naturales de las laderas que rodean a la población tienen una dirección sur a norte, por lo que el río San Pedro recibe aportación de los escurrimientos de la presa La Ladrillera, situada en la parte sur de la zona urbana. Se tiene conocimiento de aumento del tirante de agua hasta 20 cm aguas abajo de esta presa, con afectación a 20 casas de tipo II, esto, antes de que se construyera un canal interceptor de escurrimientos, aguas abajo de la cortina.

En los barrios La Trinidad y La Palma el cauce genera periódicamente desbordamientos, que afectan a 35 y 5 casas de tipos II, III y IV respectivamente. Los tirantes máximos de agua no superan los 20 cm. Los ocasionales desbordamientos son causados por obstrucciones del cauce, tales como el estrechamiento del mismo por obras urbanas, falta de mantenimiento de desazolve (basura y sedimentos).

**e) San Bartolo Tutotepec.**

Se encuentra situada en la zona serrana de la Región III, en la zona urbana no se registraron problemas por presencia de fenómenos naturales, sin embargo en las inmediaciones se tiene riesgo por deslizamientos y en la mayoría de los casos acompañados por caída de bloques (Figura 7.4.5.).



**Figura 7.4.5.- Zonificación del riesgo en la ciudad de San Bartolo Tutotepec.**

Este fenómeno se da en rocas terrígenas afectando principalmente a caminos en las localidades de Poza Grande, La Esperanza, San Guillermo y El Veinte.

La litología del área consiste en una secuencia de caliza-lutita fuertemente plegada y fracturada, se observan extensas áreas donde existe material de pie de monte mal consolidado. El mecanismo de movimiento de los bloques predomina por volteo, plana y rodamiento y esto se debe en gran medida al ángulo de corte del talud con respecto a la dirección de las discontinuidades (estratificación, fractura), a este lugar se le considera de peligro medio-alto, ya que es una vía muy transitada y es el único acceso a las comunidades que se encuentran al norte del Estado.

Aunque el fenómeno de inundación no se da directamente en la ciudad, en las inmediaciones de esta, atraviesa el Río Camarón, considerado de riesgo alto, por desbordamiento. Las intensas precipitaciones que se registran en el municipio junto con el elevado coeficiente de escurrimiento son la principal cause de estos desbordamientos, que afectan a la localidad de Las Juntas (4 viviendas, 16 habitantes, con un tirante de agua de 1 m.

La colonia Industrial y Valle Verde, localizadas alrededor de un cuerpo de agua de naturaleza estacional, están en riesgo de verse afectadas por el aumento del nivel del mismo, con un total de 20 viviendas.

#### **f) Tenango de Doria.**

Se ubica en la Región III, presenta riesgo por deslizamientos, acompañados de caídas de bloques e inundación (7.4.6.). El riesgo alto se localiza en áreas de alto grado de marginación, los fenómenos predominantes son el deslizamiento de materiales inestables e inundaciones por desbordamiento, las cuales se ubican en la porción sur occidental de la ciudad, por el contrario el riesgo disminuye hacia la parte nororiente y se presenta en aquellas áreas de la ciudad donde la vulnerabilidad es de media a baja.



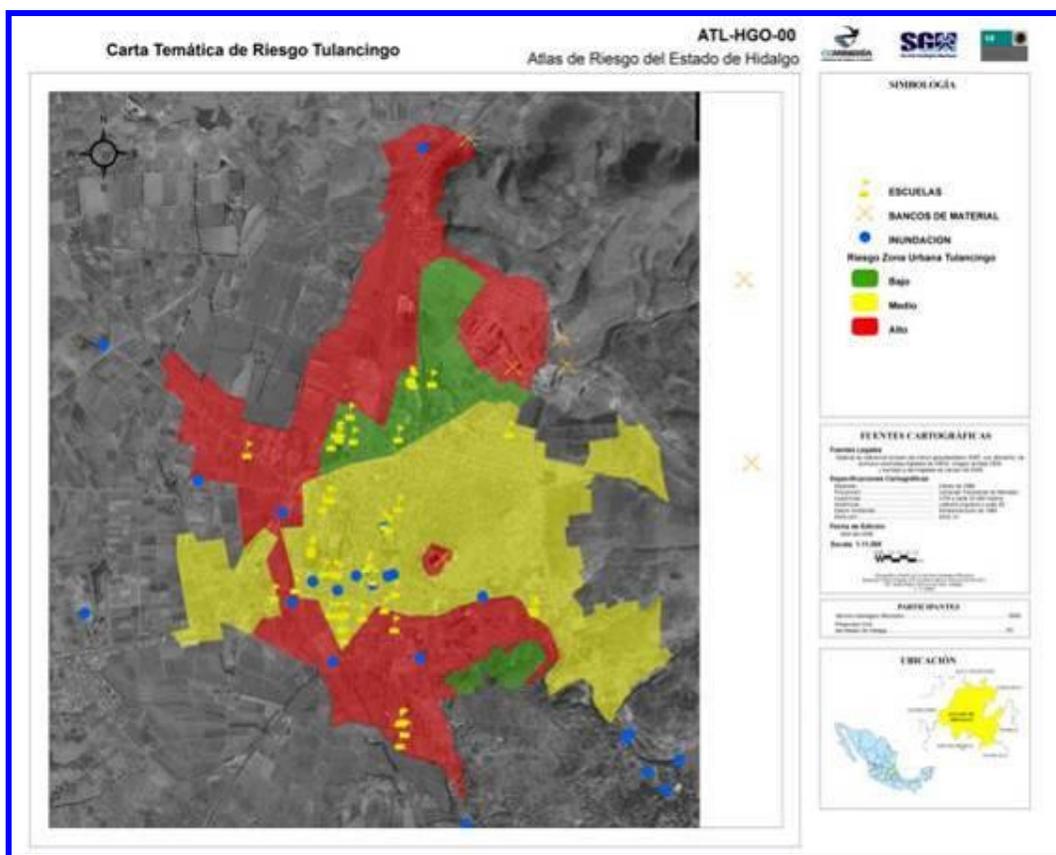
En la colonia El Desdavi municipio de Tenango de Doria, aflora material volcánico (toba), mal consolidado bastante deleznable e inestable donde se presentan deslizamientos, resultando afectado el camino estatal que va de Tenango de Doria a San Bartolo Tutotepec, además de 8 viviendas de tipo III con una población de 32 habitantes.

Adicionalmente es afectada por inundación, el principal problema es que la zona es muy irrigada, y en la mayoría de los casos el área hidráulica de los principales ríos es menor a la geométrica, por lo que en temporada de lluvias, estos tienden a desbordarse, afectando a los asentamientos localizados en las riberas de los mismos y planicies de inundación.

Las avenidas extremas generan daños a 4 viviendas de tipo III y 28 habitantes, localizados en el Barrio San José, estas fueron edificadas dentro del cauce del río, por lo que la afectación se repite en cada época de lluvias, alcanzando el nivel del agua hasta 1.5 m.

#### **g) Tulancingo de Bravo.**

En la ciudad de Tulancingo, las inundaciones son un fenómeno recurrente y que genera cuantiosas pérdidas materiales, siendo el mayor peligro natural que afecta a esta población y a las localidades aledañas (municipios de Santiago Tulantepec y Cuautepec de Hinojosa), en cuanto a ocurrencia y pérdidas generadas, seguido de caída de bloques. El riesgo se presenta más elevado en zonas de alto grado de marginación, donde el fenómeno de inundación es por desbordamiento del Río Grande de Tulancingo y sus tributarios San Lorenzo y Santa María (periferia de la ciudad). Por el contrario, el riesgo es menor en aquellas partes de la ciudad (parte central) donde la vulnerabilidad es media (Figura 7.4.7.).



**Figura 7.4.7.- Zonificación del riesgo en la ciudad de Tulancingo de Bravo.**

Ejemplo de inundaciones que han causado severos daños en amplias zonas de la ciudad (particularmente sur, suroeste y centro de la misma) son las ocurridas durante los primeros días de octubre de 1999 y las generadas durante las precipitaciones que causó el huracán Dean, ya degradado a depresión tropical, durante el mes de agosto de 2007.

Las inundaciones en el área de Tulancingo son generadas por desbordamiento de los ríos de mayor orden que cruzan la ciudad (Santa María, San Lorenzo y Nuevo) y por los encharcamientos subsecuentes en zonas planas o casi planas de la ciudad (sur y suroeste).

En esta área, las inundaciones se presentan tanto en forma de encharcamientos (ya sea asociado a cuerpos de agua o por deficiencia de drenaje y bajos coeficientes de escurrimiento) como desbordamiento de cauces. Los fenómenos de inundación se presentan

en coincidencia con el período anual de lluvias, correspondiente a los meses de junio hasta noviembre.

Las principales áreas en riesgo por inundación se ubican en márgenes de cauces, planicies y terrazas de inundación, que en la gran mayoría de los casos se encuentran urbanizadas o en proceso de urbanización, en los tres municipios que abarca el área conurbada de la ciudad de Tulancingo). Las colonias Centro, Valle Verde y La Morena son susceptibles de sufrir inundaciones, tanto por desbordamiento como por encharcamiento.

Los encharcamientos se cartografiaron en partes bajas generalmente céntricas de la ciudad de Tulancingo, ya sea, como se mencionó, por efecto de los desbordamientos o, de igual manera, por acumulación del escurrimiento de las partes altas de Tulancingo, localizadas al este y noreste de dicha ciudad.

Estos escurrimientos generan corrientes sobre vialidades urbanas y confluyen en aquellos puntos donde el relieve es más bajo, siendo el centro (Avenida 21 de marzo, calles aledañas y localizadas alrededor del primer cuadro de la ciudad y del Jardín de la Floresta, colonia Centro) y partes cercanas al mismo las más afectadas.

En el caso de localidades ubicadas en los márgenes de cauces de orden mayor (cuarto o quinto, para los ríos San Lorenzo y Santa María y sexto orden para el Río Nuevo o Colorado), la exposición es mayor pues los caudales que llevan dichas corrientes son mayores en general y aumentan de manera muy significativa en temporada de lluvias.

La exposición disminuye conforme aumenta la distancia respecto a estas corrientes principales y la elevación respecto a la parte baja de la ciudad de Tulancingo y sus localidades conurbadas.

Es necesario mencionar que los desbordamientos generan de igual forma problemas de tipo sanitario a las localidades y colonias afectadas dado que en la mayoría de los casos, los ríos y canales que se desbordan transportan aguas de drenaje urbano.

Las afectaciones por desbordamiento han sido mitigadas al revestir los cauces de los ríos San Lorenzo y Santa María de forma parcial a su paso por la zona urbana de la ciudad. Sin embargo, la colonia Jardines del Sur y otras colonias colindantes con estas corrientes se localizan a un nivel inferior que los bordos de estos arroyos y por lo tanto registran niveles de inundación de hasta 1.5 metros en aproximadamente 150 casas de esta colonia.

Algunas colonias, particularmente aquellas ubicadas en las márgenes y dentro de los primeros 300 a 500 m a ambos lados de la planicie de inundación de los ríos de mayor orden (Nuevo, San Lorenzo y Santa María), que son las situadas en la parte sur y poniente principalmente, son consideradas de alto riesgo, porque con frecuencia de orden anual son afectadas por el desbordamiento de estos ríos y los niveles máximos alcanzan 1.8 m. en algunos puntos.

Respecto al riesgo por desbordamiento de presas y jagüeyes, se consideran de alto riesgo las localidades situadas aguas abajo de los cuerpos de agua denominados Ahuehuetitla, Los Álamos, El Sabino, Las Palmas y Guadalupe, los cuales se localizan en la parte poniente, suroeste y noroeste de Tulancingo y municipios conurbanos. Las descargas generadas por estos cuerpos de agua afectan las localidades de San Nicolás El Chico, Santa María El Chico, Ahuehuetitla, Las Palmas, San Antonio Farías y Acozul-Guadalupe.

La caída de bloques también se da en la ciudad, especialmente en los alrededores del cerro Huapalcalco donde se realizaron seis puntos de verificación, los cuales se ubican en el poblado de Huapalcalco, Colonia Hidalgo Unido, Colonia La Cañada y Napateco (municipio de Tulancingo).

La caída de bloques se presenta en un cordón montañoso de 1200 m.s.n.m, constituido por potentes espesores de roca volcánica de composición riolítica, con pendientes de 30° a 40° y en algunas partes con taludes escarpadas, la roca presenta fracturamiento vertical con separación de 1.5 a 5 m, y otro de tipo subhorizontal con separación de 1 a 3 m, por lo que se llegan a formar bloques de 16 a 250 m<sup>3</sup>

En Huapalcalco el desarrollo urbano se da hacia la ladera del mismo cerro, aproximadamente hay 25 casas de tipo II ubicadas en ella, la litología consiste en riolitas muy fracturadas, la pendiente de la ladera es de 30°, con taludes escarpados, el fracturamiento es vertical y subhorizontal, el espaciamiento de las fracturas de 1 a 5 m, en el lugar se tienen bloques mayores a 6 m de diámetro, completamente desprendidos, ubicados a unos 15 m de la cima y a 20 m aproximadamente de 10 casas de tipo II, el más grande tiene más de 10 m de diámetro con un volumen de 250 m<sup>3</sup> (10 m de ancho x 5 m de largo x 5 m de espesor). En este punto la discontinuidad de la roca está a favor de la ladera, factor que facilita el desplazamiento y desprendimiento de los bloques.

También fueron observadas estrías de falla subhorizontal a unos 15 m de distancia de las casas, lo que facilitará el desprendimiento de los bloques, especialmente en temporada de lluvias, esta zona también es afectada por escurrimientos naturales que convergen en el Río Nuevo durante la temporada de lluvias, el pastoreo de cabras y ovejas facilita la remoción de los bloques. En este lugar pero hacia la porción norte, la afectación es a 50 casas de tipos III y IV.

El mecanismo de movimiento de los bloques es por cuña y volteo, por el grado de pendiente y forma geométrica de los bloques, es factible que estos al desprenderse del talud tengan el efecto por rodamiento, afectando a 20 casas que se encuentran al pie del mismo.

En la colonia Hidalgo Unido, actualmente no se considera como riesgo, debido a que no existen asentamientos urbanos al pie del talud, sin embargo es muy probable que en poco tiempo esta zona se encuentre fraccionada, por lo que se considera de peligro alto.

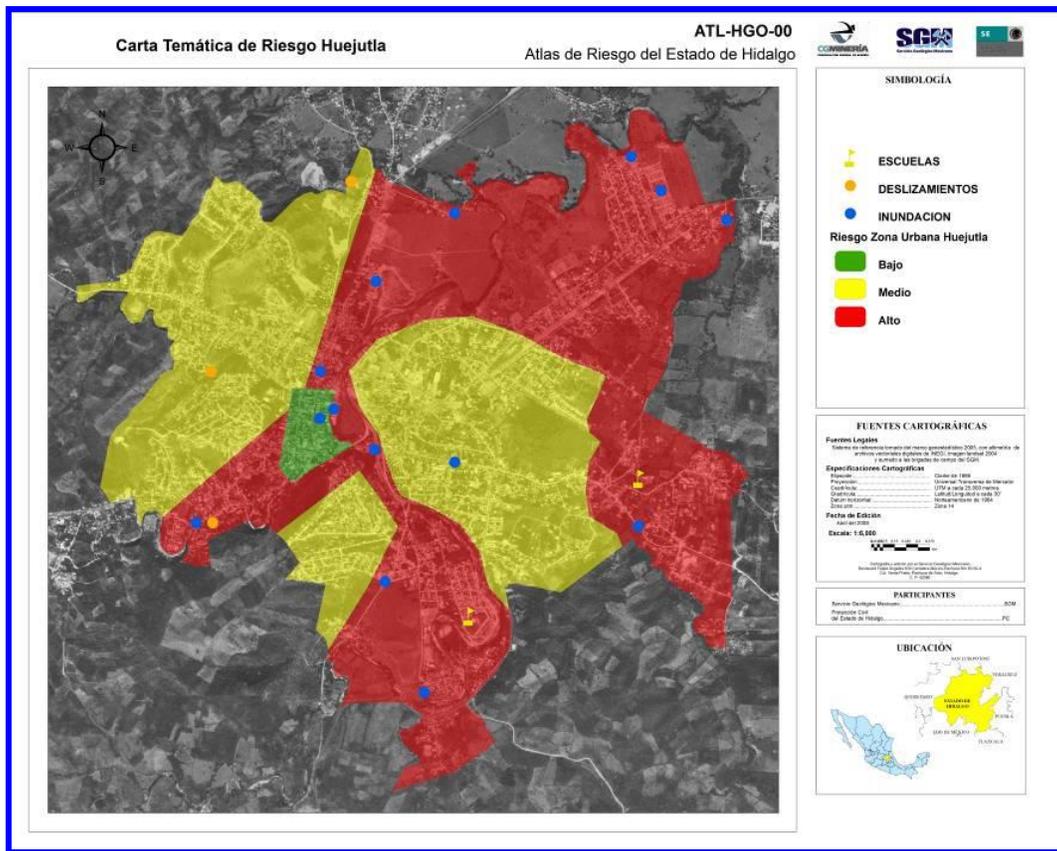
La roca esta representada por riolitas con pendientes de 25°, el macizo rocoso presenta fracturamiento vertical con espaciamiento de 1 a 2 m, por lo que se llegan a formar bloques de 2 x 2 x 2 m.

En la Colonia La Cañada, el macizo rocoso presenta fracturas verticales y subhorizontales con espaciamiento de 1 a 5 m, por lo que se forman bloques de 6 x 3 x 1.5 m, sobre la ladera del cerro se encuentran 3 bloques descansando sobre material de pie de monte no consolidado, por lo que es fácil de erosionar por efecto del agua y por ende provocar inestabilidad en los bloques.

Huapalcalco es otra localidad afectada por caída de bloques, debido a que la rocas que componen a los cerros, se encuentran muy fracturadas y sueltas (20 m<sup>2</sup>) por lo que son susceptibles de ser desprendidos por efecto del agua de lluvia, en la zona de riesgo alto, la afectación es a 15 casas de tipo II.

#### **h) Huejutla de Reyes**

Se ubica en la Región IV al norte del Estado donde principalmente las localidades y ciudades situadas en esta parte del estado presentan una problemática común respecto al riesgo de inundaciones generadas por avenidas que frecuentemente desbordan los causes, por lo que generan incomunicación e interrupción de vías en poblados al cubrir vados y puentes viales, sin causar graves consecuencias a asentamientos irregulares localizados en meandros, bancos de arena, grava y en la planicie de inundación de los ríos y arroyos (Figura 7.4.8.).



**Figura 7.4.8.- Zonificación del riesgo en la ciudad de Huejutla de Reyes.**

La problemática principal para la Ciudad de Huejutla es a causa de asentamientos sobre las planicies de inundación o a los costados del cauce, lo que provoca que cuando el río aumenta su caudal, el agua rebase los muros de contención y puede alcanzar hasta los 2 m como sucedió en 1998.

El factor principal de afectación son los Ríos Atlapexco, Candelaria, Huazalingo y Caimantla, que generan problemas de desbordamiento en el área circundante al municipio de Huejutla, describiéndose como la interrupción de vados y destrucción de puentes en época de avenidas extraordinarias. Esto se debe principalmente a que la mayor parte de los escurrimientos en esta parte del Estado, presentan cauces relativamente cortos (que favorecen un escurrimiento rápido) y pendientes fuertes que aunado a las intensas lluvias (superiores a 1,500 mm/año), originan aumento del caudal y un importante volumen de arrastre de sedimentos que contribuye a maximizar los desbordamientos.

Las localidades situadas en los márgenes de estas corrientes (incluso de corrientes menores y de poca longitud, típicamente a menos de 50 m. de las mismas), están potencialmente sujetas a peligro por desbordamiento en épocas de lluvias. Los principales problemas influenciados por la precipitación son los deslizamientos de laderas y caídas de bloques, sobre todo en la Huasteca Hidalguense, afectando las actividades económicas de la Región (principalmente la siembra de maíz).

En la ciudad de Huejutla de Reyes, se localizaron bancos de material que representan algún tipo de influencia que puede poner en riesgo a la población que habita cerca de los mismos, en Llamactla se ubican 5 bancos de material conformados por lutita y arenisca, utilizados para mantenimiento a los caminos. 4 bancos tienen un sistema de explotación irregular y arbitraria propiciando que el material quede suelto y en temporada de lluvias sea arrastrado a las coladeras y cunetas sobre el camino, provocando que el agua se encharque y quede se dirija hacia el poblado de Tehuetlán. Indirectamente estos bancos son los causantes de que en ese poblado se presenten inundaciones a unas 30 casas de tipo II, ya que el material suelto es arrastrado hasta las partes bajas llegando al río y al arroyo provocando que estos sedimentos azolven (en estos el nivel del agua ha llegado a alcanzar hasta metro y medio) y no permitan el flujo del agua a través de sus cauces naturales provocando desbordamientos.

Sobre la carretera federal 105 hacia el poblado de Acátipa donde las laderas presentan una inclinación mayor a los 45° y resulta afectado el camino entre Tlanchinol y Huejutla, se presenta un deslizamiento de tipo traslacional el cual daña a 5 casas de tipo II, la litología corresponde a basalto muy fracturado e intemperizado; la causa principal de la formación de este fenómeno es por el corte de carretera el cual debilita al talud.



## 8.- CONCLUSIONES

### 8.1.- Inundación

Se cartografiaron inundaciones en la parte norte y noroeste del Estado, correspondiente a las regiones III, IV y V, donde se presenta en forma de desbordamiento de ríos de orden elevado. El resto de las regiones presentan riesgo por encharcamiento, aunque predomina el fenómeno por desbordamiento en ciertas localidades, en este caso la vulnerabilidad es menor.

