MORELOS
2018 - 2024

MORELOS
ANFITRIÓN DEL MUNDO
Gobierno del Estado
2018-2024

PROTECCIÓN CIVIL
MORELOS

ATLAS
ESTATAL DE RIESGOS

MORELOS
2021

SOLUCIONES SIG

MORELOS
2018 - 2024

C. Cuauhtémoc Blanco Bravo
Gobernador

Lic. Pablo Héctor Ojeda Cárdenas
Secretario de Gobierno

Ing. Pedro Enrique Clement Gallardo
Coordinador Estatal de Protección Civil

Lic. Arturo Manuel Sotelo Ortiz
Director de Prevención e Investigación

Lic. Miguel Ángel Corrales Alonso
Director de Atención de Emergencias y Desastres.

Coordinación Estatal de Protección Civil Morelos
Calle Aurora #26, Fraccionamiento Maravillas, Cuernavaca, Morelos. C.P. 62230

ÍNDICE

FASE I. Marco teórico 7

Introducción 8
Fundamentación jurídica 9
Antecedentes 11
Información de siniestralidad-fondo de desastre 11
Objetivo 12
Mapa base 13
Niveles de análisis 13
Diagnóstico 14
1.Caracterización de los elementos del medio natural 14
- Fisiografía 14
- Geomorfología 15
- Geología 17
- Edafología 19
- Hidrografía e Hidrología 21
- Formación de cenotes 22
- Cuencas, Subcuencas 23
- Clima, temperatura y lluvia 24
- Uso de suelo y vegetación 26
- Áreas naturales protegidas 27

2. Caracterización de los elementos Sociales y Demográficos 28
- Dinámica demográfica 28
- Proyección al 2030 29
- Distribución y densidad de la población 29

3. Características sociales 30
- Salud 30
- Población con limitación en la actividad 32
- Educación 37
- Población analfabeta 37
- Asistencia escolar 38
- Grado promedio de escolaridad 40
- Características de la vivienda 42
- Viviendas particulares con piso de tierra 42
- Servicios básicos en la vivienda (Luz eléctrica, agua entubada y drenaje) 43
- Viviendas particulares sin servicio de luz eléctrica 43
- Viviendas particulares sin servicio de agua entubada 45
- Viviendas particulares sin servicio de drenaje 46
- Empleo e ingresos 48
- Población económicamente activa (PEA) y Tasa de Desempleo Abierto (TDA) 48
- Razón de dependencia económica 51
- Población hablante de lengua indígena 52
- Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto) 54
- Pobreza y Marginación 55

FASE II. Identificación de fenómenos perturbadores 57

A. Geológicos 58
- 1.Procesos de remoción en masa (deslizamientos, flujos y caídos o derrumbes) 58
- 2. Sismos 68
- 3. Susceptibilidad de vulcanismo (Erupciones volcánicas) 96
- 4.Hundimientos (subsidencia) y agrietamiento del terreno 101

B. Hidrometeorológicos 106
- 1. Inundaciones 106
- 2. Tormenta de nieve 124
- 3. Tormentas de granizo 125
- 4. Tormentas eléctricas 127
- 5. Sequías 136
- 6. Ondas cálidas 142
- 7. Ondas gélidas 148
- 8. Heladas 152
- 9. Tornados y vientos fuertes 159

C. Químico-tecnológicos 163
- 1. Almacenamiento de sustancias peligrosas 164
- 2. Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas 165
- 3. Transporte por ductos 169
- 4. Incendios forestales 171

D. Sanitario-ecológicos 174
- 1. Epidemias y plagas 174
- 2. Contaminación del suelo, aire y agua 181

E. Socio-Organizativos 197
- 1. Feminicidios, homicidios y violencia familiar 197

ÍNDICE

FASE III. Sistemas expuestos y vulnerabilidad 201

A. Inventario de bienes expuestos 202
Sector educativo 202
Sector deportivo 203
Sector salud 203
Sector carretero y urbano vial 204
Análisis de hot spots (puntos calientes) para sistemas expuestos 205
Administración 206
Comercio al por mayor 207
Comercio al por menor 208
Industria manufacturera 210
Infraestructura estratégica 211
Salud y asistencia social 212
Servicios educativos 213
Servicios especializados 215
Servicios recreativos y deportivos 216
Servicios turísticos 217
Transporte y movilidad urbana 218
B. Vulnerabilidad 219
1. Vulnerabilidad social 219
Condiciones socioeconómicas por componentes de vulnerabilidad 219
Vulnerabilidad social por temática 220
Componente salud 220
Componente educación 221
Componente vivienda 221
Componente empleo e ingresos 222
Componente población 222
Calificación de las características socioeconómicas del Estado de Morelos 223
Distribucion espacial de la vulnerabilidad social por componente socio-económico 223
Capacidades de respuestas y prevención 226
Obtención del grado de vulnerabilidad social 229
2. Vulnerabilidad física 230
Obtención del grado de vulnerabilidad física 261
3. Vulnerabilidad global 262

FASE IV. Riesgos/exposición y escenarios de riesgo 263

A. Definición de índice de riesgos 264
Índices de riesgo ante fenómenos de origen geológico 264
Índices de riesgo ante fenómenos de origen hidrometeorológico 267
Índice de riesgo ante fenómenos de origen antropogénico 269
B. Escenarios de afectación a la población vulnerable 270
C. Aproximación de daños 271
Costos de reposición totales estimados por fenómeno perturbador 271
Costos de reposición sectorial estimada por fenómeno perturbador 272
D. Estimación de pérdidas 276

FASE V. Propuestas de estudios, obras y acciones 281

A. Sistemas para la administración de emergencias 282
Objetivos del sistema digital de gestión y administración de riesgos 282
Micrositio de levantamiento de emergencias e incidentes 283
Micrositio de supervisión y análisis de reportes e incidentes 285
Micrositio “Atlas de riesgos privado” 288
Micrositio “Atlas de riesgos público” 292
B. Recomendaciones generales 292
Fortalecer la gestión integral de riesgos 292
Fortalecer la regulación de uso de suelo 292
Recursos hídricos 292
C. Planteamiento de propuestas 293
Uso de contrapesos 293
Bermas bajas o contrabermas 294
Estructuras de contención 294
Drenaje y subdrenaje 295
La bioingeniería y la vegetación 295
Manejo de aguas superficiales 296
Manejo de aguas subterráneas 296
Construcción de obras de captación, conducción y suministro de aguas 296
Obras de manejo de aguas superficiales y subterráneas 296
Sistemas de corrección torrencial y de control de procesos erosivos en cauces 297
D. Estudios complementarios 298
Zonificación sísmica 298

Bibliografía 308

FASE I

MARCO TEÓRICO

© Foto: Lic. Moises Daniel López Morales, CEPCM

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos habitamos un planeta sumamente dinámico, en él, se producen permanentemente diversos fenómenos naturales, es decir, diversos procesos complejos de transformación del medio ambiente natural que cambian constantemente el entorno en el que vivimos y nos desarrollamos. Tales fenómenos son imprescindibles y fundamentales para la conformación de las condiciones que han dado origen y mantienen en equilibrio a toda la vida, en general, y a la de nuestra, en particular.

Así, por ejemplo, los fenómenos naturales hidrometeorológicos, son los causantes de la regulación del clima y de la distribución y saneamiento del agua del planeta, nuestro recurso más valioso. Los fenómenos geológicos, como las erupciones volcánicas y los sismos, además de necesarios para liberar la gran cantidad de energía que se genera en las capas internas del planeta, son los causantes de la formación de las cadenas montañosas en cuyas partes más elevadas se han formado las corrientes de los ríos a orillas de los cuales se han desarrollado las primeras grandes civilizaciones humanas.

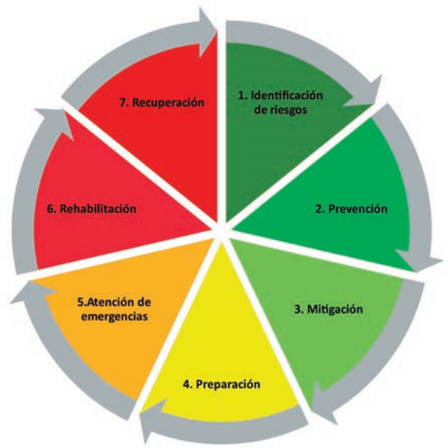
Sin embargo, estos fenómenos, tan necesarios como inevitables, muchas veces, por su magnitud, ubicación o duración, son capaces de afectar enormemente la vida y actividades de las personas, si tales afectaciones resultan en graves consecuencias para el desarrollo o mantenimiento de la vida de los miembros de las comunidades humanas se les suele denominar catástrofes naturales.
Los fenómenos naturales son inevitables y necesarios, pero las catástrofes derivadas de ellas muchas veces pueden ser mitigadas, contenidas o prevenidas si los diferentes órganos de dirección de la sociedad (ciudadanos, gobiernos, autoridades) se preparan. Es en este sentido en el cual se destaca el estudio del riesgo y vulnerabilidad social.

Aunque los seres humanos no seamos capaces de evitar los fenómenos naturales, sí somos capaces de prevenir que se conviertan en catástrofes, para ello, no hay mejor herramienta que la presente, en donde se muestran los resultados de un estudio, con los más altos estándares técnicos y científicos, sobre los riesgos que los fenómenos naturales pueden representar en el Estado de Morelos y sobre las condiciones de vulnerabilidad en los que podría encontrarse la población en caso de alguna eventualidad natural que pudiera convertirse en catástrofe. En otras palabras, el presente Atlas de Peligros y/o Riesgos del Estado de Morelos es una herramienta fundamental para lograr la Gestión Integral del Riego (GIR).

La Gestión Integral del Riesgo (GIR) se define en la Ley General de Protección Civil (artículo 2 sección XVII) como “el conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad.

Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción.” (LGPC, 2014).

Ilustración 1 Etapas de la Gestión Integral de Riesgos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

La Gestión Integral del Riesgo tiene siete fases:

1. Identificación de riesgos: evaluación estratégica de las zonas de posible impacto a partir del análisis de antecedentes de afectaciones históricas, puntos de recurrencia de algún fenómeno perturbador, estudios específicos sobre la dinámica geofísica, geológica, socioeconómica y de vulnerabilidad presentes en el territorio.

2. Prevención: la serie de medidas que se toman antes de que ocurran los fenómenos que podrían suponer un peligro para evitar que la población sea afectada en su integridad física, patrimonial o ambiental.

3. Mitigación: son las acciones que se realizan para suavizar el impacto de los desastres causados por fenómenos de origen natural asumiendo que en algunas ocasiones no será posible evitarlos.

4. Preparación: son las previsiones tomadas para asegurar la disponibilidad de los recursos y la efectividad de los procedimientos ante una situación de emergencia.

5. Atención de emergencias: son las medidas que se toman respondiendo a la ocurrencia de adversidades para proteger a la población y su patrimonio y al medio ambiente.

6. Rehabilitación: es el restablecimiento, con la mayor premura posible, de los servicios básicos e infraestructura en las zonas afectadas por eventos adversos.

7. Recuperación: es el esfuerzo consciente por restablecer las actividades económicas y la vida social de las comunidades afectadas por algún desastre en condiciones de mayor seguridad y menos vulnerabilidad que antes.

En síntesis, la GIR es “un proceso coordinado entre varias instituciones para reducir, prevenir, responder y apoyar la rehabilitación y recuperación frente a eventuales emergencias y desastres” (SINAE, 2012) que debe su implementación al Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROAC), institución nacida a raíz del sismo del 19 de septiembre de 1985 en la Ciudad de México.

El SINAPROAC a través de los diversos mecanismos de protección civil en general, y de la GIR en particular, se ha convertido en una institución que pone a salvo miles de vidas a lo largo y ancho del territorio nacional. El 28 de mayo de 2013, por primera vez en la historia el presidente Enrique Peña Nieto instaló el Consejo Nacional de Protección Civil, órgano de consulta y coordinación que fomenta la participación del Gobierno y los diversos sectores de la sociedad para hacer más fuertes y eficiente los beneficios del SINAPROAC, principalmente en la prevención de los desastres a través de la GIR. En este sentido se priorizan las acciones de prevención en lugar de las de reacción ante la incidencia de fenómenos naturales potencialmente catastróficos.

Con este marco nacional como referencia, el estado publica el presente Atlas de Peligros y Riesgos del Estado de Morelos que, es importante mencionar, está elaborado conforme a las guías metodológicas señaladas por el SINAPROAC, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Fundamentación jurídica

A nivel Federal este instrumento se fundamenta en la Ley General de Protección Civil (última reforma DOF 06-11-2020); en su artículo 2 fracc. IV establece que el Atlas Nacional de Riesgos es un: “Sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los agentes afectables”.

Los atlas de riesgo constituyen el marco de referencia para la elaboración de políticas y programas en todas las etapas de la Gestión Integral del Riesgo. (art. 19, fracción XXII).

Dichas etapas se detallan en el artículo 10. La Gestión Integral de Riesgos considera, entre otras, las siguientes fases anticipadas a la ocurrencia de un agente perturbador:

I. Conocimiento del origen y naturaleza de los riesgos, además de los procesos de construcción social de los mismos;

II. Identificación de peligros, vulnerabilidades y riesgos, así como sus escenarios;

III. Análisis y evaluación de los posibles efectos;

IV. Revisión de controles para la mitigación del impacto;

V. Acciones y mecanismos para la prevención y mitigación de riesgos;

VI. Desarrollo de una mayor comprensión y concientización de los riesgos, y

VII. Fortalecimiento de la resiliencia de la sociedad.

El artículo 23 establece que el Centro Nacional de Prevención de Desastres se encarga de la integración del Atlas Nacional de Riesgos.

Esta ley señala que el Gobierno Federal, con la participación de las entidades federativas promoverá la creación de las bases que permitan la identificación y registro en los Atlas Nacional, de las entidades federativas y Municipales de Riesgos de las zonas en el país con riesgo para la población, el patrimonio público y privado, que posibilite a las autoridades competentes regular la edificación de asentamientos. (art.83 párrafo reformado DOF 19-01-2018).
Este mismo artículo señala que las entidades de la federación promoverán en el ámbito de su competencia, que el Atlas Nacional de Riesgos sea de fácil acceso a la población, procurando que su elaboración siga las directrices del CENAPRED (párrafo adicionado DOF 23-06-2017).

Establece en el art. 86 (reformado DOF 19-01-2018), que en el Atlas Nacional de Riesgos y en los respectivos Atlas de las entidades federativas y Municipales de Riesgos, deberán establecerse los diferentes niveles de peligro y riesgo, para todos los fenómenos que influyan en las distintas zonas. Dichos instrumentos deberán ser tomados en consideración por las autoridades competentes, para la autorización o no de cualquier tipo de construcciones, obras de infraestructura o asentamientos humanos.

Por su parte la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (última reforma DOF 06-01-2020), señala en el art. 10 fracc. XXIV que corresponde a las entidades federativas, prevenir y evitar la ocupación por asentamientos humanos en zonas de alto riesgo, de conformidad con los atlas de riesgo y en los términos de la legislación aplicable.

Así mismo, las entidades federativas, al formular sus programas estatales de ordenamiento territorial y desarrollo urbano correspondientes, deberán considerar en el marco general de leyes, reglamentos y normas y los planes territoriales de ámbitos territoriales más amplios o que se inscriben en el plan o programa en formulación “la congruencia con el atlas nacional de riesgos” (art.29 fracc. III inciso f).

De igual manera los planes o programas de Desarrollo Urbano deberán considerar las normas oficiales mexicanas emitidas en la materia, las medidas y criterios en materia de Resiliencia previstos en el programa nacional de ordenamiento territorial y desarrollo urbano y en los atlas de riesgos para la definición de los Usos de suelo, Destinos y Reservas. Las autorizaciones de construcción, edificación, realización de obras de infraestructura que otorgue la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) o las entidades federativas y los municipios deberán realizar un análisis de riesgo y en su caso definir las medidas de mitigación para su reducción en el marco de la Ley General de Protección Civil, señalado en el artículo 46 de la LGAHOTDU.

Conforme a la Ley Estatal de Protección Civil de Morelos (LEPCM) cuya última reforma se publicó el 24 de abril de 2020, en el artículo tercero sección VII se fundamenta y define al Atlas Estatal de Riesgos como: “sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los agentes afectables”. En esta misma Ley, en el Artículo 12, sección XIV, se menciona como una de las atribuciones de la Coordinación Estatal en materia de Protección Civil, el “desarrollar y actualizar el Atlas Estatal de Riesgos el cual constituye el marco de referencia para la elaboración de políticas y programas de la Gestión Integral de Riesgos”. En el artículo 29, sección IV define como atribución del Consejo Estatal de Protección Civil “la supervisión de la integración y actualización del Atlas Estatal de Riesgos” (LEPCM, 2020).

En el artículo 72, sección VII se menciona uno de los principales objetivos que tienen el Atlas Estatal de Riesgos y los Atlas Municipales de Riesgo como ejes rectores del desarrollo urbano, ya que define que “corresponde al Ejecutivo del Estado vigilar, mediante las dependencias y entidades competentes y conforme a las disposiciones legales aplicables, que no se autoricen centros de población en zonas de riesgo ubicadas en el Atlas Estatal de Riesgos y los Atlas Municipales de Riesgo y de ser el caso, se notifique a las autoridades competentes para que proceda a su desalojo, así como al deslinde de las responsabilidades en las que incurren por la omisión y complacencia ante dichas irregularidades” (LEPCM, 2020).

La misma Ley considera en el Capítulo Quinto temas relativos al Atlas Estatal de Riesgos e integra los siguientes 11 artículos:

Artículo 101. El Ejecutivo del Estado, con la participación de los municipios, promoverá la creación de las bases que permitan la identificación y registro en el Atlas Estatal de Riesgos de las zonas en el Estado con riesgo para la población, el patrimonio público y privado, que posibilite a las autoridades competentes regular la edificación de asentamientos.

Artículo 102. Se considera delito grave la construcción, edificación, realización de obras de infraestructura y los asentamientos humanos que se lleven a cabo en una zona determinada sin la elaboración de un análisis de riesgos y, en su caso, definir las medidas para su reducción, tomando en consideración la normatividad aplicable y los Atlas Municipales, Estatal y el Nacional y no cuenten con la autorización de la autoridad correspondiente.

Artículo 103. Corresponde a la Coordinación Estatal la elaboración y actualización del Atlas Estatal de Riesgos y vincularlo al Atlas Nacional. La actualización se realizará durante los primeros seis meses de cada administración estatal.

Artículo 104. Corresponde a los ayuntamientos la elaboración y actualización de los Atlas Municipales de riesgo y vincularlos al Atlas Estatal de Riesgos. La elaboración y/o actualización se realizará durante los primeros seis meses de cada administración municipal.

Artículo 105. El Atlas Estatal de Riesgos y los Atlas Municipales, formarán parte de los Subprogramas de prevención correspondientes al Programa Estatal y los Programas Municipales de Protección Civil.

Artículo 106. Los Atlas de Riesgo mencionados en el presente Capítulo se elaborarán conforme a las guías metodológicas de organismos o autoridades competentes como el Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Artículo 107. En el Atlas Estatal y Municipal de Riesgos, deberán establecerse los diferentes niveles de peligro y riesgo, para todos los fenómenos que influyan en las distintas zonas. Dichos instrumentos deberán ser tomados en consideración por las autoridades competentes, para la autorización o no de cualquier tipo de construcciones, obras de infraestructura o asentamientos humanos.

Artículo 108. En el caso de asentamientos humanos ya establecidos en Zonas de Alto Riesgo, las autoridades competentes con base en estudios de riesgos específicos, determinarán la realización de las obras de infraestructura que sean necesarias para mitigar el riesgo a que están expuestas o, de ser el caso, deberán formular un plan a fin de determinar cuáles de ellos deben ser reubicados, proponiendo mecanismos financieros que permitan esta acción.

Artículo 109. El Ejecutivo Estatal, buscará y propondrá mecanismos para la transferencia de riesgos a través de la contratación de seguros o de otros instrumentos financieros.

Artículo 110. Las Autoridades Estatales y Municipales determinarán qué autoridad bajo su estricta responsabilidad, tendrá competencia y facultades para autorizar la utilización de una extensión territorial en consistencia con el uso de suelo permitido, una vez consideradas las acciones de prevención o reducción de riesgo a que se refieren los artículos anteriores.

Artículo 111. La autorización de permisos de uso de suelo o de utilización por parte de servidores públicos de cualquiera de los tres niveles de gobierno, que no cuenten con la aprobación correspondiente, se considerará una conducta grave, la cual se sancionará de acuerdo con la Ley Estatal de Responsabilidades de los Servidores Públicos, además de constituir un hecho delictivo en los términos de esta Ley y de las demás disposiciones legales aplicables.

La Ley Estatal de Protección Civil de Morelos en su Título Quinto, de la Gestión de la Protección Civil, Capítulo Primero, de la gestión integral de riesgos, en su artículo 121 retribuye la importancia del atlas, al expresar que “Los instrumentos base para alcanzar los objetivos de la Gestión Integral de Riesgo son los Atlas Estatal de Riesgos y Atlas Municipales, así como los programas de Protección Civil correspondientes”.

Dentro del Capítulo Segundo, de los Programas Estatal, Municipal, Especiales e Interno de Protección Civil, en el artículo 139 menciona la importancia de vincular el instrumento con los Programas Internos de Protección Civil al enumerar lo siguiente: “Los inmuebles e instalaciones fijas y móviles de las dependencias, entidades, instituciones, organismos, industrias o empresas pertenecientes a los sectores público, privado y social, a que se refiere el Reglamento, deberán contar con un Programa Interno de Protección Civil.

Dicho programa deberá ser elaborado, actualizado, operado y vigilado por la Unidad Interna de Protección Civil, la que podrá ser asesorada por una persona física o moral que cuente con el registro actualizado correspondiente, de acuerdo con lo que se establece en el capítulo primero de esta Ley. Las instituciones o los particulares, de acuerdo con su presupuesto autorizado o posibilidad económica, podrán incorporar las innovaciones tecnológicas, digitales o virtuales, en la elaboración y difusión del Programa Interno de Protección Civil, así como para su vinculación con los Atlas de Riesgos. El contenido y las especificaciones de este tipo de programas se precisarán en el Reglamento”.

Dicha Ley en su Capítulo Tercero, de las Donaciones y del Fondo Estatal de Protección Civil para auxiliar a la Población en el artículo 149 señala que los recursos para la elaboración del Atlas Estatal de Riesgos y sus actualizaciones son consideradas en este fondo, al mencionar lo siguiente: “Se crea el Fondo Estatal de Protección Civil, cuya finalidad será la de promover la capacitación, equipamiento y sistematización de la Coordinación Estatal. Dicho fondo se integrará por los recursos que al efecto se destinen en el Decreto del Presupuesto de Egresos del Estado, para cada ejercicio fiscal, los subsidios que al mismo aporte la Federación y las aportaciones provenientes del patrimonio del organismo, aprobados por su Junta Directiva. El Fondo Estatal de Protección Civil, será administrado por el Titular de la Coordinación Estatal y se distribuirá según los lineamientos que expida el órgano de gobierno del propio organismo público, considerando los recursos destinados a la formulación de Proyectos Ejecutivos y al Atlas Estatal de Riesgos y sus actualizaciones o cualquier otro rubro autorizado por la propia Junta Directiva”. En el Capítulo Segundo, de la Red Estatal de Brigadistas Comunitarios, en el artículo 186, alude a la importancia de los Atas municipales de riesgo al describir que: “Las brigadas comunitarias se registrarán en la Coordinación Estatal y deberán organizarse con base en el aspecto: I. Territorial: estar formados por habitantes de una colonia, zona, centro de población, municipio o región, que se encuentren en las zonas de riesgo identificadas en el Atlas Municipal de Riesgo.

ANTECEDENTES

1. Información de Siniestralidad-Fondo de Desastres

Es importante precisar que la naturaleza del FONDEN era atender los efectos de desastres causados por fenómenos de origen natural, imprevisibles, cuya magnitud superará la capacidad financiera de respuesta de las dependencias y entidades paraestatales (SSPC); por lo que apoyaba hasta con el 50%, de los daños que se podían presentar en bienes a cargo de los Estados. Lo anterior era definido con lo establecido en las Reglas generales y Lineamientos específicos del FONDEN.

Con la infomación de los apoyos económicos solicitados al FONDEN en el estado, se realizó un análisis para identificar la proporción, contra las indemnizaciones que recibe éste, provenientes del Seguro Catastrófico contratado por el Gobierno Federal para proteger cobertura a la protección financiera del patrimonio del FONDEN (Presidencia de la República - México, 2020).

En ese sentido, de acuerdo con lo publicado por la CNPC de la SSPC y la SHCP, en 2013, el Seguro Catastrófico contratado por el Gobierno Federal recibió una indemnización de $1,589 millones de pesos derivado de los daños causados al país por los huracanes Ingrid y Manuel (septiembre 2013) (CNPC, 2017), lo que representa el 34% de los $ 4,713.73 millones de pesos solicitados durante el mes de septiembre de 2013 —por los Estados de Chiapas, Chihuahua, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Veracruz de Ignacio de la Llave y Zacatecas— para la reconstrucción de los bienes a su cargo dañados por los huracanes Ingrid y Manuel (Ver Anexo 1) (SSPC, 2013).

Por otra parte, el FONDEN recibió un pago del Seguro contratado por $ 4,083 millones de pesos por los daños ocasionados por los eventos de septiembre 2017 (7 y 19 de septiembre) (Albarrán, 2019), lo que representa el 56% de lo solicitado al FONDEN por los Estados de Chiapas, Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz de Ignacio de la Llave (Ver Anexo 2) (SSPC, 2017). Sin embargo, no se obtuvo información respecto a las indemnizaciones al FONDEN del Seguro Catastrófico por los desastres suscitados en México en 1999 y 2010, por

lo que, bajo un escenario conservador, se estimó el promedio de los porcentajes de indemnización adquiridos en 2013 y 2017, de los que equivalen al 45%.

Para obtener un valor aproximado de las pérdidas económicas por los daños ocurridos a los bienes estatales en las declaratorias solicitadas al FONDEN por el Estado de Morelos que, en su caso, aplicarían para considerarse en el diseño del esquema de aseguramiento conforme a los análisis de la Estrategia de Gestión Integral de Riesgos (EGIR), se aplicó el porcentaje de indemnización obtenido conforme con lo expuesto en el párrafo anterior.