#### a).- Región I.

Los cauces con potencial de desbordamiento, destacan en los municipios de Mineral del Chico, Atotonilco, Omitlán y Huasca de Ocampo. Las áreas con potencial de encharcamiento se cartografiaron en los municipios de Mineral de la Reforma, Pachuca de Soto y Acatlán.

#### b).- Región II

Los cauces con potencial de desbordamiento destacan los municipios de Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Tulancingo de Bravo y Cuautepec de Hinojosa. Las áreas con potencial de encharcamiento, se cartografiaron en los municipios de Tulancingo de Bravo y Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Tepeapulco, Apan, Cuautepec de Hinojosa y Zempoala.

#### c).- Región III

Los cauces con potencial de desbordamiento destacan en los municipios de Agua Blanca de Iturbide, San Bartolo Tutotepec, Huehuetla, Tenango de Doria y Acaxochitlán. Las áreas con potencial de encharcamiento, se cartografiaron en los municipios de Metepec y Acaxochitlán.

#### d).- Región IV.

Los cauces con potencial de desbordamiento se cartografiaron en Metztitlán, Eloxochitlán, Tepehuacan de Guerrero, Huejutla de Reyes, Calnali, Xochicoatlán, Atlapexco, Huautla, Yahualica y San Felipe Orizatlán. Las áreas con potencial de encharcamiento, destacan los

municipios de Metztitlán, Huejutla de Reyes, Atlapexco, San Felipe Orizatlán, Huautla, Jaltocan, Yahualica y Xochiatipan.

## 8.2).- Erosión

Las zonas con intervención del hombre son propensas a sufrir los efectos de la erosión, este fenómeno se intensifica dependiendo de las características y propiedades del suelo, pendiente, cobertura, uso actual del suelo y sobre todo el comportamiento de los factores climáticos. Los resultados arrojados en la correlación de uso del suelo para los años 1976 y 2000, se exhibe que en la parte sur de la Región V, se experimenta una disminución significativa en las áreas de labor, este proceso se relaciona principalmente por dos factores:

1. La pérdida de fertilidad de los suelos.
2. Áreas que por sus características fisiográficas presenta un clima árido, lo cual desencadena una escasez de agua para el riego de los cultivos y con ello el abandono de la tierra.

De 1976 al 2005, la superficie de bosques y selvas, registran aceleradas deforestaciones principalmente en la Región III, en los municipios de Huehuetla, San Bartolo Tutotepec y Tenango de Doria, mientras que para la Región IV, en los municipios de Huejutla de Reyes, San Felipe Orizatlán, Jaltocán, Atlapexco, Huazalingo, Tlanchinol, Molango de Escamilla, Calnali, Tianguistengo, Metztitlán, Zacualtipán y Eloxochitlan, exhiben la mayor pérdida en selvas y bosques en todo el Estado.

Los resultados arrojados por el procedimiento de RUSLE (Ecuación Universal para la predicción de pérdida de suelo) la Región III es la que registra la mayor pérdida en suelo, este comportamiento se debe a los diferentes factores encargados de acelerar el proceso de erosión

La pérdida de suelo se calculó en base a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, la cual tiene como objetivo calcular la erosión a mediano y largo plazo por escorrentía laminar, por lo que en las regiones se obtuvieron los siguientes resultados:

- a) Para la Región I, se tiene una pérdida de 10.4 ton/ha/año.
- b) En la Región II, la pérdida es de 888.4 ton/ha/año
- c) En la Región III, la pérdida es de 4,444.48 ton/ha/año.
- d) En la Región IV, la pérdida es de 4,563 ton/ha/año
- e) Para la Región V, la pérdida es de 979.23 ton/ha/año
- f) Para la Región VI, la pérdida es de 926. ton/ha/año.

En el Estado, la erosión hídrica laminar se encuentra distribuida de la siguiente manera: la erosión hídrica laminar en grado medio (Eh2) cubre una superficie de 13,737 km<sup>2</sup> (66%), seguida por la erosión hídrica baja (Eh1) con 4,050 km<sup>2</sup> (19.45%) y la erosión hídrica laminar alta (Eh3) con 2,494 km<sup>2</sup> (12%), además de una extensión de 532 km<sup>2</sup> (2.55%) de erosión concentrada asociada a cárcavas (Ec2).

### 8.3).- Deslizamientos.

Las regiones del Estado consideradas de riesgo alto son: III, IV y V, debido a la presencia de deslizamientos que se dan en la mayoría de los casos en rocas volcánicas (Toba) y sedimentarias (lutita, arenisca etc)

#### a).- Región I.

Se zonificaron riesgos medio y alto en los municipios de Mineral del Monte, Omitlán de Juárez, Mineral del Chico, Atotonilco el Grande, Acatlán y Huasca de Ocampo, la principal afectación es a las viviendas y vías de comunicación, en Santa María Amajac se afectó una iglesia.

### **b).- Región II**

El Portezuelo (municipio de Almoloya), es afectado por deslizamientos y flujo de detritos, tiene una amenaza media y el daño es al camino de terracería que comunica al poblado antes mencionado.

### **c).- Región III**

Los deslizamientos se distribuyen ampliamente, disminuyen al suroccidente caracterizado por presentar materiales volcánicos. Los municipios que presentan riesgo medio y alto son: Huehuetla, San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria, Agua Blanca de Iturbide y Metepec, siendo las afectaciones a viviendas, vías de comunicación y centros educativos (primarias, secundaria)

### **d).- Región IV**

Los deslizamientos se manifiestan principalmente en materiales fracturados y con presencia importante de agua, mismos que se distribuyen por toda la Región, los municipios que presentan riesgo medio y alto son: Huejutla de Reyes, Molango de Escamilla, Tianguistengo, Tlahuiltepa, Xochiatipan, Xochicoatlán, Yahualica, Zacualtipan de Ángeles, Atlapexco, Eloxochitlán, Huazalingo, Juárez Hidalgo, Metztlán, Tlanchinol, Tepehuacan de Guerrero, Calnali, Lolotla, Jaltocan, siendo la principal afectación a vías de comunicación y viviendas.

### **e).- Región V**

Los deslizamientos se cartografiaron en la porción norte de la Región, los municipios que presentan riesgo medio y alto son: Ixmiquilpan, Cardonal, Jacala, Pisaflores, La Misión, Nicolás Flores, Zimapán, Pacula y Chapulhuacán, siendo la mayor afectación a vías de comunicación y viviendas.

### **f).- Región VI.**

Los deslizamientos se concentran en la parte sur y norte de la Región, los municipios con riesgo medio y alto son Tepeji del Río, Tula de Allende y El Arenal, las afectaciones principales son a las vías de comunicación y viviendas.

## 8.4).- Caída de Bloques

### a).- Región I.

Los municipios en riesgo alto son Atotonilco El Grande, Omitlán de Juárez, Mineral del Monte, Pachuca de Soto, los de riesgo medio son Huasca de Ocampo y Mineral del Chico. La litología de la zona consiste de rocas volcánicas representadas por basalto, andesita y dacita, todas ellas muy fracturadas y afalladas, los bloques en promedio llegan a tener un diámetro de 1 a 5 m, el mecanismo de movimiento es por cuña y volteo, escasamente se presenta el de falla plana. La afectación en esta Región es a 53 viviendas y 212 habitantes, así como a 8 caminos pavimentados y 3 de terracería.

### b).- Región II.

Los municipios con riesgo alto son Tulancingo de Bravo, Tepeapulco, Apan, Emiliano Zapata, Zempoala y cuatro municipios con riesgo medio, tales como Epazoyucan, Singuilucan, Tepeapulco, Cuautepec. La litología de la zona consiste de rocas volcánicas representadas por basalto, andesita y riolita, estos bloques tienen un diámetro de 0.5 a 5.0 m, el mecanismo de movimiento es por cuña y volteo. La afectación que provoca la caída de estos bloques es a 78 viviendas, 312 habitantes, 3 vías pavimentadas y 1 vía de terracería.

### c).- Región III.

El municipio con riesgo alto es Huehuetla y con riesgo medio son: San Bartolo Tutotepec y Tenango de Doria. La litología de la zona consiste de una secuencia terrígeno-calcárea, representada por caliza y lutita de estratificación que va de delgada a media, el tamaño de los bloques en promedio son de 0.5 a 3 m de diámetro, el mecanismo de movimiento es por volteo y por falla plana. La afectación es a 6 viviendas con 24 habitantes, 1 escuela primaria, 4 camino pavimentado y 1 vía de terracería.

### d).- Región IV

Los municipios que presentan un riesgo medio, alto son: Tepehuacan de Guerrero, Tlanchinol, Eloxochitlán, Molango, Metztlán, Huautla, San Agustín Metzquitlán, Zacualtipan, Xochicoatlán, Lolotla, Tlahuiltepa, Juárez, Huazalingo, Calnali, Tianguistengo, Yahualica, Huautla, Atlapexco, Huejutla de Reyes. La litología de la zona consiste de rocas sedimentarias y volcánicas, representadas por una secuencia de caliza, caliza-lutita, lutita-

arenisca, para las volcánicas son el basalto, andesita, toba, etc. en promedio las dimensiones de los bloques para las sedimentarias son de 1 x 08 x .06 m y para las volcánicas de 1 a 5 m de diámetro. El mecanismo de movimiento de los bloques se presenta por falla plana, volteo y cuña. La afectación es a 90 casas con 360 habitantes, 1 Escuela Primaria y 1 Telesecundaria, 18 caminos de terracería y 28 caminos pavimentados.

#### **e).- Región V.**

La Región V es la más extensa del Estado, comprende sierras altas, lomeríos y planicies, los municipios más afectados y que presenta riesgo medio y alto son: Ixmiquilpan, Chapuluacán, Tecozautla, Pacula, Cardonal, Huichapan, Zimapán, Nicolás Flores, y Jacala. La litología de la zona consiste de rocas sedimentarias calcáreo-terrágenas y de rocas volcánicas, las sedimentarias están representadas por caliza, caliza-lutita, lutita-arenisca, estas se encuentran plegadas, fracturadas y afalladas, mientras que las volcánicas consisten de basalto, andesita, toba, piroclastos, etc. las cuales se presentan fracturadas y afalladas. De manera general los bloques tienen un diámetro de 2 a 5 m y un mecanismo de movimiento por volteo y cuña. La afectación que produce este fenómeno es a 378 casas y 1,512 habitantes, 1 escuela primaria, 1 telesecundaria, 20 caminos pavimentados y 6 caminos de terracería.

#### **f).- Región VI.**

Los municipios más afectados y con riesgo alto y medio son Tula de Allende, Tepeji del Río, El Arenal, Santiago de Anaya y Actopan. La litología de la Región comprende rocas sedimentarias y volcánicas, las primeras están representadas por caliza, caliza-lutita y lutita-arenisca, la segunda por basalto, andesita y toba andesítica. La dimensión de los bloques varían de 1 a 5 m de diámetro, el mecanismo de movimiento de los bloques es principalmente por volteo y cuña. La afectación es a 204 casas con 816 habitantes, 1 escuela primaria, 6 caminos pavimentados y 3 caminos de terracería.

### **8.5).- Hundimientos.**

Los hundimientos cartografiados en el Estado hasta el momento solo han causado afectación principalmente a viviendas.

Las regiones más dañadas son la I y VI debido a la fuerte actividad minera que existió en estas zonas y a que las casas están asentadas en antiguas y recientes obras mineras, seguido por las Regiones IV y V donde los hundimientos se deben a la presencia de la kársticidad por la litología de la Región, la cual consiste de caliza-dolomía de la Formación el Abra.

#### **a.1).- Región I.**

Los hundimientos en esta Región, se deben a la construcción de viviendas sobre antiguas obras mineras, por lo que se delimitaron zonas en riesgo alto como son los Barrios El Arbolito, Camelia, Xotol, San Rafael, San Nicolás y La Alcantarilla, los Cerroa El Cristo y Lobo, las Colonias Nueva Estrella, Buenos Aires, Minerva y Cubitos; zonas en riesgo medio se mapearon en el tramo carretero Camelia- Cerezo, Cerro Maravillas, Barrio Xotol, Colonia Guadalupe y zonas en riesgo bajo que corresponde a las zonas de jales.

#### **a.2).- Región IV.**

Nuevo Monterrey presenta un riesgo alto por hundimiento debido a la kársticidad de las rocas carbonatadas donde está asentado, se tiene afectación a 1 casa, otra localidad afectada es Chipoco en la Colonia Los Mineros, donde se encuentran en riesgo alto 20 viviendas.

#### **a.3).- Región V.**

La roca que aflora en la zona presenta fracturamiento intenso, estos planos de debilidad sirven como conducto para la percolación de aguas meteóricas lo que ha provocado disolución y colapsos en zonas de cavernas, de allí la presencia de dolinas como morfología superficial. Estas depresiones mantienen el agua almacenada, misma que sirven de jagüeyes.

#### **a.4).- Región VI.**

El principal problema se tiene en la colonia El Cielito (en Tula Hgo.), ya que las viviendas se encuentran asentadas sobre antiguos bancos de material donde se extraía arena, dejando grandes oquedades en el subsuelo sin rellenar. La afectación es a 200 viviendas y 2 escuelas.

## 8.6).- Bancos de Material

Las zonas urbanas presentan un crecimiento desmedido y sin planificación, lo que lleva a que se rellenen los terrenos utilizados anteriormente como tiraderos, basureros, tiros de mina, bancos de material entre otros, con materiales heterogéneos, urbanizando estas áreas, provocando en un futuro asentamientos diferenciales lo que se refleja en superficie, desde fracturas, fisuras, colapsos hasta hundimientos. En general, en las 6 regiones en que se divide el Estado, existen bancos de material, la magnitud de dicha afectación depende de las características específicas de cada uno de los bancos, el tipo de litología, la cantidad de humedad, el tratamiento que se le dio después de ser explotado, entre otras.

### a.1).- Región I.

Las localidades afectadas debido a la explotación de bancos de material son San Pedro Nopancalco y San Juan Tizahuapan, que respectivamente podrían presentar deslizamientos y hundimientos afectando a una población de 320 habitantes.

### a.2).- Región II.

En la ciudad de Tulancingo de Bravo, hay varios bancos de material, sin embargo se detectaron 2 que representan riesgo por deslizamientos y hundimientos. Otras de las localidades con problemas de este tipo son Caraballo, Cerro del Jihuingo, (municipio de Tepeapulco), Atotonilco El Grande (cabecera municipal), El Rincón, El Zoquite y Cerro Colorado, con una afectación de 300 habitantes.

### a.3).- Región III.

En Tenango de Doria (cabecera municipal), se tiene un banco de material inactivo, las viviendas que se encuentran alrededor de este, pueden ser dañadas en temporada de lluvias, provocando deslizamiento y/o flujo de lodos.

### a.4).- Región IV.

En Huejutla de Reyes se tienen 5 bancos de material inactivos que representan riesgo hacia la población, el material extraído es terrígeno, lo que origina que en temporada de lluvias este material es arrastrado pendiente abajo, lo que llega a azolvar cauces, cunetas, alcantarillas, propiciando inundaciones en las localidades cercanas. Zacualtipan (cabecera municipal), tiene un banco de material que pone en riesgo por deslizamiento en caso de

continuar construyendo viviendas en las partes altas al talud, ya que por ser un material deleznable las viviendas podrían presentar daños en su estructura.

#### **a.5).- Región V.**

Se mapearon varios bancos de material que representan riesgo por posibles deslizamientos, incluso en algunos han propiciado ya el movimiento del terreno afectando una calle de acceso y vivienda, tal es el caso de la ciudad de Jacala.

Al poniente de Ixmiquilpan existe un banco de material en el que se pueden presentar deslizamientos, llegando afectar a 2 casas; en la localidad de Chicauatla, en el Cerro El Capulín, hay un banco de material en donde el material rocoso puede provocar caída de bloques afectando a 5 casas ubicadas en la parte baja del talud.

#### **a.6).- Región VI.**

En la Región VI se presenta una tendencia de crecimiento urbano, por lo que los bancos de materiales inactivos y abandonados se convierten en zonas prospecto para la construcción de viviendas, el inconveniente de esto, es que los espacios serán rellenos con materiales heterogéneos y sin compactación, que posteriormente generaran problemas de hundimiento o asentamientos, en la ciudad de Tizayuca se tiene el mismo tipo de problemas.

Otras localidades dentro de esta Región, son Pacheco de Allende (municipio de San Salvador), donde el problema se origina por el uso de explosivos que por las detonaciones afectan la estructura de las casas cercanas a este banco, otro de los bancos con problemas de deslizamiento se ubica en la localidad de Emiliano Zapata (municipio de Ajacuba).

#### **8.7).- Vulcanismo**

En el Estado no hay aparatos volcánicos activos, estos corresponden a un patrón de fallamiento noroeste-sureste, actualmente algunos de ellos son explotados como bancos de material para la extracción de materiales pétreos.

### 8.8).- Sismicidad

La sismicidad en la Entidad no es relevante, sin embargo por su naturaleza puede afectar a la totalidad de los municipios que se localizan en las zonas de riesgo medio, medio-bajo y bajo, sobre todo en las porciones sur y poniente del Estado y sobre suelos con materiales aluviales poco resistentes a las ondas sísmicas, tal es el caso de las mayores concentraciones urbanas, como son Tula, Tepeji, Mixquiahuala, Progreso, Tezontepec; hacia la porción sureste las principales ciudades afectadas son Apan, Ciudad Sahagun y Tepeapulco; en la porción centro se tiene a Ixmiquilpan, Cardonal, Alfajayucan y en la porción norte se tiene a Jacala y Zimapán.

En razón de la mayor concentración demográfica de los daños que se podrían causar al medio ambiente y de los bienes perjudicados en el Estado, se tiene a los corredores industriales, al turismo y ciudades importantes arriba mencionadas, serian los sistemas afectados más importantes, sin embargo algunas poblaciones que se ubican al pie o sobre las laderas de cerros, así como construcciones mal edificadas o las que utilizan materiales poco resistentes como la lamina, también pueden sufrir daños por sismos mayores a 6° Richter.

## 9.- RECOMENDACIONES

Para minimizar los daños y pérdidas causados por los peligros **hidrometeorológicos**, se recomienda:

- Hacer estudios geológico, geotécnico, socioeconómico, ambiental e hidrológico a detalle para delimitar la cuencas vertientes, analizar el uso del suelo y las corrientes naturales que afectan la zona que se va a proteger, cuantificar el clima, lluvias y caudales líquidos y sólidos, definir magnitudes de los eventos extremos que pueden generar las inundaciones.
  - Realizar estudios económicos para cuantificar los perjuicios que han causado las inundaciones anteriores y para estimar los perjuicios futuros con niveles de riesgo determinados, sobre todo en las actividades económicas como son la agropecuarias, industrias e infraestructura incluyendo vivienda.
  - Realizar estudios geomorfológicos y de hidráulica fluvial, para conocer la dinámica fluvial y estimar capacidades de los cauces, estabilidad, trayectorias y tendencias futuras, asociarlas a las delimitaciones de zonas inundables realizadas en este estudio.
- Diseñar obras de mitigación de los efectos de las inundaciones y estimar sus costos en los municipios de: Mineral del Chico, Atotonilco, Omitlán, Huasca de Ocampo , Pachuca, Mineral de la Reforma y Acatlán (Región I); Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Tulancingo de Bravo, Tepeapulco, Apan, Zempoala y Cuautepec de Hinojosa (Región II); Agua Blanca de Iturbide San Bartolo Tutotepec, Metepec, Huehuetla, Tenango de Doria y Acaxochitlán (Región III); Metztitlán, Eloxochitlán, Tepehuacan de Guerrero, Huejutla de Reyes, Calnali, Xochicoatlán, Atlapexco, Huautla, Jaltocan y Yahualica (Región IV);
- Crear una red de captación de aguas meteóricas, que pudieran vertirse en presas, bordos y jagueyes, que permitan el reuso del agua para el desarrollo de actividades económicas. Así mismo en este estudio se plantean acciones para minimizar los deslizamientos.

- Concientizar a la población acerca del ahorro del agua (también llamado Oro Azul) y el aprovechamiento de aguas pluviales en el hogar, a través de la captación con recipientes colocadas en techos y patios de viviendas.
- Eliminar paulatinamente la tarifa 09 que subsidia el uso del agua en las actividades agrícolas y que fomenta implícitamente la explotación no sustentable de los acuíferos y el uso de tecnologías ineficientes de riego.
- Establecer cultivos cíclicos en zonas agrícolas que eviten la pérdida de nutrientes del suelo y su posible remoción. Es necesario hacer un estudio de vocación y rotación de cultivos, que permita establecer cultivos alternos que fomenten el desarrollo económico de la entidad, sin que sean afectados por los fenómenos naturales.
- Considerar la implementación de cultivos de invernadero y en caso de haberse presentado un siniestro relacionado a granizadas, cultivar plantas que requieran poco tiempo para su crecimiento, por ejemplo, gramíneas.
- Estudios sobre cultivos resistentes a las inundaciones, a temperaturas elevadas y a la sequía sobre la disseminación de tales siembras.
- Nuevos esquemas de riego para regiones áridas cultivadas.
- Uso adecuado de fertilizantes.
- Implementar un sistema de control de plagas y enfermedades.
- Reducir los efectos de contaminación del suelo y del agua superficial producida por el uso indiscriminado de pesticidas y herbicidas.
- Promover una agricultura más sensible al clima por microregión con más agua, sin que ello impacte sustancialmente el cambio de uso del suelo.
- Mejorar la administración del agua.
- Controlar la demanda de agua, haciéndola más eficiente.
- Construir infraestructura adecuada para disponer y menjorar la administración del agua.
- La sequía es una condición normal y recurrente del clima, ocurre y puede ocurrir en todas las regiones climáticas, no hay que confundir sequía con aridez, la primer se define como un conjunto de condiciones ambientales atmosféricas de muy poca humedad que se extiende durante un periodo suficientemente prolongado como para que la falta de agua cause un grave desequilibrio hidrológico y ecológico y la aridez

prevalece en regiones con bajas precipitaciones y es una condición permanente del clima.

- Para hacer frente a las heladas se recomienda:
  - Tener cuidado con los sistemas de calentamiento para evitar intoxicaciones y muerte por gases como el bióxido de carbono.
  - Permanecer en casa lo más que se pueda y al salir usar ropa gruesa en todo el cuerpo, evitar la ropa ajustada y usar zapato cerrado, al salir cubrirse bien la boca y la nariz para evitar la entrada de aire frío a los pulmones.
  - Mantener el cuerpo seco, retirando la ropa húmeda que enfría rápidamente al organismo y si la persona empieza a temblar hay que tapanla bien, colocar en la cama suficientes cobijas sobre todo durante la madrugada.
  - Si sale de casa apague chimeneas, braceros y calentadores, por ningún motivo deje solo a los niños y ancianos se acerquen a ellas.
  - Evite consumir bebidas alcohólicas, ya que estas ocasionan que el cuerpo pierda calor rápidamente.

**Para mitigar la erosión**, es necesario implementar políticas de conservación, en la que se involucren todas las dependencias gubernamentales (federales, estatales, municipales y locales) así como la población en general, con la finalidad de tener un mejor control de las actividades económicas del hombre, implementar programas de conservación de suelos.

- ◆ Controlar la tala inmoderada de los bosques, selvas y matorrales.
- ◆ Asignar áreas de terreno para uso agrícola bien definidas y delimitadas de acuerdo a sus necesidades y vocación del suelo.
- ◆ No cultivar en zonas de pendiente fuerte.
- ◆ Asignar áreas especiales para la confinación del ganado vacuno, bovino, etc.
- ◆ Construcción de terrazas en zona de laderas en forma escalonada con el fin de evitar lo mayor posible la pérdida de roca y suelo.
- ◆ Supervisión y mantenimiento periódico de las obras de canalización en caminos y muros de contención con su correspondiente sistema de drenaje.

- ♦ Concientizar a la gente de la región de la pérdida de los bosques y aunado a esto la pérdida del suelo.
- ♦ Hacer campañas de reforestación.
- ♦ No deforestar zonas con pendientes abruptas.
- ♦ Limitar la expansión de las fronteras urbana, agrícola y pecuaria.
- ♦ Apoyar plantaciones forestales de protección.
- ♦ Protección forestal contra incendios.
- ♦ Fomentar el establecimiento de plantaciones forestales de calidad, propiciar su adecuado mantenimiento y reposición, con la finalidad de producir materias primas industriales y disminuir la presión sobre los bosques nativos.
  
- ♦ **Para controlar la erosión de suelos se recomienda:**
  - ❖ Implantar un programa de protección del suelo labrado mediante **cultivos de cobertura y abono verde**, el primero es una especie de capa viviente, son plantas generalmente legumbres, que se cultivan para cubrir el suelo y también reducir la maleza, algunas veces se siembran debajo de árboles frutales o cultivos mas altos de lenta maduración, otras veces producen alimentos o forraje. El abono verde se siembra especialmente para mejorar la fertilidad del suelo devolviendo material fresco de hoja a la tierra, éstas pueden ser plantas que crecen durante uno o dos meses entre cosecha de un cultivo y la siembra del siguiente, la hoja se puede cortar y dejar en la superficie del suelo como una cobertura protectora o se enterrar la planta entera, el abono verde puede estar también compuesto por árboles o cercos los cuales pueden crecer por muchos años y cuyas hojas se cortan o caén de manera natural para usar como una cobertura protectora (cultivo de callejones).
  - ❖ **Cultivos mixtos e intercalados**, si se siembra una variedad de cultivos, tal vez mezclados entre sí, en hileras intercaladas o sembrados a diferente tiempo, el suelo está mas protegido de la salpicadura de la lluvia.
  - ❖ **Siembra adelantada**, el periodo al inicio de la temporada de lluvia cuando se prepara la tierra para la siembra, es cuando el daño de la salpicadura de la lluvia es peor, sembrando temprano significa que la tierra estará descubierta lo menos posible.

- ❖ **Residuos de cultivo**, después de la cosecha, al menos que el siguiente cultivo se vaya a sembrar inmediatamente, es buena idea dejar los tallos, las cañas y hojas del cultivo recién cosechado sobre la tierra, estos proveerán una cobertura protectora mientras el próximo cultivo se desarrolla.
- ❖ **Agroforestería**, la plantación de árboles entre cultivos ayuda a proteger al suelo contra la erosión, particularmente después de la cosecha, los árboles darán protección contra la salpicadura de la lluvia, los árboles frutales, arbustos de legumbres para forraje o leña o cultivos de callejones, todos ayudan a reducir la erosión del suelo.
- ❖ **Labranza mínima**, cada vez que se excava o ara, se expone al suelo a la erosión, en algunos suelos se puede sembrar sin arar o excavar, en lo posible entre el residuo del cultivo anterior, esto es más probable que sea posible en un suelo flojo con mucha materia orgánica.
- ❖ **Método de barrera**, todos los métodos de barrera disminuyen el flujo de agua que baja por la ladera, así se reduce la cantidad de tierra que el agua corriente se puede llevar y también se preserva el agua, cualquier tipo de barrera tendría que funcionar, para que la barrera sea efectiva, debe seguir las curvas de nivel
- ❖ **Terrazas artificiales**, el sistema de terrazas ha sido practicado con éxito, es uno de los mejores métodos para controlar la erosión del suelo, sobretodo en laderas empinadas, sin embargo las terrazas requieren mucha habilidad y trabajo pesado para construirlas, hay que nivelar cada terraza.
- ❖ **Arado a nivel**, siempre que sea posible, la tierra debe ser arada a lo largo de las curvas de nivel, nunca hacia abajo ya que esto promueve la erosión, los programas de la conservación del suelo deben de considerar proyectos de redistribución de la tierra o agricultores vecinos tendrán que colaborar en este trabajo.
- ❖ **Barreras de nivel**, casi cualquier material disponible se puede usar para construir barreras a lo largo de las curvas de nivel, las zanjas y los camellones se refuerzan sembrando pasto o árboles en sus alrededores.

En cuanto a **remoción de masas**, como se ha descrito anteriormente:

- La infraestructura vial es la más afectada en la entidad, principalmente por deslizamientos y caída de bloques, los cuales dañan directamente la carpeta asfáltica o impiden el flujo vial obstruyendo total o parcialmente las vías, las causas de esta problemática son varias aunque pero se resumen en:
  - Desestabilización de taludes por corte de carreteras, principalmente en zonas serranas donde el trazo exige el paso por zonas boscosas.
  - Falta de mantenimiento en obras complementarias (no todas las vías) en especial las destinadas a drenaje.
  - Ausencia de obras complementarias que permitan el paso de escurrimientos y eviten el encharcamiento en la carpeta asfáltica o en acotamientos.
- Para corregir lo anterior se recomienda, que en el trazo y construcción de vías de comunicación o infraestructura, es necesario tomar en cuenta el diseño de obras complementarias de drenaje que permitan el desalojo de aguas superficiales en cualquier momento, de manera eficiente y en cualquier punto de la traza carretera. La principal razón de la importancia de las obras complementarias de drenaje, más allá del costo de inversión por estas obras, es la prevención en la estabilidad de suelos y rocas, controlar la erosión de suelos, protección de terraplenes y taludes.
  - Para la autorización de proyectos carreteros, se recomienda que el trazo de las nuevas vías incluyan obras que permitan disminuir el daño causado principalmente por la acción de escurrimientos naturales sobre la cubierta pavimentada.
  - Rehabilitar carreteras dañadas construyendo obras de drenaje principalmente, así como de contención ante terraplenes de materiales sueltos e inestables los cuales pudieran afectar a las vías de comunicación.
  - La plantación de vegetación en algunos cortes de talud y terraplenes permite la estabilización de los mismos y no exige una gran inversión. Cabe señalar que es necesaria la plantación de especies nativas que puedan mantenerse en las condiciones climáticas del lugar.

- La construcción de obras de contención es conveniente ante deslizamientos de gravas y bloques de tamaños relativamente grandes, donde las bermas evitaren que los materiales lleguen hasta la cubierta asfáltica, evitando un desastre.
- En el caso de afectaciones a viviendas, se recomienda que para la construcción en zonas con problemática o de riesgo, se realice un estudio geotécnico de detalle, y posteriormente se empleen técnicas de estabilización requeridas para esos sitios en especial, pueden ser anclajes como pilotes profundos que le den un mayor soporte a las estructuras, además de que se desarrolle un sistema de drenaje que desaloje los residuos en sitios donde no se favorezca el socavamiento de laderas y la saturación con agua de los suelos, incrementando con ello la ocurrencia de procesos de deslizamientos.
- Otra recomendación es el mantenimiento adecuado de las redes de drenaje, ya que su fallo deriva en la remoción de los materiales del subsuelo en donde se encuentran asentadas viviendas o infraestructura, las cuales sufren daños que van desde el fracturamiento hasta su colapso.

En general se recomienda:

- a).- No permitir el crecimiento urbano hacia los lugares donde las laderas y/o taludes se encuentren con pendientes que van de escarpadas a precipicio.
- b).- Evitar la deforestación, sobrepastoreo y agricultura en laderas con pendiente pronunciada.
- c).- Evitar que los cortes de los caminos sean verticales, preferentemente realizarlos en forma de terrazas ó con su ángulo de reposo adecuado el cual dependerá del tipo y grado de consolidación del macizo rocoso, así como reforestar con plantas que tengan raíces profundas para que el suelo tenga mayor cohesión.
- d).- Evitar la extracción de material pétreo al pie de los cortes del talud, ya que esta actividad provoca la inestabilidad del talud y/o ladera.

**Para controlar los hundimiento** en zonas kársticas kársticidad se recomienda se realicen estudios geofísicos para conocer la geometría de la oquedad (diámetro y la profundidad), de esta manera, delimitar con precisión el área que puede ser afectada, una vez cartografiada, se deben planificar las estrategias de mitigación las cuales podrían ser: desalojar a la gente,

rellenar las cavidades mediante rellenos homogéneos (materiales terrígenos previamente graduados, rellenos fluidos constituidos de material limo-arenosos con un porcentaje mínimo de cemento, etc.), cercar las dolinas y zonas de riesgo hacia la comunidad.

**Los efectos de los sismos y volcánes son difíciles de mitigar**, sólo a través de monitoreo de los aparatos volcicos e implantación de sismógrafos que permitan conocer la dinámica de estos se pudiera llegar a establecer un plan de alarma para prevenir a la población, claro está que este debe de ir acompañado de un programa de capacitación a la población y determinar por familia los puntos de reunión y rutas de evacuación en cada localidad afectada por los mismos.

- En las zonas sísmicas es recomendable edificar viviendas con materiales flexibles bajo especificaciones técnicas normativas impuesta en un Reglamento de Construcción especial, que permitan el paso de la onda sísmica sin ser afectados como son los paneles sísmicos, materiales utilizado en otros países afectados por movimientos telúricos.

**Para mitigar la problemática en bancos** de extracción de materiales pétreos, especialmente los inactivos, se recomienda instalar malla de acero alrededor del área susceptible a desprendimiento de rocas, evitando así afectaciones directas a la población.

- Los bancos que se presentan los deslizamientos y flujos de lodo, lo ideal sería explotarlos a través de terrazas, para estabilizar el talud.

## 10.- Bibliografía

**Aceves y Audefro (2007).**- Sistemas constructivos contra desastres, Editorial Trillas, México.

**Aguirre, D. G. y López, M.M., 2004.**- Donguinyó and Huichapan tuffs: superimposed contrasting erupting styles from the same volcanic complex geos, vol. 24, no. 2,

**Alaniz A. S., 2005.**- El sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende y la Faja Volcánica Transmexicana, dos fronteras tectónicas del centro de México activas durante el cenozoico: boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 57(1), 63-80.

**Alcántara A. I., 2000.**- "Landslides: ¿Deslizamientos o movimientos del terreno? definición, clasificaciones y terminología", Investigaciones Geográficas, boletín, núm. 41, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 7-25.

**Alvarez, R., 2002,** Banderas rift zone: a plausible new limit of the Jalisco block: geophysical research letters, 29(20), 1994 doi: 10.1029/ 2002gl016089, 55-1-55-4.

**Aparicio-Mijares, F. J. (1989),** Fundamentos de hidrología de superficie, Editorial Limusa, México.

**Aranda, G. J., 2005.**- El volcanismo tipo intraplaca del cenozoico tardío en el centro y norte de México: una revisión. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen conmemorativo del centenario. Temas selectos de la geología mexicana. Tomo LVII núm. 3, 2005, p. 187-225.

**Arcement G. J. Jr. and Schneider V. R. – USGS - (2008).** - Guide for selecting manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains, United States geological survey water-supply paper 2339.

**Benavides J. E. (ed.). 1994.** "Árboles y arbustos forrajeros en América Central". CATIE. Serie técnica. Informe técnico no. 236.

**Bitrán, D., 2000.-** "Evaluación del impacto socioeconómico de los principales desastres naturales ocurridos en la República Mexicana durante 1999", cuadernos de investigación, 50, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México.

**Camargo Cruz T. (2000).-** Inventario de aguas superficiales del estado de Hidalgo, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, México.

**Campos Enríquez J. y Sánchez O. 2000.-** Crustal structure across southern Mexico inferred from gravity data: Journal of South American Earth Sciences, 13, 479-489.

**Carrillo B. J., 1965.-** Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla – Boletín de la Sociedad Mexicana de Geólogos Petroleros, 17 (5-6), 1 – 23.

**Carrillo, M. M. 2008. -** Normal faulting in the Pathé geothermal area, Central Mexico. Geofísica Internacional, Vol. 37, núm. 2, pp. 103-111.

**Carnevale Nélide, Albanesi Roxana, Larripa Marcelo, 2006.-** Valor económico de los servicios ambientales". publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias, p.p.1-6.

**Castillo Macías y Arce S. J., 1998.-** El flujo Piroclástico Tenenepanco ocurrido el 22 de enero de 2001 en el Volcán Popocatepetl. GEOS, vol. 24, no. 2.

**CENAPRED – Zepeda R. O. y González M. S., 2001.-** Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México – Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana.

**CENAPRED – Dirección de Investigación – Subdirección de Riesgos Químicos – Arcos S. M. A., Icapa T. C., 2003.-** Identificación de Peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México.

**CENAPRED, 2005.-** Reseña del Impacto de los principales desastres, noviembre de 2005.

**CENAPRED, Guevara O. E, Quass W. R. Y Fernandez V. G., 2006.-** Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de Peligros y Riesgos – Conceptos básicos sobre Peligros, Riesgos y su representación regional.

**CENAPRED – Rivera B. R. D., Bravo M. E., Arcos S. M. E., Icapa T. C., Bernabe E. L., Muñoz E. A., Torres L., Zepeda O., Andrade E. y López L., 2006.-** Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos – Fenómenos Químicos.

**CENAPRED (a) (2006),** Conceptos básicos sobre peligros, riesgos y su representación geográfica, guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, Secretaría de Gobernación, México.

**CENAPRED (b) (2006).-** Fenómenos hidrometeorológicos, guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, Secretaría de Gobernación, México.

**CENAPRED. 2007.** Fenómenos Geológicos cap. III. Gutiérrez M. Carlos A.

**CENTRO S.C.T. Hidalgo 2007.-** Inventario de bancos de materiales 2007. (Información básica sobre localización y aprovechamiento de bancos de materiales pétreos para construcción y mantenimiento de carreteras).

**Chang-Somarria Matilde. 2007,** “Evaluación y análisis de los resultados de pérdida de suelo”, 6 p.

**COEDE 2000.-** Norma técnica ecológica estatal NTEE-COEDE-001/2000, que establece los criterios y lineamientos para la explotación de bancos de materiales pétreos.

**Comisión Federal de Electricidad. 2007.-** Manual de diseño de obras civiles (diseño por sismo).

**CNA 2002.-** Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo, 30 de abril de 2002.

**CNA (2008).-** Datos de estaciones hidrométricas situadas en ríos del estado de Hidalgo, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de ríos.

**CONAPO 2000.** XII Censo General de población y vivienda.

**De la Fuente-Silva L. 2008.-** “El suelo”, Monografía, Universidad Autónoma de Tamaulipas en [www.tecnun.es/asignaturas/.../110Suelo.htm](http://www.tecnun.es/asignaturas/.../110Suelo.htm). (ví: 10 de Noviembre de 2008)

**De La Teja Segura, M. A., De Los Santos Montaña J. de J., Sánchez Garrido E., Moctezuma Salgado M. D., 2000,** Carta Geológico-Minera, Ciudad de México E14-2, Esc.1:250,000, Estados de México, Guerrero y Puebla, Servicio Geológico Mexicano, Informe Inédito, 105P.

**Demant, A., 1978,-** Características del eje neovolcánico transmexicano y sus problemas de interpretación: UNAM - Revista Instituto de Geología, Volumen 2, Numero 2, p.172-187.

**Duque Escobar G. 2008.-** Manual para Ingenieros en [www.geocities.com/manualgeo\\_12/](http://www.geocities.com/manualgeo_12/) (vi: 20-09-08).

**Dueñas García J. C., Frías González M. A., Benítez López J., Macedo Palencia R., Rodríguez Salinas J. de J., 1992.-** Monografía geológico-minera del estado de Hidalgo, Servicio Geológico Mexicano, informe inédito 109p.

**ESRI (1998).-** Arc View 3d analyst features, an ESRI white paper, environmental systems research institute, inc., E.E.U.U.

**ESRI (1998),** Arc View spatial analyst, an ESRI white paper, environmental systems research institute, inc., E.E.U.U.

**ESRI (2000),** challenges for gis in emergency preparedness and response, an ESRI white paper, environmental systems research institute, inc., E.E.U.U.

**ESRI (2001).-** Arc Gis spatial analyst, advanced gis spatial analysis using raster and vector data, an ESRI white paper, environmental systems research institute, inc., E.E.U.U.

**ESRI (2002),** Arc Gis 3d analyst: three-dimensional visualization, topographic analysis, and surface creation, an ESRI white paper, environmental systems research institute, inc., E.E.U.U.

**FAO, 2002.-** 27ª conferencia regional de la FAO para América Latina y el Caribe, la Habana, Cuba, 22 al 26 de abril de 2002, informe de la vigésima primera reunión de la Comisión Forestal para América Latina y el Caribe.

**Ferrari L., Garduño V., Innocenti F., Manetti P., Pasquaré G., Vaggelli G., 1994.-** A widespread mafic volcanic unit at the base of the mexican volcanic belt between Guadalajara and Queretaro: Geofísica Internacional, 33, 107-123.

**Ferrari L., 1995.-** Miocene shearing along the northern boundary of the Jalisco block and the opening of the southern Gulf of California: *Geology*, 23(8), 751-754.

**Ferrari L., Rosas Elguera J., 2000.-** Late miocene to quaternary extension at the northern boundary of the Jalisco block, western Mexico: the Tepic-Zacoalco rift revised, *en* Aguirre Diaz, G., Delgado Granados, H., Stock, J. (eds.), *cenozoic tectonics and volcanism of Mexico: boulder, co*, Geological Society of America, Special Paper, 334, 42-64.

**Ferrari L., Lopez Martinez M., Gonzales Cervantes N., Jacobo Albarrán J., Hernández-Bernal M. S., 2003a.-** Volcanic record and age of formation of the Mexico city basin, *en* Reunion anual 2003, resúmenes: *geos*, 23(2), 120.

**Figuroa R. Juana 2005.-** “Valoración de la biodiversidad: perspectiva de la economía ambiental y la economía ecológica”, Universidad Central de Venezuela, ISSN 0378-1844 10p.

**García Jiménez L., Ventura Ríos A. 2006** “Degradación hídrica en suelos de la cuenca hidrológica del río Amajac”, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos. p.p. 20-30.

**García Palomo A., Macías J., Garduño V., 2000.-** Miocene to recent structural evolution of the Nevado de Toluca volcano region, central Mexico: *tectonophysics*, 318, 281-302.

**García Palomo A., Macías J., Tolson G., Valdez R., Mora Chaparro J., 2002.-** Volcanic stratigraphy and geological evolution of the Apan region, east-central sector of the transmexican volcanic belt: *Geofísica Internacional*, 41, 133-150.

**Gentile J. y Gil Verónica. 2009.-** “Factores generadores de erosión hídrica potencial y medidas de mitigación”, Universidad del Sur, Argentina, Buenos Aires, [www.ihdp-argentina.unlu.edu.ar/contenido/docs/Gentili\\_Gil\\_Campo-Factores%20generadores%20de%20erosion.pdf](http://www.ihdp-argentina.unlu.edu.ar/contenido/docs/Gentili_Gil_Campo-Factores%20generadores%20de%20erosion.pdf), (ví: 14 de Enero de 2009)

**Gómez Orozco, 2005.-** Petrogénesis ígnea de la faja volcánica transmexicana boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LVII, núm. 3, 2005, p. 227-283

**G. J. Arcement Jr. and Schneider, V.R. – USGS- (2008),** Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains, United States Geological Survey Water-supply Paper 2339.

**Hernández Alatorre A. 2007.-** “Materiales sobresalientes de pastos forrajeros para las zonas áridas y semiáridas de San Luis Potosí”, sep. 2007, 8p.

**Huizar A. R., Campos E. O., Mitre S. L. M., Alatraste V. D., Méndez G. T., y Juárez S. F., 2001.-** Evaluación hidrológica de la subcuenca de Tecocomulco, estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Volumen 18, No. 1, 2001, p. 55 – 73.

**INE 2001.-** Superficie estatal y distribución porcentual de la vegetación y uso de suelo de los años 1976-2000 del estado de Hidalgo, Instituto Nacional de Ecología INE.

**INEGI 2007.-** Anuario estadístico, “superficie sembrada y cosechada, volumen y valor de la producción agrícola por tipo de cultivo y cultivo”, año agrícola 2007, 100p.