Tabla 1 Siniestralidad asegurable por los desastres en el Estado de Morelos desde 1999 hasta 2017.

Año	Declaratoria	Sector afectado	Tipo de acción	Pérdidas económicas Estatales
1999	sismo 15 y 21 de junio	Vivienda	Reconstrucción	$386,100.00
		Educativo	Reconstrucción	$2,985,300.00
Total 1999	$3,371,400.00			
2010	Inundación fluvial el día 25 de agosto	Deportivo	Reconstrucción	$37,302.75
		Urbano	Reconstrucción	$689,904.45
		Vialidades urbanas	Reconstrucción	$2,029,825.35
		Carretero	Reconstrucción	$2,386,800.45
		Hidráulico	Reconstrucción	$4,837,500.00
Total 2010	$9,990,360.00			
2013	Inundación fluvial del 13 al 16 de septiembre	Carretero	Reconstrucción	$3,330,548.86
Total 2013	$3,330,548.86			
2017	Sismo de magnitud 7.1 el 19 de septiembre	Vialidades urbanas	Reconstrucción	$11,311,589.65
		Hidráulico	Reconstrucción	$20,204,355.30
		Salud	Reconstrucción	$20,592,889.92
		Cultura	Reconstrucción	$32,662,189.71
		Vivienda	Reconstrucción	$160,606,805.37
		Educativo	Reconstrucción	$416,441,391.35
		Deportivo	Reconstrucción	$2,960,906.17
		Carretero	Reconstrucción	$41,628,344.16
Total 2017	$706,408,471.63			
	TOTAL GENERAL			$723,100,780.49

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos de informes y reportes del FONDEN de la CNPC (SSPC, 1999, 2010, 2013 y 2017), a septiembre 2019.

OBJETIVOS

1. General

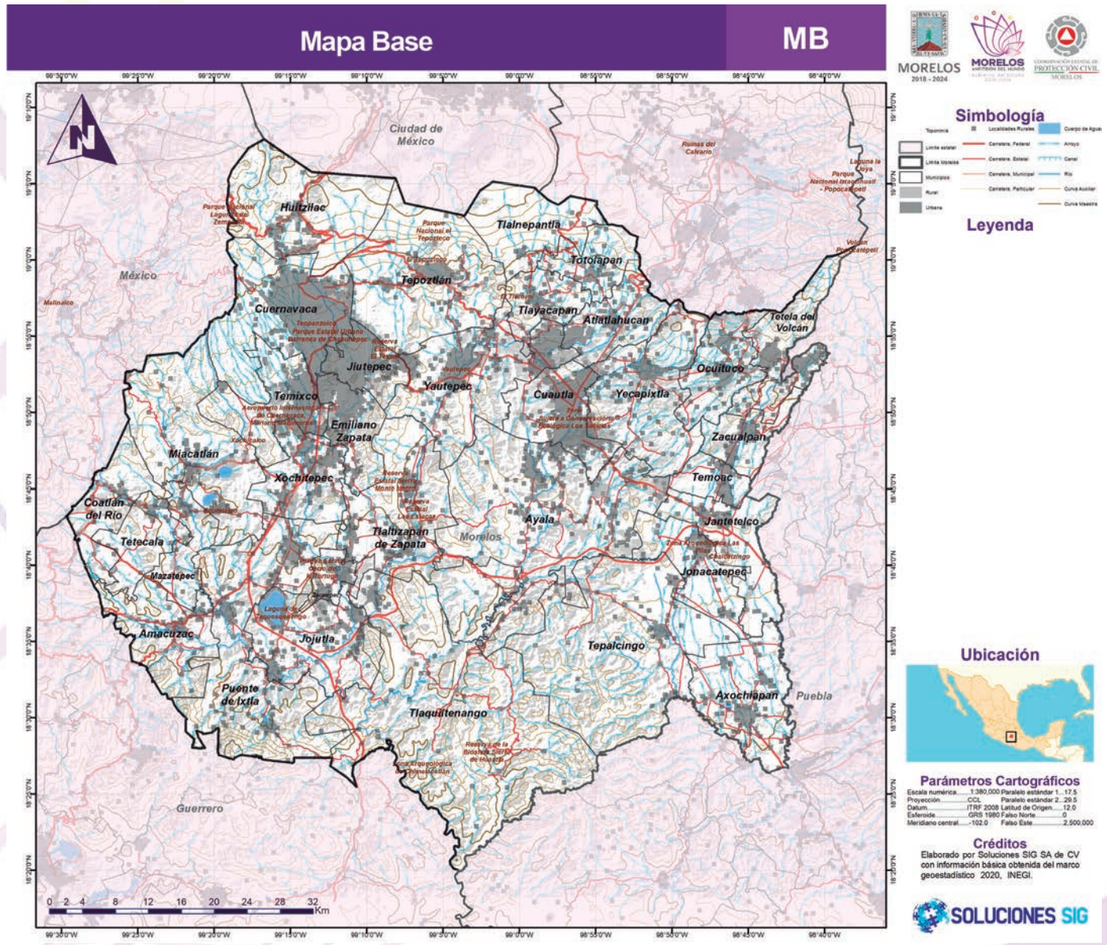
Generación de un instrumento de planeación territorial encaminado a la identificación del peligro, vulnerabilidad y riesgo, este último entendido como un proceso continuo de consolidación socio-territorial definido por la interacción entre las actividades económicas de los actores sociales en el estado con el contexto geofísico en que se emplaza y desarrolla y sus procesos naturales.

2. Particulares

- Caracterizar el proceso de construcción social del estado y su relación con los elementos naturales.
- Caracterizar la dinámica geofísica que define el territorio del estado.
- Identificar los sistemas urbanos expuestos del estado, susceptibles a daños y pérdidas.
- Evaluar los peligros a los que se encuentra expuesto el territorio estatal, desde un enfoque metodológico avalado por los principios, técnicas y metodologías avaladas a nivel federal.
- Evaluar la vulnerabilidad de los sistemas expuestos con el objetivo de identificar el grado de susceptibilidad al daño de los sistemas expuestos.
- Evaluar el riesgo existente en el estado con el objetivo de definir acciones, políticas y obras encaminadas a la reducción de riesgos y a la generación de una sociedad más resiliente.
- Contar con un Sistema de Información Geográfica que permita tomar decisiones mediante análisis de elementos espaciales.

3. Mapa Base

Mapa 1 Mapa base Atlas 2021



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información básica obtenida del Marco geoestadístico 2020, INEGI

4. Niveles de análisis

Tabla 2 Niveles de Análisis del Atlas 2021

Fenómenos perturbadores		NIVEL DE ANÁLISIS
I. Fenómenos Geológicos	a) Inestabilidad de laderas (deslizamientos, flujos y caídos o derrumbes)	PELIGRO
	b) Licuación de suelos	SUSCEPTIBILIDAD
	c) Karstificación	AMENAZA
	d) Sismos	SUSCEPTIBILIDAD
	e) Tsunamis	NO APLICA
	f) Erupciones Volcánicas	NO APLICA
	g) Hundimientos (subsidencia) y agrietamiento del terreno.	PELIGRO
II. Fenómenos Hidrometeorológicos	a) Ciclón tropical (marea de tormenta, oleaje, vientos y lluvias)	NO APLICA
	b) Inundaciones pluviales	SUSCEPTIBILIDAD
	c) Inundaciones fluviales	PELIGRO
	d) Inundaciones costeras	NO APLICA
	e) Inundaciones lacustres	NO APLICA
	f) Tormentas de nieve	AMENAZA
	g) Tormentas de granizo	AMENAZA
	h) Tormentas eléctricas	AMENAZA
	i) Tormentas de polvo	AMENAZA
	j) Sequías	SUSCEPTIBILIDAD
	k) Ondas cálidas	PELIGRO
	l) Ondas gélidas	PELIGRO
	m) Heladas	SUSCEPTIBILIDAD
	n) Tornados y Vientos fuertes	AMENAZA
III. Fenómenos Químico-Tecnológicos	a) Almacenamiento de sustancias peligrosas	AMENAZA
	b) Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas	AMENAZA
	c) Transporte por ductos	AMENAZA
	d) Incendios forestales	SUSCEPTIBILIDAD
IV. Fenómenos Sanitario-Ecológico	a) Contaminación del suelo, aire y agua	AMENAZA
	b) Epidemias y plagas	INVENTARIO

Fenómenos perturbadores		NIVEL DE ANÁLISIS
	a) Inestabilidad de laderas (deslizamientos, flujos y caídos o derrumbes)	PELIGRO
V. Fenómenos Socio-Organizativos	f) Demostraciones de inconformidad social	INVENTARIO
	g) Concentración masiva de población	INVENTARIO
	h) Terrorismo	INVENTARIO
	i) Sabotaje	INVENTARIO
	j) Vandalismo	INVENTARIO
	k) Accidentes aéreos	INVENTARIO
	l) Accidentes marítimos	INVENTARIO
	m) Accidentes terrestres	INVENTARIO
	n) Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica	INVENTARIO

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base a las declaratorias de desastre del CENAPRED, 2020.

DIAGNÓSTICO

1. Caracterización de los elementos del medio natural.

En esta sección se identifica y describe el conjunto de elementos que conforman el medio físico natural, con el propósito de recopilar, incorporar y representar una base de datos e información territorial que contribuirá al posterior análisis conjunto de peligros y al estudio de las relaciones sistémicas naturales. Este apartado ofrece una introducción a la caracterización del contexto natural en el que se encuentra el estado.

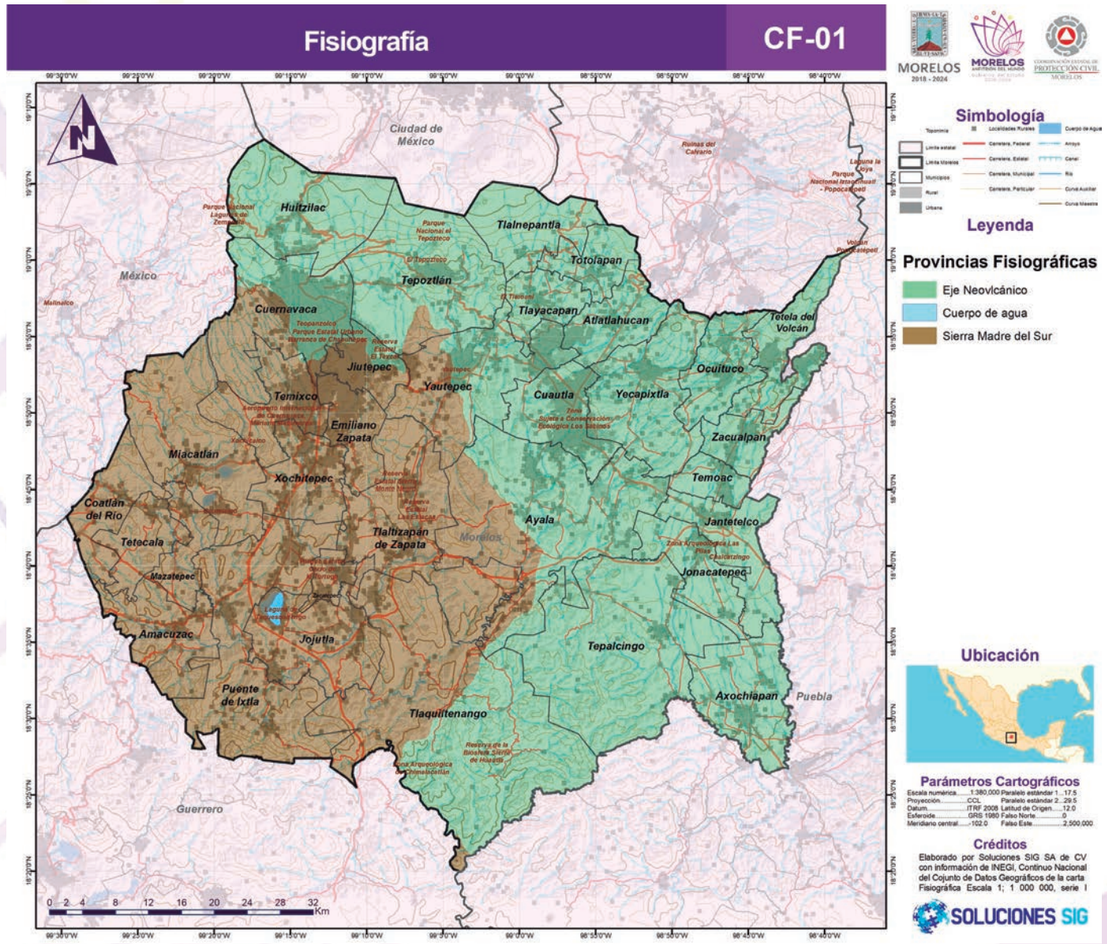
Fisiografía

La fisiografía engloba el estudio, descripción y clasificación de las geoformas del terreno, aunando aspectos de geomorfología, geología, clima pasado y actual, hidrología, aspectos bióticos (incluida la actividad humana), sólo si estos condicionen las características edafológicas de tales formas, o en su defecto la aptitud para uso y manejo (Serrato, 2009).

El territorio mexicano se divide en 15 provincias fisiográficas, las cuales a su vez se subdividen en 86 subprovincias, producto del análisis a diferentes escalas.

La superficie estatal queda comprendida en las provincias: En la porción central y suroeste del territorio tenemos la provincia Sierra Madre del Sur y al norte encontramos la provincia del Eje Neovolcánico, ambas separadas por la depresión del Río Balsas.

Mapa 2 Fisiografia en el estado de Morelos



Fuente:Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica, Escala 1: 1 000 000, serie I. INEGI

Geomorfología

La geomorfología como ciencia estudia el relieve, contribuye al conocimiento de los procesos exógenos del pasado y presente, y sus manifestaciones a lo largo de la superficie terrestre. La geomorfología terrestre permite visualizar la diversidad territorial de los aspectos del relieve y relacionarlos con otros factores. (Kientz, 1999).

Los rasgos geomorfológicos que se presentan en una región guían en gran medida el uso de los recursos naturales, ubicación de los asentamientos humanos y las principales actividades de la población.
El territorio que comprende el estado de Morelos se encuentra distribuido sobre 5 sistemas de topoformas:

a) Sierras: las zonas centro, centro-norte y centro-sur están conformadas por sierras; en la parte norte se encuentra altitudes superiores a 3,000 msnm. Los cerros y serranías presentes en el estado de Morelos muestran una topografía madura, casi desprovista de terrenos llanos. Las serranías formadas por caliza muestran generalmente un aspecto redondeado, pero las formadas por lutita, rocas volcánicas o rocas clásticas tienen una apariencia más angular; abarcan el 37.2% del territorio morelense.

b) Llanuras: las corrientes basálticas que inundaron el valle situado al oriente de Cuernavaca llegaron hasta el río Amacuzac, pasaron por Jojutla y prosiguieron por el cañón del río; de la misma manera, dichas corrientes recorrieron al valle seguido por el río Yautepec; como resultado, se originaron amplias llanuras que fueron ampliadas por los aluviones de los valles afluentes; estas topoformas contienen las tierras más ricas y con mayor producción agrícola en todo el estado; abarcan una superficie que corresponde al 24.3% estatal.

c) Lomeríos: los lomeríos del territorio funcionan como topoformas de transición entre el relieve de mesetas y llanuras con las serranías ubicadas al norte del estado; abarcan un 20.13% del territorio estatal, con pendientes poco inclinadas, sin zonas con escarpes abruptos.

d) Mesetas: La parte occidental en su mayoría son sierras en forma de mesetas, separadas por lomeríos y valles; en ésta zona se encuentra el Lago de Tequesquitengo; abarca un 13.9% del territorio estatal.

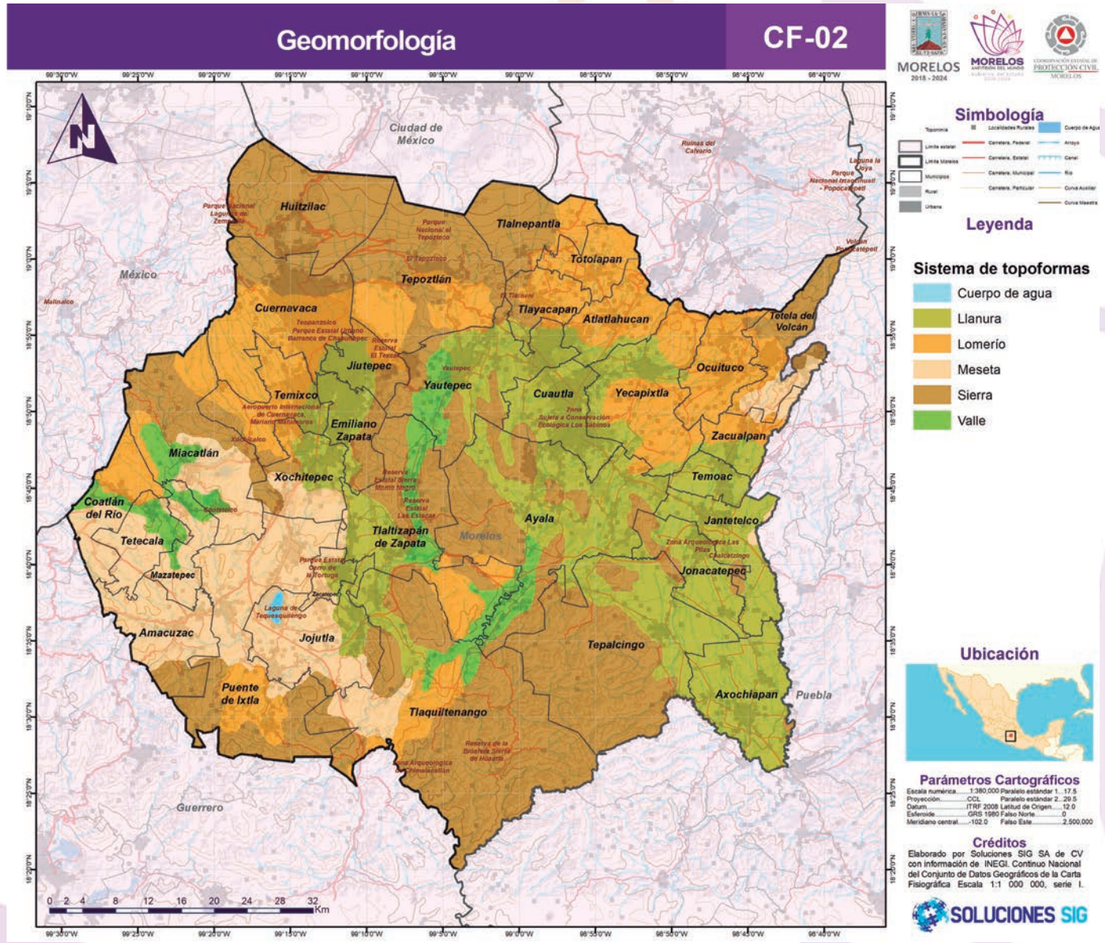
e) Valles: los valles principales de toda la región están orientados por lo general entre norte y noroeste, separando las sierras de las mesetas y lomeríos; abarcan un 4.45% del territorio estatal.

Tabla 3 Cobertura de Topoformas en el Estado de Morelos

Topoformas	Área (ha)	Área (%)
Sierra	181163.93	37.2
Llanura	118336.9	24.3
Lomeríos	98021.26	20.13
Meseta	67716.38	13.9
Valle	21699.11	4.45

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información INEGI.
Anuario estadístico y geográfico de Morelos 2017.

Mapa 3 Geomorfología en el estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica Escala 1:1 000 000, serie I. INEGI

Geología

En el estado de Morelos existen solamente afloramientos de rocas ígneas y rocas sedimentarias. Las rocas más antiguas son las sedimentarias del Cretácico Inferior, litológicamente clasificadas como calizas y depósitos marinos interestratificados de areniscas y lutitas. Las rocas volcánicas son las más jóvenes y las más abundantes.
Las estructuras geológicas más notables son las constituidas por los aparatos volcánicos y sus grandes espesores de lava. Las rocas sedimentarias del Cretácico forman estructuras plegadas (anticiclinales y sinclinales). Los depósitos aluviales forman las planicies de la cuenca del Balsas.

La porción sur, de carácter marino-continental, se integra en general por sedimentos marinos cretácicos, depósitos continentales y rocas volcánicas cenozoicas; mientras que la porción norte del Estado de Morelos, de tipo ígneo-extrusivo, está constituida en su mayor parte por rocas extrusivas del Cenozoico al Holoceno. Esto conforma dos grandes cuerpos litoestratigráficos llamados Plataforma Morelos-Guerrero y Eje Volcánico Transmexicano, respectivamente, subdivididos por sus correspondientes grupos y unidades geológicas (SGM, 2000).

La Plataforma Morelos-Guerrero está formada por depósitos marinos esencialmente carbonatados del Cretácico con una cobertura continental del Terciario. La secuencia de rocas que constituyen a la plataforma son las formaciones Xochicalco, Morelos, Cuautla y Mexcala, además de una cubierta de rocas continentales. La formación Xochicalco data del Albiano-Cenomaniano; consiste en paquetes de calizas con espesores variables y planos de estratificación bien definidos; las rocas que la integran son arenisca, limolita y lutita calcárea. La formación Morelos está compuesta por una interestratificación de capas de caliza y caliza dolomítica; su espesor es variable debido a que fue depositada sobre una superficie irregular (900 m aprox.) en la parte central del Estado. El contacto superior de la formación es discordante con la formación Cuautla, la cual se compone de un conglomerado basal y tres facies calcáreas que se suceden de manera gradual, lo que sugiere ambientes de depósito diferentes. La primera de ellas muestra calizas con estratificación media a gruesa, lo cual indica un depósito de plataforma carbonatada; la segunda es una secuencia de caliza laminada delgada, lo que presupone un depósito de cuenca carbonatada; la tercera se integra de capas delgadas de caliza clástica, lo cual muestra un depósito de cuenca próxima a la línea de costa. La última de estas secuencias es la formación Mexcala, compuestas por capas interestratificadas de arenisca, limolita y lutita; presenta una deformación debido a procesos tectónicos regionales, que forman pliegues y fallas inversas (Aguilar, 2012).

Sobre la Plataforma Morelos-Guerrero existe una amplia cobertura de depósitos continentales de origen sedimentario y volcánico que cubren las formaciones mencionadas. El Terciario continental está compuesto de conglomerados con clastos de calizas, rocas volcánicas con interestratificaciones de areniscas, lutitas, limolitas, brechas tobáceas y derrames volcánicos. Las rocas de origen ígneo continental en la plataforma pueden subdividirse en riolitas, intrusivos y andesitas del Oligoceno (Aguilar, 2012).

En la zona norte del Estado de Morelos se encuentran los cuerpos intrusivos más antiguos que corresponden a diques máficos; al suroeste del Estado, se encuentra otro cuerpo intrusivo con rocas de composición intermedia; en la zona oriente de Morelos se halla el cuerpo volcánico de Chalcatzingo, formado de andesita porfídica; en la localidad de Tlayca un cuerpo intrusivo de diorita intrusiona a las formaciones Morelos y Cuautla, que produce una zona con afloramientos de granate y granodiorita. Al sureste del estado, aflora una secuencia de rocas extrusivas, compuesta por lavas andesíticas, dacíticas y riolíticas intercaladas con capas de material volcanoclástico.

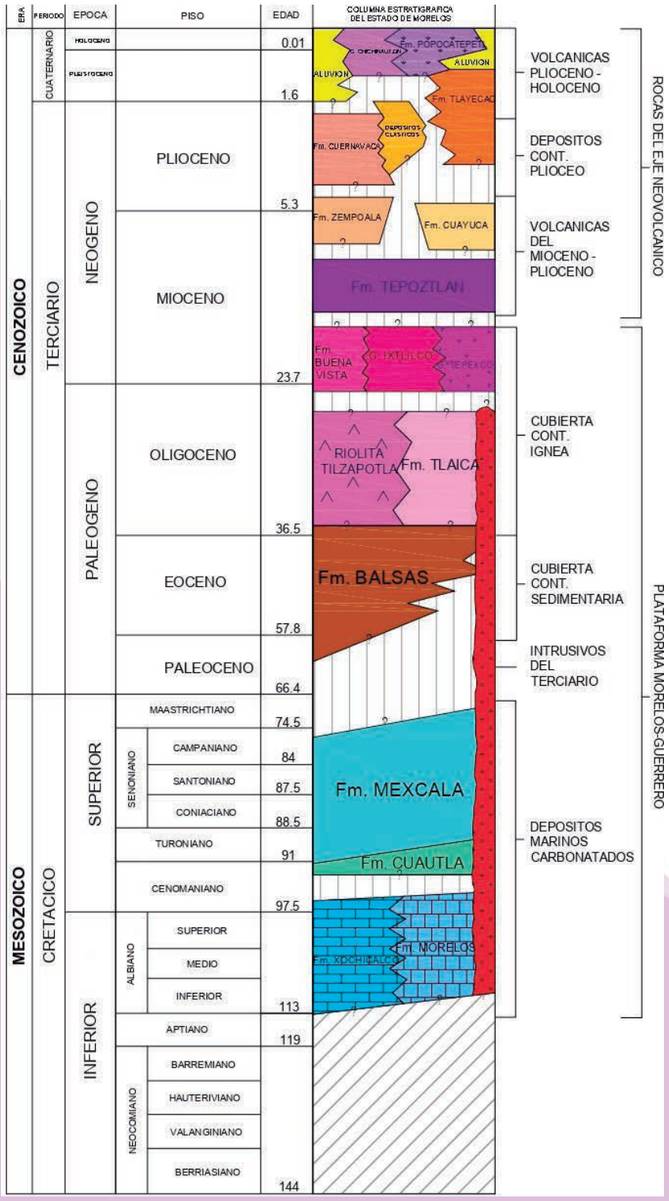
Los depósitos de rocas relacionados al Eje Neovolcánico se pueden subdividir en tres tipos diferentes: rocas volcánicas del Mioceno-Plioceno (flujos andesíticos, lahares y arenas), depósitos continentales del Plioceno (depósitos clásticos, andesíticos, dacíticos y tobas; afloran en la zona correspondiente a las faldas del Popocatépetl) y los depósitos de rocas volcánicas del Plioceno-Holoceno (lahares y grupos andesíticos).