**Irurtia Carlos, Mon Rodolfo, 1974.-** “Impacto de la erosión hídrica en la producción de granos”. Instituto de Suelos, INTA Castelar, 1974, 12 p.

**Johnson C. A., Harrison C.G.A., 1990.-** Neotectonics in central Mexico: physics of the earth and planetary interiors, 64, 187-210.

**Kopta Federico 1999.-** “Sobrepastoreo”, fundación ambiente, cultura y desarrollo- acude, edición auspiciada por UNESCO y financiada por la embajada real de los países bajos. 203 pág. Córdoba Argentina. ISBN: 987-9202-12-0.

**León Peláez J. D. 2009.-** “Métodos experimentales para el seguimiento y estudio de la erosión hídrica”, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, en [www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi\\_Cuencas\\_Pregado/art%EDculo%20estudio%20de%20la%20erosi%F3n.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregado/art%EDculo%20estudio%20de%20la%20erosi%F3n.pdf), (ví: 20 de febrero de 2009).

**López Reyes J. E., De los Santos Montaña, J. J., Cacho Casillas S., Sánchez Bermeo, G, 1997.-** Informe de la carta geológico-minera y geoquímica, Pachuca, F14-11, escala 1:250,000, estado de Hidalgo, Servicio Geológico Mexicano, informe inédito, 65p.

**Lugo H. J, Zamorano O. J. J., Capra L. y Alcántara A. I., 2005.-** Procesos de remoción en masa en la Sierra Norte de Puebla, Octubre de 1999, causas y efectos. – Revista Mexicana de Ciencias Geológicas año/vol. 22, numero 002, UNAM, Querétaro, México, p.p. 212 – 228.

**Marrero Mercedes. 2003.** “Tecnologías para prevenir y mitigar desastres en zonas de alto riesgo”, Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción. idec. 20p.

**Mármol Faría J. 2006.** “Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito”, Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia, Maracaibo, 10p.

**Moore G., Marone C., Carmichael I., Renne P., 1994.-** Basaltic volcanism 280 *Gómez-Tuena et al.* And extension near the intersection of the Sierra Madre volcanic province and the Mexican volcanic belt: Geological Society of America Bulletin, 106, 383-394.

**Moreira R. F., 2004.-** Cartografía geológica integral de la carta Ciudad Valles F14-8 escala 1:250,000, estados de San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Veracruz, Servicio Geológico Mexicano, informe inédito, 49 p. 2004.

**Moreira J. M. 1994.** “Capacidad de uso y erosión del suelo.” Servicio de Evaluación de Recursos Naturales Agencia de Medio Ambiente Junta de Andalucía, 15p.

**Mosquera Machado S. and Ahmad S. (2007).** Flood hazard assessment of Atrato river in Colombia, water resource management (2007) 21:591–609.

**Moore G., Marone C., Carmichael I., Renne P., 1994.-** Basaltic volcanism 280 *Gómez-Tuena et al.* and extension near the intersection of the Sierra Madre volcanic province and the Mexican Volcanic Belt: Geological Society of America Bulletin, 106, 383-394.

**Nieto Obregon J., Delgado Argote L., Damon P., 1985.-** Geochronologic, petrologic and structural data related to large morphologic features between the Sierra Madre Occidental and the Mexican Volcanic Belt: Geofísica Internacional, 24, 623–663.

**Nieto Obregón J., Urrutia Fucugauchi J., Cabral Cano E., Guzmán de la Campa A., 1992.-** Listric faulting and continental rifting in western Mexico; a paleomagnetic and structural study: tectonophysics, 208, 365-376.

**Nixon G. T., 1982. -** The relationship between quaternary volcanism in central Mexico and seismicity and structure of subducted ocean lithosphere: Geological Society of American bulletin, 93, 514-523.

**Núñez Cornú F., Ruiz L., Nava F., Reyes Davila G., Suárez Plascencia C., 2002.-** Characteristics of seismicity in the coast and north of Jalisco block, Mexico: Physics of the Earth and Planetary Interiors, 132, 141-155.

**OAS (1991).**- Chapter 8 (floodplain definition and flood hazard assessment), primer on natural hazard management in integrated regional development planning, Organization of American States United States Agency for integrated development, Washington, D. C.

**Órnelas Gutiérrez O. 2004.** “La rehabilitación de praderas y área de agostadero degradadas”, Unión Ganadera Regional de Nuevo León, 10 p.

**Ortiz Camargo, 2007.-** Caldera de Santa María Amajac y prismas basálticos de Huasca, Hidalgo XVII Congreso Nacional de Geoquímica excursión post-congreso. 2007.

**Pacheco J., Mortera Gutiérrez C., Delgado Granados H., Singh S., Valenzuela R., Shapiro N., Santoyo M., Hurtado A., Barrón R., Gutiérrez Moguel E., 1999.-** Tectonic significance of an earthquake sequence in the Zacoalco half-Graben, Jalisco, Mexico: Journal of South American Earth Sciences, 12, 557-565.

**Pardo M., Suarez G., 1995.-** Shape of the subducted Rivera and Cocos Plate in southern Mexico: seismic and tectonic implications: Journal of Geophysical Research, 100, 12357-12373.

**Periódico Oficial, 2006.-** Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Hidalgo, publicación, 7 de agosto de 2006.

**Pezo D. y M. Ibrahim 1996.-** “Sistemas silvopastoriles: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos”. FIRA. 1er Foro Internacional sobre “Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales”. Veracruz, Mexico.

**Pitman S. (2003).**- Gis for faster analysis of dam-break flows, University of Texas at Austin, gis in water resources.

**Quintanar L., Rodríguez González M. A., Campos Enríquez J., 2004.-** A shallow crustal earthquake doublet from the trans- mexican volcanic belt (central Mexico): bulletin of the Seismological Society of America, 94, 845-855.

**RGIS (2007).**- Assessing flood risk with gis, rural gis - land bulletin of the National Consortium of rural Geospatial Innovations, University of North Dakota.

**Robin C. 1976.**- Las series volcánicas de la Sierra Madre Oriental (Basaltos e ignimbritas). Descripción y caracteres químicos, México D. F. – UNAM – Instituto de Geología, Revista 2, volumen 2, p. 13 – 42.

**Sanaphre Villanueva L. 2009.**- “Evaluación de la erosión hídrica en la microcuenca San Pedro (Huimilpan, Querétaro) y selección multicriterio de especies de vegetación nativa para su control”, en [www.ine.gob.mx/.../cong\\_nal\\_cuencas\\_2006\\_t3.html](http://www.ine.gob.mx/.../cong_nal_cuencas_2006_t3.html), (ví: 17 Marzo de 2009).

**Secretaría de Gobierno del Estado de Hidalgo, 2005.**- Programa Estatal de Protección Civil 2005 – 2011.

**Secretaría de Salud, 1996.**- Norma Oficial Mexicana 127 SSA, Salud Ambiental, Agua para uso y consumo humano, México D. F. – Secretaría de Gobernación – Diario Oficial – 1 de enero de 1996.

**SEDESOL-SGM, 2004.**- Guía Metodológica para la elaboración de atlas de peligros naturales a nivel ciudad (Identificación y zonificación) – Edición 2004.

**SEMARNAT, 2002.**- Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la república mexicana: memoria nacional. Montecillo, México.

**Serrato Belmonte F., Romero Díaz A, López Bermúdez F. 1999.**- “Optimo de cobertura vegetal relación a las pérdidas de suelo por erosión hídrica y la pérdida de lluvia por interceptación”, Universidad de Murcia, España., 20 p.

**Servicio Sismológico Nacional. <http://www.ssn.unam.mx/> Suter, M., López Martínez M., Quintero Legorreta O., Carrillo Martínez M., 2001.**- Quaternary intra-arc extension in the central trans-mexican volcanic belt: Geological Society of America Bulletin, 113(6), 693-703.

**Silva M. L., Córdoba D. A., 1996.**- Vulcanismo al norte y oeste de la ciudad de Tula, estado de Hidalgo, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol.13, num.1, pp. 52-64. 1996.

**Soler A. 1991.**- Aspectos económicos del proceso de erosión de suelos en la zona de alto Paraná y norte de Itapúa, Paraguay. Banco Mundial, 23p

**Suárez G., García Acosta V., Gaulon R., 1994.-** Active crustal deformation in the Jalisco block, Mexico: evidence for a great historical earthquake in the 16th century: tectonophysics, 234, 117-127.

**Sullivan Preston 2007.** “El manejo sostenible de suelos”, Servicio Nacional de la Información de la Agricultura Sostenible 40 p.

**Suter M., Carrillo Martinez M., Lopez Martinez M., Farrar E., 1995a.-** The Aljibes half-graben -active extension at the boundary between the trans-mexican volcanic belt and the basin and range province, Mexico: Geological Society of America Bulletin, 107(6), 627-641

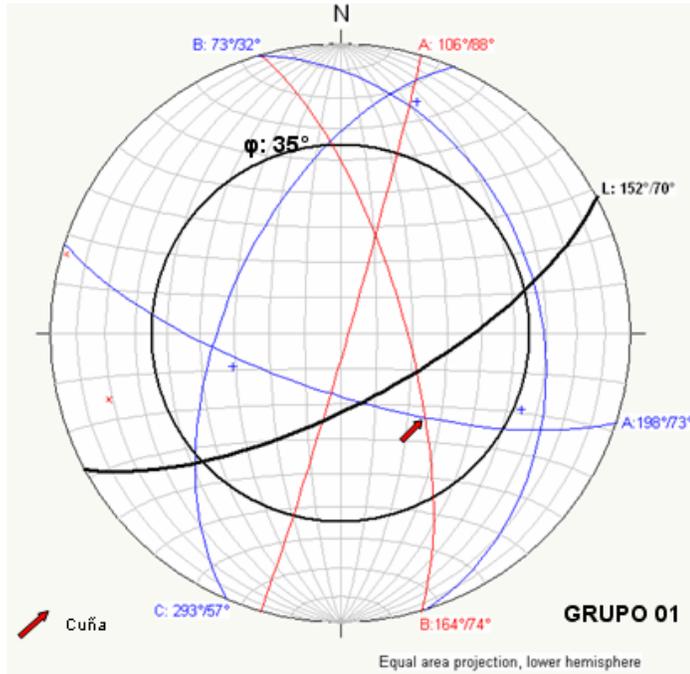
**Suter M., Carrillo Martinez M., Lopez Martinez M., Quintero Legorreta O., 1996.-** Macroseismic study of shallow earthquakes in the central and eastern parts of the trans-mexican volcanic belt, Mexico: Seismological Society of America bulletin, 86, 1952-1963.

**Velázquez A. J. F., Díaz-Gallegos R., Mayorga Saucedo 2002.-** “Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México”, Instituto Nacional de Ecología, México, p.p. 21-37 ISSN 1405-2849

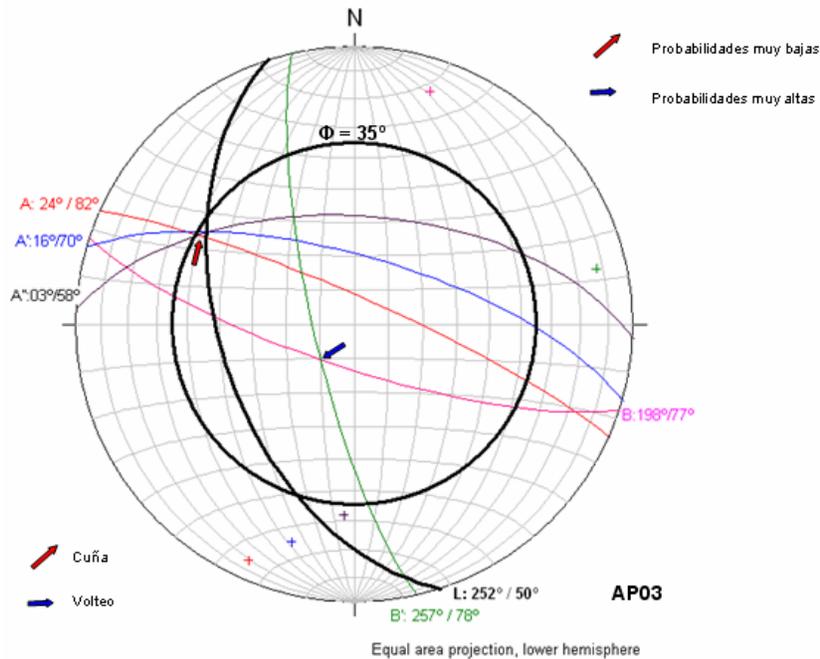
**Vetancourt P. (ed.). 2005.-** Erosión hídrica y uso de la radiación solar por especies forrajeras en la cuenca del río Coaxacoaco, México.

**Zamorano O. J. J. 2001.-** Evolución geológica y geomorfología del complejo dómico Los Pitos, norte de la cuenca de México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol. 19, núm. 1, p. 66-79. 2001.

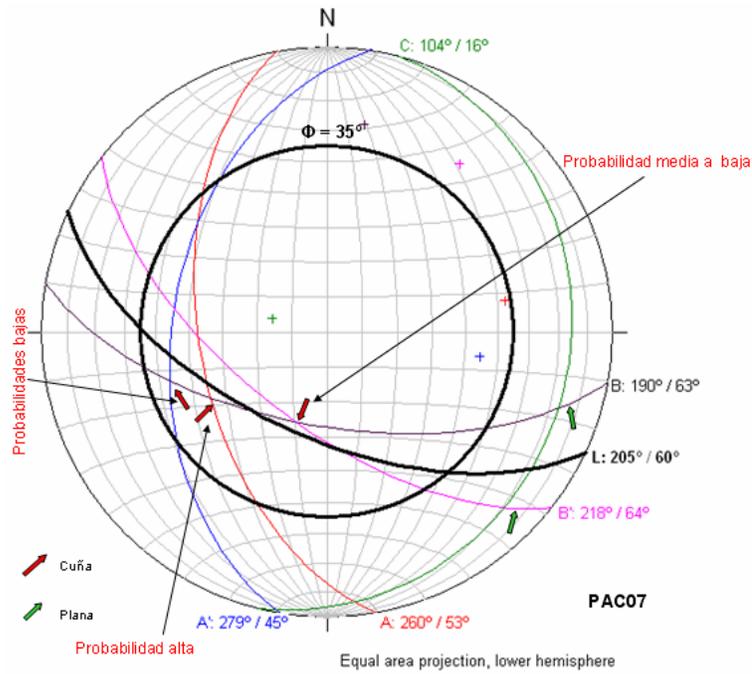
# ESTEREOGRAMAS



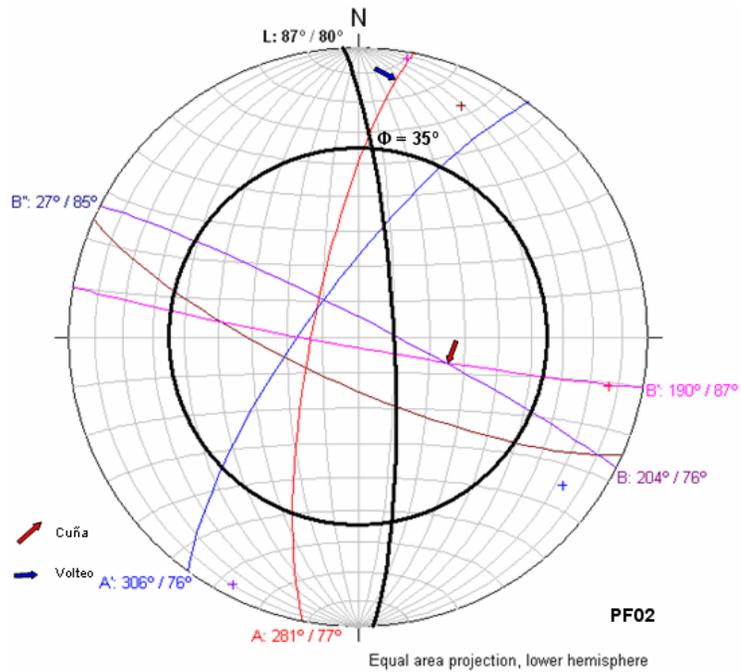
**Estereograma 11.3.1. Caída de bloques en forma de cuña.**



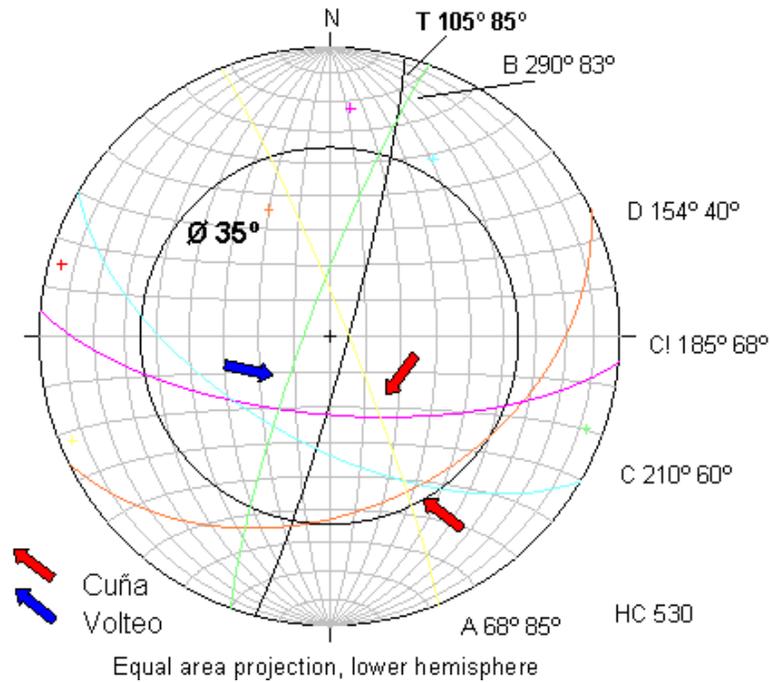
**Estereograma, 11.3.2.-Caída de bloques en forma de volteo y cuña.**



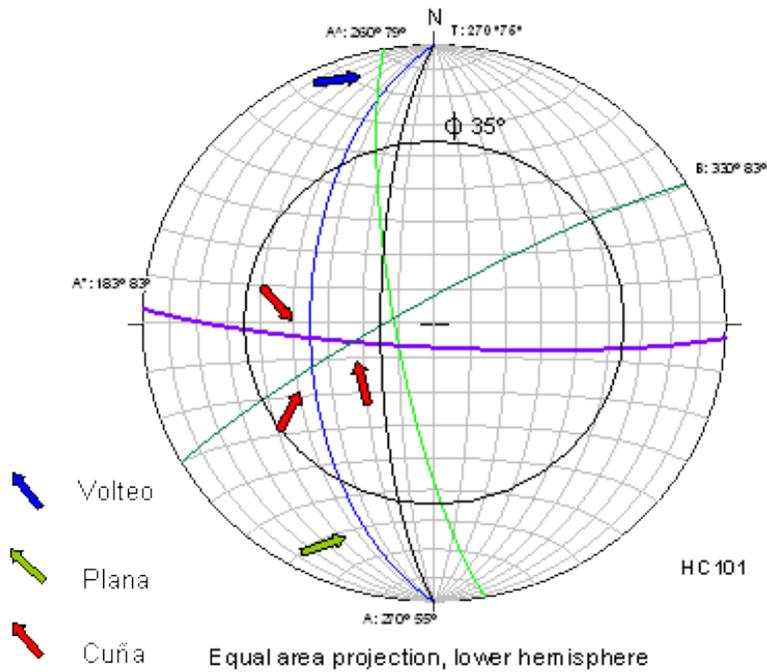
**Estereograma 11.3.3.-La caída de bloques en la Colonia Española, Ciudad de Pachuca, se presenta en forma de cuña.**



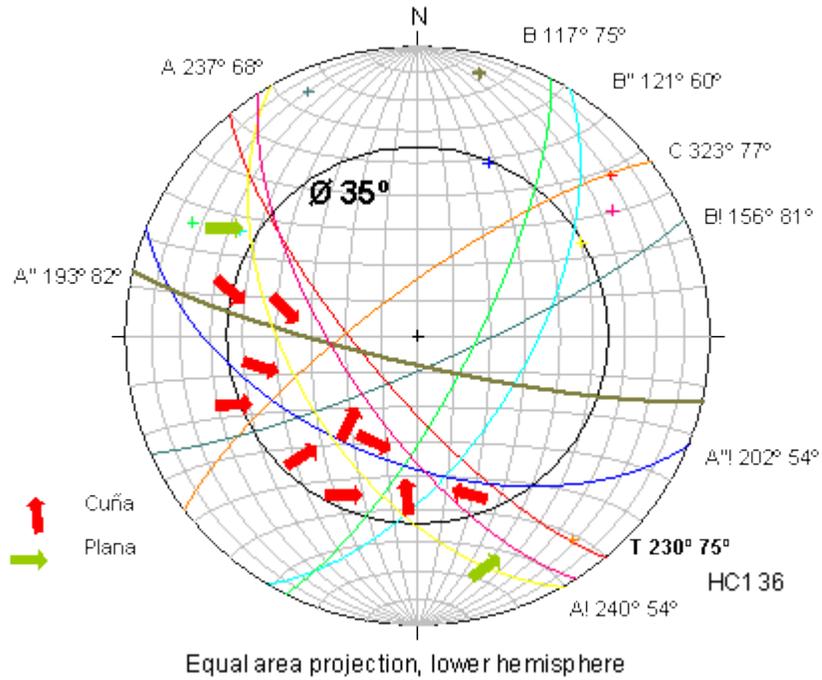
**Estereograma, 11.3.4.-El mecanismo de movimiento de los bloques en esta zona se da en forma de cuña y volteo.**