La formación Tlayecac la constituyen extensos lahares (capas masivas de material piroclástico y lodos volcánicos) provenientes del volcán Popocatépetl, en forma de abanicos que se extienden hacia el suroeste, cerca de 40 km, donde el espesor real no se puede medir en la localidad tipo, pero se estiman unos 100 m; se calcula una edad del Plioceno medio-Pleistoceno medio basándose únicamente en su posición estratigráfica y comentan que esta formación yace discordantemente sobre la Fm. Cuautla y el Grupo Tepexco, pues está interdigitada con la Fm. Popocatépetl y el Grupo Chichinautzin y la cubre material reciente (Aguilar, 2012).

Grupo Chichinautzin es un campo volcánico compuesto por una secuencia de corrientes de lava basáltica a andesítica intercaladas con material volcanoclástico, proveniente del complejo volcánico alrededor del volcán Chichinautzin, conformado por más de 150 domos, conos volcánicos y apilamientos subhorizontales de derrames de lava. El espesor máximo registrado, de este grupo, es de 1800 m que corresponde al volcán Chichinautzin. Se determinan por paleomagnetismo, que este grupo inició hace 780,000 años y se asignan una edad de 2000 años para la etapa más reciente de este grupo, correspondiente a la secuencia de eventos del volcán Xitle; por lo tanto, se puede determinar una de edad del Pleistoceno tardío – Holoceno para este grupo. Estratigráficamente sobreyace en discordancia erosional a la Fm. Cuernavaca y se encuentra cubierta por material clástico reciente, marga y turba.

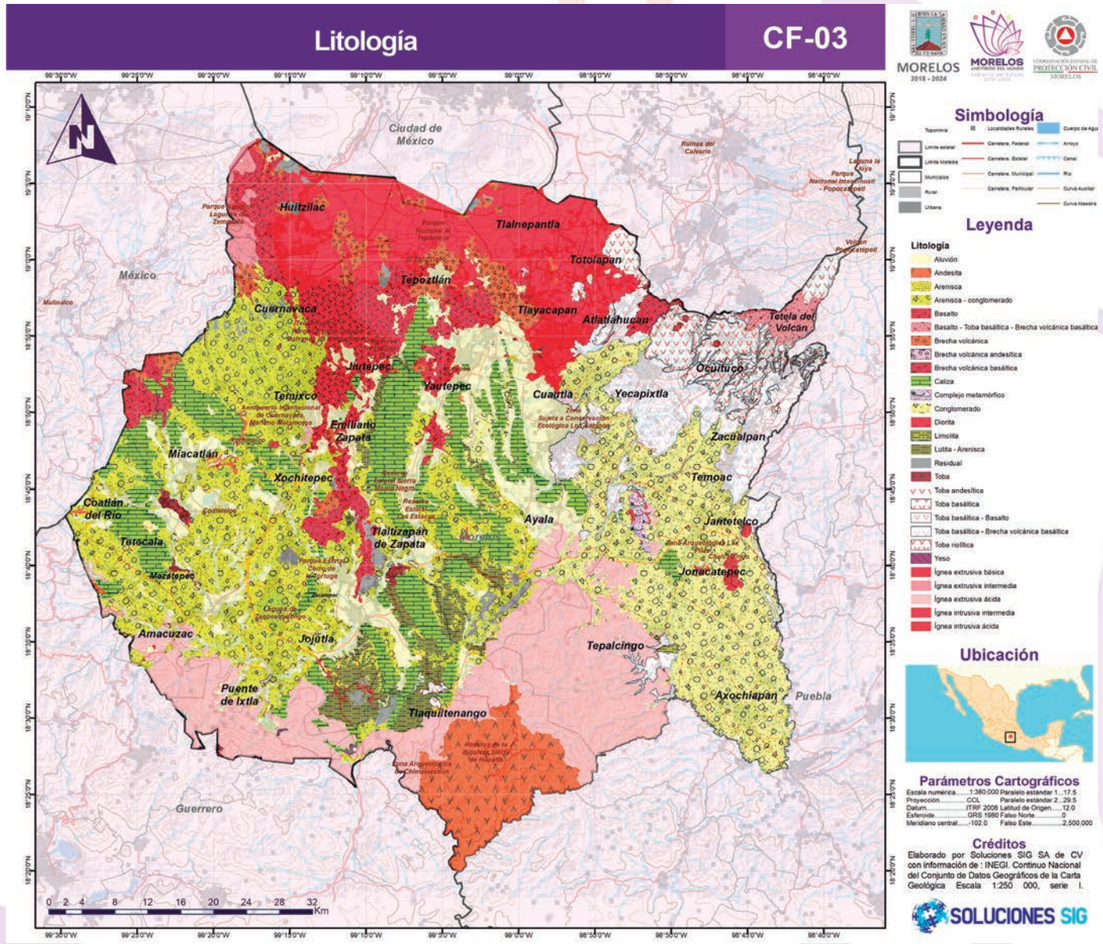
La formación Popocatépetl está integrada por el conjunto de derrames volcánicos de origen dacítico, riodacítico y andesítico provenientes del volcán Popocatépetl y que se interdigita con el Grupo Chichinautzin y con la Fm. Tlayecac. Se propone una edad del Pleistoceno tardío al Holoceno con base en su relación estratigráfica y el registro de los diferentes eventos volcánicos del volcán Popocatépetl (Aguilar, 2012).

Ilustración 2 Columna estratigráfica de emisiones del Popocatépetl



Fuente: Aguilar Murillo, C.A, 2012. Reconocimiento Geológico de la zona de Skarn de la Sierra de Tlayca y Tlayecac en el Estado de Morelos, México. Tesis de grado de licenciatura. Universidad de Sonora, pag.- 11-49

Mapa 4 Distribución Litológica en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Geológica Escala 1:250 000, serie I. INEGI

Edafología

La caracterización del sustrato edáfico del territorio estatal permite enlistar las características de los suelos, con el fin de identificar posteriormente zonas con mayor susceptibilidad a procesos erosivos y estructurales. Se analizan los suelos principales y su subtipo con el objetivo de identificar propiedades físicas y químicas, las cuales se califican para definir su grado de vulnerabilidad o susceptibilidad.

El estado de Morelos pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico, particularmente a la vertiente que se vincula con la depresión del río Balsas. Por el emplazamiento de la vertiente ubicada frente al ecuador, se propicia un alto grado de insolación; esto origina una mayor variedad y cantidad de suelos con suficiente humedad.

De acuerdo con el sistema de clasificación FAO-UNESCO (2007), se localizan 12 unidades de suelos en el estado: andosoles (húmico, mólico, ócrico), litosol, phaeozems (calcárico, háplico, lúvico), regosoles (calcárico, dístrico, éutrico), vertisol pélico, rendzina, luvisol crómico, castañozems (háplico, cálcico), cambisol cálcico, acrisol húmico y chernozem cálcico.

a) Vertisol pélico: Los vertisoles son suelos muy arcillosos con alta proporción de arcillas expandibles; forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan, lo que ocurre en la mayoría de los años. El material parental está compuesto de sedimentos que contienen elevada proporción de arcillas expandibles, o arcillas expandibles producidas por neoformación a partir de meteorización de rocas. Es el suelo que representa la mayor extensión de la superficie estatal (24.24%).

b) Regosol. Los regosoles son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados que no tienen un horizonte mólico o úmbrico, no son muy someros ni muy ricos en gravas, arenosos o con materiales flúvicos.

Los regosoles están extendidos en tierras erosionadas, particularmente en áreas áridas y semiáridas; el desarrollo del perfil es mínimo como consecuencia de edad joven y lenta formación del suelo.

c) El regosol de tipo éutrico (8.6%) tiene una saturación con bases (por H4OAc 1 M) de 50% o más en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida; el dístrico (0.87%) tiene una saturación con bases (por NH4OAc 1 M) menor de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida; y el calcárico (0.7%) presenta fuerte efervescencia con HCl 1 M en la mayor parte de la tierra fina (material calcárico).

d) Litosol: Los litosoles (7.5% del territorio estatal) son suelos muy someros sobre roca continua, extremadamente gravillosos o pedregosos. El material parental lo componen varios tipos de roca continua o de materiales no consolidados con menos de 20% (en volumen) de tierra fina. Son un recurso potencial para el pastoreo en estación húmeda y tierra forestal.

e) Rendzina: Este tipo de suelo se caracteriza por ser poco profundo (10-15 cm), sobreyacen directamente al material carbonatado; representa el 9.83% de la superficie estatal.

f) Cambisol cálcico: esta categoría combina suelos con formación de por lo menos un horizonte subsuperficial incipiente. La transformación del material parental es evidente por la formación de estructura y decoloración principalmente parduzca, incremento en el porcentaje de arcilla o remoción de carbonatos; representa el 1.82% de la superficie estatal.

g) Acrisol húmico: Los acrisoles son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) que llevan a un horizonte árgico en el subsuelo; tienen en determinadas profundidades, baja saturación con bases y arcillas de baja actividad. Representa el 1.08% del territorio morelense. La preservación del suelo superficial (materia orgánica) y prevenir la erosión son condiciones para cultivar los acrisoles. El de tipo húmico tiene contenido de carbono orgánico en la fracción tierra fina como promedio ponderado.

h) Chernozem cálcico: Es un suelo negro, rico en materia orgánica (del ruso chernij, negro; y zemlja, tierra). El material parental está compuesto principalmente de sedimentos eólicos retrabajados; se ubica en regiones con un clima continental con inviernos fríos y veranos calientes, en planicies llanas a onduladas con vegetación de pastos altos; el desarrollo del perfil consiste en un horizonte superficial mólico pardo oscuro a negro, con carbonatos secundarios o un horizonte cálcico en el subsuelo; representa el 0.39% del territorio estatal.

i) Phaeozem (Feozem): el término “feozem” deriva del vocablo griego phaios (oscuro) y del ruso zemlja (tierra), haciendo alusión al color oscuro de su horizonte superficial, debido al alto contenido en materia orgánica. El material parental lo constituye un amplio rango de materiales no consolidados; destacan los depósitos glaciares y el loess con predominio de los de carácter básico. Se asocian a regiones con un clima suficientemente húmedo para que exista lavado, pero con una estación seca; el clima puede ir de cálido a frío y van de la zona templada a las tierras altas tropicales. El relieve es llano o suavemente ondulado y la vegetación de matorral tipo estepa o de bosque.

j) El feozem lúvico (3.45%), tiene un horizonte subsuperficial rico en material arcilloso (textura fina); en el de tipo háplico (17.88%) no aplican otros calificadores asociados o integrados; y el de tipo calcárico (6.2%) presenta un subhorizonte asociado a material carbonatado.

k) Luvisol crómico: suelos que presentan mayor contenido de arcillas de alta actividad y una alta saturación con base a la profundidad; su nombre proviene del latín luere (lavar); el material parental lo compone una amplia variedad de materiales no consolidados, como depósitos eólicos, aluviales y coluviales; se ubica en tierras llanas o suavemente inclinadas en regiones templadas frescas y cálidas, con estación seca y húmeda marcadas. El de tipo crómico (0.03%, el menor porcentaje del estado) presenta depósitos coluviales de meteorización de calizas, además de un color rojizo.

l) Andosol: es un suelo característico de zonas volcánicas; su nombre deriva de los vocablos japoneses an (negro) y do (suelo); el material parental lo constituyen fundamentalmente cenizas volcánicas, pero también pueden aparecer sobre tobas, pumitas, lapillis y otros productos de origen volcánico. Se encuentran en áreas onduladas a montañosas de las regiones húmedas, desde el ártico al trópico, bajo un amplio rango de formaciones vegetales. El perfil es de tipo AC o ABC. La rápida alteración de los materiales volcánicos porosos, provoca una acumulación de complejos organometálicos estables con una elevada relación catión/anión; estos suelos se cultivan de forma intensiva, con una gran variedad de plantas.

El andosol de tipo húmico (9.19%) presenta contenido de carbonato orgánico en la fracción tierra fina; el mólico (0.67%; del latín mollis, blando) presenta un subhorizonte superficial grueso, bien estructurado, oscuro, con alta saturación de bases y moderado a alto contenido de materia orgánica; el de tipo ócrico (1.94%) se vuelve más oscuro por humedecimiento, tiene un contenido de carbono orgánico menor de 0.4%.

m) Castañozem: son suelos pardos oscuros, ricos en materia orgánica; su nombre proviene del latín castanea y ruso kashtan (castaña), y zemlja (tierra); está compuesto de un rango amplio de materiales no consolidados; es común encontrarlos en ambientes secos y continentales, con inviernos relativamente fríos y veranos cálidos. El perfil del castañozem cálcico tiene alto contenido de carbonatos secundarios o un horizonte cálcico en el subsuelo, en algunos casos con yeso secundario.

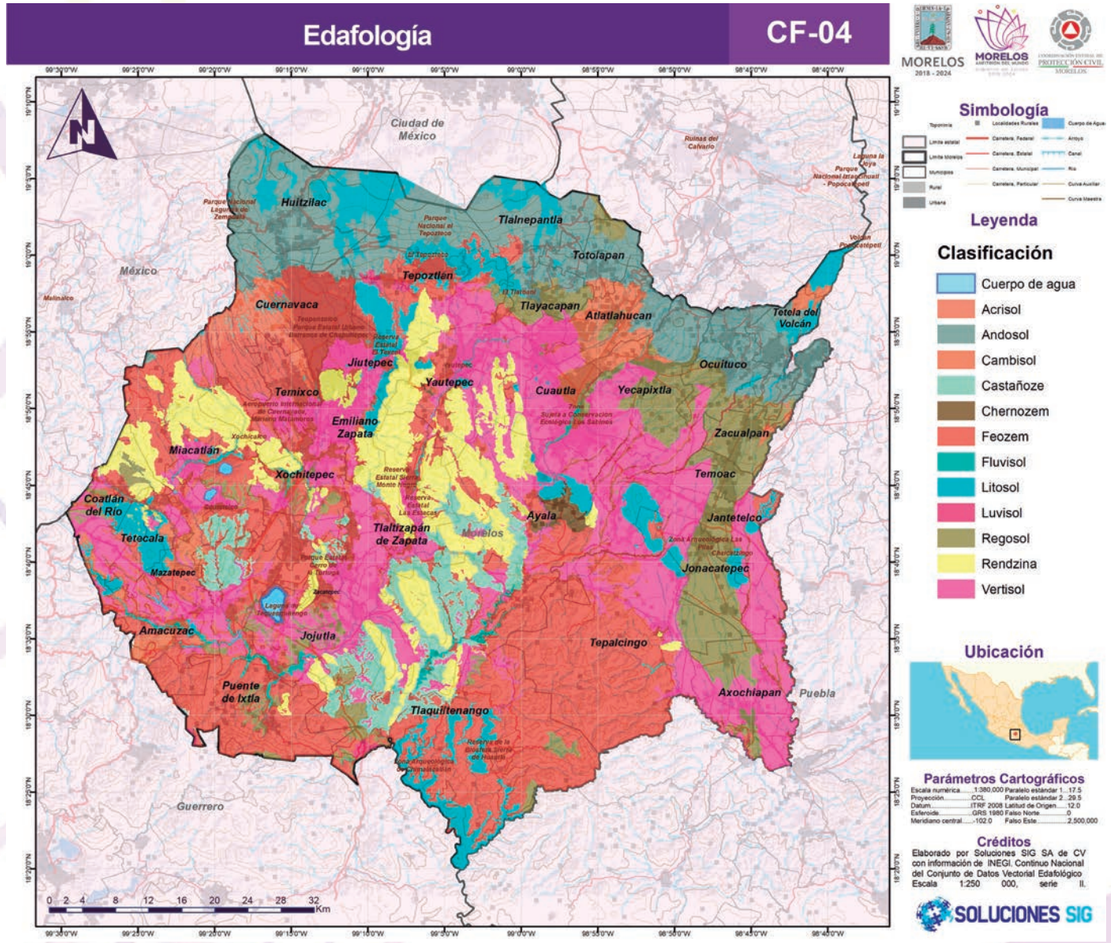
Son suelos potencialmente ricos; la falta periódica de humedad es el obstáculo principal para alcanzar altos rindes. El riego es necesario casi siempre para altos rendimientos (háplico 1.34%, cálcico 3.79%). La erosión eólica adquiere importancia en las áreas desprovistas de vegetación. Su poder erosivo crece a medida que se incrementa la velocidad del viento en la época de secas, en particular durante febrero, marzo y abril. La erosión fluvial se manifiesta en las cabeceras de las cuencas hidrográficas, sobre pendientes deforestadas, surcos agrícolas descuidados y terraplenes de vías de comunicación no protegidas, donde se concentra agua en la temporada de lluvias.

Tabla 4 Cobertura de suelo en el Estado de Morelos.

Tipo	Subtipo	Área (ha)	Área (%)
Vertisol	Pélico	118,265.38	24.24
Feozem	Háplico	87,237.81	17.88
Rendzina	NA	48,005.07	9.83
Andosol	Húmico	44,840.17	9.19
Regosol	Éutrico	41,993.80	8.6
Litosol	NA	34,927.31	7.15
Feozem	Calcárico	30,253.99	6.2
Castañozem	Cálcico	18,537.95	3.79
Feozem	Lúvico	16,857.58	3.45
Andosol	Ócrico	9,482.11	1.94
Cambisol	Calcárico	8,901.53	1.82
Castañozem	Háplico	6.557	1.34
Acrisol	Húmico	5,314.33	1.08
Regosol	Dístrico	4,248.06	0.87
NA	NA	3,691.94	0.75
Regosol	Calcárico	3,438.32	0.7
Andosol	Mólico	3,282.05	0.67
Chernozem	Calcárico	1,905.40	0.39
Luvisol	Crómico	149.7	0.03

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Recursos Naturales 1: 250,000, INEGI

Mapa 5 Distribución de suelos en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información Continuo Nacional del Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Escala 1:250 000, serie II. INEGI

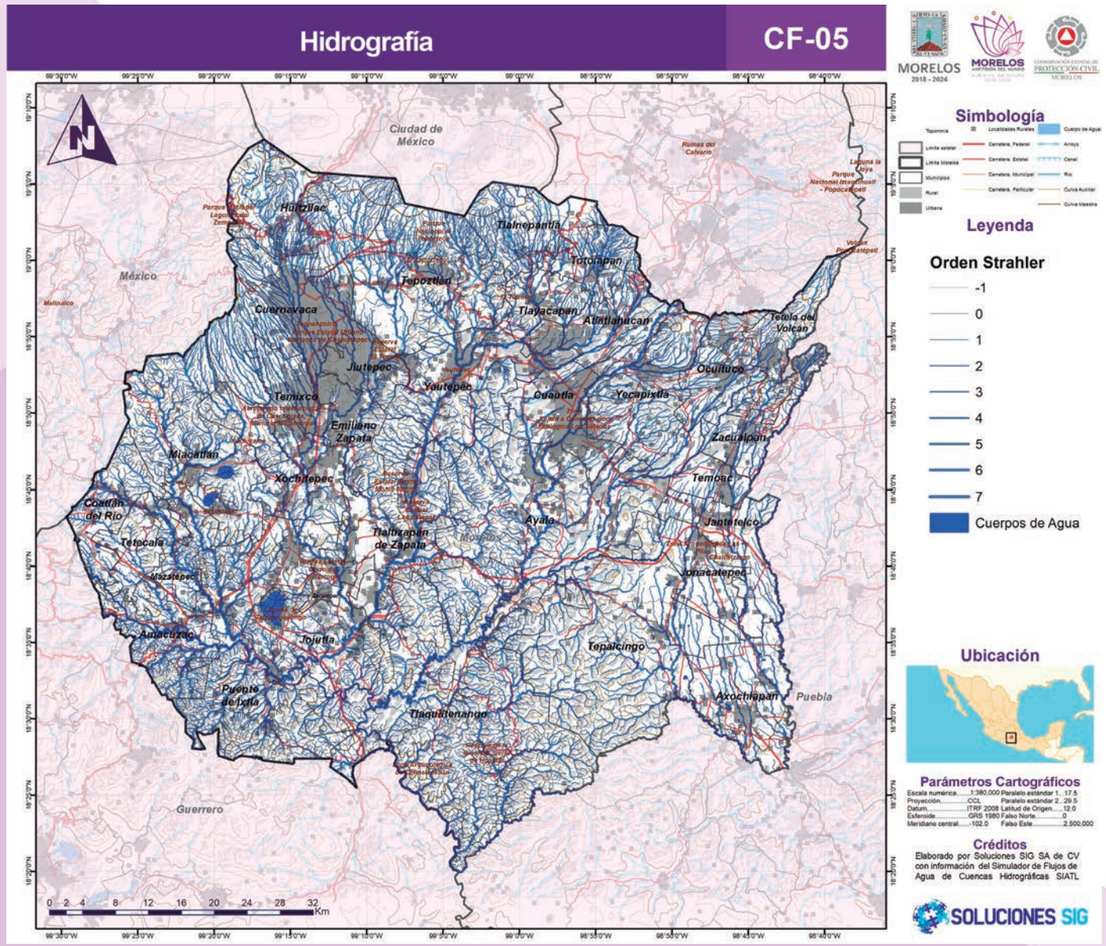
Hidrografía e Hidrología

Este apartado tiene por objetivo analizar la situación de los cuerpos de agua dentro del estado, con el fin de identificar las escorrentías por su condición y categoría en escalas de intensidad; también se examinan los acuíferos explotados actualmente en el estado, para hacer un estudio de la disponibilidad de acuíferos.
Las principales corrientes en la entidad son los ríos Amacuzac, Cuautla, Yautepec, Apatlaco, Tembembe, Chalma, Salado, El Sabino-Colotepec, Tejaltepec, Tepalcingo, Grande y Agua Dulce. También cuenta con cuatro cuerpos lagunares, los cuales son: Lago de Tequesquitengo, Laguna el Rodeo, Laguna de Coatetelco y el complejo de Lagunas de Zempoala.

Gran parte de la región desagua en el río Amacuzac, cuyos principales afluentes nacen en los terrenos altos que forman los arcos sureños de la Zona Neovolcánica y se extienden desde el Nevado de Toluca hasta el Popocatépetl. Al sur de Jojutla y Zacatepec, el Amacuzac vira hacia el sur y llega a ser uno de los principales afluentes del Balsas.

El río Yautepec está ubicado al sur del estado; nace en Itzamatitlán y después de un largo recorrido, se une con el río Amacuzac; el nacimiento de este río se da en un manantial de aguas cristalinas que se conoce como Poza Azul. Entre los arroyos de caudal permanente más importantes está el de Atongo, el de la Barranca del Esconde, el de Huasosoyucan y La Villa. También existen ramales intermitentes como el Ignacio Bastida, el Itzamatitlán y la Barranca del Bosque, de aguas frías potables, además del manantial de aguas sulfurosas de Oaxtepec. Existen tres bordos, y 34 pozos para extracción de agua, que llegan hasta la comunidad de Bonifacio García.

Mapa 6 Hidrografía en el Estado de Morelos



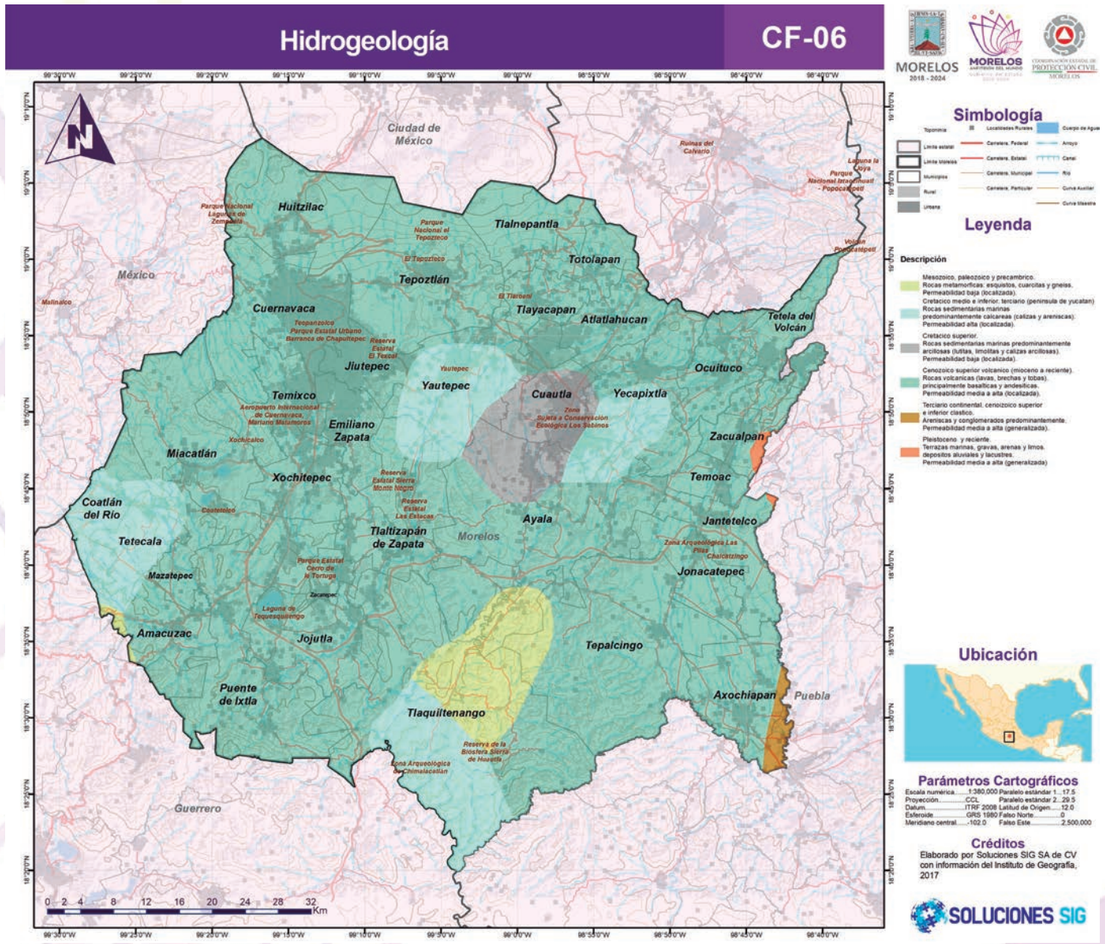
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas, SIATL

Formación de cenotes

Algunas formas cársticas se han desarrollado en zonas donde abunda el terreno calizo; algunas de las formas más grandes son poljes desarrollados por disolución de las rocas carbonatadas adyacentes; el mayor de ellos es el lago Tequesquitengo; otros poljes ocupados por lagos son El Rodeo, Coatetelco y Tuxpan. Otros poljes no ocupados por lagos se encuentran en las áreas aluviales situadas cerca de Cuautitla, al poniente de Alpuyeca, al sur de Xochitepec, al poniente y al norte de Puente de Ixtla y al oriente de Tlaltizapan. A dos kilómetros de Tilzapotla, se encuentran 4 dolinas; los poljes y las dolinas se formaron en tiempos posteriores al Pleistoceno.