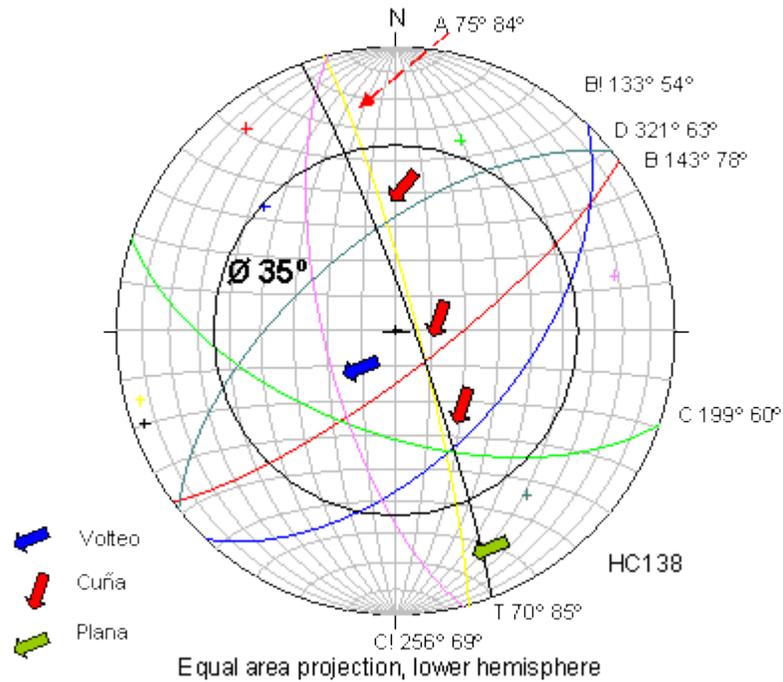
**Estereograma, 11.3.5.- En el camino La Cañada-Bartolomé, los bloques presentan un mecanismo de movimiento por cuña y volteo.**



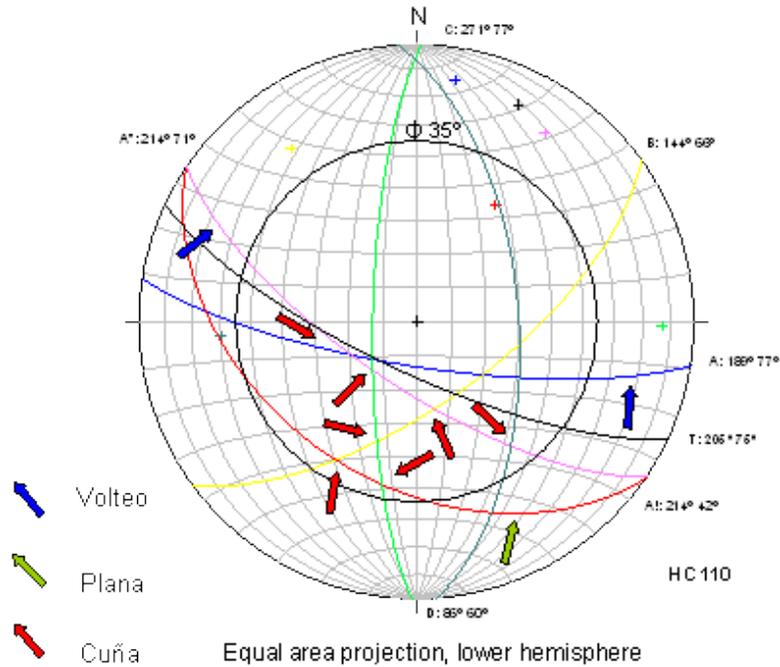
**Estereograma, 11.3.6.- En la localidad Laguna del Puerco-La Violeta, los bloques que se desprenden de la ladera tienen un movimiento por cuña, plana y volteo.**



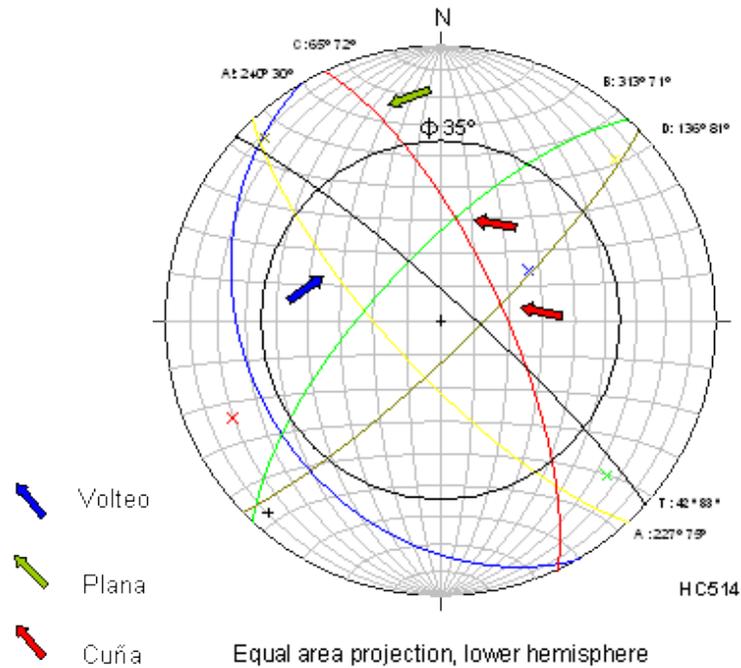
***Estereograma, 11.3.7.- Localidad Huehuetla (Plan del Recreo), los bloques tienen un mecanismo de movimiento por cuña y falla plana, la afectación es al camino y viviendas.***



***Estereograma 11.3.8.- Carretera Metepec-Tenango, los bloques presenta un movimiento por cuña, volteo y plana, la afectación es a la vía de comunicación.***

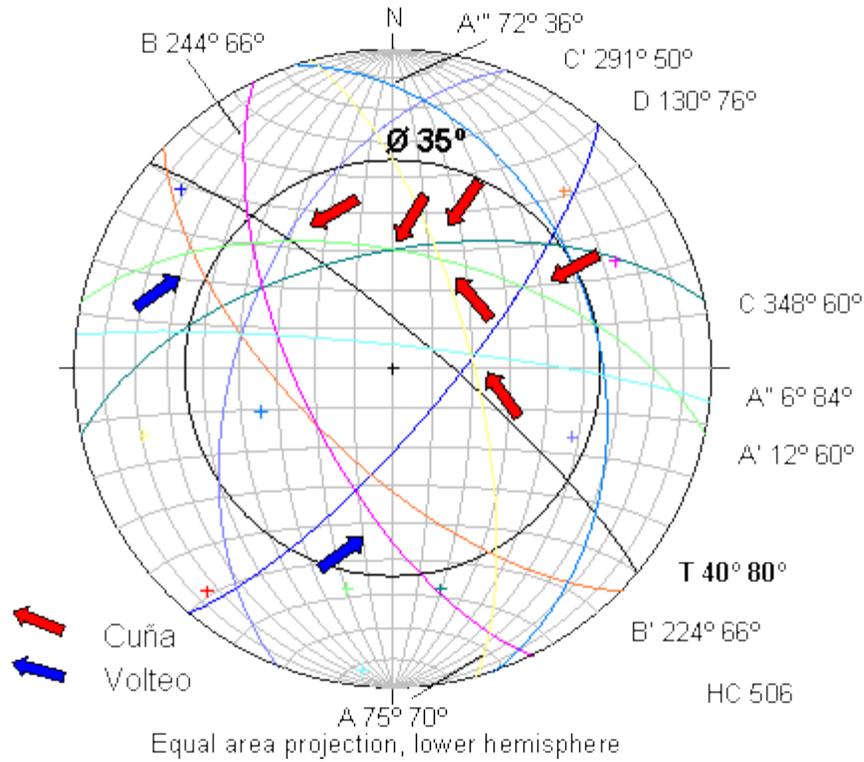


**Estereograma, 11.3.9.- Camino Ixtlapala-Tetlapaya, los bloques que se desprenden del talud, presentan un movimiento tipo cuña, volteo y plana.**

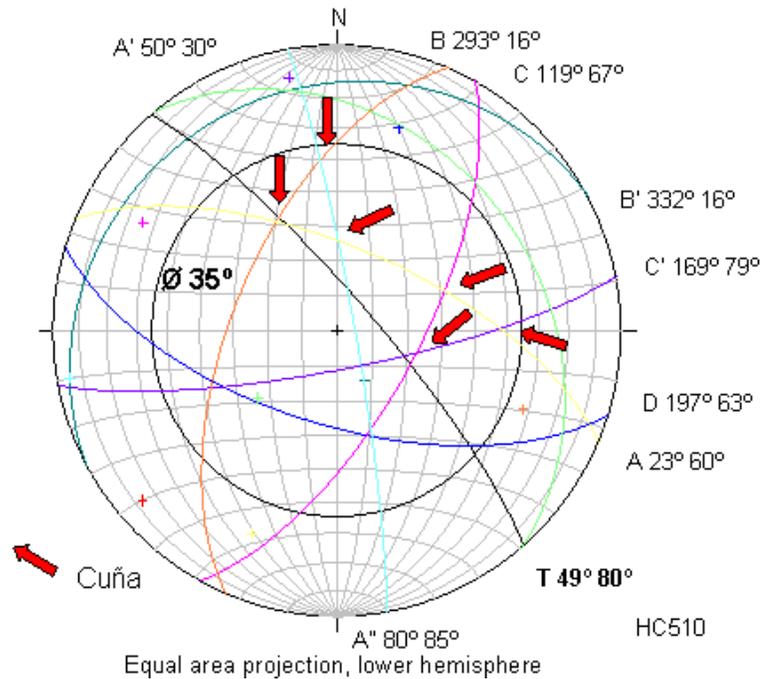


**Estereograma, 11.3.10.- Sobre el camino que da acceso a la población Agua de El Capulín, los bloques tienen un mecanismo de movimiento por volteo, plana y cuña, afectando al camino principalmente.**

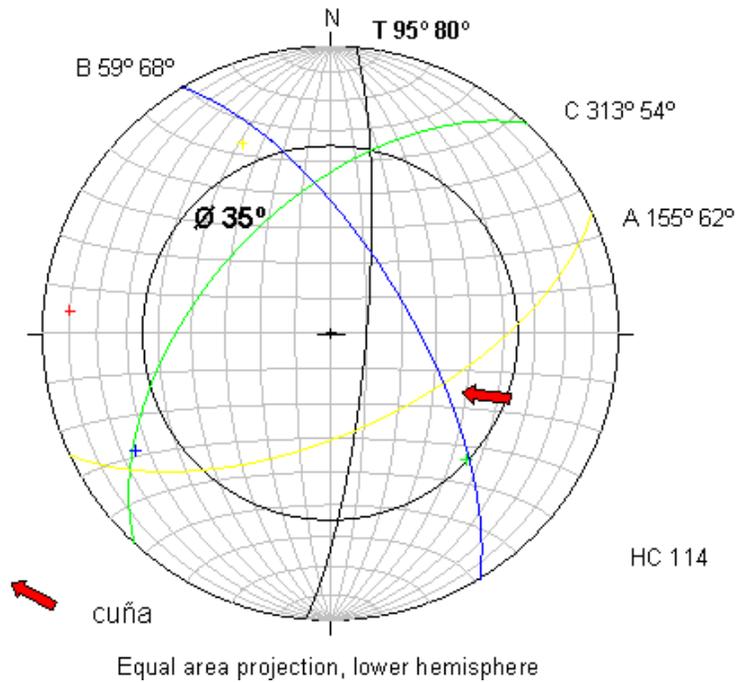
ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE HIDALGO



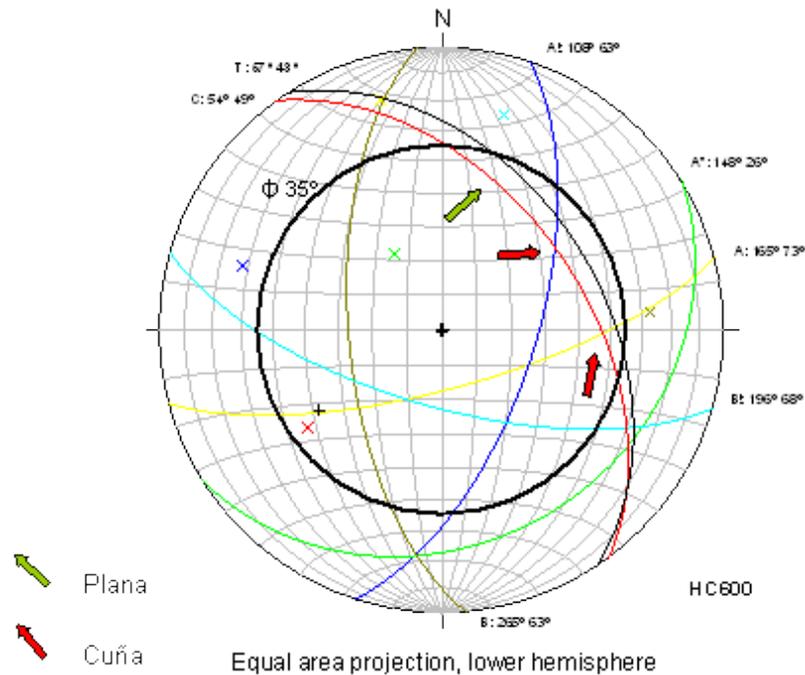
**Estereograma, 11.3.11.- En los alrededores de la comunidad Almolón, los bloques presentan un movimiento por volteo y cuña, la afectación es al camino.**



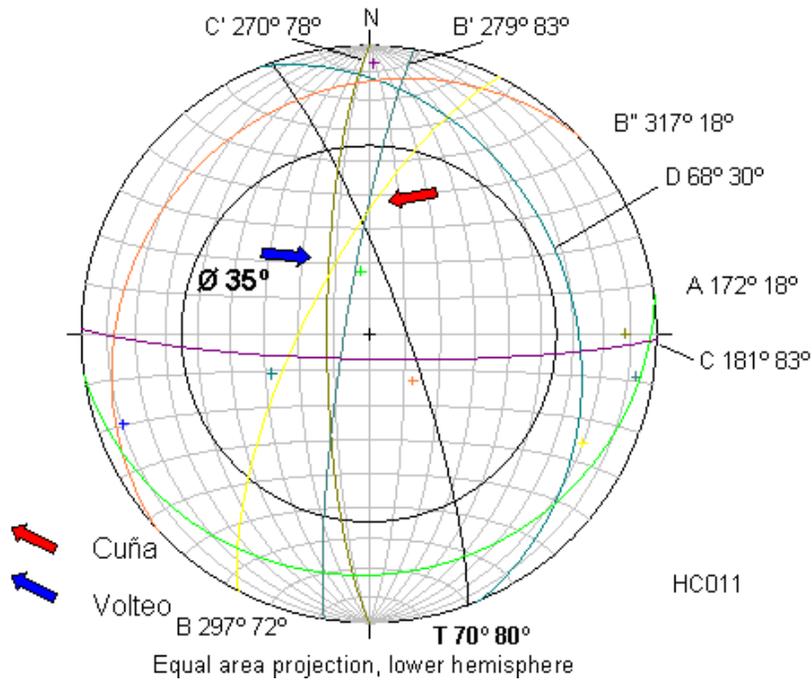
**Estereograma, 11.3.12.- En la localidad de Eloxochitlán-Ixmolintla, los bloques generan un mecanismo de movimiento por cuña, la afectación es al camino de terracería.**



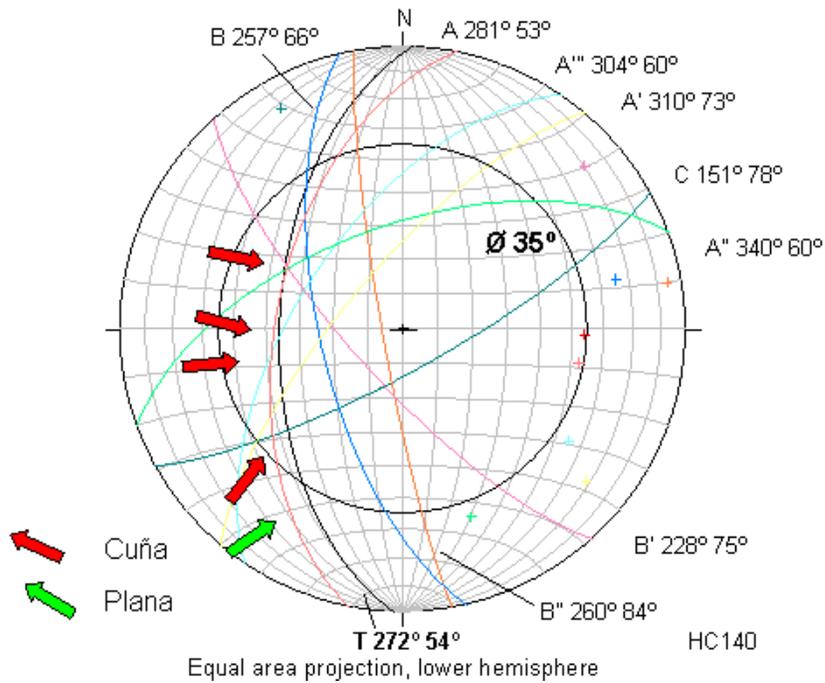
***Estereograma, 11.3.13.- En la localidad de San José Coacuilco, los bloques tienen un mecanismo de movimiento por cuña y falla plana, la afectación es al camino pavimentado.***



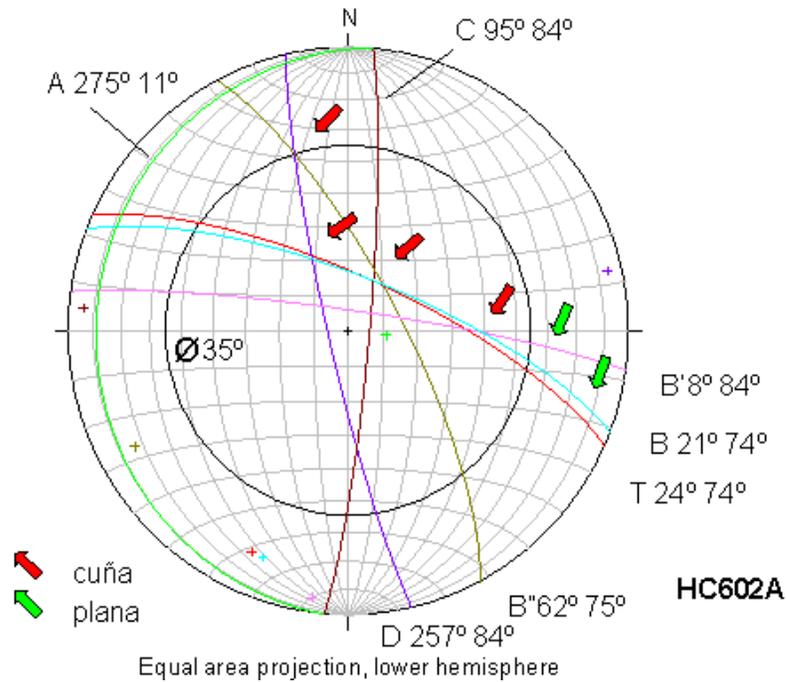
***Estereograma, 11.3.14.- Localidad Atempa-Papatlatla, los bloques tienen un movimiento tipo falla plana y cuña, la afectación es a la carretera.***



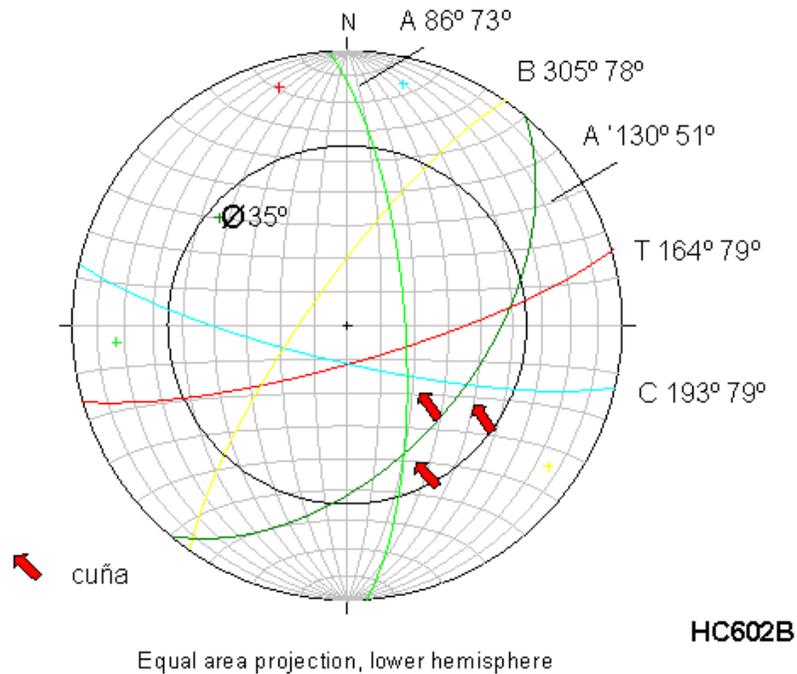
**Estereograma 11.3.15.- Camino San Agustín-El Ensuelado, los bloques presenta movimiento por volteo y cuña, la afectación es a la carretera.**



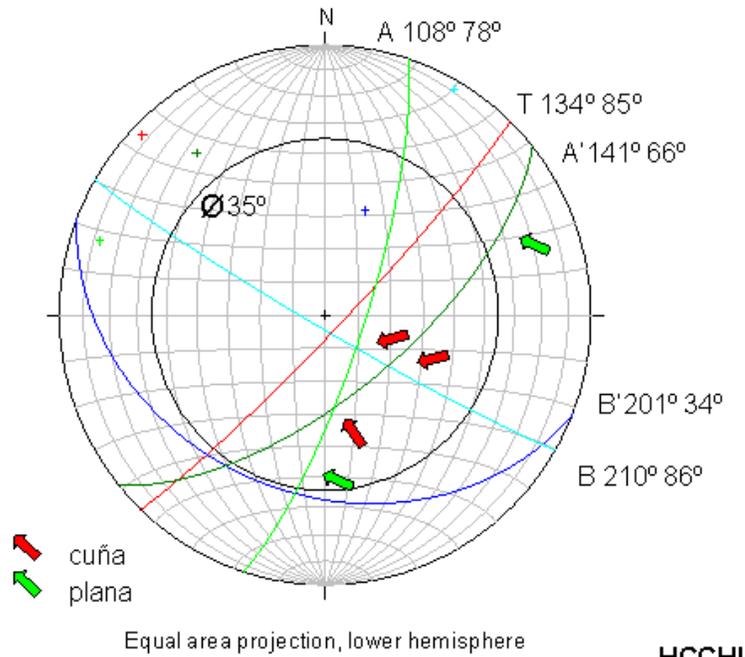
**Estereograma 11.3.16.- Localidad El Encino, los bloques del talud presentan movimientos de cuña y falla plana.**