La disolución de la caliza ha causado en muchos lugares el derrumbe de flancos calcáreos con elevada pendiente, así como la formación de ríos subterráneos, como el Chontalcoatlán y el San Jerónimo.

Mapa 7 Distribución de suelos en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información Continuo Nacional del Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Escala 1:250 000, serie II. INEGI

Cuencas, Subcuencas

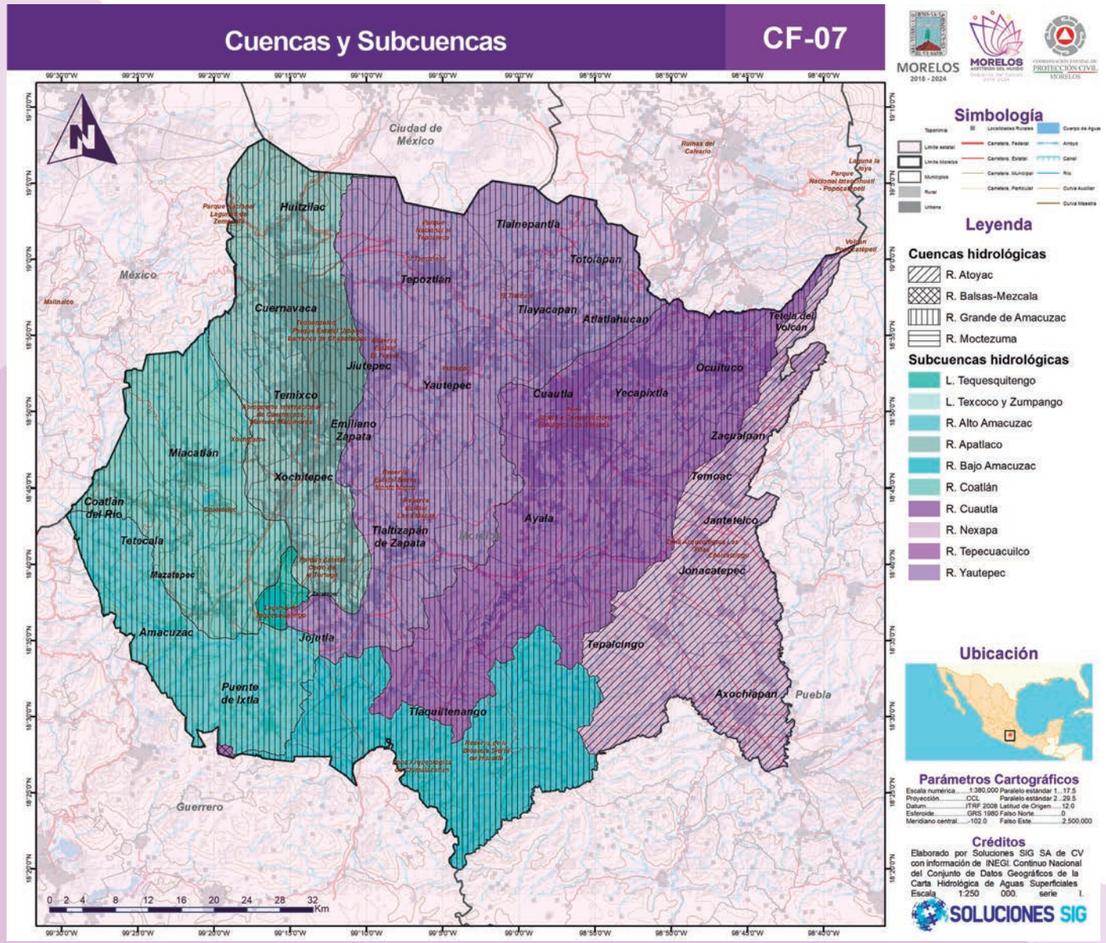
Morelos se ubica en la Región Hidrológica No. 18 Balsas, que se subdivide en 3 subregiones: Alto, Medio y Bajo Balsas. El estado se ubica en la subregión Alto Balsas y a nivel de cuencas, queda comprendida la mayor parte de su territorio en la cuenca del río Amacuzac, mientras que el resto se encuentra en la cuenca del río Nexapa, con superficies de 4,121 km² y 880 km², respectivamente. La subcuenca más grande del estado es la del río Yautepec, con 1,249 km², que representa el 25.19% de la superficie territorial.

Tabla 5 Cuencas y Subcuencas que forman parte del área de captación de las escorrentías

Clave Subcuenca	Región hidrológica	Cuenca	Subcuenca	Área (ha)	Tipo	Drenaje
RH18Fc	Balsas	Río Grande de Amacuzac	Río Yautepec	122,258.87	Abierta	RH18
RH18Fb	Balsas	Río Grande de Amacuzac	Río Cuautla	101,300.05	Abierta	RH18
RH18Fd	Balsas	Río Grande de Amacuzac	Río Apatlaco	66,006.54	Abierta	RH18
RH18Ae	Balsas	Río Atoyac	Río Nexapa	64,461.09	Abierta	RH18
RH18Fa	Balsas	Río Grande de Amacuzac	Río Bajo Amacuzac	48,096.87	Abierta	RH18
RH18Fe	Balsas	Río Grande de Amacuzac	Río Coatlán	47,735.67	Abierta	RH18
RH18Ff	Balsas	Río Grande de Amacuzac	Río Alto Amacuzac	34,905.51	Abierta	RH18
RH18Fg	Balsas	Río Grande de Amacuzac	Lago Teques-quitengo	2,842.24	Cerrada	RH18
RH18Bg	Balsas	Río Balsas-Mexcala	Río Tepecuacuilco	213.5	Abierta	RH18
RH26Dp	Pánuco	Río Moctezuma	Lagos Texcoco y Zumpango	69.2	Cerrada	RH26

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información INEGI, Recursos Naturales 1:1,000,000

Mapa 8 Distribución de suelos en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Escala 1:250 000, serie II.

Clima, temperatura y lluvia

En el estado de Morelos se presentan los siguientes tipos climáticos: cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo, templado subhúmedo, semifrío subhúmedo y frío.

El clima cálido subhúmedo abarca aproximadamente el 68% de la superficie de Morelos; se caracteriza por tener una temperatura media anual mayor de 22°C, con lluvias en verano y una precipitación del mes más seco menor de 60 mm; en este tipo de clima se presenta vegetación de selva baja caducifolia.

La zona correspondiente al clima semicálido subhúmedo se localiza en una franja hacia el norte del estado y comprende aproximadamente un 18% de su superficie. Presenta una temperatura media anual entre 18° y 22°C con lluvias en verano, una precipitación media anual de 800 a 1,500 mm; la precipitación máxima ocurre en junio, siendo febrero y diciembre los de menor precipitación.

La zona con clima templado subhúmedo cubre aproximadamente el 10% de la superficie estatal y se localiza en los municipios del norte como Huitzilac, Tlalnepantla, Totolapan, Tetela del Volcán y parte de Cuernavaca, Tepoztlán, Ocuituco; éstos se encuentran entre 1,600 y 1,800 msnm, con temperaturas medias anuales de 10°C a 15°C y con una precipitación de 1,200 a 1,500 mm anuales. En Morelos, los bosques mixtos de pino y encino se desarrollan en este tipo de clima.

El clima semifrío subhúmedo se localiza en pequeñas zonas de la entidad, en los límites con el Distrito Federal, Estado de México y Puebla; cubre solamente una superficie estatal aproximada del 2%; en esta zona se distribuyen los bosques de coníferas y praderas de alta montaña, en particular bosque de pinus y abies.

La zona de clima frío se presenta en las partes altas del Popocatépetl que le corresponden a la entidad. Se caracteriza por tener una temperatura media anual menor de 5°C y con alta incidencia de heladas; le corresponde una vegetación dominante de zacatonal y pradera alpina; representa el 1% de los climas de estado.

De acuerdo con los registros históricos de precipitación acumulada mensual de la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Balsas, la precipitación media anual de los últimos 30 años en la entidad es de 1,009.9 mm, que supera en aproximadamente un 30.1% a la media anual del país, que es de 771.8 mm. Los periodos de lluvia están comprendidos entre los meses de junio a septiembre, por lo cual en el estado llueve intensamente en períodos cortos de tiempo, causando algunas lluvias torrenciales.

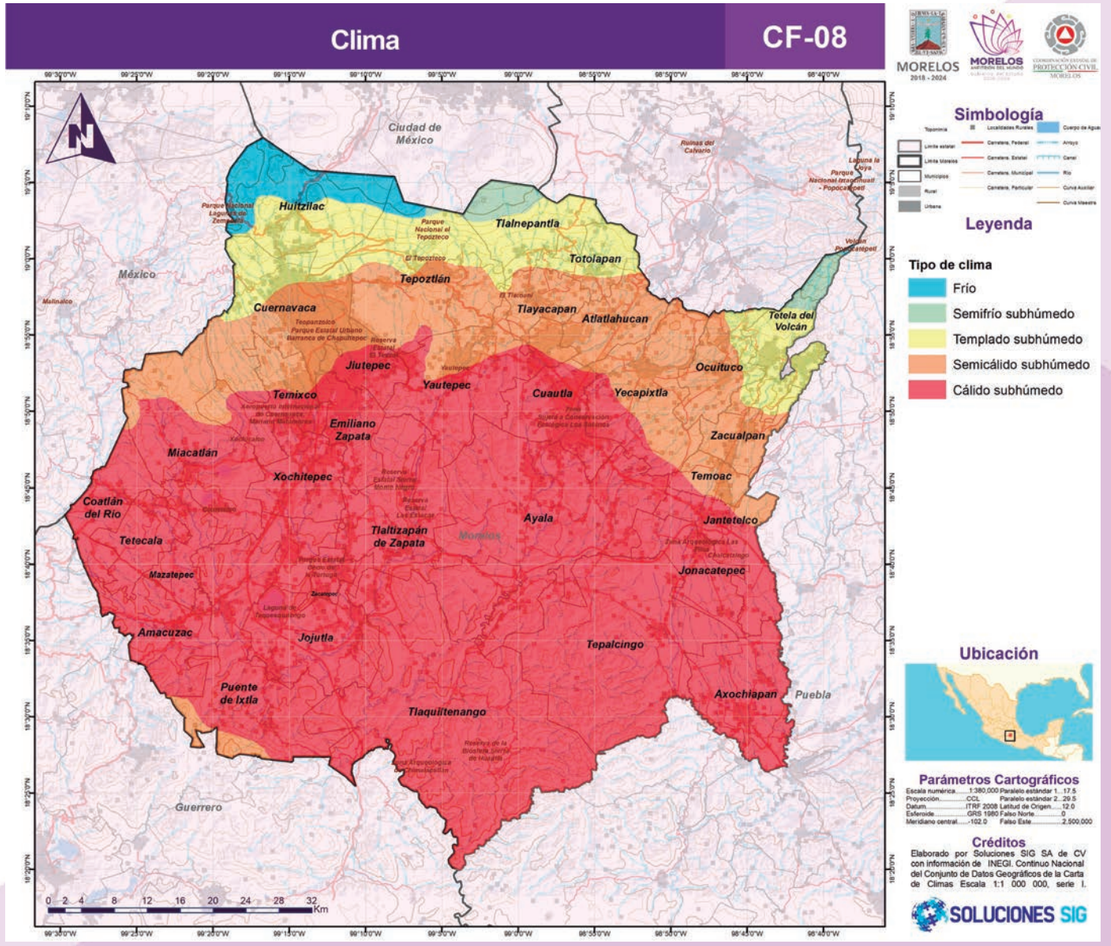
Los rangos de precipitación media anual en Morelos se concentran en un promedio de los 800 a 1,200 mm. Las precipitaciones de 1,200 mm y superiores se presentan regularmente en la región norte del estado (municipios de Huitzilac, Tepoztlán), y la más baja, comprendida entre los 600 y 800 mm, se presenta en la región sur (municipios de Tlaquiltenango, Jojutla y Zacatepec).

Tabla 6 Tipos de clima en el estado de Morelos

Tipo	Área (ha)	Área (%)
Cálido subhúmedo	332524.03	68.15
Semicálido subhúmedo	91997.95	18.85
Templado subhúmedo	47348.88	9.7
Frío	10942.03	2.24
Semifrío subhúmedo	5076.72	1.04

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información INEGI, Recursos Naturales 1:1,000,000

Mapa 9 Distribución de suelos en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Escala 1:250 000, serie II.

Uso de suelo y vegetación

El análisis del Uso de Suelo y la Vegetación permite identificar la ocupación territorial actual en el territorio estatal, con el objetivo de exponer la relación existente entre cobertura antrópica y cobertura natural, así como la distribución de las actividades económicas en el estado.

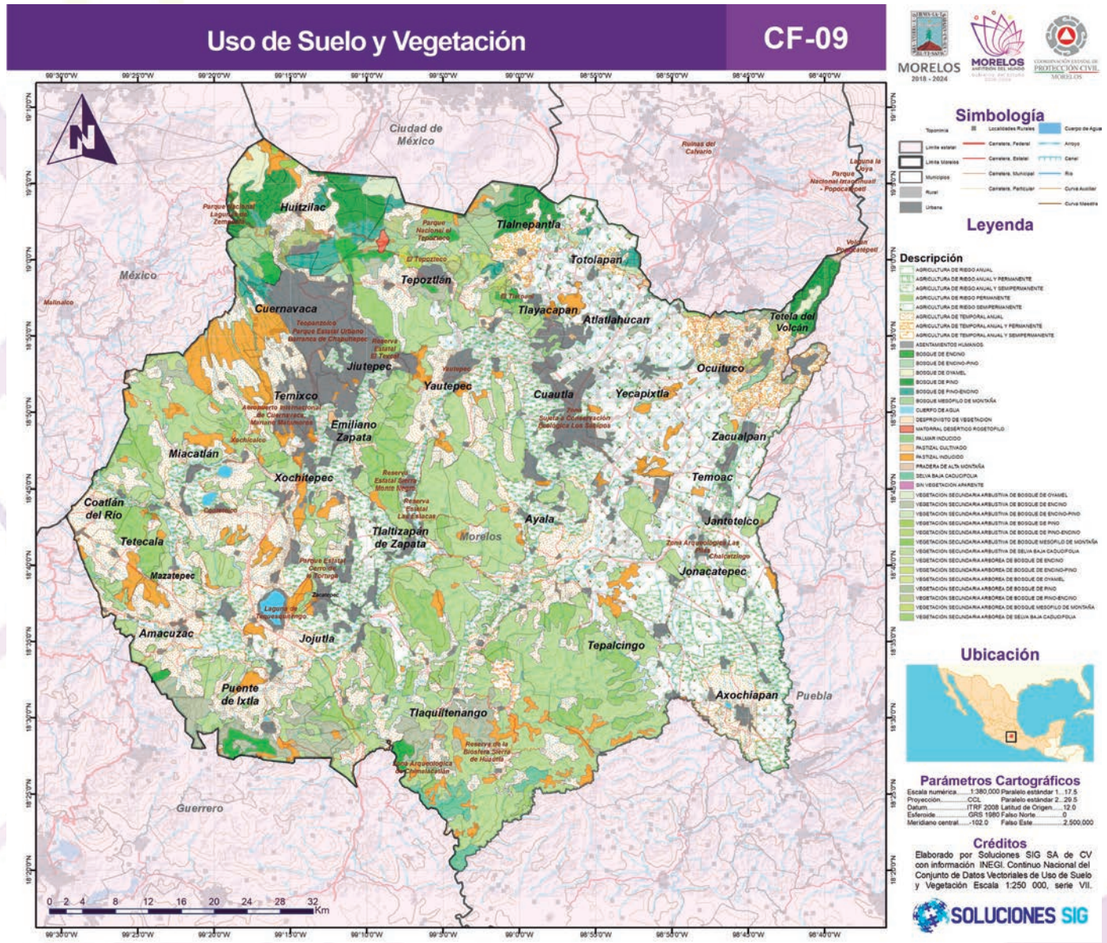
La vegetación es variable y abundante gracias a las precipitaciones que se registran anualmente. Aproximadamente el 55% del territorio estatal es utilizado para el cultivo, y se produce principalmente cebolla, calabacita, arroz y pepino; cultivos de temporal como sorgo, maíz, jitomate, tomate y avena, caña de azúcar, durazno, alfalfa, nopal y aguacate. Las áreas naturales protegidas ocupan más del 27% del territorio de Estado, y principalmente consisten en bosques de encino, pino, oyamel y selva baja caducifolia y subcaducifolia.

Tabla 7 Uso de Suelo y Vegetación del estado de Morelos

Uso de suelo	Área (ha)	Área (%)
Agricultura de temporal anual	149,841.02	30.71
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	99,879.14	20.47
Agricultura de riego anual y semipermanente	61,609.12	12.63
Pastizal inducido	29,180.50	5.98
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	25,905.11	5.31
Asentamientos humanos	16,368.44	3.35
Zona urbana	16,043.79	3.29
Agricultura de riego anual	15,133.11	3.10
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	13,754.07	2.82
Bosque de pino	10,234.10	2.10
Agricultura de temporal anual y permanente	7,778.62	1.59
Bosque de pino-encino	5,243.96	1.07
Bosque mesófilo de montaña	4,613.81	0.95
Bosque de encino	4,338.59	0.89
Agricultura de riego semipermanente	3,097.51	0.63
Agricultura de riego anual y permanente	2,479.07	0.51
Selva baja caducifolia	2,467.79	0.51
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	2,461.07	0.50
Bosque de oyamel	2,395.16	0.49
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	2,028.95	0.42
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	1,778.39	0.36
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	1,774.74	0.36
Agricultura de temporal anual y semipermanente	1,532.99	0.31
Bosque de encino-pino	1,499.81	0.31
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	1,327.12	0.27
Cuerpo de agua	1,202.83	0.25
Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña	1,067.73	0.22
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	973.81	0.20
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de oyamel	901.52	0.18
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	358.06	0.07
Matorral desértico Rosetófilo	246.48	0.05
Agricultura de riego permanente	205.69	0.04
Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña	76.49	0.02
Sin vegetación aparente	50.12	0.01
Pradera de alta montaña	40.67	0.01
Vegetación secundaria arbórea de bosque de oyamel	20.7	0.004

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de INEGI, Serie VII 1:250,000

Mapa 10 Distribución de suelos en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información Continuo Nacional del Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Escala 1:250 000, serie II. INEGI

Áreas naturales protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son grandes zonas naturales que no han sido significativamente afectadas por la actividad humana, o que han sido rescatadas del embate de la misma. En estos sitios se resguarda el equilibrio ecológico y la diversidad genética y biológica.

a) Sierra Montenegro: con casi 8 mil hectáreas de selva, la Sierra Montenegro es uno de los relictos mejor conservados de la Selva Baja Caducifolia en el estado de Morelos donde se conservan muchos manantiales, pues es zona de recarga de los mantos acuíferos.

b) El Texcal: Esta ANP se encuentra dentro del municipio de Jiutepec, donde se ubica la importante Laguna de Hueyapan, lugar de reproducción de especies nativas y endémicas. Sus paisajes son desérticos y su clima es semicálido, con pocas lluvias. Su fauna está compuesta por venados, conejos, tlacuaches y otros animales propensos a habitar zonas semihúmedas.

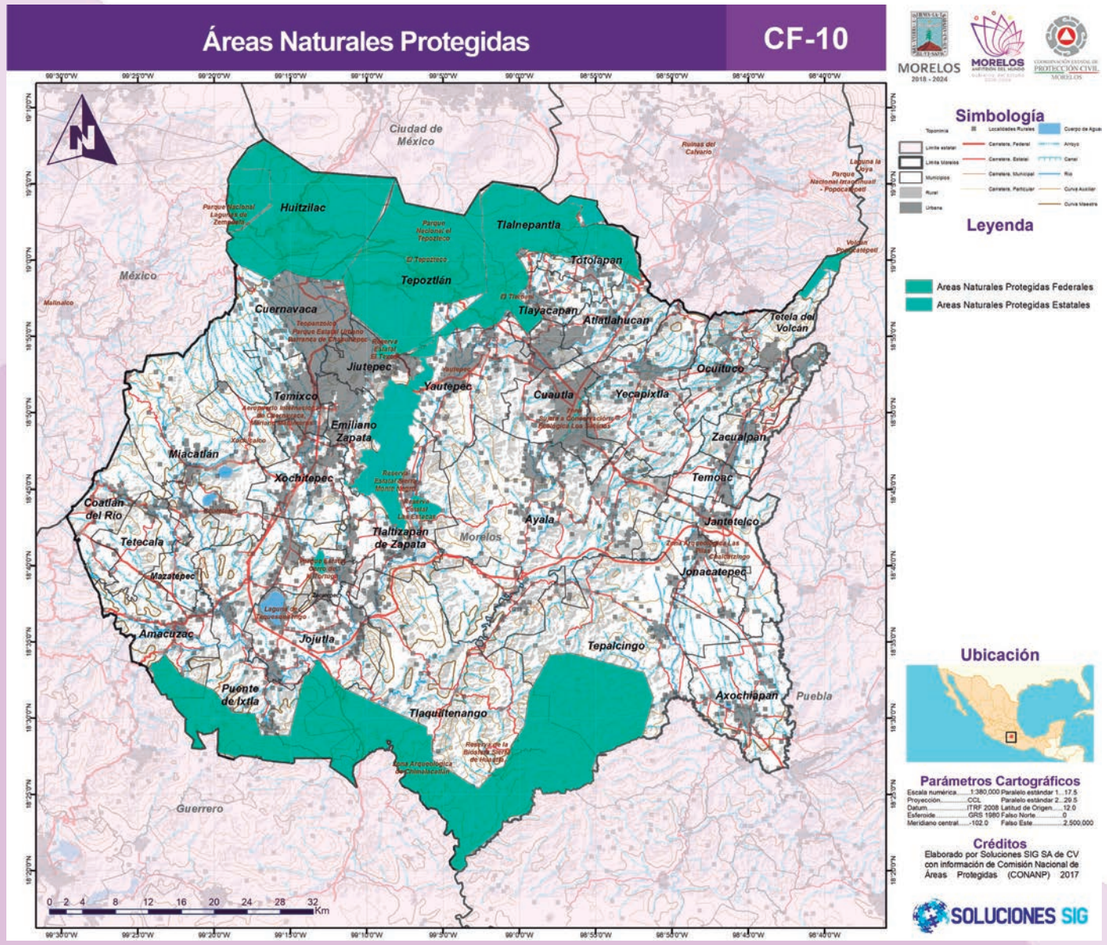
c) Las Estacas: es una zona de manantiales, con una gran diversidad de flora y fauna que tiene diversos usos y cuya conservación es sumamente importante.

d) Cerro de la Tortuga: este cerro se encuentra al centro-sur del estado, en el municipio de Zacatepec. Es una importante reserva de aves, pues alberga aproximadamente a 50 especies, tanto comunes como endémicas.

e) Parque Estatal Río Cuautla: Los Sabinos, Santa Rosa y San Cristóbal son las áreas que conforman esta ANP de vital importancia, pues por ellas pasa el río Cuautla. Toda esta zona consta de 152 hectáreas y es un patrimonio compartido por los municipios de Cuautla, Ciudad Ayala y Yecapixtla, del cual dependen, en gran medida los recursos hidrológicos que se utilizan en estos poblados.

f) Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec: de estas seis reservas, la de Barranca de Chapultepec es la única ubicada dentro de una ciudad; se encuentra en la ciudad de Cuernavaca. Este pulmón tiene también un manantial, el de Chapultepec, el cual recarga los mantos acuíferos del Corredor Biológico Chichinautzin.

Mapa 11 Distribución de suelos en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información Continuo Nacional del Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Escala 1:250 000, serie II. INEGI

2. Caracterización de los elementos Sociales y Demográficos.

En este apartado se presenta la información de las principales características sociales y demográficas del Estado de Morelos, a partir de los datos oficiales obtenidos del censo de población y vivienda 2020, la encuesta intercensal del año 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y de las instituciones que realizan estudios sociodemográficos directamente a partir de los datos del INEGI, es decir, el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), entre otras.

La caracterización otorga el panorama de las principales condiciones de la población y las viviendas de las distintas localidades rurales, Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBs) y manzanas urbanas de los municipios que conforman el territorio estatal y es útil para estimar parte de su vulnerabilidad social y física, información que en capítulos posteriores se analiza en conjunto de los distintos peligros calculados ante los respectivos tipos de fenómenos perturbadores expuestos en este documento para definir los diferentes escenarios de riesgos en Morelos.

Dinámica demográfica

El estado de Morelos, cuenta con una población de 1, 971, 520 habitantes de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, donde 950,847 son hombres y 1,020,673 son mujeres, las cuales habitan en 560, 669 viviendas particulares, el índice de masculinidad es de 93.16, es decir alrededor de 93 hombres por cada 100 mujeres. En comparación del año 2010, donde la población total era de 1,777,227 hubo un crecimiento poblacional del 11%.

Tabla 8. Relación entre hombres y mujeres, 2010, 2020

Año	Población Total	Hombres		Mujeres	
		Total	Porcentaje	Total	Porcentaje
2010	1,777,227	858,588	48.3%	918,639	51.7%
2020	1, 971, 520	950,847	48.2%	1,020,673	51.8%

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con información del Censo de Población y Vivienda 2010 y 2020, INEGI

La siguiente pirámide poblacional muestra por grupos quinquenales el comportamiento demográfico estatal, en ella se puede apreciar que la población femenina es ligeramente mayor con respecto a la masculina, y son similares en casi todos los grupos de edad, distinguiéndose una ligera mayoría de población masculina en el grupo de 0 a 19 años de edad. La pirámide muestra un comportamiento progresivo, lo que indica una estructura de población joven y con perspectivas de crecimiento, poco más de la mitad de la población tiene 29 años o menos (INEGI, 2020).