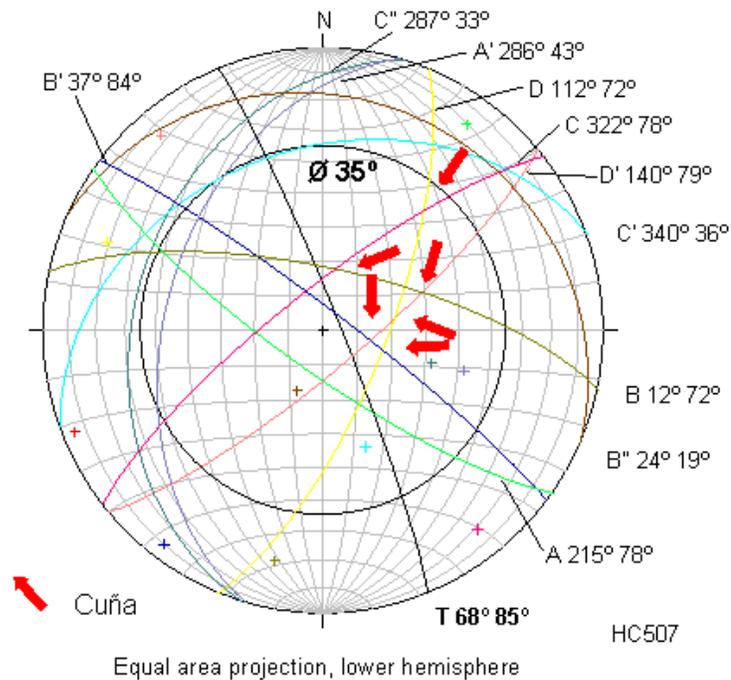
**Estereograma, 11.3.17.- Localidad Zacualtipan, los bloques se desprenden del talud tienen mecanismos de movimiento por falla plana y cuña.**



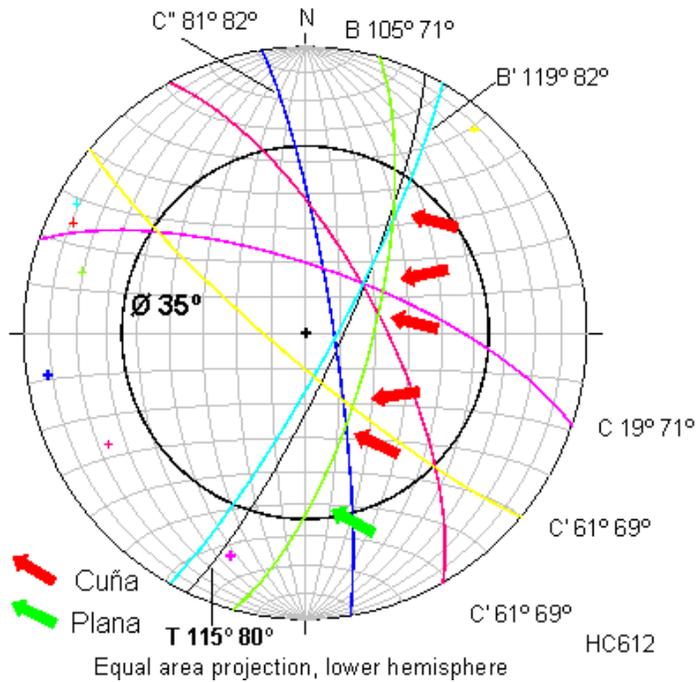
**Estereograma, 11.3.18.- Localidad la Esperanza, los bloques se desprenden del talud tienen mecanismos con movimientos tipo cuña, la afectación es a la carretera.**



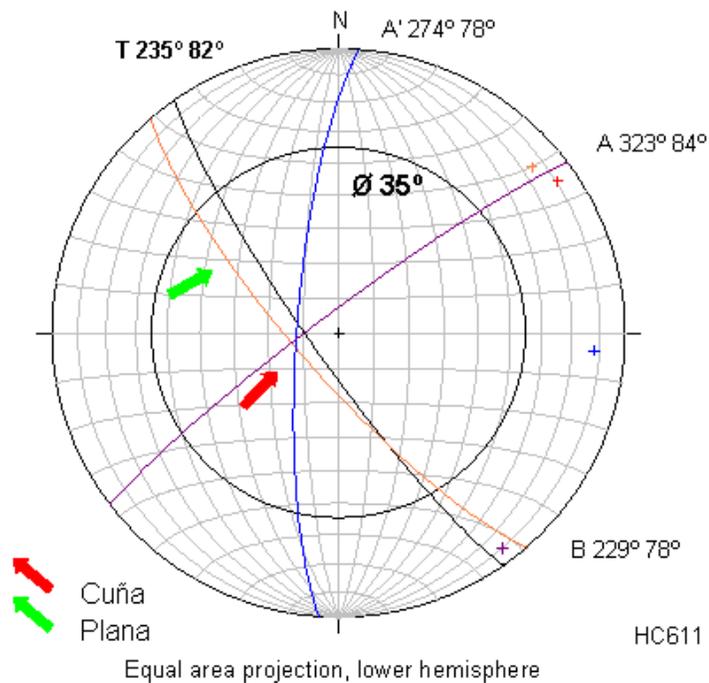
**Estereograma, 11.3.19.- Localidad Chinameca, los bloques del macizo rocoso, presentan movimientos tipo cuña y falla plana.**



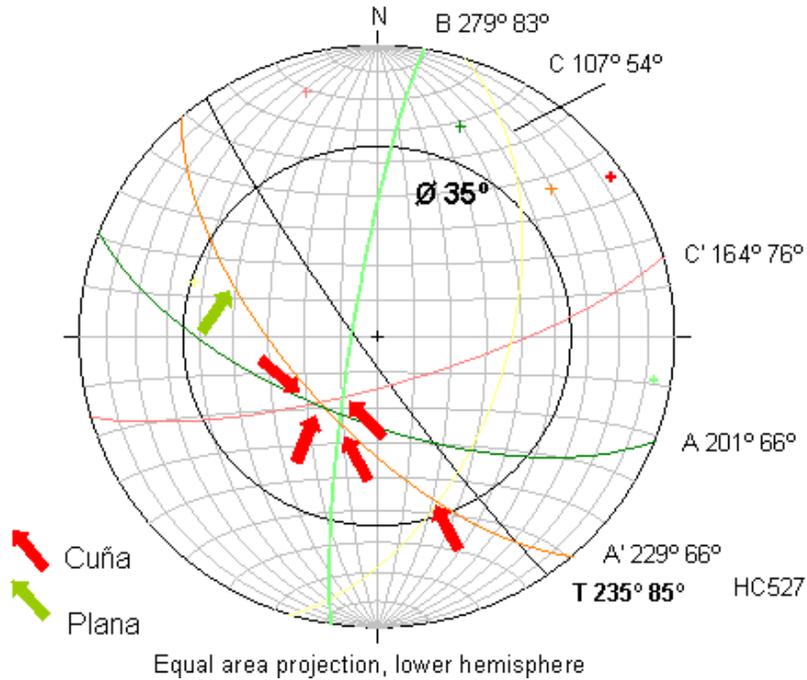
**Estereograma 11.3.20.- Localidad Tolantongo, el desprendimiento de los bloques se da por movimientos tipo cuña.**



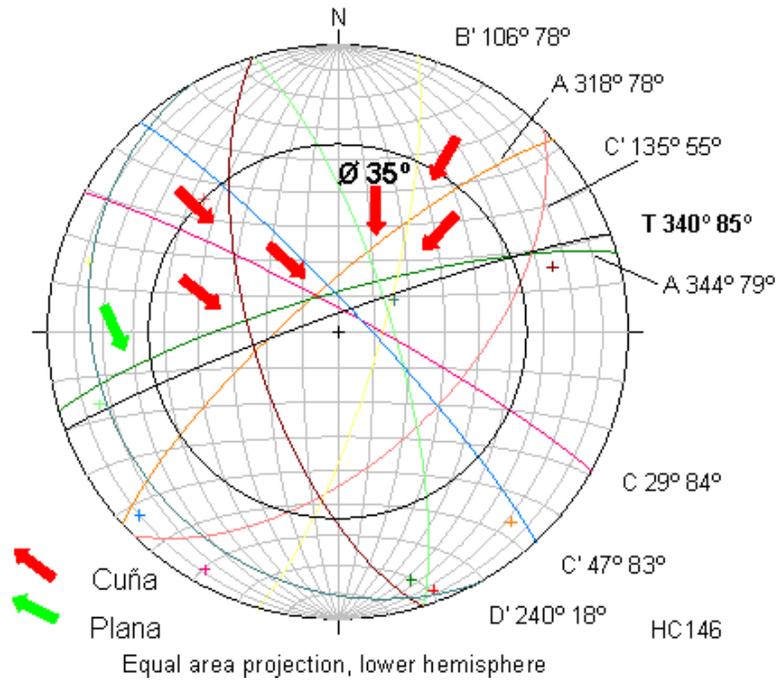
***Estereograma, 11.3.21.- Localidad Los Mármoles, el mecanismo de movimiento de los bloques es por falla plana y cuña.***



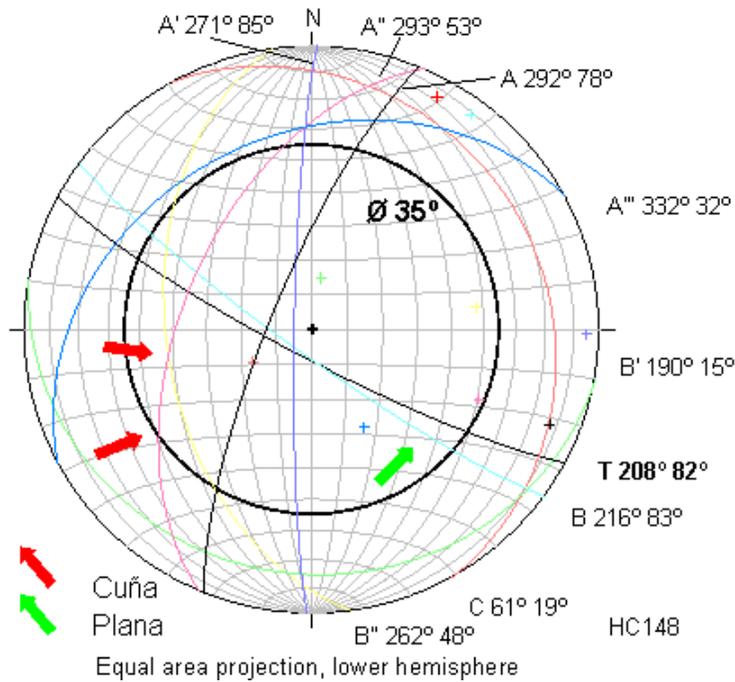
***Estereograma, 11.3.22.- Localidad Codornices, los bloques presentan mecanismos de movimiento tipo cuña y falla plana, la afectación es al camino pavimentado.***



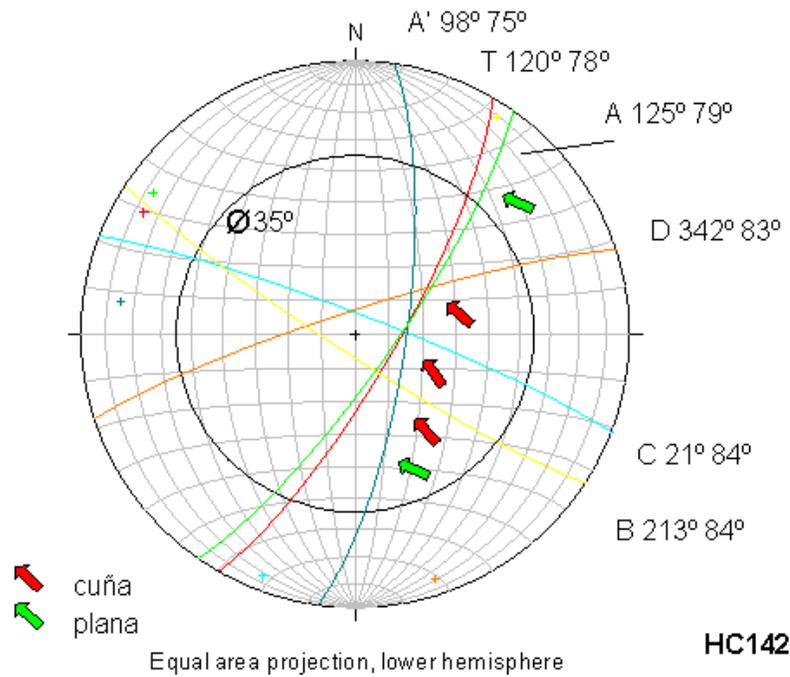
**Estereograma, 11.3.23.)- Localidad La Loma, los bloques tienen mecanismos de movimiento por cuña y falla plana, la afectación es al camino de terracería.**



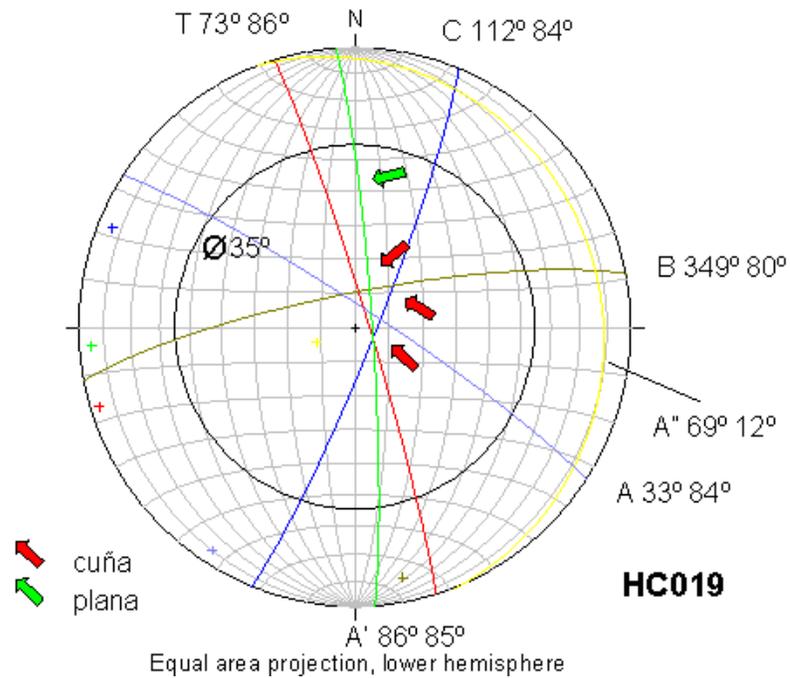
**Estereograma, 11.3.24.- Localidad Tlaxcalilla, los bloques presenta intenso fracturamiento, el mecanismo de movimiento es por cuña y falla plana, afecta a viviendas.**



**Estereograma, 11.3.25.- Localidad Atengo, los bloques se desprenden del talud con mecanismos de movimiento por cuña y falla plana, la afectación es a viviendas y vía de comunicación.**



**Estereograma, 7.2.1.2.26.- Santa María Magdalena, los bloques tienen mecanismos de movimiento por cuña y falla plana.**



**Estereograma, 11.3.27.- Localidad de San Miguel Vindhó, los fragmentos de roca se desprenden del talud tienen mecanismos de movimiento tipo cuña y falla plana, afecta a viviendas.**

## SECCIONES TRANSVERSALES DE CAUCES.



Figura 7.1.7.1.- Sección del Río de Las Avenidas a su paso por el sur de la ciudad de Pachuca, en el Fraccionamiento Los Tuzos.

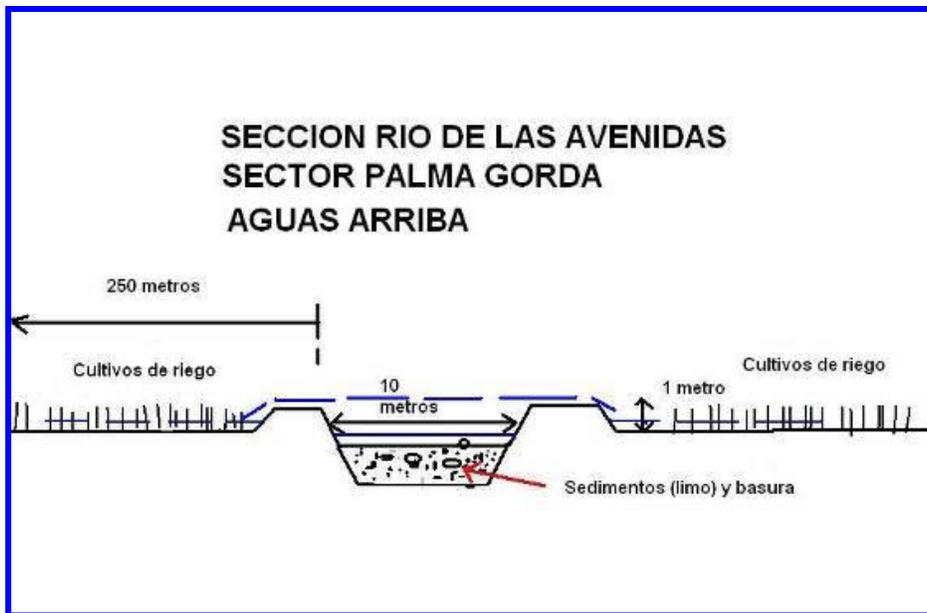
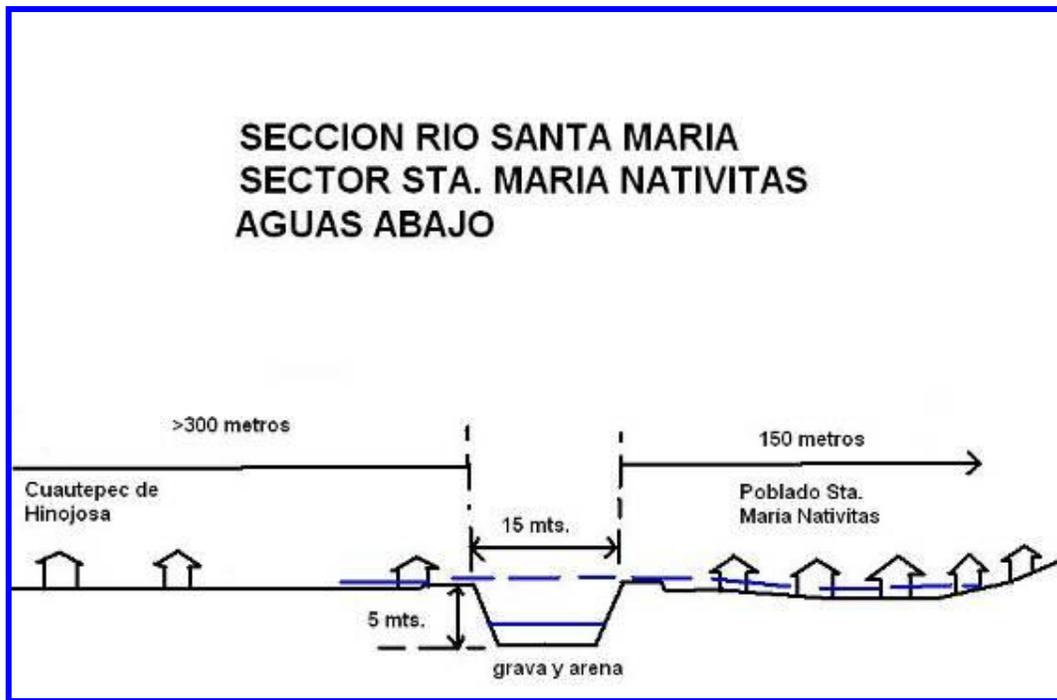


Figura 7.1.7.2.- Sección del Río de Las Avenidas a su paso por la localidad de Palma Gorda, municipio de Pachuca.



**Figura 7.1.7.3.-** Sección del Río Santa María a su paso por la localidad de Santa María Nativitas en el municipio de Cuautepec de Hinojosa.



**Figura 7.1.7.4.-** Sección de los Ríos San Lorenzo y Chico a su paso por la mancha urbana de Tulancingo de Bravo, Colonia Jardines del Sur.