Gráfica 1. Pirámide de la población total por grupos quinquenales (miles), 2020

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Proyección al 2030

De acuerdo con las proyecciones de población del Consejo Nacional de Población (CONAPO), la población del estado de Morelos hacia el año 2030 habrá aumentado 12.8%, hasta alcanzar la cifra de 2,222,863 habitantes (CONAPO, 2017). Observar el aumento de la población estatal favorece la planificación de acciones y políticas encaminadas a anticipar los requerimientos sociales venideros como empleo, vivienda, infraestructura, educación, salud, etc.

La siguiente tabla muestra por décadas de 1990 a 2030 los incrementos estimados por la proyección del CONAPO (las cifras anuales se pueden consultar en la página web de dicha institución).

Tabla 9 Proyecciones de población total al 1990 - 2030 para el estado de Morelos

Año	1990	2000	2010	2020	2030
Hombres	701041	777972	870988	978270	1067760
Mujeres	696659	814094	932352	1052309	1155103
Total	1397700	1592066	1803340	2030580	2222863

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI CONAPO, 2017-12-06

Distribución y densidad de la población

La población del estado de Morelos se distribuye en 36 municipios. Los cinco municipios más poblados son Cuernavaca (378,476 habitantes), Jiutepec (215,357 habitantes), Cuautla (187,118 habitantes), Temixco (122,263 habitantes), y Emiliano Zapata (107,053 habitantes), quienes en conjunto representan el 51.24% de toda la población de la entidad. Los cinco menos poblados son Tetecala (7,617 habitantes), Hueyapan (7,855 habitantes), Tlalnepantla (7,943 habitantes), Mazatepec (9,653 habitantes) y Zacualpan de Amilpas (9,965 habitantes), representando el 2.18% de la población de la entidad. En el mapa de distribución demográfica a nivel municipal se aprecian dichas diferencias. La siguiente tabla muestra los municipios con su respectiva población.

Tabla 10 Municipios según población total, 2020

Clave	Municipio	Total	Mujeres	Hombres
001	Amacuzac	17,598	9,149	8,449
002	Atlatlahucan	25,232	12,966	12,266
003	Axochiapan	39,174	19,886	19,288
004	Ayala	89,834	46,292	43,542
005	Coatlán del Río	10,520	5,782	4,738
006	Cuautla	187,118	97,335	89,783
007	Cuernavaca	378,476	199,747	178,729
008	Emiliano Zapata	107,053	55,045	52,008
009	Huitzilac	24,515	12,539	11,976
010	Jantetelco	18,402	9,404	8,998
011	Jiutepec	215,357	112,238	103,119
012	Jojutla	57,682	29,862	27,820
013	Jonacatepec de Leandro Valle	16,694	8,618	8,076
014	Mazatepec	9,653	5,050	4,603
015	Miacatlán	15,802	8,041	7,761
016	Ocuituco	19,219	9,794	9,425
017	Puente de Ixtla	40,018	20,948	19,070
018	Temixco	122,263	63,277	58,986
019	Tepalcingo	28,122	14,281	13,841
020	Tepoztlán	54,987	28,145	26,842
021	Tetecala	7,617	3,924	3,693
022	Tetela del Volcán	14,853	7,549	7,304
023	Tlalnepantla	7,943	3,962	3,981
024	Tlaltizapán de Zapata	52,399	26,874	25,525
025	Tlaquiltenango	33,789	17,329	16,460
026	Tlayacapan	19,408	9,779	9,629
027	Totolapan	12,750	6,548	6,202
028	Xochitepec	73,539	36,629	36,910
029	Yautepec	105,780	54,681	51,099
030	Yecapixtla	56,083	28,433	27,650
031	Zacatepec	36,094	18,862	17,232
032	Zacualpan de Amilpas	9,965	5,108	4,857
033	Temoac	16,574	8,664	7,910
034	Coatetelco	11,347	5,877	5,470
035	Xoxocotla	27,805	13,924	13,881
036	Hueyapan	7,855	4,131	3,724

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Como se puede apreciar, la distribución demográfica dentro del estado de Morelos no es equitativa a lo largo de su territorio, la mayor cantidad de personas se asienta principalmente en las zonas urbanas; al noroeste del estado de Morelos: Cuernavaca, Jiutepec, Yautepec y, más al este: Cuautla, con una cantidad mayor a 23007 habitantes concentrados en dichos municipios. En la mayoría del territorio del estado la cantidad pobladores es baja.

3. Características sociales

Salud

La disponibilidad del personal médico, la tasa de mortalidad general e infantil, el acceso a los servicios de salud, así como la distribución de la población con algún tipo de limitación en la actividad son elementos sociales que reflejan las condiciones favorables o negativas que las personas dentro del estado poseen, lo cual incide en la vulnerabilidad que dicha población asume frente a la presencia de algún fenómeno de origen natural o antropogénico.

Médicos por cada mil habitantes

En el año 2016 el Estado de Morelos cuenta con 1.5 médicos por cada mil habitantes según los datos publicados por el estado de Morelos en el Informe Ejecutivo-Diagnóstico Estatal de Salud, en términos de suficiencia e infraestructura, la cantidad de médicos y enfermeras que tienen los Servicios de Salud de Morelos (SSM) para brindar atención a la población cumple los requisitos que establece la OMS, al contar con 40 profesionales de la salud por cada 10 mil habitantes.

Tasa de mortalidad general e infantil

El estado de Morelos en el año 2010 presenta una tasa de mortalidad de 5.8, este indicador refleja la proporción de personas que fallecen por cada mil habitantes, y una tasa de mortalidad infantil de 2.94, lo que indica las defunciones de menores de un año por cada mil nacidos vivos.

Población sin derechohabiencia a servicios de salud

El INEGI considera derechohabiente a las personas que tienen derecho a recibir atención médica en instituciones de salud públicas o privadas tales como el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE o ISSSTE Estatal), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Mari,na (SEMAR), el Sistema de Protección Social en Salud o en otra, como consecuencia de una prestación laboral, por ser pensionados, jubilados, familiares designados como beneficiarios, o por estar inscritos o haber adquirido un seguro médico en alguna institución de salud privada o pública.

La población sin derechohabiencia son aquellas personas que no tienen derecho a recibir servicios médicos en ninguna institución pública o privada lo cual las hace más vulnerables en una situación de desastre, en el estado de Morelos 552,170 personas asumen esta condición adversa lo que

representa el 28% del total estatal (INEGI, 2020), lo que indica una necesidad de mejora en el sector salud para sus habitantes.

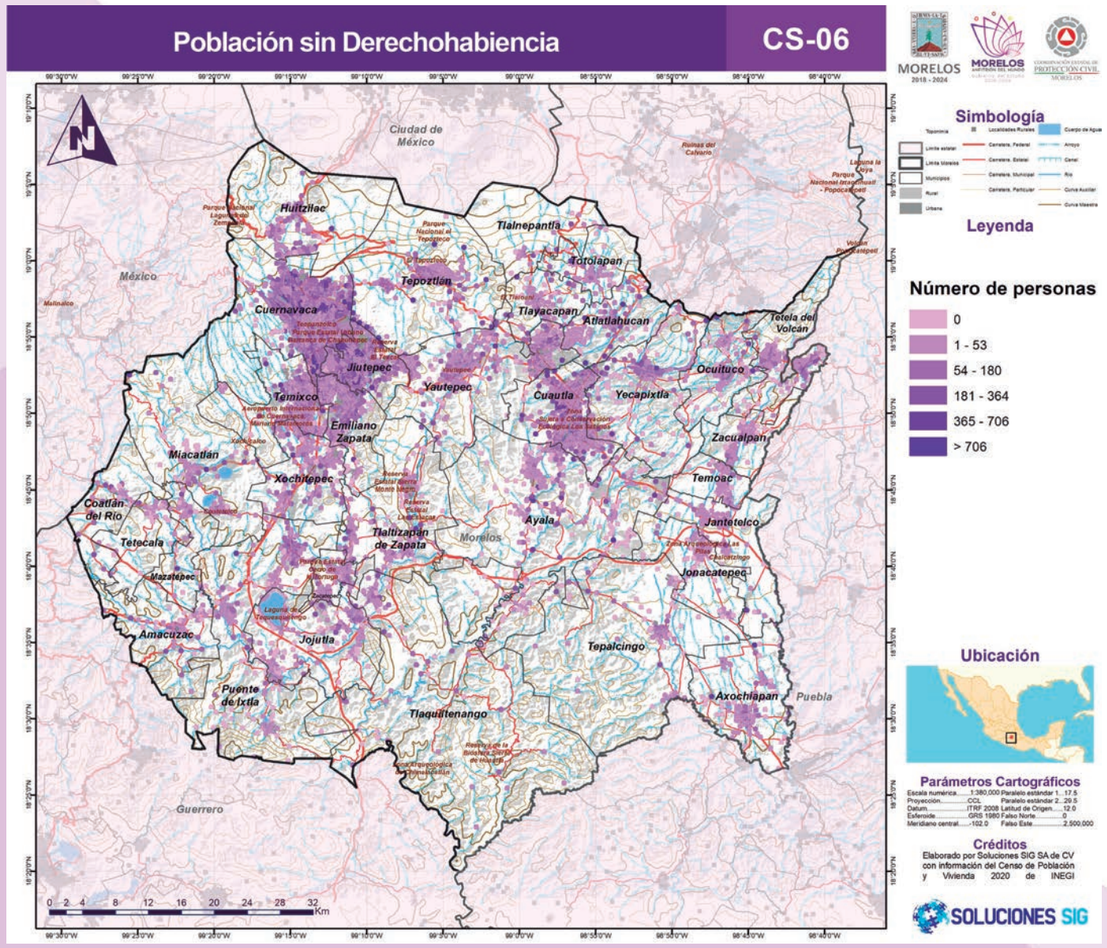
La tabla que sigue muestra la población sin derechohabiencia total y porcentual por municipio, al observar los valores porcentuales se detalla que los municipios de Atlatlahucan (37.5%), Huitzilac (36.3%), Tepoztlán (38.2%), Tlalnepantla (32.9%), Tlayacapan (32.3%), Xochitepec (30.3%), Yecapixtla (30.3%), Xoxocotla (33.9%) y Hueyapan (36.9) concentran más del 30% de su población en dicha condición, lo cual revela un alto nivel de rezago en el acceso a los servicios de saludo.

Tabla 11 Total y porcentaje de personas sin derechohabiencia por municipio en el estado de Morelos, 2020

Clave	Municipio	Población Total	Personas sin derechohabiencia	
			Total	Porcentaje
001	Amacuzac	17,598	2563	14.6
002	Atlatlahucan	25,232	9472	37.5
003	Axochiapan	39,174	11146	28.5
004	Ayala	89,834	26163	29.1
005	Coatlán del Río	10,520	2628	25.0
006	Cuautla	187,118	55935	29.9
007	Cuernavaca	378,476	108678	28.7
008	Emiliano Zapata	107,053	29400	27.5
009	Huitzilac	24,515	8887	36.3
010	Jantetelco	18,402	3190	17.3
011	Jiutepec	215,357	61142	28.4
012	Jojutla	57,682	14641	25.4
013	Jonacatepec de Leandro Valle	16,694	3060	18.3
014	Mazatepec	9,653	1891	19.6
015	Miacatlán	15,802	3500	22.1
016	Ocuituco	19,219	4560	23.7
017	Puente de Ixtla	40,018	9107	22.8
018	Temixco	122,263	35849	29.3
019	Tepalcingo	28,122	6190	22.0
020	Tepoztlán	54,987	21020	38.2
021	Tetecala	7,617	1006	13.2
022	Tetela del Volcán	14,853	3132	21.1
023	Tlalnepantla	7,943	2615	32.9
024	Tlaltizapán de Zapata	52,399	12547	23.9
025	Tlaquiltenango	33,789	6417	19.0
026	Tlayacapan	19,408	6271	32.3
027	Totolapan	12,750	3231	25.3
028	Xochitepec	73,539	22246	30.3
029	Yautepec	105,780	31339	29.6
030	Yecapixtla	56,083	16975	30.3
031	Zacatepec	36,094	7808	21.6
032	Zacualpan de Amilpas	9,965	2449	24.6
033	Temoac	16,574	2548	15.4
034	Coatetelco	11,347	2232	19.7
035	Xoxocotla	27,805	9434	33.9
036	Hueyapan	7,855	2898	36.9

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 12 Distribución de la población sin derechohabiencia en el estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Población con limitación en la actividad

La Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud en el año 2001 definió a las personas discapacitadas como “aquellas que tienen una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales y que al interactuar con distintos ambientes del entorno social pueden impedir su participación plena y efectiva en igualdad de condiciones a las demás” (INEGI, 2020). En el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI considero a las personas con limitación en la actividad a aquellas que tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana, situación que les atribuye a un vulnerable conjunto demográfico.

El porcentaje estatal de Personas que se enceuntran con alguna limitación en la actividad es del 13%; en cuanto a los municipios, tenemos los cuales más del 15% de la población se encuentran con limitación en la actividad, son Ayala (13,527 personas), Miacatlán (2,379 personas), Tepalcingo (4,476 personas) y Totolapan (2,094 personas); Por el contrario, los municipios en los cuales menos del 10% de su población que se encuentra en esta situación son Temoac (1, 272 personas) y Xoxocotla (2,579 personas) (ver mapa CS-07).

La población con limitación motriz es decir personas con dificultad para caminar, moverse, subir o bajar está presente en los municipios mayormente poblados de Morelos son 16, 673 habitantes (Cuernavaca), 8, 041 habitantes (Jiutepec), 7,476 habitantes (Cuautla) y 5,404 habitantes (Temixco); En los menos poblados 285 habitantes (Tetecala), 288 habitantes (Hueyapan), 342 habitantes (Tlalnepantla) y 434 habitantes (Mazatepec) (ver mapa CS-07a).

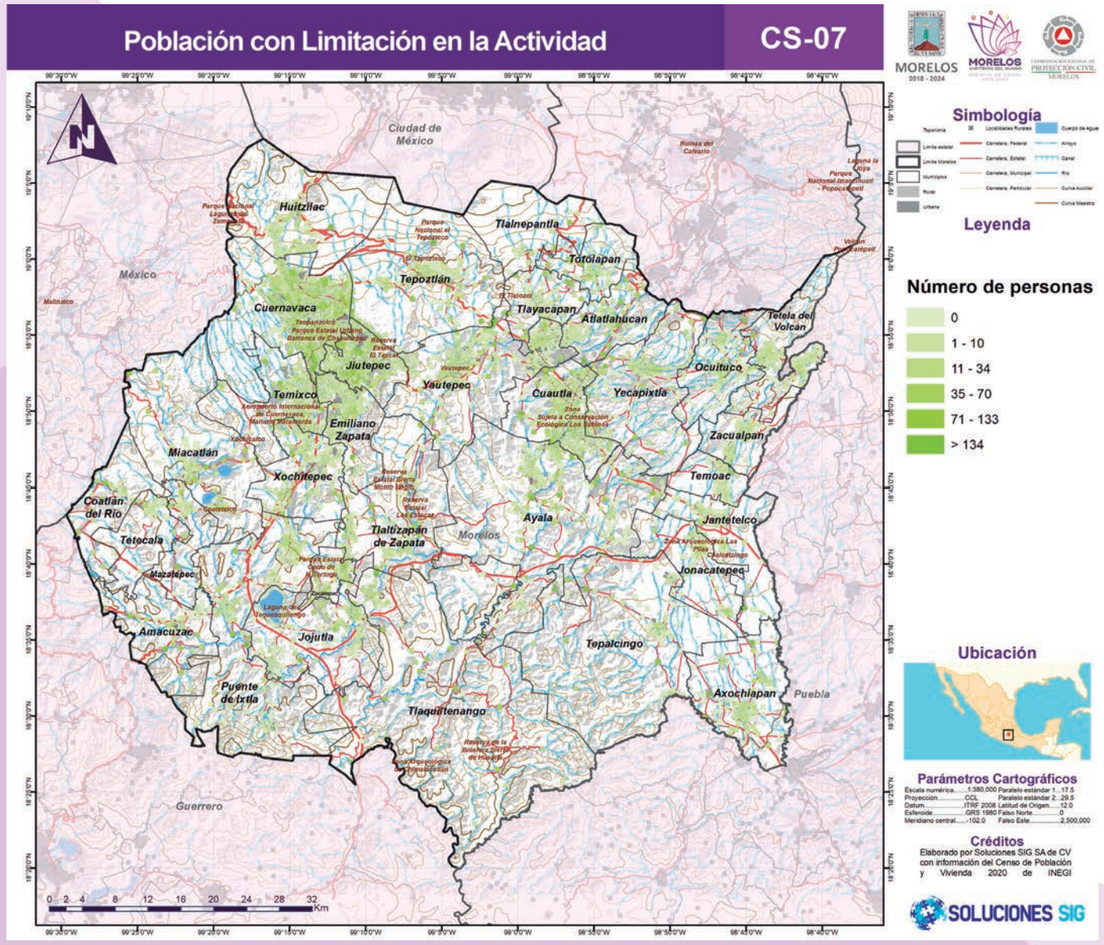
En la tabla siguientes se muestran por municipio el número de personas que tienen algún tipo de limitación (motriz, visual, para hablar o comunicarse, auditiva o mental), lo cual sirve como referencia para conocer a la población que se encuentra en situación vulnerable. Y en los mapas (CS-07, CS-07a, CS-07b, CS-07c, CS-07d, CS-07e) se muestra la distribución de esta población a nivel manzana y localidad rural.

Tabla 12.Población con limitación en la actividad por tipo y municipio, 2020

Municipio	Población total	Población con limitación						
		En la Actividad		Motriz (para caminar o moverse, subir o bajar)	Visual (para ver aun usando lentes)	Para hablar o comunicarse	Auditiva (escuchar)	Mental (poner atención o aprender cosas sencillas)
		Total	Porcentaje					
Amacuzac	17,598	2184	12.4	858	1337	142	478	191
Atlatlahucan	25,232	3576	14.2	1047	2202	194	784	387
Axochiapan	39,174	5355	13.7	1867	3170	308	998	430
Ayala	89,834	13527	15.1	4377	8814	859	2724	1137
Coatlán del Río	10,520	1145	10.9	447	722	90	331	126
Cuautla	187,118	23037	12.3	7476	14480	1453	5021	2227
Cuernavaca	378,476	51870	13.7	16673	32511	2840	12146	5009
Emiliano Zapata	107,053	14269	13.3	4517	8763	874	2909	1196
Huitzilac	24,515	3377	13.8	1056	2141	216	735	289
Jantetelco	18,402	1861	10.1	699	1034	124	415	265
Jiutepec	215,357	26594	12.3	8041	17331	1516	5887	2696
Jojutla	57,682	6499	11.3	2378	3957	381	1359	691
Jonacatepec de Leandro Valle	16,694	2165	13.0	789	1287	111	443	199
Mazatepec	9,653	1190	12.3	434	719	85	308	114
Miacatlán	15,802	2379	15.1	916	1313	156	516	190
Ocuituco	19,219	2395	12.5	744	1485	147	571	235
Puente de Ixtla	40,018	5741	14.3	2129	3587	444	1401	542
Temixco	122,263	17368	14.2	5504	11024	1165	3470	1523
Tepalcingo	28,122	4476	15.9	1656	2719	235	865	367
Tepoztlán	54,987	7646	13.9	2318	4792	490	1738	652
Tetecala	7,617	834	10.9	285	502	76	216	70
Tetela del Volcán	14,853	1607	10.8	544	909	91	388	170
Tlalnepantla	7,943	900	11.3	342	472	69	190	78
Tlaltizapán de Zapata	52,399	6646	12.7	2410	4235	407	1504	668
Tlaquiltenango	33,789	4266	12.6	1603	2562	237	922	437
Tlayacapan	19,408	2410	12.4	807	1440	127	605	191
Totolapan	12,750	2094	16.4	699	1279	105	458	149
Xochitepec	73,539	8441	11.5	2796	5105	527	1812	887
Yautepec	105,780	13699	13.0	4479	8642	844	2959	1426
Yecapixtla	56,083	6834	12.2	2161	4394	482	1451	720
Zacatepec	36,094	4908	13.6	1885	3103	273	1109	422
Zacualpan de Amilpas	9,965	1330	13.3	426	808	48	301	141
Temoac	16,574	1272	7.7	539	568	109	306	180
Coatetelco	11,347	1502	13.2	556	919	102	393	130
Xoxocotla	27,805	2579	9.3	1097	1440	168	617	253
Hueyapan	7,855	826	10.5	288	404	54	165	94

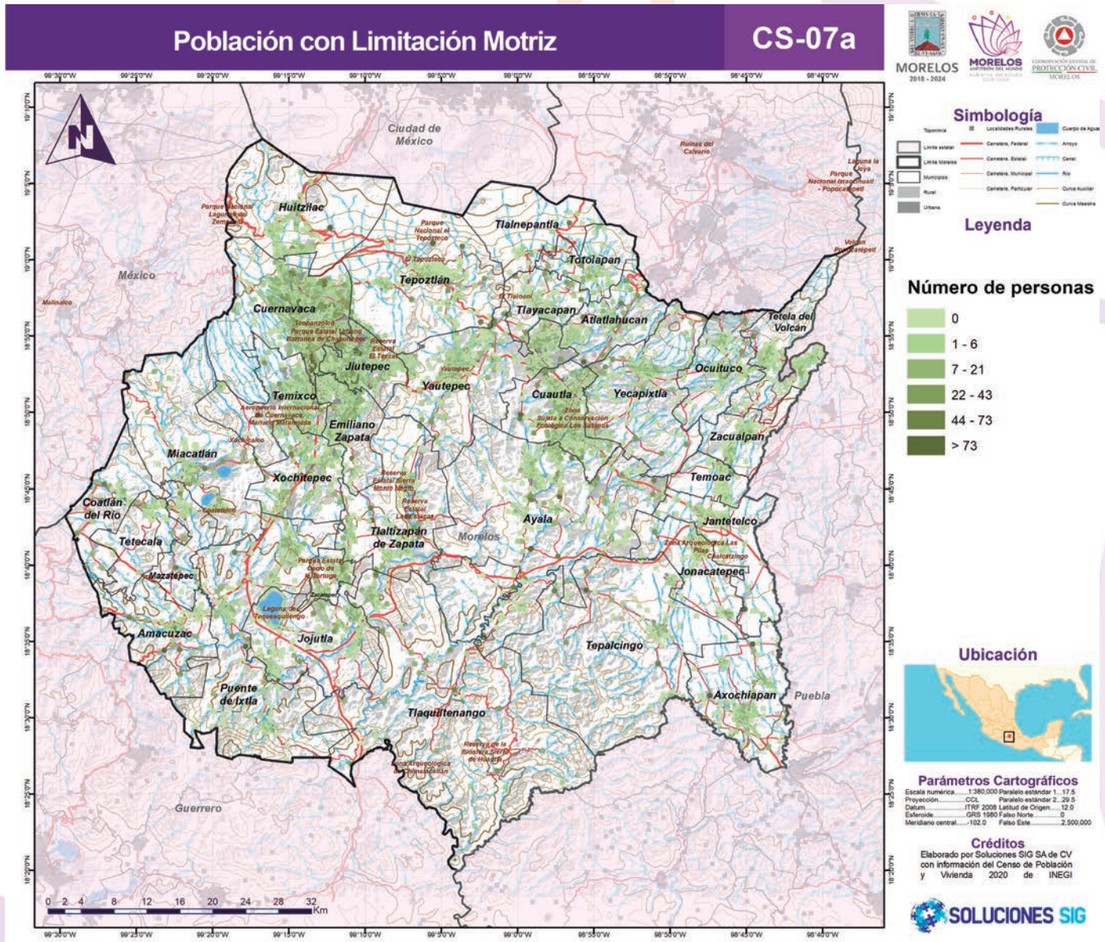
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 13 Distribución de la población con limitación en la actividad en el estado de Morelos



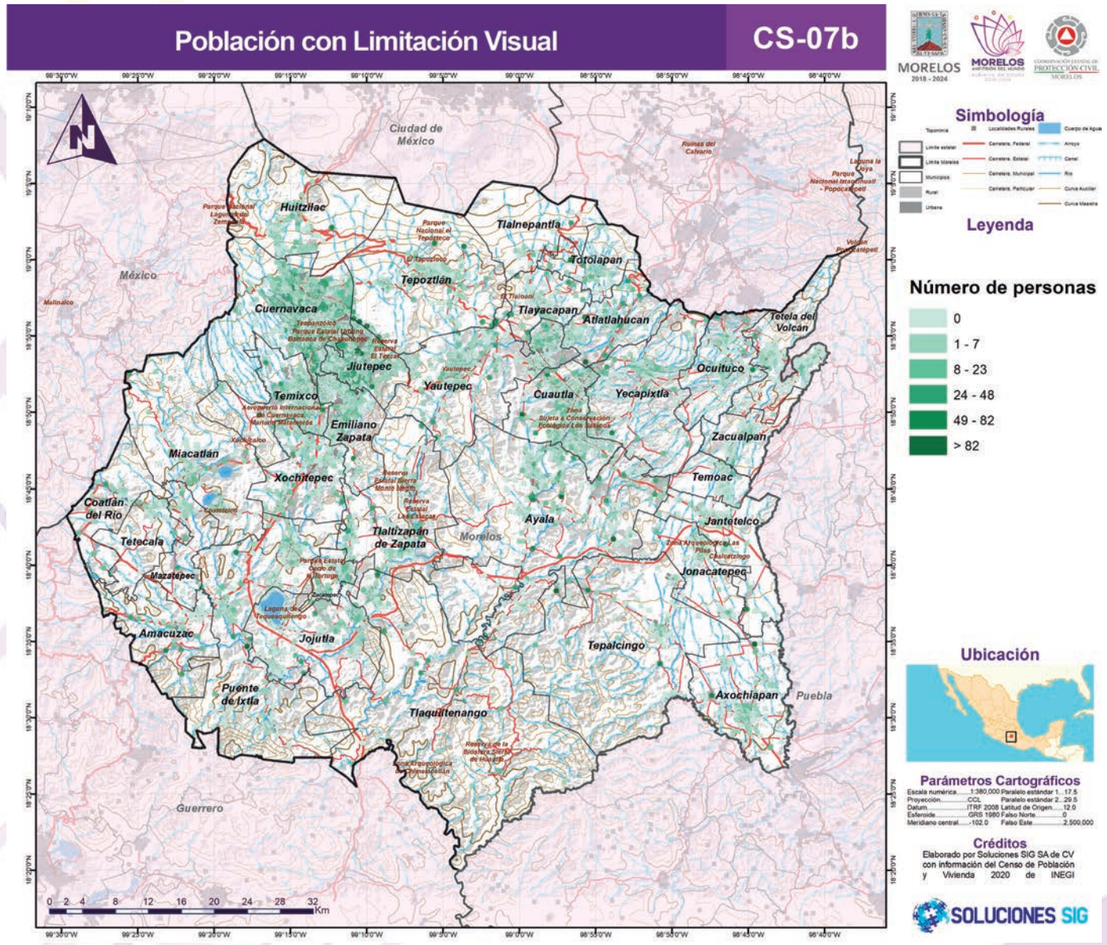
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 14 Distribución de la población con limitación motriz en el estado de Morelos