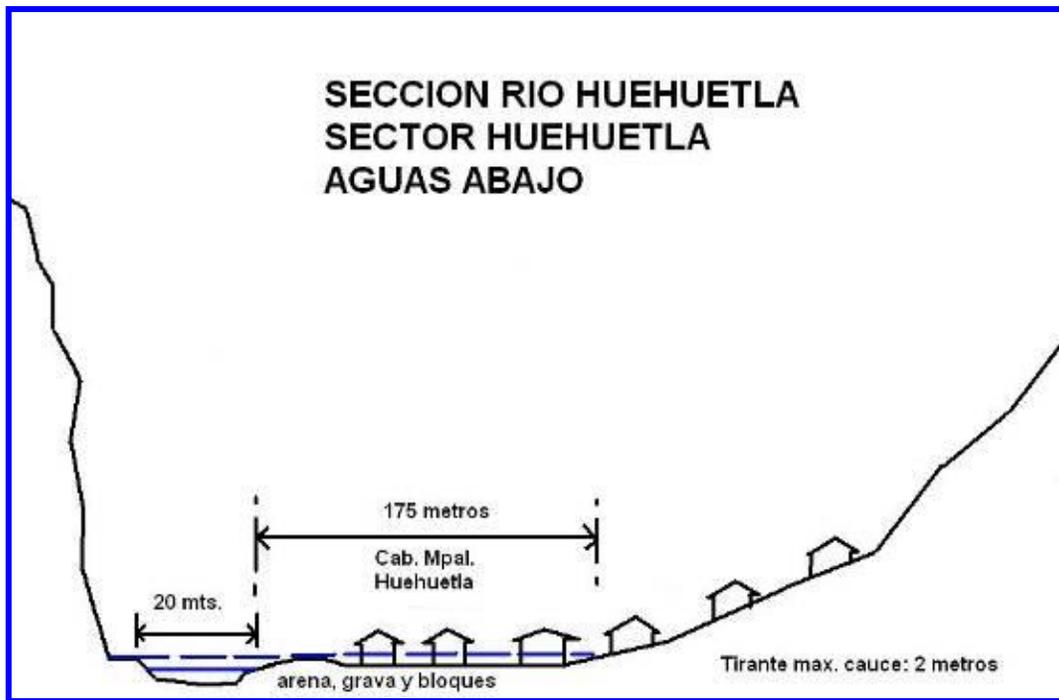


Figura 7.1.7.5.- Sección del Río Huehuetla en la cabecera municipal del mismo nombre.

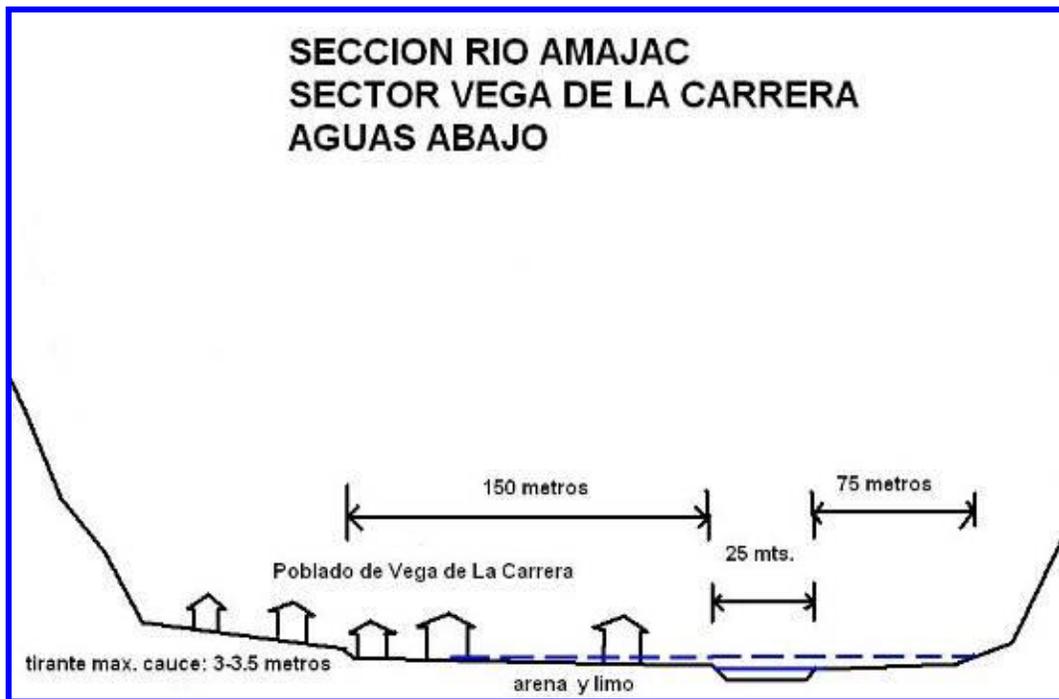


Figura 7.1.7.6.- Sección del Río Amajac a su paso por la localidad de Vega de La Carrera.

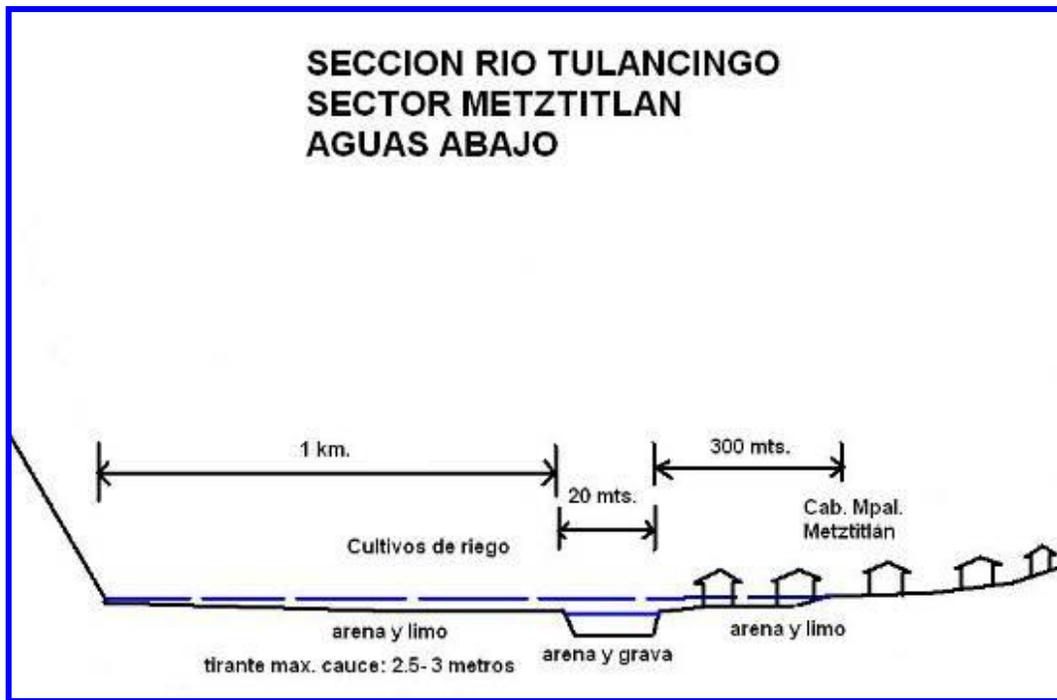


Figura 7.1.7.7.- Sección del Río Tulancingo a su paso por la cabecera municipal de Metztitlán.

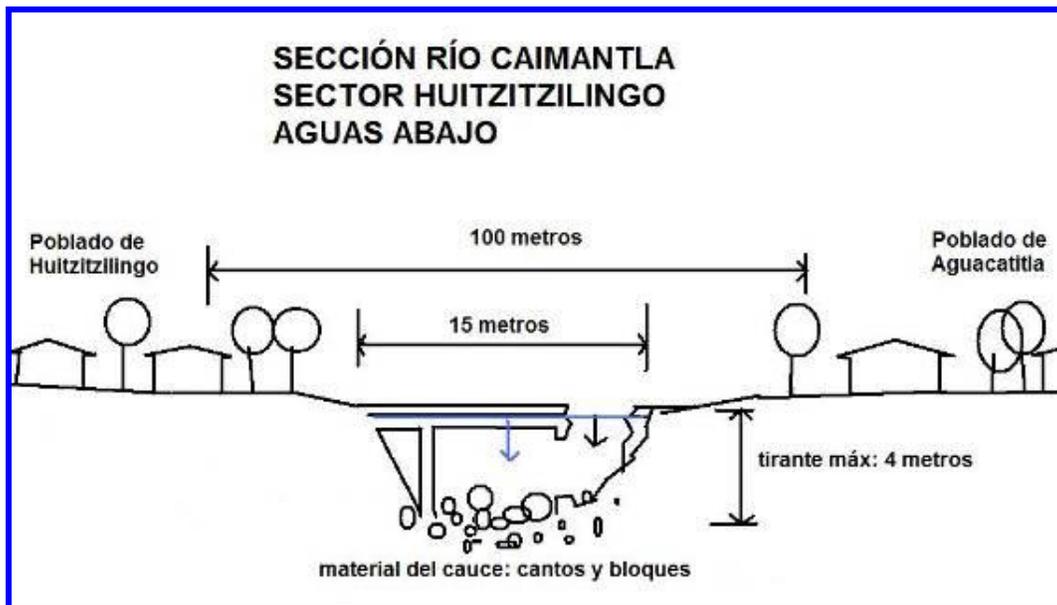


Figura 7.1.7.8.- Sección del Río Caimantla en la localidad de Huitzquiltitla, en la cual ha socavado y destruido parcialmente el puente vial, generando incomunicación hacia la localidad de Aguacatitla.

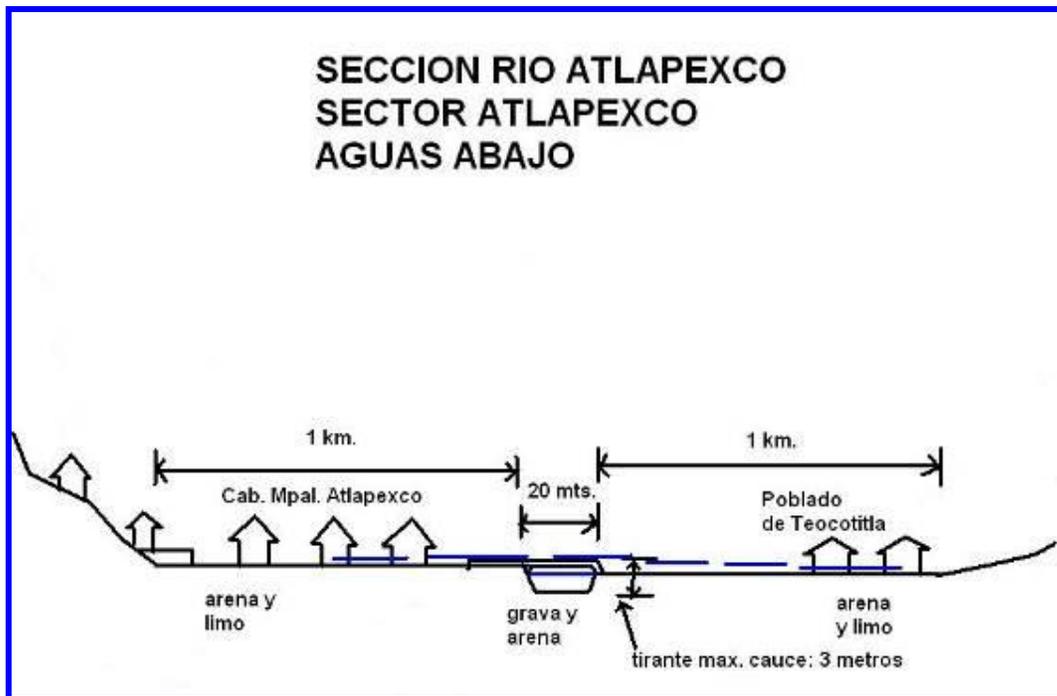


Figura 7.1.7.9.- Sección del Río Atlapexco a su paso por la cabecera municipal del mismo nombre.



Figura 7.1.7.10.- Sección del Río Moctezuma a su paso por la localidad de Vega de Ramírez.

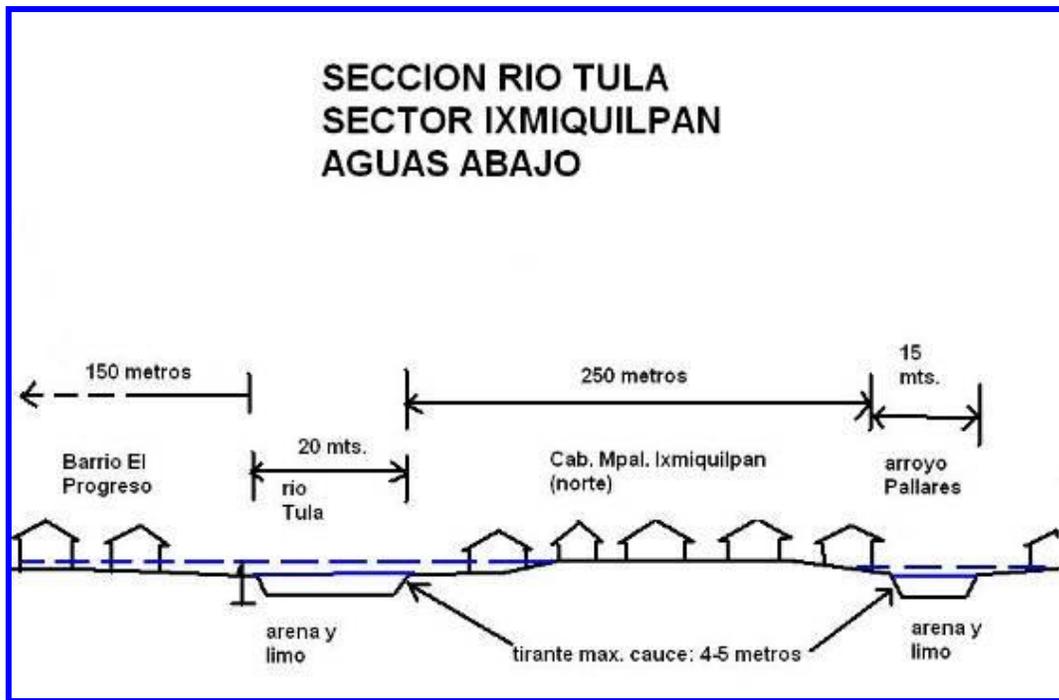


Figura 7.1.7.11.- Sección del Río Tula a su paso por la ciudad de Ixmiquilpan.

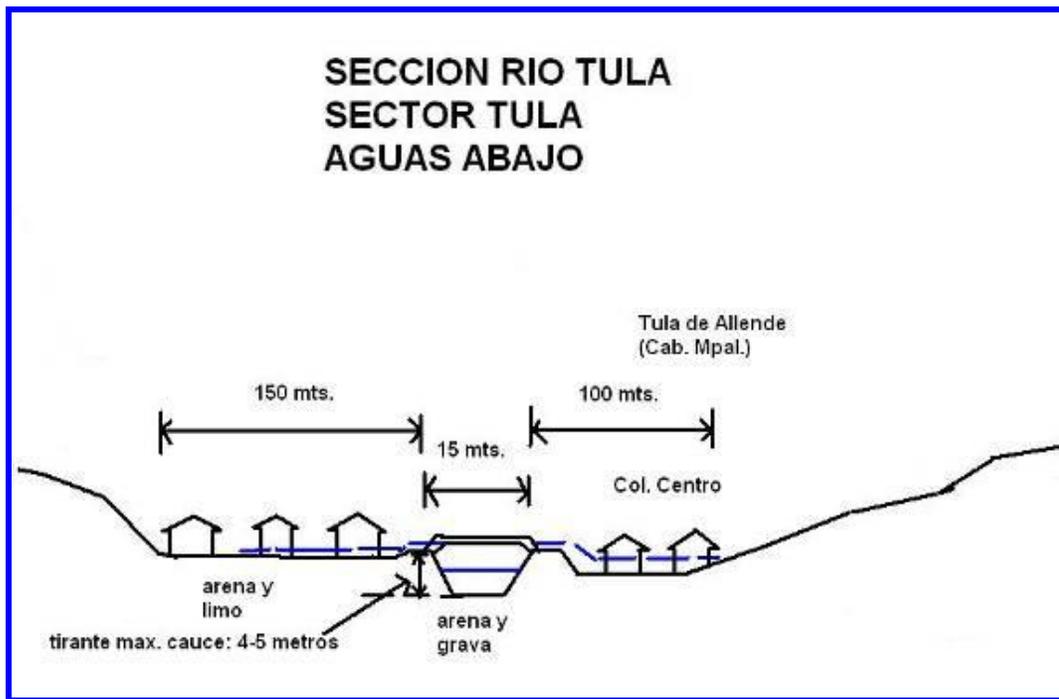


Figura 7.1.7.12.- Sección del Río Tula a su paso por la ciudad del mismo nombre.

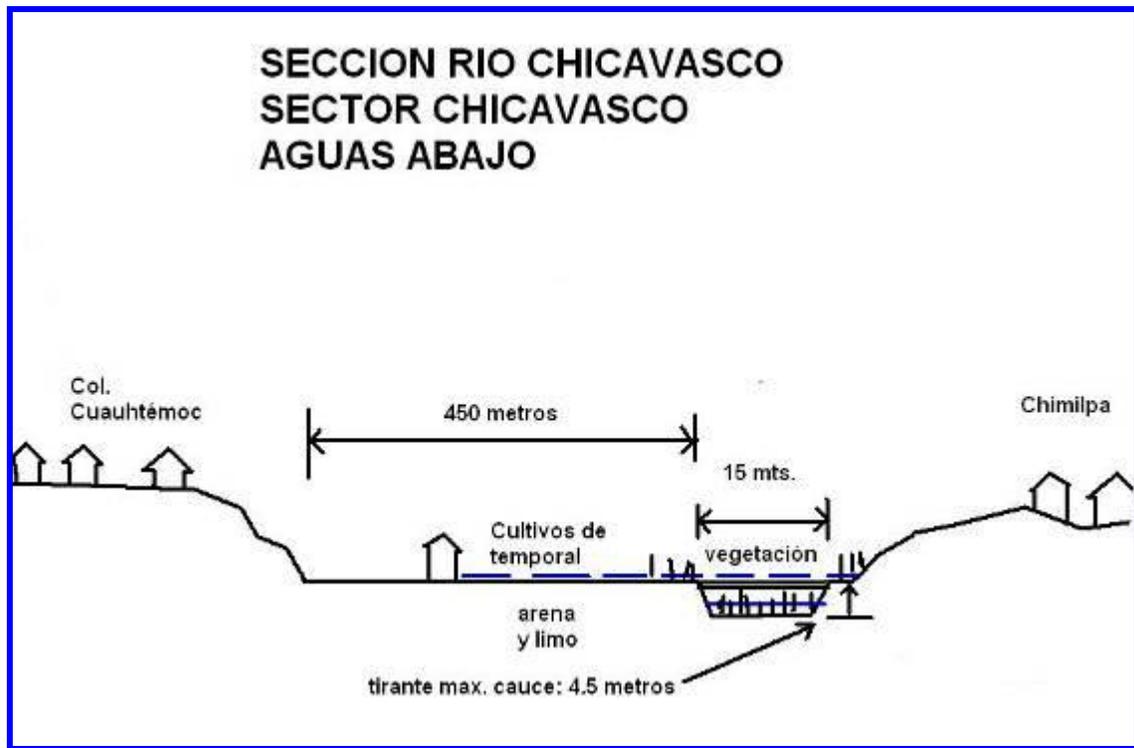


Figura 7.1.7.13.- Sección del Río Chicavasco a su paso por la localidad del mismo nombre.

## Glosario de Términos

### A

**Aluvión:** corriente fuerte de agua que transporta arena, lodo y grava.

**Amplitud (de una onda):** altura máxima de la cresta o del valle de una onda a partir del valor cero o línea base (aquella que corresponde a nula excitación sísmica).

**Andesita:** roca ígnea, magmática, de composición intermedia.

**Anticlinal:** Pliegue de terreno cuyo núcleo está constituido por las rocas estratigráficamente más antiguas.

**Anticlinorio:** Estructura anticlinal de extensión regional compuesta de plegamientos menores.

**Antropogénico:** se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.

**Arenisca:** es una roca sedimentaria de tipo detrítico, de color variable

**Arroyo:** corriente de agua natural. Generalmente se atribuye a los ríos de bajo caudal o de cauce intermitente.

**Avenida:** incremento del nivel del agua en el río debido a que fluye un caudal mayor al que normalmente presenta.

**Axial:** Cuando los semiplanos tomados a partir de un eje presentan idénticas características.

**Azimut:** Ángulo que forma el plano vertical que contiene una dirección con el meridiano local, contado en el plano del horizonte en sentido retrógrado. Como origen se toma en unos casos la dirección sur y en otros la norte.

### B

**Banco de materiales pétreos:** depósito natural de arenas, gravas, tepetate, tezontle, arcilla, piedra o cualquier otro material derivado de las rocas que sea susceptible de ser utilizado como material de construcción, para la fabricación de éstos o como elemento de ornamentación.

**Basalto:** Término genérico que se aplica a las rocas ígneas de color oscuro compuestas por minerales que son relativamente ricos en hierro y magnesio.

**Basamento:** es una roca que sirve de base en la columna geológica de un área determinada.

**Brecha sísmica:** segmento o área de contacto entre placas, particularmente de tipo de subducción (p.ej. costa occidental de México) o de movimiento lateral (falla de San Andrés), en el que no se ha presentado un sismo de gran magnitud (mayor o igual a 7) en al menos 30 años. Actualmente, la brecha sísmica más importante en México es la correspondiente a la costa de Guerrero.

## C

**Cabalgadura:** Falla de Cabalgadura de ángulo muy pequeño, con desplazamiento generalmente medido en kilómetros.

**Caída de rocas:** Ocurren de manera súbita, por caída libre, rodando o rebotando a lo largo de pendientes abruptas y cortes de carretera, y se generan por lo general asociados con fuerte y/o continuos periodos de precipitación y puede iniciar pequeños deslizamientos y flujo.

**Caliza:** Roca sedimentaria formada principalmente por carbonato cálcico. Este material es soluble en agua ácida y caliente. El terreno constituido por este material está sometido a fuertes erosiones, originando un modelaje particular llamado modelo cárstico.

**Cárcava:** abarrancamientos formados en los materiales blandos o poco consolidados por el agua de arrollada que, cuando falta una cobertera vegetal suficiente, ataca las pendientes excavando largos surcos.

**Cársticidad (Karsticidad):** paisaje generado sobre calizas, se caracteriza por depresiones cerradas y una red de drenaje escasamente funcional y en profundidad por la existencia de cavidades y un drenaje subterráneo bien desarrollado.