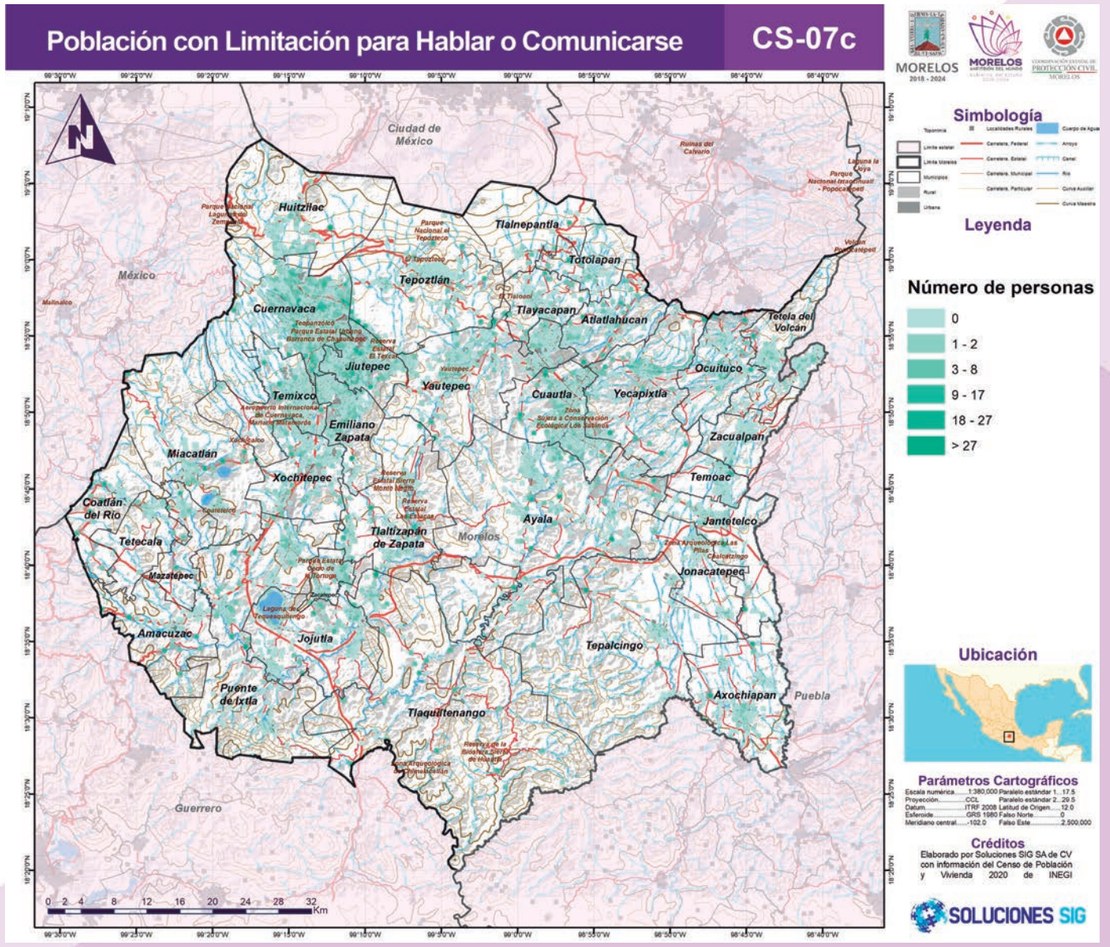
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 15 Distribución de la población con limitación visual en el estado de Morelos



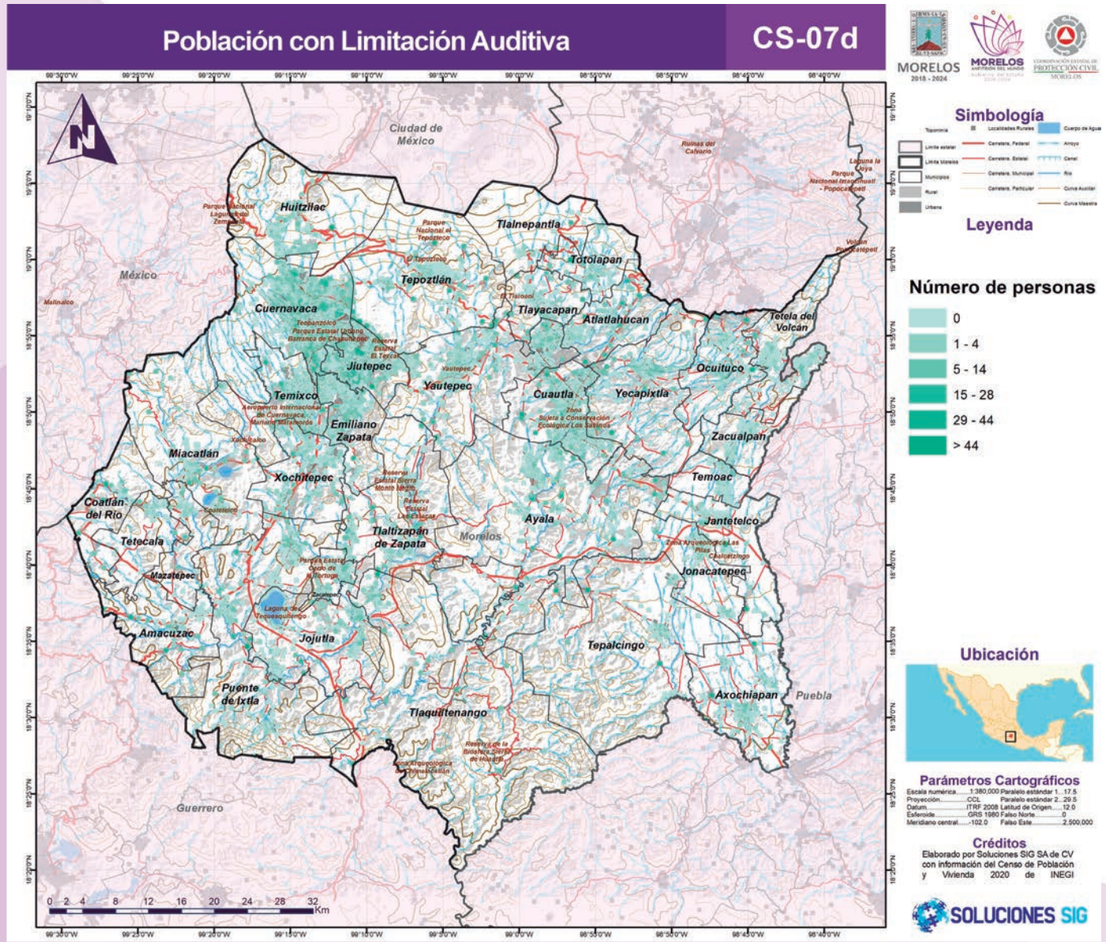
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 16 Distribución de la población con limitación para hablar o comunicarse en el estado de Morelos



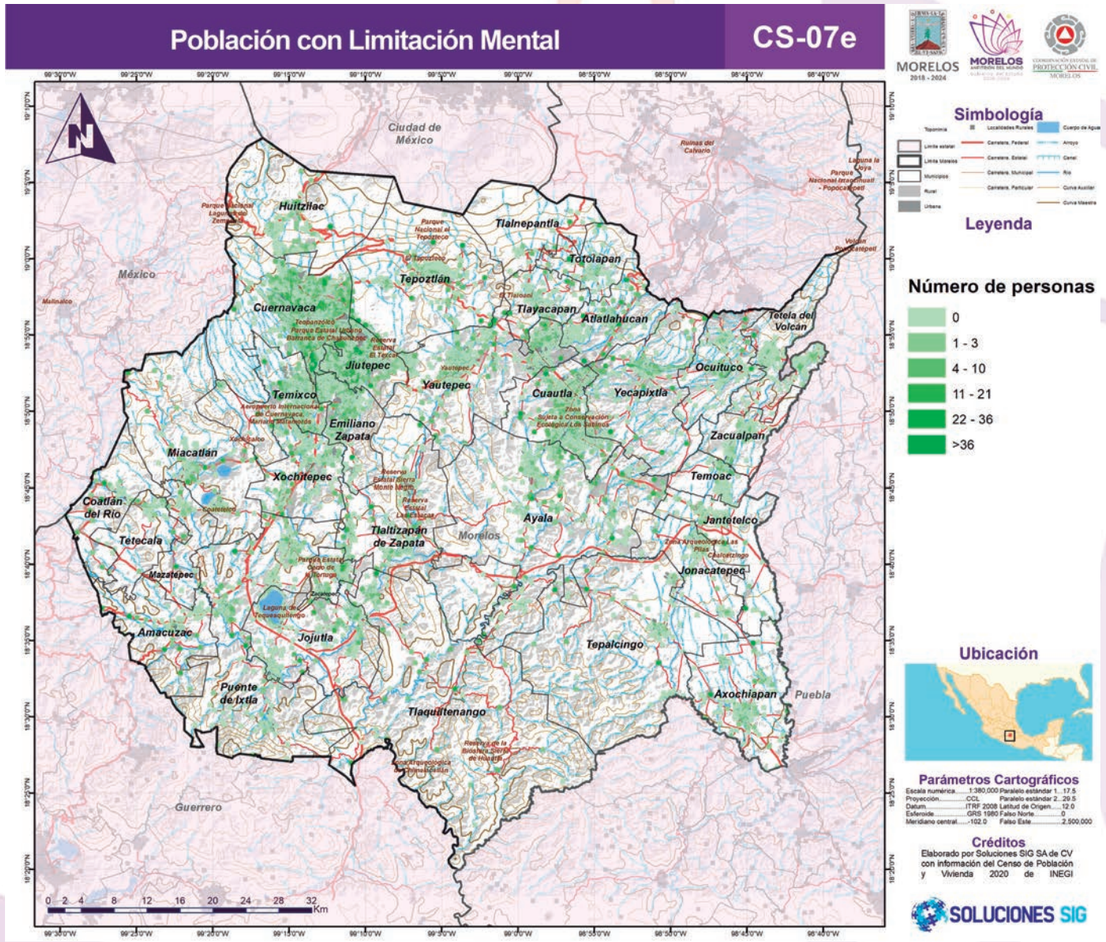
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 17 Distribución de la población con limitación auditiva en el estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 18 Distribución de la población con limitación mental en el estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Educación

Uno de los múltiples componentes sociales que muestra las oportunidades que determinada población tiene para poder alcanzar una mejor calidad de vida son sus condiciones educativas, los habitantes con mayores niveles educativos suelen tener mayores oportunidades de obtener trabajos mejor remunerados y un contexto social menos vulnerable. En este sentido, se resalta la relación existente entre el desarrollo social de un territorio y la existencia de infraestructura educativa en el mismo, la cual estaría integrada por centros educativos, su equipamiento básico, personal capacitado, la accesibilidad de vías de comunicación, fruto de un contexto donde la población tiene la posibilidad de acceder a las instalaciones educativas y a los profesores, entre otros aspectos.

Población analfabeta

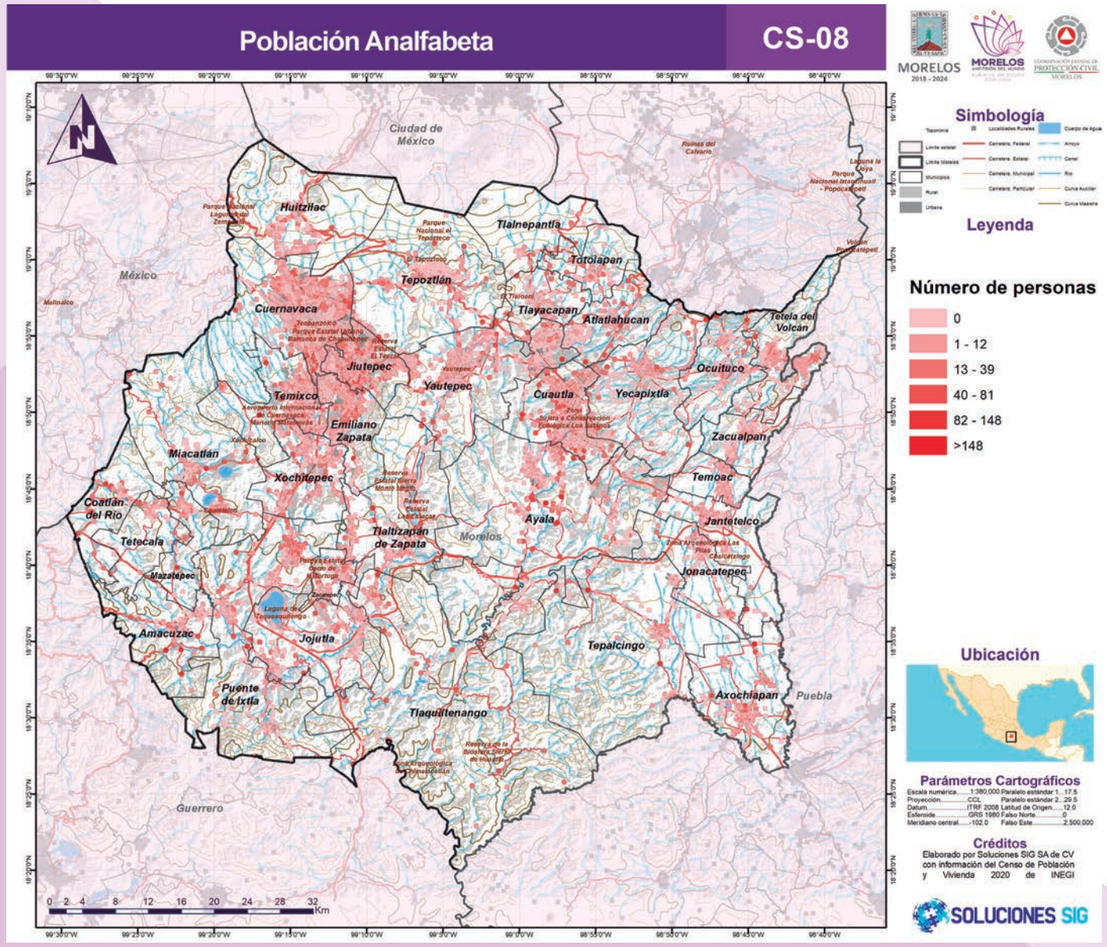
En México se considera como analfabeta a aquella persona mayor de 15 años (edad en la cual se debe haber concluido la educación primaria y secundaria) que no sabe leer ni escribir. En Morelos 66,663 habitantes se encuentran en esta situación, según datos del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI lo que representa el 3.4% de la población total. El mayor porcentaje de población analfabeta se concentra en los municipios de Amacuzac (5.8%), Axochiapan (6.9%), Coatlán del Río (5.7%), Telpancingo (6.3 %), Coatetelco (7.5%) y Xoxocotla (6.0%) (ver mapa CS-08).

Tabla 13. Población de 15 años y más analfabeta total, porcentual y por género nivel municipal, 2020

Municipio	Población total	Población de 15 años y más analfabeta			
		Total	Porcentaje	Hombres	Mujeres
Amacuzac	17,598	1,029	5.8	389	640
Atlatlahucan	25,232	876	3.5	376	500
Axochiapan	39,174	2,694	6.9	1,208	1,486
Ayala	89,834	4,837	5.4	2,013	2,824
Coatlán del Río	10,520	602	5.7	278	324
Cuautla	187,118	5,989	3.2	2,259	3,730
Cuernavaca	378,476	6,623	1.7	2,364	4,259
Emiliano Zapata	107,053	3,259	3.0	1,332	1,927
Huitzilac	24,515	562	2.3	229	333
Jantetelco	18,402	729	4.0	308	421
Jiutepec	215,357	4,875	2.3	1,729	3,146
Jojutla	57,682	2,250	3.9	960	1,290
Jonacatepec de Leandro Valle	16,694	824	4.9	332	492
Mazatepec	9,653	486	5.0	223	263
Miacatlán	15,802	787	5.0	371	416
Ocuituco	19,219	746	3.9	297	449
Puente de Ixtla	40,018	1,822	4.6	754	1,068
Temixco	122,263	4,727	3.9	1,848	2,879
Tepalcingo	28,122	1,768	6.3	855	913
Tepoztlán	54,987	1,480	2.7	577	903
Tetecala	7,617	369	4.8	173	196
Tetela del Volcán	14,853	463	3.1	193	270
Tlalnepantla	7,943	245	3.1	107	138
Tlaltizapán de Zapata	52,399	2,392	4.6	1,054	1,338
Tlaquiltenango	33,789	1,663	4.9	754	909
Tlayacapan	19,408	692	3.6	275	417
Totolapan	12,750	478	3.7	195	283
Xochitepec	73,539	2,791	3.8	1,261	1,530
Yautepec	105,780	3,623	3.4	1,457	2,166
Yecapixtla	56,083	2,150	3.8	871	1,279
Zacatepec	36,094	1,000	2.8	387	613
Zacualpan de Amilpas	9,965	289	2.9	103	186
Temoac	16,574	675	4.1	223	452
Coatetelco	11,347	855	7.5	439	416
Xoxocotla	27,805	1,666	6.0	695	971
Hueyapan	7,855	347	4.4	127	220

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 19. Población Analfabeta



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Asistencia escolar

La falta de oportunidades del desarrollo social de una población se refleja en su grado de abandono escolar, en especial en lo relativo a los ingresos familiares y las capacidades estructurales (aquellas situaciones en donde no están presentes ciertas oportunidades socioeconómicas, ni las oportunidades para adquirirlas, vulnerabilidades que les impiden alcanzar determinadas condiciones de vida, como pueden ser pobreza, falta de equipamiento, infraestructura, entre otros muchos aspectos) (CONAPO, 2010a). Este contexto se visualiza de manera especial en la población infantil, comprendida entre los 3 y los 14 años de edad, pues la ausencia escolar infantil manifiesta una importante carencia de oportunidades para su desarrollo económico y futuro. El porcentaje de asistencia escolar dentro del estado de Morelos es alto, teniendo un 96.8%, según la información del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, lo que refleja que la mayoría de la población tiene acceso a la educación básica.

De los municipios que conforman al estado de Morelos, observamos a los de Coatetelco y Xoxocotla, que tienen un porcentaje de 6.5 y 5.1 de inasistencia escolar, respectivamente, los más alto del total de municipios.

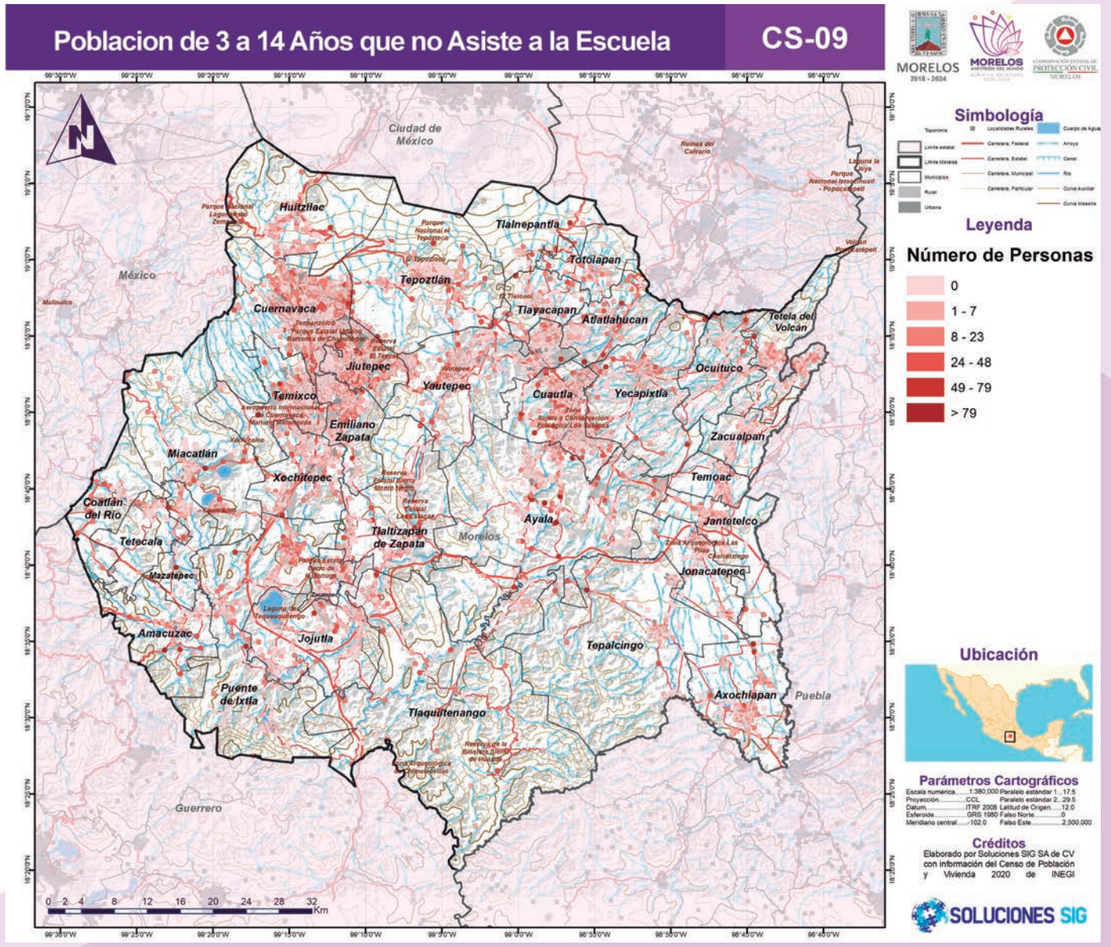
Tabla 14. Población de 3 a 14 años que no asiste a la escuela total, porcentual y por género nivel municipal, 2020

Municipio	Población total	Población de 3 a 14 años que no asiste a la escuela				Población de 3 a 5 años que no asiste a la escuela	Población de 6 a 11 años que no asiste a la escuela	Población de 12 a 14 años que no asiste a la escuela
		Total	Porcentaje	Hombres	Mujeres			
Amacuzac	17,598	821	4.7	373	329	469	226	126
Atlatlahucan	25,232	853	3.4	408	329	480	224	149
Axochiapan	39,174	1753	4.5	830	663	1001	460	292
Ayala	89,834	3823	4.3	1792	1586	2096	1005	722
Coatlán del Río	10,520	381	3.6	151	164	222	117	42
Cuautla	187,118	5621	3.0	2595	2266	3248	1570	803
Cuernavaca	378,476	7570	2.0	3281	3167	4408	2220	942
Emiliano Zapata	107,053	3554	3.3	1556	1381	2095	1000	459
Huitzilac	24,515	891	3.6	348	339	550	269	72
Jantetelco	18,402	745	4.0	318	277	432	218	95
Jiutepec	215,357	5550	2.6	2388	2222	3276	1617	657
Jojutla	57,682	1775	3.1	788	745	1026	517	232
Jonacatepec de Leandro Valle	16,694	656	3.9	318	289	360	176	120
Mazatepec	9,653	319	3.3	152	138	186	85	48

Municipio	Población total	Población de 3 a 14 años que no asiste a la escuela				Población de 3 a 5 años que no asiste a la escuela	Población de 6 a 11 años que no asiste a la escuela	Población de 12 a 14 años que no asiste a la escuela
		Total	Porcentaje	Hombres	Mujeres			
Miacatlán	15,802	531	3.4	224	212	303	150	78
Ocuituco	19,219	666	3.5	293	269	369	189	108
Puente de Ixtla	40,018	1618	4.0	666	652	939	480	199
Temixco	122,263	4285	3.5	1926	1753	2471	1211	603
Tepalcingo	28,122	988	3.5	429	367	577	277	134
Tepoztlán	54,987	1561	2.8	720	621	898	431	232
Tetecala	7,617	281	3.7	134	125	169	78	34
Tetela del Volcán	14,853	634	4.3	275	233	355	179	100
Tlalnepantla	7,943	371	4.7	164	147	207	105	59
Tlaltizapán de Zapata	52,399	1817	3.5	851	719	1058	495	264
Tlaquiltenango	33,789	1112	3.3	503	472	610	322	180
Tlayacapan	19,408	669	3.4	319	262	383	183	103
Totolapan	12,750	568	4.5	273	202	323	146	99
Xochitepec	73,539	2675	3.6	1171	1082	1552	765	358
Yautepec	105,780	3676	3.5	1702	1538	2051	1016	609
Yecapixtla	56,083	2116	3.8	991	806	1216	601	299
Zacatepec	36,094	946	2.6	428	384	565	272	109
Zacualpan de Amilpas	9,965	262	2.6	106	104	153	79	30
Temoac	16,574	699	4.2	275	270	413	214	72
Coatetelco	11,347	743	6.5	322	278	413	203	127
Xoxocotla	27,805	1419	5.1	617	542	796	385	238
Hueyapan	7,855	372	4.7	150	141	182	95	95

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 20.Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Grado promedio de escolaridad

El nivel de educación de una población es visible por el grado promedio de escolaridad que esta asume, dicho indicador se obtiene, según el INEGI a través del cálculo del promedio de los años que un grupo de individuos ha estudiado. En términos más específicos, el grado de escolaridad promedio es la sumatoria de todos los años escolares aprobados por una determinada población dividida entre el número de integrantes de dicha población, en la siguiente tabla se observa el nivel de instrucción conforme al grado de escolaridad.

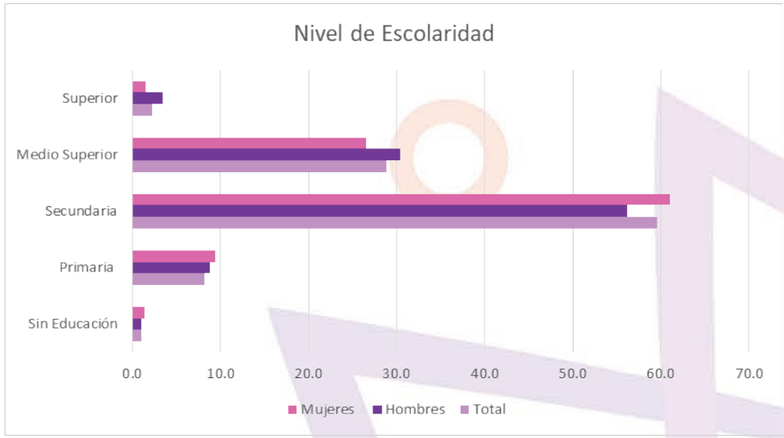
Tabla 15. Nivel de instrucción por grado de escolaridad

Nivel de instrucción		Años acumulados (grado de escolaridad)
Sin instrucción		0
Primaria	1°	1
	2°	2
	3°	3
	4°	4
	5°	5
	6°	6
Estudios técnicos o comerciales con primaria terminada y secundaria.	1°	7
	2°	8
	3°	9
Preparatoria, estudios técnicos o comerciales con secundaria terminada y normal básica y normal básica.	1°	10
	2°	11
	3°	12
	4°	13

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

En el 2020 el grado promedio de escolaridad de Morelos es de 9.84; 9.81 para los varones, 9.88 para las mujeres, lo que representa una pequeña desigualdad de género entre el acceso a la educación dentro del estado, situación que se aprecia mejor al observar el porcentaje de la población por nivel de escolaridad y género, donde tal como se aprecia en la siguiente gráfica existe un mayor porcentaje de población femenina sin escolaridad y con educación básica completa (primaria, secundaria), y un menor porcentaje en los niveles de educación media superior y superior en relación con la población masculina.

Gráfica 2. Porcentaje de la población por nivel de escolaridad y género, 2020



Fuente: Soluciones SIG SA de CV, con información del Censo de Población y Vivienda, INEGI

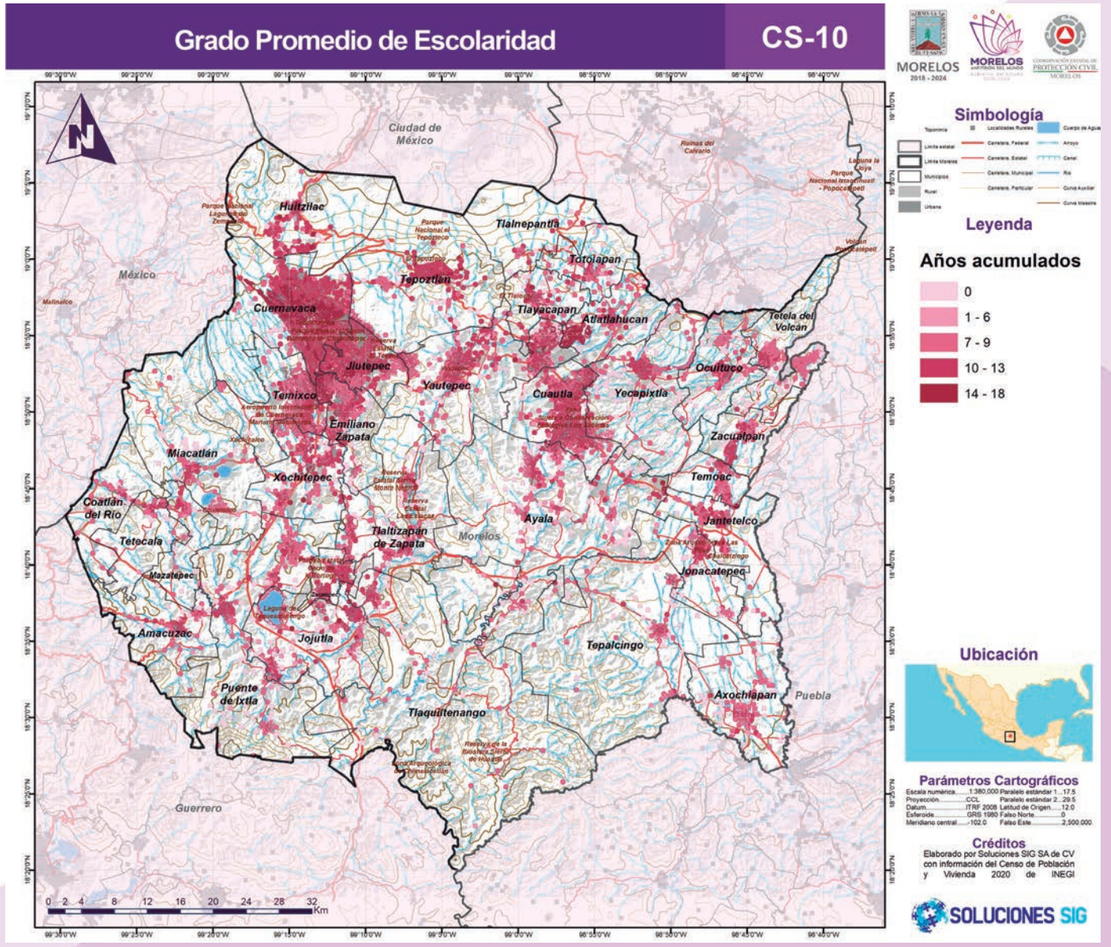
Tabla 16. Grado promedio de escolaridad general y por género nivel municipal, 2020

Municipio	Población total	Grado promedio de escolaridad		
		General	Mujeres	Hombres
Amacuzac	17,598	8.52	8.42	8.64
Atlatlahucan	25,232	9.34	9.39	9.3
Axochiapan	39,174	8.07	8.16	7.97
Ayala	89,834	8.69	8.73	8.64
Coatlán del Río	10,520	7.82	8.04	7.57
Cuautla	187,118	10.04	9.97	10.13
Cuernavaca	378,476	11.39	11.25	11.54
Emiliano Zapata	107,053	10.12	10.02	10.23
Huitzilac	24,515	9.79	9.78	9.81
Jantetelco	18,402	8.9	8.98	8.81
Jiutepec	215,357	10.52	10.37	10.69
Jojutla	57,682	9.65	9.67	9.63
Jonacatepec de Leandro Valle	16,694	8.98	9.08	8.87
Mazatepec	9,653	9.06	9.12	9
Miacatlán	15,802	8.77	8.87	8.66
Ocuituco	19,219	8.59	8.67	8.51
Puente de Ixtla	40,018	9.13	9.15	9.1
Temixco	122,263	9.19	9.15	9.24
Tepalcingo	28,122	8.4	8.58	8.21

Municipio	Población total	Grado promedio de escolaridad		
		General	Mujeres	Hombres
Tepoztlán	54,987	9.94	9.94	9.93
Tetecala	7,617	9.1	9.25	8.93
Tetela del Volcán	14,853	8.66	8.85	8.47
Tlalnepantla	7,943	8.48	8.75	8.21
Tlaltizapán de Zapata	52,399	8.96	8.95	8.97
Tlaquiltenango	33,789	8.97	9.07	8.86
Tlayacapan	19,408	9.3	9.28	9.32
Totolapan	12,750	8.63	8.75	8.5
Xochitepec	73,539	9.15	9.16	9.13
Yautepec	105,780	9.35	9.32	9.39
Yecapixtla	56,083	8.92	8.94	8.89
Zacatepec	36,094	10.37	10.23	10.54
Zacualpan de Amilpas	9,965	9.53	9.59	9.46
Temoac	16,574	8.86	8.99	8.71
Coatetelco	11,347	6.92	7.04	6.78
Xoxocotla	27,805	8.45	8.3	8.6
Hueyapan	7,855	7.41	7.54	7.26

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 21. Grado promedio de escolaridad



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Características de la vivienda

La vivienda es el espacio donde las personas desarrollan la mayor parte de su vida, de acuerdo con la Real Academia Española (RAE) en su definición basada en la Ley 18/2007, de 28 de diciembre, del Derecho a la Vivienda, art. 3 a) se entiende por vivienda a aquella “edificación, o departamento independiente dentro de ella, junto con los espacios y servicios comunes del inmueble en el que está situada y los anexos vinculados, susceptible de aportar a las personas que residan en ella el espacio, las instalaciones y demás medios materiales preciosos para satisfacer sus necesidades de habitación” . El INEGI considera como viviendas particulares en el Censo de Población y Vivienda 2010 a aquellas moradas particulares habitadas, deshabitadas y de uso temporal. Excluye a las viviendas particulares sin información de ocupantes.

Los servicios con los que cuenta una vivienda, así como la calidad de ésta exhiben las condiciones de vida de sus habitantes, es en este sentido un valioso indicador del grado de vulnerabilidad que determinada población asume, a medida que la calidad de las viviendas sea mayor o menor la vulnerabilidad de las mismas ante los fenómenos naturales o sociales potencialmente dañinos se verá afectada. Morelos cuenta con 560,669 viviendas particulares habitadas según el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI.

Viviendas particulares con piso de tierra

Es muy probable que el propietario de una vivienda con piso de tierra sea de muy escasos recursos, circunstancias que hacen a los residentes de la vivienda altamente vulnerables no sólo por la consecuencia que el piso de tierra tiene en el valor de la vivienda sino porque ese suelo puede acarrear problemas de salud y susceptibilidad a enfermedades. El estado de Morelos presenta 21,532 de sus viviendas en dicha condición, el 3.8% del total de sus viviendas particulares habitadas (INEGI, 2020).

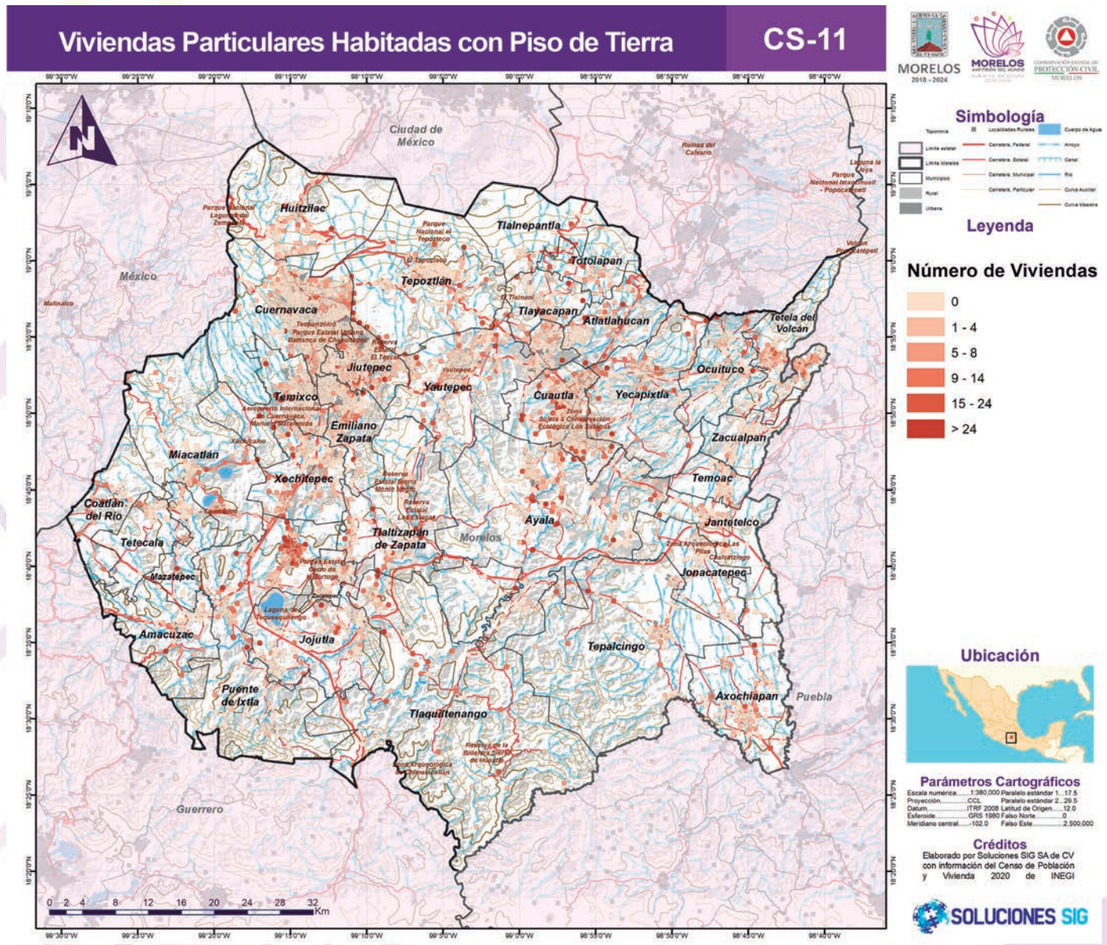
Afortunadamente, a nivel estatal las viviendas con piso de tierra no son tan abundantes, pero encontramos municipios con alto porcentaje de viviendas con piso de tierra; Xoxocotla (27.3%), Hueyapan (16.7%) Coatetelco (16.6%), Axochiapan (8.6%), Tetela del Volcán (7.8%), Atlatlahuacan (7.2%), (Ver la siguiente tabla).

Tabla 17.Viviendas particulares con piso de tierra totales y porcentuales por municipio, 2020

Municipio	Total, de viviendas particulares habitadas	Viviendas con piso de tierra	
		Total	Porcentaje
Amacuzac	4,991	234	4.7
Atlatlahucan	7,056	510	7.2
Axochiapan	9,974	861	8.6
Ayala	25,045	1569	6.3
Coatlán del Río	2,995	113	3.8
Cuautla	52,369	1893	3.6
Cuernavaca	114,637	1337	1.2
Emiliano Zapata	31,145	797	2.6
Huitzilac	6,702	217	3.2
Jantetelco	5,131	203	4.0
Jiutepec	61,598	1031	1.7
Jojutla	16,957	675	4.0
Jonacatepec de Leandro Valle	4,485	135	3.0
Mazatepec	2,900	63	2.2
Miacatlán	4,587	145	3.2
Ocuituco	4,990	297	6.0
Puente de Ixtla	11,305	468	4.1
Temixco	34,712	1094	3.2
Tepalcingo	7,786	469	6.0
Tepoztlán	15,579	770	4.9
Tetecala	2,387	63	2.6
Tetela del Volcán	3,799	296	7.8
Tlalnepantla	2,050	69	3.4
Tlaltizapán de Zapata	15,158	946	6.2
Tlaquiltenango	10,113	571	5.6
Tlayacapan	5,085	285	5.6
Totolapan	3,591	210	5.8
Xochitepec	19,658	1104	5.6
Yautepec	30,536	1206	3.9
Yecapixtla	14,649	794	5.4
Zacatepec	10,564	311	2.9
Zacualpan de Amilpas	2,832	52	1.8
Temoac	4,185	217	5.2
Coatetelco	2,813	466	16.6
Xoxocotla	6,340	1733	27.3
Hueyapan	1,965	328	16.7

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 22. Viviendas particulares con piso de tierra, 2010



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Servicios básicos en la vivienda (Luz eléctrica, agua entubada y drenaje)

Para que una vivienda no sea considerada en condición de carencia debe contar con los servicios básicos de luz eléctrica, agua potable entubada y drenaje según la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) (CONEVAL, 2020b), de forma que si alguno de estos servicios no se encontrará disponible la calidad de vida de los habitantes de la vivienda se vería gravemente afectada y en consecuencia la vulnerabilidad ante desastres que éstos presentarían sería mayor de la que tendrían si contarán con dichos servicios.

Viviendas particulares sin servicio de luz eléctrica

La gran parte del territorio estatal cuenta con el servicio de luz eléctrica el 99.6% de las viviendas totales habitadas, únicamente en los municipios de Huitzilac (68 viviendas), Jantetelco (54 viviendas), Totoloapan (40 viviendas) el porcentaje de viviendas que carecen del servicio de luz eléctrica es mayor al 1%.

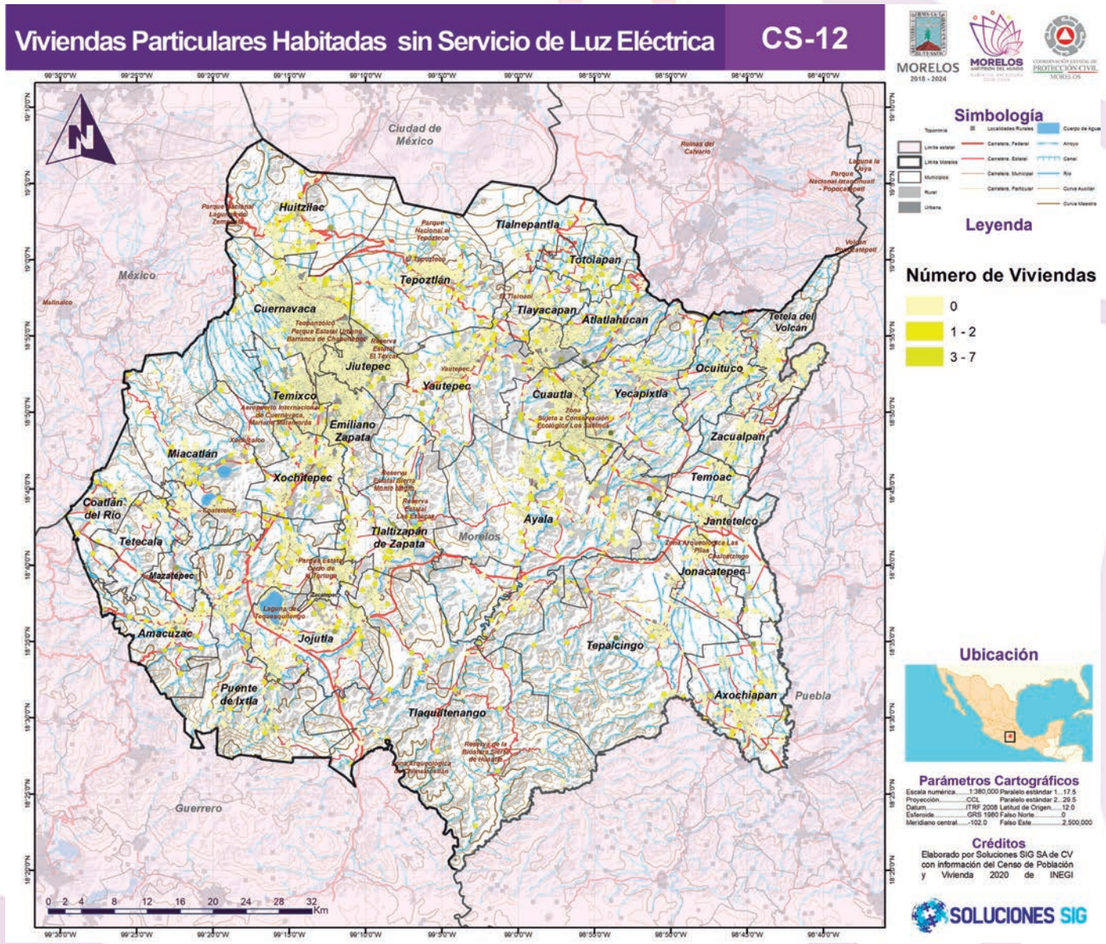
Tabla 18. Viviendas particulares sin servicio de luz eléctrica totales y porcentuales por municipio, 2020

Municipio	Total, de viviendas particulares habitadas	Viviendas sin servicio de luz eléctrica	
		Total	Porcentaje
Amacuzac	4794	33	0.7
Atlatlahucan	6574	75	1.1
Axochiapan	9946	69	0.7
Ayala	24852	209	0.8
Coatlán del Río	2980	20	0.7
Cuautla	51114	164	0.3
Cuernavaca	106134	143	0.1
Emiliano Zapata	27499	90	0.3
Huitzilac	6412	68	1.0
Jantetelco	5107	54	1.1
Jiutepec	56875	105	0.2
Jojutla	16823	83	0.5
Jonacatepec de Leandro Valle	4470	17	0.4
Mazatepec	2881	17	0.6
Miacatlán	4534	27	0.6
Ocuituco	4971	40	0.8
Puente de Ixtla	10815	70	0.6
Temixco	33541	144	0.4
Tepalcingo	7775	70	0.9
Tepoztlán	15013	110	0.7

Municipio	Total, de viviendas particulares habitadas	Viviendas sin servicio de luz eléctrica	
		Total	Porcentaje
Tetecala	2299	9	0.4
Tetela del Volcán	3796	28	0.7
Tlalnepantla	2000	6	0.3
Tlaltizapán de Zapata	14939	134	0.9
Tlaquiltenango	9905	58	0.6
Tlayacapan	5031	44	0.9
Totolapan	3558	40	1.1
Xochitepec	18678	91	0.5
Yautepec	30148	124	0.4
Yecapixtla	14449	98	0.7
Zacatepec	10283	30	0.3
Zacualpan de Amilpas	2827	16	0.6
Temoac	4159	11	0.3
Coatetelco	2799	26	0.9
Xoxocotla	6231	55	0.9
Hueyapan	1964	16	0.8

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 23. Viviendas particulares sin servicio de luz eléctrica



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Viviendas particulares sin servicio de agua entubada

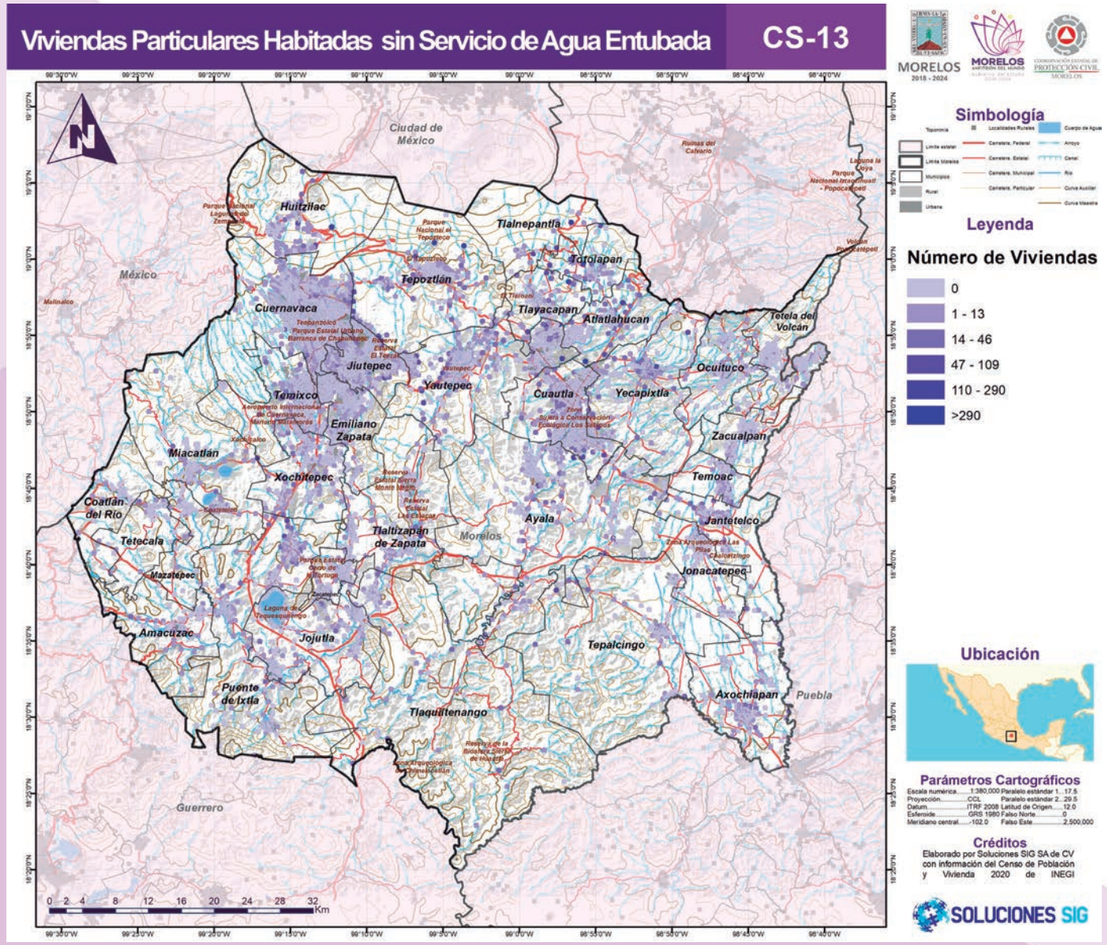
El 96% de las viviendas dentro del estado cuentan con el servicio de agua entubada, los municipios de Atlatlahuacan, Ayala, Cuautla, Cuernavaca, Huitzilac, Tepoztlán, Totoloapan, Yautepec y Yecapixtla son los que cuentan con más de 1000 viviendas sin este servicio básico (INEGI, 2020), (ver mapa CS-13).

Tabla 19. Viviendas particulares sin servicio de agua entubada totales y porcentuales por municipio, 2020

Municipio	Total, de viviendas particulares habitadas	Viviendas sin servicio de agua entubada	
		Total	Porcentaje
Amacuzac	4794	131	2.6
Atlatlahucan	6574	1,128	16.0
Axochiapan	9946	704	7.1
Ayala	24852	1,487	5.9
Coatlán del Río	2980	21	0.7
Cuautla	51114	1,354	2.6
Cuernavaca	106134	1,172	1.0
Emiliano Zapata	27499	359	1.2
Huitzilac	6412	1,278	19.1
Jantetelco	5107	516	10.1
Jiutepec	56875	804	1.3
Jojutla	16823	379	2.2
Jonacatepec de Leandro Valle	4470	122	2.7
Mazatepec	2881	24	0.8
Miacatlán	4534	89	1.9
Ocuituco	4971	151	3.0
Puente de Ixtla	10815	297	2.6
Temixco	33541	855	2.5
Tepalcingo	7775	445	5.7
Tepoztlán	15013	2,653	17.0
Tetecala	2299	54	2.3
Tetela del Volcán	3796	47	1.2
Tlalnepantla	2000	687	33.5
Tlaltizapán de Zapata	14939	423	2.8
Tlaquiltenango	9905	287	2.8
Tlayacapan	5031	598	11.8
Totolapan	3558	1,189	33.1
Xochitepec	18678	566	2.9
Yautepec	30148	2,208	7.2
Yecapixtla	14449	1,201	8.2
Zacatepec	10283	72	0.7
Zacualpan de Amilpas	2827	89	3.1
Temoac	4159	289	6.9
Coatetelco	2799	160	5.7
Xoxocotla	6231	742	11.7
Hueyapan	1964	35	1.8

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 24. Viviendas particulares sin servicio de agua entubada



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Viviendas particulares sin servicio de drenaje

El 1.8% de las viviendas particulares habitadas del territorio estatal de Morelos no disponen del servicio de drenaje, Cabe destacar que la demarcación de Hueyapan tiene casi la mitad (47.5) de viviendas sin servicio de drenaje, seguido de Tlalnepantla (13.8%) y Totolapan (67%); siendo los tres con mayor porcentaje de viviendas que no tienen acceso a este servicio básico (ver mapa CS-14).