**Cauce:** lecho de los ríos y arroyos por donde corren las aguas producidas por la precipitación.

**CENAPRED:** Centro Nacional de Prevención de Desastres.

**Cerro:** Elevación de tierra aislada y de menor altura que el monte o la montaña.

**Clima:** Es una media de los tiempos meteorológicos de una zona a lo largo de varios años; para definir un clima se suelen usar medias de temperatura, precipitación, etc., de 20 a 30 años. Intensidad y frecuencia de las precipitaciones y su distribución en áreas por intensidad y régimen de vientos dominantes, que llegan a la distribución y régimen de temperaturas.

**Continente:** Una de las masas terrestres mayores, incluyendo tanto la tierra seca como las plataformas continentales.

**Corteza terrestre:** capa rocosa externa de la Tierra. Su espesor varía entre 10 y 70 km.

**Cuña:** Intersección de dos planos

## D

**Deforestación:** Destrucción temporal o permanente de bosques para dedicarlo a la agrícola u otros usos.

**Deformación.-** Termino general para el proceso de plegamiento, fallamiento, cizallamiento, compresión o extensión de las rocas como resultado de varias fuerzas terrestres.

**Degradación del suelo:** Es la pérdida de calidad y cantidad de suelo. Esta puede deberse a varios procesos: erosión, salinización, contaminación, drenaje, acidificación, laterización y pérdida de la estructura del suelo o a una combinación de ellas.

**Desertificación:** Aproximación del suelo a las condiciones propias del desierto. Se da en zonas áridas o semiáridas de hasta 600 mm de precipitación debido a influencias humanas y cambios climáticos.

**Deslizamiento:** Un deslizamiento puede definirse simplemente, como un movimiento de rocas, suelo o material combinado, hacia debajo de una pendiente (Crudden, 1991). La palabra deslizamiento también ha sido usada para describir a los rasgos geomorfológicos que resultan como consecuencia directa de este tipo de movimientos. Se puede considerar a los deslizamientos como eventos superficiales que involucran el transporte de material, generalmente complejos y formados por procesos geológicos-geomorfológicos y por tanto difíciles de poderlos clasificar. Son movimientos que involucran una o más superficies de ruptura, se han reconocido dos tipos: rotacionales y los de traslación dependiendo de la forma de los planos de ruptura.

**Desmante:** Remoción de la vegetación existente en las áreas destinadas a la instalación de una obra.

**Detritos:** fragmentos de roca de tamaño grueso (peñascos, gravas y arenas gruesas) o como se ha mencionado, pueden incluir masas de roca altamente fracturadas. En este caso, la resistencia del suelo está directamente asociada a la posible fricción que se pueda dar entre los fragmentos de roca. En este tipo de depósitos, se pueden encontrar, cantidades apreciables de materia orgánica (troncos de árboles u otro tipo de vegetación).

**Discontinuidad:** Falta de continuidad en una formación geológica que originalmente se manifiesta en la naturaleza en forma continuada en el tiempo y en el espacio.

**Discordancia:** Superficie de discontinuidad entre dos series de estratos.

**Dolinas:** pequeñas depresiones que se forman en la superficie de las zonas cársticas, su origen es la disolución de las rocas, haciendo que el agua se dirija a las zonas donde el proceso está más avanzado, tienen forma de embudo ya que el agua se infiltra por su fondo y les va dando esta forma al resbalar por sus lados.

**Dureza:** Es la resistencia que ofrece la superficie de un mineral a ser rayado, el grado de dureza se puede observar por la dificultad con que un mineral es rayado por otro o por una punta de acero.

## E

**Edafología:** Es la ciencia que estudia las características de los suelos, su formación y su evolución (edafogénesis), sus propiedades físicas, morfológicas, químicas, mineralógicas y su distribución.

**Eólico:** Relacionado con los depósitos producidos por el viento y los efectos asociados.

**Epicentro:** punto en la superficie de la Tierra resultado de proyectar sobre ésta el hipocentro de un terremoto. Se encuentran usualmente en un Figura, señalando el lugar justo sobre el origen del movimiento sísmico.

**Erodabilidad:** También conocida como sutura de poros superficiales y favorece el encostramiento, reduce la capacidad de infiltración y desarrollo de las plantas.

**Erosión antropogénica aprovechamiento de recursos mineros o geológicos (Ea3):** Se refiere a los cambios que el hombre produce para el aprovechamiento de rocas y minerales mediante una explotación. Ejemplo de ello son minas o bancos de material que en ocasiones modifican grandes áreas.

**Erosión antropogénica por asentamientos humanos (Ea1):** Erosión atribuida al hombre que en la búsqueda de una expansión cambia la vocación original de los suelos dando paso al crecimiento de la población. La práctica de esta modificación al entorno natural se encuentra en cualquier lugar, de cualquier Región a cualquier altitud.

**Erosión Antropogénica:** Este tipo de erosión se asocia a la acción del hombre, a veces por necesidades de infraestructura, por ejemplo: la apertura de caminos, desmonte para áreas de cultivo, explotación irracional de bosques y zonas mineras, ampliación de zonas urbanas y todo lo que altera el equilibrio natural del uso del suelo.

**Erosión Concentrada:** El agua de lluvia, al fluir sobre el terreno forma canales en el suelo; si la pendiente es muy acentuada, se produce erosión en surcos (erosión asociada a cauces y cañadas). Las sucesivas temporadas de lluvia intensa y la poca compactación de los suelos provocan cárcavas, mismas que transforman el paisaje en hondonadas de varios metros de profundidad que se denominan barrancos.

**Erosión hídrica laminar de grado alto (Eh3):** Corresponde este tipo de erosión a aquellas formas litológicas medianamente compactadas, masivas o estratificadas desprovistas de vegetación primaria o con cultivos de temporal, o tierras abandonadas o en reposo, cuya morfogénesis es de fase denudativa o estructural plegada, formada por estratos litificados y semiconsolidados. Esta erosión afecta terrenos que se localizan en relieves pronunciados.

**Erosión hídrica laminar de grado bajo (Eh1):** Afecta terrenos casi planos o de muy suave pendiente y a lomeríos bajos de escasa inclinación (de 4° a 8° de pendiente) con tierras de cultivo de temporal o con vegetación primaria en concentraciones aisladas formados por

sedimentos finos arcillo-arenosos predominantemente de origen aluvial. La morfogénesis se relaciona con acumulaciones en llanuras a partir de corrientes superficiales.

**Erosión hídrica laminar de grado moderado (Eh2):** Se localiza en montañas de cualquier altura con formas de relieve de cimas arredondeadas y pendientes planas, lomeríos y cerros aislados de baja altura, cubiertos con vegetación constituida por bosques, selvas o cultivos de temporal en concentraciones densas o en remanentes aislados, con pendientes entre 8° a 12°. La morfogénesis en partes es cárstica, volcánica o estructural plegada que corresponde a suelos en calizas, lavas, piroclastos y rocas volcanosedimentarias andesíticas, carbonatadas y terrígenas, donde a pesar de que existen procesos denudativos, las causas de las formas son la disolución, plegamientos, estratificación y pseudoestratificación.

**Erosión:** Fenómeno de descomposición y desintegración de materiales por acciones mecánicas o químicas. Bajo este término se engloba a todos los procesos de destrucción de rocas y arrastre de suelos, realizado por agentes naturales móviles o inmóviles. Fase de un proceso de denudación que comprende el desgaste de la superficie terrestre mediante la acción mecánica de los materiales o detritos transportados.

**Escorrentía directa.-** Es la porción de lluvia que no es interceptada, detenida, evaporada o infiltrada y que fluye sobre las laderas.

**Escurrimiento:** agua proveniente de la precipitación, circula sobre o bajo de la superficie terrestre y llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.

**Esfuerzo compresivo:** Esfuerzo producido por las fuerzas que actúan sobre una superficie.

**Esfuerzo distensivo:** Esfuerzo producido por relajación que actúa sobre una superficie.

**Esfuerzo:** medida de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. En Física se expresa como fuerza por unidad de área.

**Estilolita:** Superficie o contacto que por lo regular se presenta en rocas carbonatadas homogéneas y más raramente en areniscas y cuarcitas que es marcado por la penetración irregular e interdigitada de los dos lados.

**Estratificación:** Distribución o disposición de una roca sedimentaria en capas o lecho de espesores y carácter distinto.

**Estrato:** Unidad litológica de tipo sedimentario, delimitada nítidamente a techo y muro por superficies fácilmente visibles.

**Estructura:** Disposición general, actitud, arreglo o posiciones relativas de las masas rocosas de una Región o área.

**Explotación:** acto por el cual se retira de su estado natural de reposo, cualquier material constituyente de un banco, independientemente del volumen que se retire o de los fines para los cuales se realice esta acción, así como el conjunto de actividades que se realicen preponderantemente por medio de trabajos a cielo abierto con el propósito de extraer materiales pétreos de un banco, así como el almacenamiento y transporte de los materiales dentro del área de los terrenos involucrados en la explotación.

## F

**Facies:** Aspecto, apariencia y características de una unidad rocosa, que refleja usualmente las condiciones de su origen; específicamente diferencia las unidades adyacentes y asociadas.

**Falla geológica:** Grieta o fractura entre dos bloques de la corteza terrestre, a lo largo de la cual se produce un desplazamiento relativo, vertical u horizontal. Una falla ocurre cuando las rocas de la corteza terrestre han sido sometidas a fuertes tensiones y compresiones tectónicas, más allá de un punto de ruptura. Las fallas se clasifican en activas, e inactivas. Las primeras representan serios riesgos para las estructuras, y son la causa de graves problemas de deslizamientos de tierra que amenazan a los asentamientos humanos.

**Falla inversa:** Es una falla de salto según el deslizamiento, de ángulo grande o pequeño en el cual el techo ha subido en relación al piso.

**Falla normal:** Es una falla de gran ángulo o de salto según el buzamiento, cuyo techo ha bajado en relación al piso.

**Falla plana:** Falla de estratificación.

**Fisiografía:** Parte de la geología que estudia la formación y evolución del relieve terrestre y las causas que determinan su transformación.

**Foco:** Punto de origen de un sismo en el interior de la tierra. Lugar donde empieza la ruptura que se extiende formando un plano de falla. También nombrado como hipocentro.

**Formación:** Cuerpo de estratos rocosos de rango intermedio en la jerarquía de la unidades litoestratigráficas, que esta unificada con respecto a los estratos adyacentes por consistir a cierto tipo litológico o combinación de tipos, o por poseer otros rasgos litológicos unificados.

**Fractura:** Sinónimo de falla. En mineralogía se conoce como fractura cuando un mineral no se exfolia, se rompe adoptando las superficies de rotura diversos aspectos. Se habla de fractura concoidal cuando las superficies son lisas, pero no planas.

## G

**Geomorfología:** Forma y textura del relieve, configuración de las pendientes.

**GIS (Geographic Information System):** Es un sistema que permite integrar, analizar, administrar y consultar, cualquier tipo de información que se contenga de cualquier punto de la superficie de la tierra (SIG en castellano Sistema de Información Geográfica).

**Granito:** roca constituida esencialmente por cuarzo, feldespato y normalmente también mica. Es la roca más abundante de la corteza continental. Se produce al solidificarse lentamente y a muy alta presión, magma con alto contenido en sílice producto de la fusión de las rocas que forman los continentes, sometidas al calor del manto en la parte inferior de estos.

## H

**Hidrología:** ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución sobre y debajo de la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.

**Humus:** Componente orgánico de los suelos que contiene principalmente ácido húmico. Se forma por descomposición de vegetales y animales y se emplea en la mejora de los suelos. Palabra latina que significa suelo. Es el último estadio de la materia orgánica, rico en ácidos orgánicos suaves (ácidos húmicos) y actúa en las propiedades de agregación de las partículas (estructura) estando también íntimamente ligado a la materia mineral (complejo arcilla-humus).

**Hundimiento:** movimiento vertical descendente de roca o material no consolidado, por acción y efecto de la gravedad. Representa aquellas zonas en donde ha ocurrido colapso por gravedad, disolución y derrumbes de techos de cavernas naturales o hechas por el hombre.

## I

**Intemperismo:** Descomposición química y desintegración mecánica de las rocas in situ, en o cerca de la superficie terrestre.

**Intensidad (sísmica):** Número que se refiere a los efectos de las ondas sísmicas en las construcciones, en el terreno natural y en el comportamiento o actividades del hombre. Los grados de intensidad sísmica, expresados con números romanos del I al XII, correspondientes a diversas localidades se asignan con base en la escala de Mercalli. Contrasta con el término magnitud que se refiere a la energía total liberada del sismo.

**Isoyetas:** líneas que unen puntos de igual precipitación.

## L

**Lacustre:** Parte central de un lago.

**Ladera estable:** Es el estado de la ladera en que el margen de estabilidad es muy amplio y es capaz de soportar todo tipo de fuerzas desestabilizadoras.

**Ladera inestable:** Es el estado en que las fuerzas desestabilizadoras producen movimiento continuo.

**Ladera:** Falda de una montaña de perfiles suaves.

**Lineamiento:** Se emplea para describir cualquier estructura lineal representativa en una muestra de roca; en fotointerpretación se emplea para describir accidentes topográficos lineales de alcance regional de los cuales se cree que reflejan la estructura cortical.

**Litología:** Descripción de rocas, especialmente en ejemplares de mano y en los afloramientos, con base en características tales como color, composición mineralógica y tamaño de los granos.

**Litosfera:** Cubierta rígida de la Tierra. Está constituida por la corteza y la parte superior del manto; su espesor promedio no excede 100 km. Se encuentra dividida en grandes porciones móviles llamadas placas tectónicas.

**Longitud de onda:** Distancia entre dos puntos o fases sucesivos de una onda, por ejemplo crestas o valles.

**Lutita:** es una roca detrítica, es decir, formada por detritos, y está integrada por partículas del tamaño de la arcilla y del limo.

## M

**Macizo:** Complejo rocoso amplio y bien definido, generalmente más rígido que las rocas circundantes.

**Magnitud (de un sismo):** Valor relacionado con la cantidad de energía liberada por el sismo. Dicho valor no depende, como la intensidad, de la presencia de pobladores que observen y describan los múltiples efectos del sismo en una localidad dada. Para determinar la magnitud se utilizan, necesariamente uno o varios registros de sismógrafos y una escala estrictamente cuantitativa, sin límites superior ni inferior. Una de las escalas más conocidas es la de Richter, aunque en la actualidad frecuentemente se utilizan otras como la de ondas superficiales (Ms) o de momento sísmico (Mw).

**Manto terrestre:** Porción intermedia de la tierra, cubierta por la corteza y que descansa sobre el núcleo. Su espesor es de unos 2,850 kilómetros; está compuesto por rocas densas y divididas en varias capas concéntricas.

## N

**Núcleo terrestre:** Parte central de la Tierra que se inicia a una profundidad superior a los 2,900 kilómetros, compuesta de hierro y silicatos.

## O

**Orogenia:** Proceso de formación de las montañas.

**Ortotropia:** Alineación de los minerales.

## P

**Peligro:** Es un factor externo de riesgo representado por la posibilidad o potencial de ocurrencia de que un área en particular, sea afectado por alguna manifestación destructiva de la calamidad con una duración e intensidad determinada.

**Pendiente:** Es un declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de una vertiente.

**Periodo (de una onda):** Intervalo de tiempo entre dos crestas sucesivas en un tren de ondas sinusoidales. El periodo es el inverso de la frecuencia en un evento cíclico.

**Periodo de retorno:** Es el tiempo medio, expresado en años, que tiene que transcurrir para que ocurra un sismo en que se exceda una aceleración dada.

**Piroclástico:** Relacionado con el material rocoso clástico (roto y fragmentado) formado por una explosión volcánica o una expulsión aérea desde un orificio volcánico.

**Placa (tectónica):** Porción de la litosfera terrestre, de grandes dimensiones y espesor no mayor a 100 Km., que se mueve con relación a otras partes de la litosfera sobre el manto terrestre. Las placas chocan en zonas de convergencia y se separan en zonas de divergencia.

**Planicie de inundación:** llanura localizada inmediatamente a ambos lados de un cauce, con relieve casi plano y conformado de materiales transportados por el río, que es inundada de manera periódica por desbordamiento de dicho cauce.

**Pliegue recumbente:** Pliegue volcado, cuya superficie axial es casi horizontal.

**Pliegue:** Curva o dobles de una estructura plana, tal como los estratos de roca, planos de estratificación o cruceros.

**Provincia fisiográfica.-** Región de la cual todas las partes son semejantes en estructura geológica y clima, y que consecuentemente ha tenido historia geomórfica unificada.

## R

**Relieve:** hace referencia a las formas que tiene la corteza terrestre.

**Réplicas:** Terremotos menores que siguen a uno mayor, concentrados en un volumen restringido de la corteza.

**Reptación (Creep):** Es un tipo de flujo que ocurre de manera continua por lo general, pero muy lenta. Se trata de un movimiento lento e imperceptible de una película superficial de suelo en el sentido de la pendiente debido a causas varias. Flujo Plástico.

**Resistencia:** Grado de tensión que puede recibir un objeto antes de que se rompa.

**Riesgo:** posibilidad de pérdida tanto en vidas humanas como en bienes o en la capacidad de producción; esta definición involucra tres aspectos relacionados en la siguiente fórmula  $Riesgo = Vulnerabilidad \times Valor \times Peligro$ . La ley General de Protección Civil define como riesgo “La posibilidad de que se produzca un daño originado por un fenómeno perturbador”.

**Rocas ígneas:** se forman cuando la roca (magma), se enfría y solidifica, con o sin cristalización, bajo la superficie como rocas intrusivas (plutónicas), o en la superficie como rocas extrusivas (volcánicas), también puede formarse rocas hipoabisales (un punto intermedio entre las volcánicas y las plutónicas).

**Rocas metamórficas:** roca formada a partir de otra roca, mediante un proceso llamado metamorfismo. El metamorfismo nunca implica un cambio de estado y se da indistintamente en rocas ígneas como en rocas sedimentarias cuando éstas quedan sometidas a altas presiones y altas temperaturas.

**Rocas sedimentarias:** son rocas que se forman por acumulación de sedimentos que, sometidos a procesos físicos y químicos (diagénesis), resultan en un material de cierta consistencia.

**Rodar:** Dar vueltas un cuerpo alrededor de su eje.

## S

**Sedimento.-** material sólido, acumulado sobre la superficie terrestre (litosfera) derivado de las acciones de fenómenos y procesos que actúan en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera (vientos, variaciones de temperatura, precipitaciones meteorológicas, circulación de aguas superficiales o subterráneas, desplazamiento de masas de agua en ambiente marino o lacustre, acciones de agentes químicos, acciones de organismos vivos).

**Selva:** Bosque tropical donde la vegetación se desarrolla ininterrumpidamente y se encuentra siempre verde por la gran pluviosidad. Los árboles alcanzan de 30 a 40 m de altura y existen varios estratos de vegetación que la hacen por lo general impenetrable.

**Sinclinal:** Plegamiento cuyo núcleo contiene rocas estratigráficas más jóvenes; en general cóncavas hacia arriba.

**Sismicidad:** La ocurrencia de terremotos de cualquier magnitud en un espacio y periodo dados.

**Sismógrafo:** Instrumento de alta sensibilidad para registrar los movimientos de la superficie de la Tierra, en función del tiempo, causados por el paso de las ondas sísmicas. Al registro producido se le conoce como sismograma.

**Sismología:** Rama de la [geofísica](#) que se encarga del estudio de [terremotos](#) y la propagación de las ondas elásticas (sísmicas) que se generan en el interior y la superficie de la [Tierra](#).

**Sismómetro:** instrumento para medir terremotos para la sismología o pequeños temblores provocados.

**Suelo:** Formación superficial de la corteza terrestre, resultante de la alteración de las rocas por meteorización y por la acción de los organismos. Sostén de la vida vegetal y animal, es el cuerpo natural que se forma a partir de los componentes de la corteza terrestre (las sustancias minerales). Es el sustrato natural donde viven las plantas terrestres.

## T

**Talud:** Son los diferentes tipos de cortes y rellenos que se hacen en el suelo y estratos superiores para cavar la zanja donde se alojará la tubería. El ángulo de inclinación o de corte lo determina el tipo de zanja diseñada y la consolidación del material en cada punto.

**Tectónica de placas:** Teoría del movimiento e interacción de placas que explica la ocurrencia de los terremotos, volcanes y formación de montañas como consecuencias de grandes movimientos superficiales horizontales.

**Tectónica:** Estudio de las deformaciones sufridas por la corteza terrestre y de las estructuras resultantes: fracturas, pliegues, esquistocidad, etc., y de las causas que las han originado.

**Terremoto (sismo o temblor):** Vibraciones de la Tierra causado por el paso de ondas sísmicas irradiadas desde una fuente de energía elástica.

**Textura:** Aspecto físico general o carácter de una roca, incluyendo los aspectos geométricos y las relaciones mutuas entre las partículas de cristales componentes.

**Tirante:** profundidad, generalmente el valor máximo, de un cuerpo de agua, típicamente referido a un río, aunque puede ser respecto a un lago o almacenamiento artificial.

**Toba volcánica:** Roca volcánica formada por los productos piroclásticos consolidados.

## V

**Valle:** Llanura de tierra entre montes o alturas. Cuenca de un río.

**Volteo:** Girar o dar vuelta a una cosa.

**Vulcanismo:** Proceso por los cuales el magma y sus gases asociados se elevan en la corteza y son extruidos sobre la corteza terrestre y a la atmosfera.

**Vulnerabilidad:** Probabilidad de daño. Cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio considerado y que es factible que sean dañados por el evento. Es el grado que indica la prospección del sistema afectable a los daños que pueda causar el impacto de un fenómeno destructivo. Es la susceptibilidad de sufrir un daño, es un factor interno de riesgo que corresponde y se expresa mediante un porcentaje del valor que puede ser perdido en el caso de que ocurra un evento destructivo determinado.