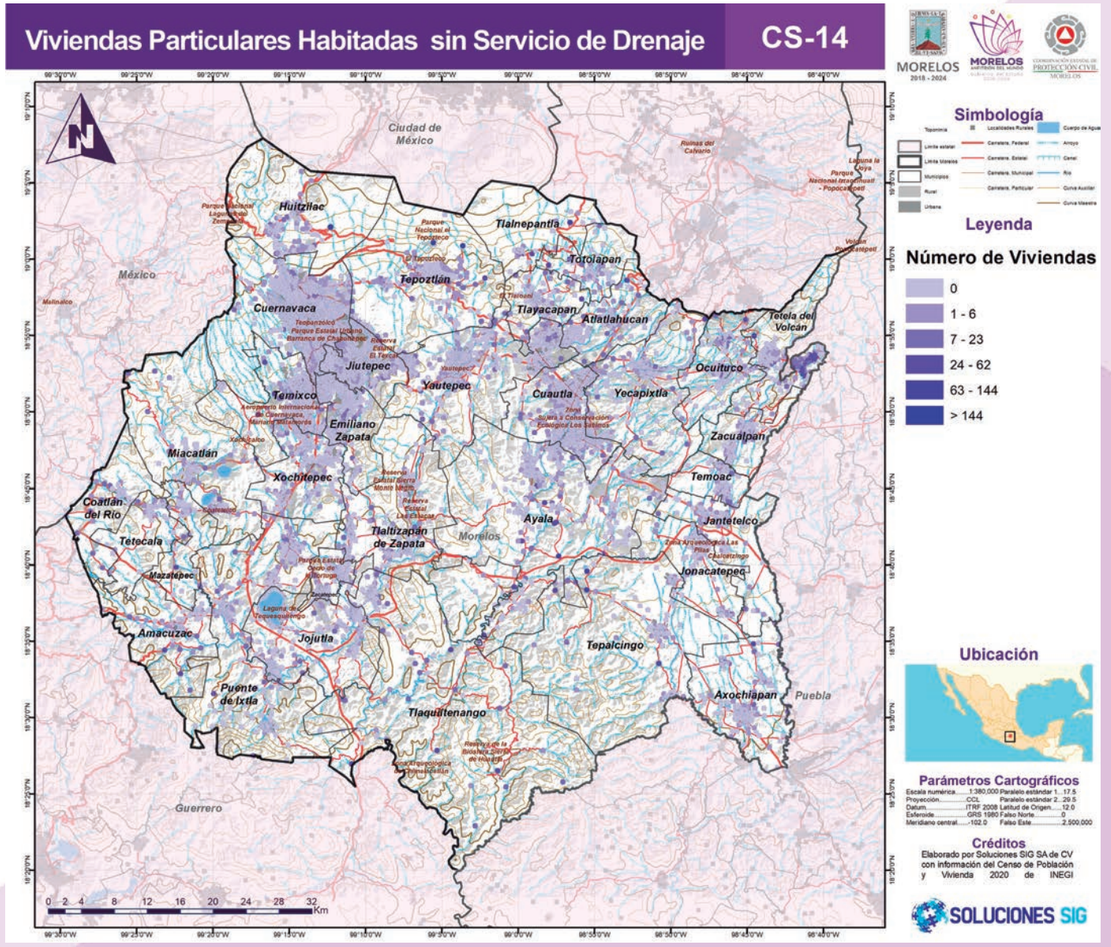
Tabla 20. Viviendas particulares sin servicio de drenaje totales y porcentuales por municipio, 2020

Municipio	Total, de viviendas particulares habitadas	Viviendas sin drenaje	
		Total	Porcentaje
Amacuzac	4794	227	4.5
Atlatlahucan	6574	172	2.4
Axochiapan	9946	358	3.6
Ayala	24852	868	3.5
Coatlán del Río	2980	142	4.7
Cuautla	51114	326	0.6
Cuernavaca	106134	356	0.3
Emiliano Zapata	27499	213	0.7
Huitzilac	6412	481	7.2
Jantetelco	5107	130	2.5
Jiutepec	56875	214	0.3
Jojutla	16823	184	1.1
Jonacatepec de Leandro Valle	4470	108	2.4
Mazatepec	2881	50	1.7
Miacatlán	4534	88	1.9
Ocuituco	4971	271	5.4
Puente de Ixtla	10815	242	2.1
Temixco	33541	363	1.0
Tepalcingo	7775	502	6.4
Tepoztlán	15013	706	4.5
Tetecala	2299	52	2.2
Tetela del Volcán	3796	172	4.5
Tlalnepantla	2000	282	13.8
Tlaltizapán de Zapata	14939	251	1.7
Tlaquiltenango	9905	405	4.0
Tlayacapan	5031	174	3.4
Totolapan	3558	239	6.7
Xochitepec	18678	185	0.9
Yautepec	30148	430	1.4
Yecapixtla	14449	355	2.4

Municipio	Total, de viviendas particulares habitadas	Viviendas sin drenaje	
		Total	Porcentaje
Zacatepec	10283	45	0.4
Zacualpan de Amilpas	2827	150	5.3
Temoac	4159	174	4.2
Coatetelco	2799	120	4.3
Xoxocotla	6231	126	2.0
Hueyapan	1964	933	47.5

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 25. Viviendas particulares sin servicio de drenaje



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Empleo e Ingresos

Las condiciones de desarrollo social a las que determinada población puede acceder dependen en gran medida a las circunstancias económicas que asumen, la cantidad de habitantes en edad económicamente productiva, el nivel de empleo, así como el nivel de dependencia de sus habitantes, derivan en su poder adquisitivo lo que puede incrementar o disminuir su grado de vulnerabilidad ante la presencia de algún fenómeno perturbador. En este apartado se presentan las principales características económicas de los habitantes del estado; los sectores de ocupación, ingresos del personal ocupado, la población económicamente activa (PEA), la Razón de Dependencia económica y la Tasa de Desempleo Abierto (TDA), más adelante se detallan las características económicas de producción del estado.

Población económicamente activa (PEA) y Tasa de Desempleo Abierto (TDA)

La PEA es considerada como las personas de 12 años y más que realizaron alguna actividad económica remunerada o están en búsqueda de ella según el Censo de población y vivienda de INEGI, 2010. La población ocupada se refiere al primer tipo de persona, aquellas que tenían trabajo, y la población desocupada comprende a aquellas que se encontraban en la búsqueda de un empleo, es importante reconocer que la información considera al sector informal y el nivel de desempleo pudiera verse disminuido por este factor, pues existen personas que al no encontrar trabajo formal deciden trabajar por su cuenta de esta forma.

La población económicamente activa representa el 41.9% del total estatal donde la mayoría pertenecen al sexo masculino, la población económicamente activa predomina en Cuernavaca, capital del estado con un total de 203, 425 PEA (INEGI, 2020), (ver mapa CS-15).

Por su parte la población desocupada (personas de 12 a 130 años de edad que no tenían trabajo, pero buscaron trabajo en la semana de referencia) representa al 2% del total estatal, de acuerdo a los criterios de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y del INEGI. Para calcular la Tasa de Desempleo Abierto (TDA) se emplea la siguiente formula: TDA = (Población desocupada (sin empleo) /PEA) *100. Así se concibe que la TDA es la proporción de la PEA que durante el período de referencia no se encuentra laborando. Las tres localidades con mayor desempleo son La Perla, La Partida y Santa Fe, tal como se aprecia en la siguiente tabla y gráfico.

Tabla 21. Población económicamente activa total, porcentual y por género, Población desocupada (desempleada) y Tasa de Desempleo Abierto (TDA) total y por género a nivel municipal, 2020

Municipio	Población total	Población Económicamente Activa (PEA)				Población desocupada (desempleada)			Tasa de Desempleo Abierto (TDA)		
		Total	Porcentaje	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Amacuzac	17,598	7649	43.5	4773	2876	135	114	21	1.8	2.4	0.7
Atlatlahucan	25,232	12052	47.8	7426	4626	192	148	44	1.6	2.0	1.0
Axochiapan	39,174	19038	48.6	11645	7393	194	154	40	1.0	1.3	0.5
Ayala	89,834	44704	49.8	26158	18546	669	506	163	1.5	1.9	0.9
Coatlán del Río	10,520	4200	39.9	2734	1466	160	127	33	3.8	4.6	2.3
Cuautla	187,118	97870	52.3	54027	43843	1717	1168	549	1.8	2.2	1.3
Cuernavaca	378,476	203425	53.7	108706	94719	5199	3450	1749	2.6	3.2	1.8
Emiliano Zapata	107,053	56063	52.4	31736	24327	1593	1112	481	2.8	3.5	2.0
Huitzilac	24,515	13254	54.1	7597	5657	223	155	68	1.7	2.0	1.2
Jantetelco	18,402	9120	49.6	5526	3594	131	102	29	1.4	1.8	0.8
Jiutepec	215,357	113477	52.7	62686	50791	2959	2005	954	2.6	3.2	1.9
Jojutla	57,682	28621	49.6	16313	12308	706	531	175	2.5	3.3	1.4
Jonacatepec de Leandro Valle	16,694	8023	48.1	4935	3088	186	144	42	2.3	2.9	1.4
Mazatepec	9,653	4165	43.1	2576	1589	190	164	26	4.6	6.4	1.6
Miacatlán	15,802	7765	49.1	4684	3081	203	162	41	2.6	3.5	1.3
Ocuituco	19,219	9685	50.4	6051	3634	93	77	16	1.0	1.3	0.4
Puente de Ixtla	40,018	19489	48.7	11194	8295	439	330	109	2.3	2.9	1.3
Temixco	122,263	63365	51.8	35968	27397	1394	1019	375	2.2	2.8	1.4
Tepalcingo	28,122	14041	49.9	8659	5382	212	181	31	1.5	2.1	0.6
Tepoztlán	54,987	30288	55.1	17235	13053	550	403	147	1.8	2.3	1.1
Tetecala	7,617	3637	47.7	2127	1510	136	96	40	3.7	4.5	2.6
Tetela del Volcán	14,853	7227	48.7	4692	2535	43	26	17	0.6	0.6	0.7
Tlalnepantla	7,943	4040	50.9	2690	1350	24	17	7	0.6	0.6	0.5
Tlaltizapán de Zapata	52,399	25999	49.6	15241	10758	441	334	107	1.7	2.2	1.0
Tlaquiltenango	33,789	16737	49.5	10049	6688	367	263	104	2.2	2.6	1.6
Tlayacapan	19,408	10308	53.1	6125	4183	102	74	28	1.0	1.2	0.7
Totolapan	12,750	6619	51.9	3974	2645	66	44	22	1.0	1.1	0.8
Xochitepec	73,539	38704	52.6	22811	15893	797	605	192	2.1	2.7	1.2
Yautepec	105,780	55086	52.1	31213	23873	968	716	252	1.8	2.3	1.1
Yecapixtla	56,083	29417	52.5	17423	11994	424	324	100	1.4	1.9	0.8
Zacatepec	36,094	17045	47.2	9631	7414	445	317	128	2.6	3.3	1.7

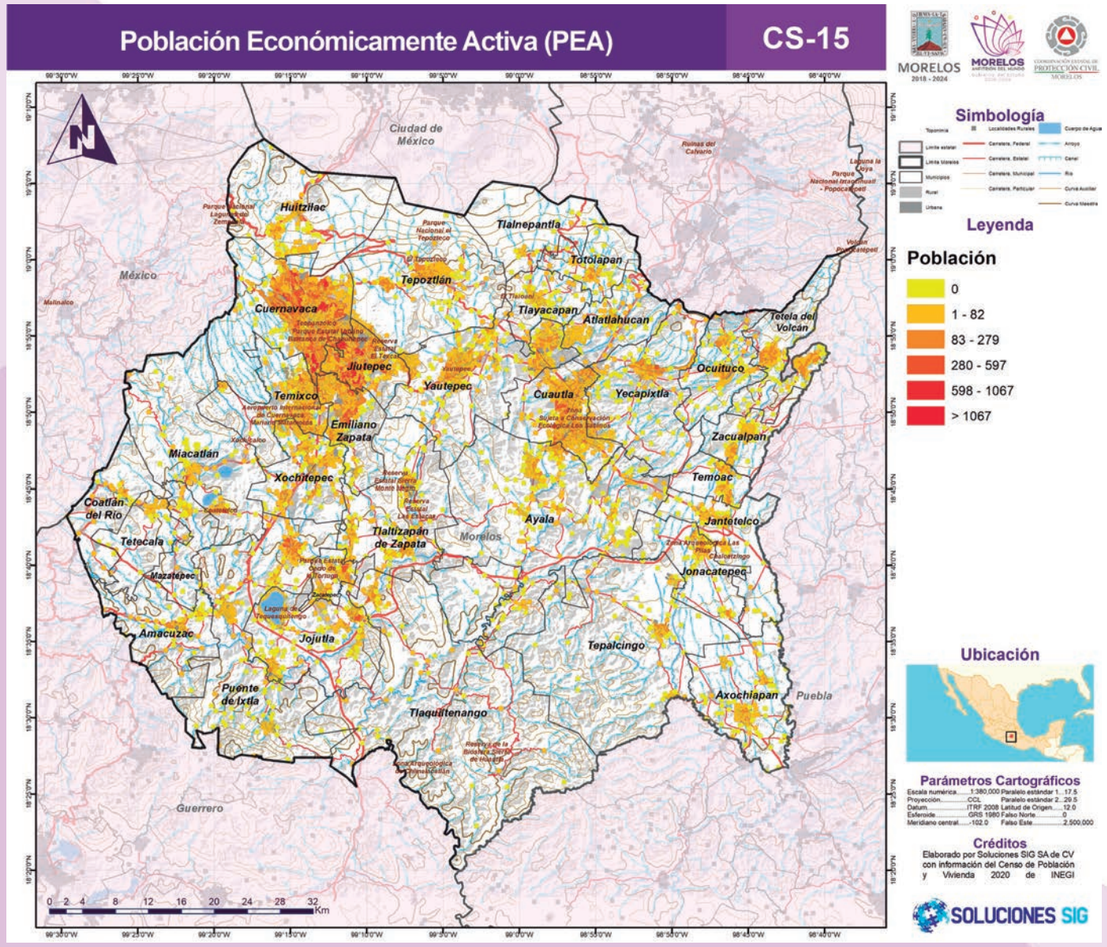
Municipio	Población total	Población Económicamente Activa (PEA)				Población desocupada (desempleada)			Tasa de Desempleo Abierto (TDA)		
		Total	Porcen-taje	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Zacualpan de Amilpas	9,965	4824	48.4	2986	1838	80	61	19	1.7	2.0	1.0
Temoac	16,574	8583	51.8	4951	3632	63	51	12	0.7	1.0	0.3
Coatetelco	11,347	5430	47.9	3361	2069	121	110	11	2.2	3.3	0.5
Xoxocotla	27,805	14251	51.3	8602	5649	538	469	69	3.8	5.5	1.2
Hueyapan	7,855	3788	48.2	2393	1395	14	10	4	0.4	0.4	0.3

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Gráfica 3. Tasa de Desempleo Abierto (TDA) por municipio, 2020

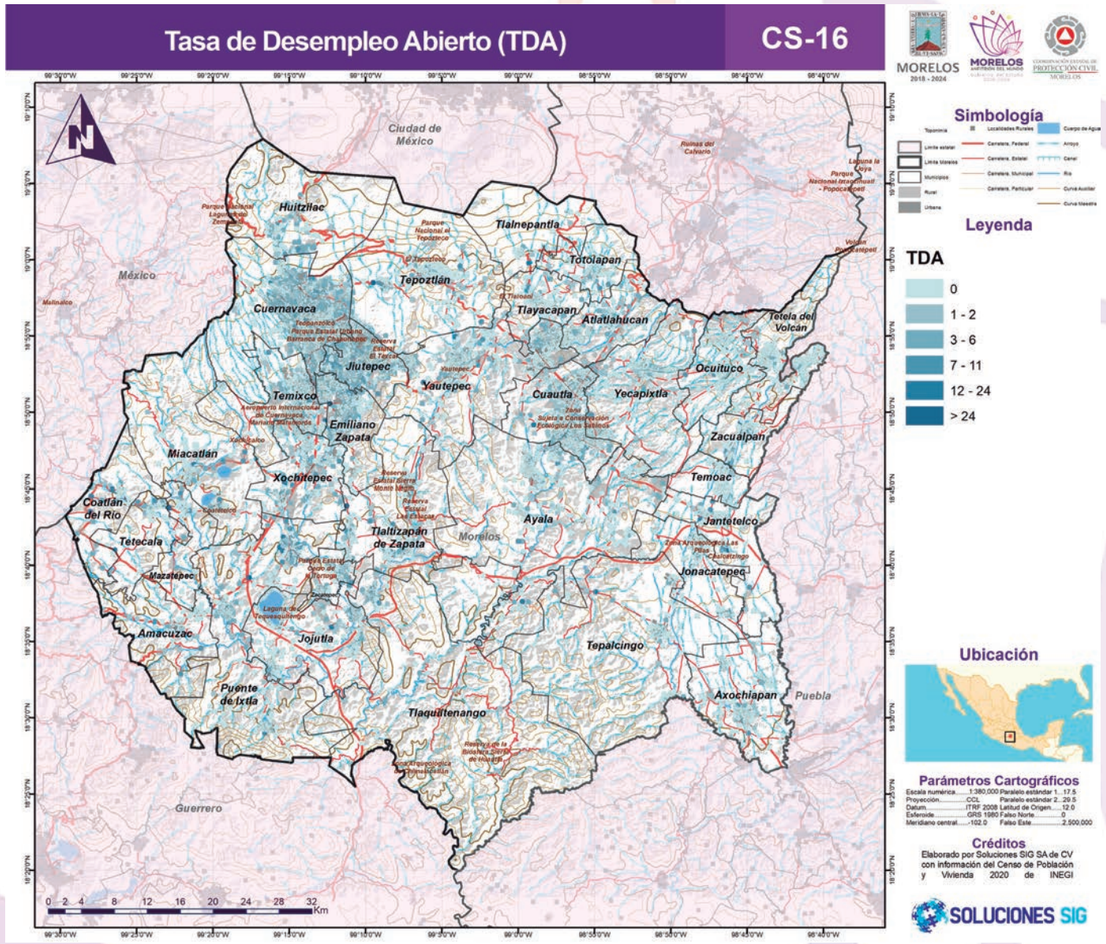
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 26. Población económicamente activa (PEA)



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 27. Tasa de Desempleo Abierto (TDA)



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Razón de dependencia económica

La Razón de dependencia económica es la relación entre la población económicamente activa (PEA) y la población económicamente inactiva (PEI), este indicador mide el grado de carga económica que una persona en edad productiva asume en promedio por su trabajo, se refiere a la cantidad de individuos inactivos que cada 100 activos deben sostener (Palacio, J. L., Sánchez, M. T. et al., 2004).

De acuerdo con el método propuesto por J. L. Palacio (2004) la población se divide en tres rangos:

1. Población infantil y juvenil: de 0 a 14 años,
2. PEA: población de 15 a 64 años y
3. Población de 65 años y más. Los rangos uno y tres conforman la PEI.

Es importante no olvidar que, dado el desempleo, es sabido que no todos los activos trabajan, sin embargo, la razón de dependencia representa qué cantidad de fuerza de trabajo se debería unir a la producción de bienes y servicios. Entre los diversos elementos demográficos que pueden ampliar o reducir la razón de dependencia se encuentran, los cambios en los niveles de fecundidad, mortalidad y aquellos productos de los movimientos migratorios.

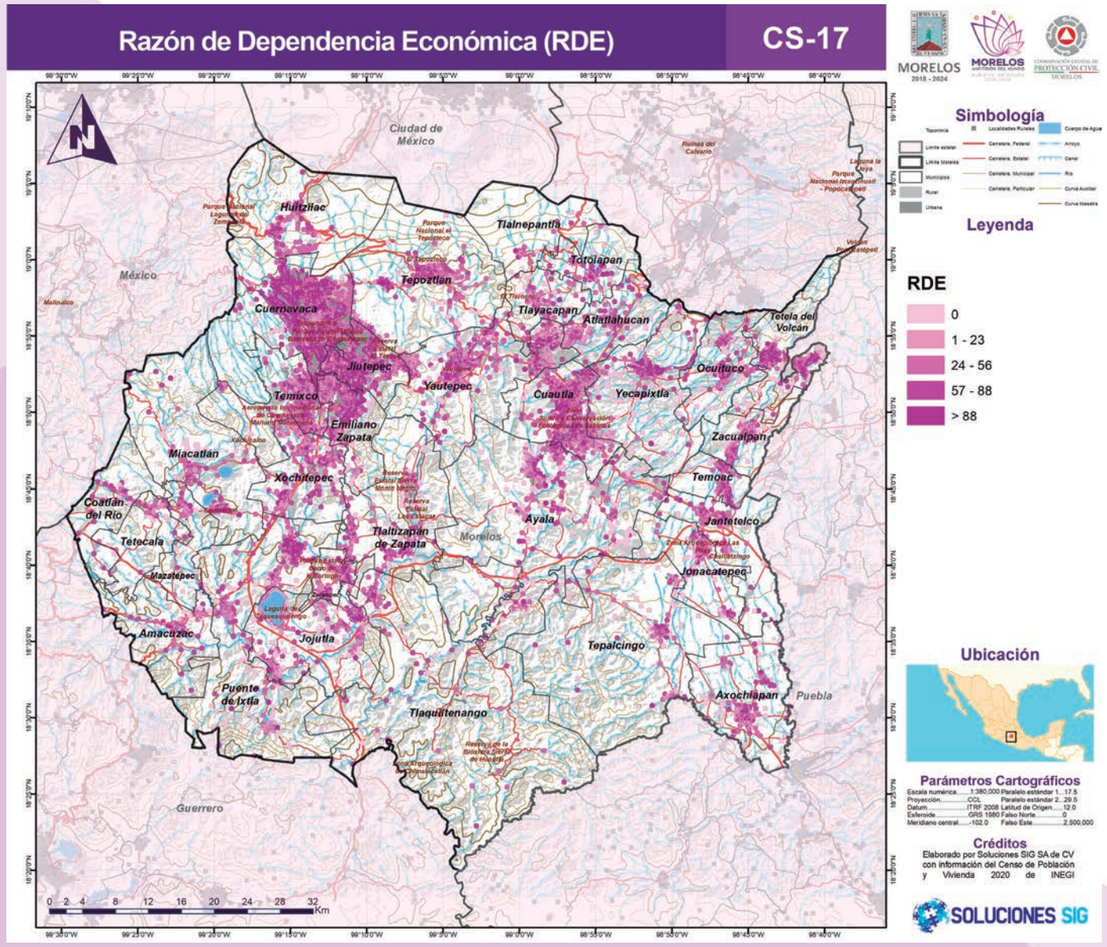
Este indicador se calcula con la suma del total de las personas que por su edad son consideradas como población dependiente o inactiva, la infantil y adulta mayor (menores de 15 años y mayores de 64 años), entre el total de personas que por su edad se estiman como económicamente productivas (mayores de 14 años y menores de 64 años), cuyo resultado se multiplica por cien.

Tabla 22. Población económicamente dependiente, productiva y Razón de dependencia económica por municipio, 2020

Municipio	Población total	Población económicamente dependiente		Población económicamente productiva	Razón de dependencia económica
		Población infantil (de cero a 14 años)	Población adulta mayor (De 65 años y más)	Población de 15 a 64 años	
Amacuzac	17,598	4676	1,895	11027	59.6
Atlatlahucan	25,232	6573	2,609	16044	57.2
Axochiapan	39,174	11094	3,244	24829	57.7
Ayala	89,834	23737	7,747	58336	54.0
Coatlán del Río	10,520	2484	1223	6813	54.4
Cuautla	187,118	43875	17975	125217	49.4
Cuernavaca	378,476	76300	45563	256398	47.5
Emiliano Zapata	107,053	26025	8462	72527	47.6
Huitzilac	24,515	6301	1892	16306	50.2
Jantetelco	18,402	4804	1527	12062	52.5
Jiutepec	215,357	48235	19302	147634	45.7
Jojutla	57,682	13061	6259	38322	50.4
Jonacatepec de Leandro Valle	16,694	4107	1572	10998	51.6
Mazatepec	9,653	2372	1084	6197	55.8
Miacatlán	15,802	3987	1717	10089	56.5
Ocuituco	19,219	5300	1516	12391	55.0
Puente de Ixtla	40,018	10116	4133	25734	55.4
Temixco	122,263	30369	10467	81363	50.2
Tepalcingo	28,122	7150	2836	18123	55.1
Tepoztlán	54,987	13135	4646	37193	47.8
Tetecala	7,617	1805	867	4945	54.0
Tetela del Volcán	14,853	4383	1005	9465	56.9
Tlalnepantla	7,943	2288	591	5064	56.9
Tlaltizapán de Zapata	52,399	12859	5238	34296	52.8
Tlaquiltenango	33,789	7851	3718	22217	52.1
Tlayacapan	19,408	4931	1756	12713	52.6
Totolapan	12,750	3522	1045	8181	55.8
Xochitepec	73,539	18329	5786	49395	48.8
Yautepec	105,780	26066	10064	69535	52.0
Yecapixtla	56,083	15204	4163	36697	52.8
Zacatepec	36,094	7828	4155	24106	49.7
Zacualpan de Amilpas	9,965	2457	1069	6439	54.8
Temoac	16,574	4257	1222	11083	49.4
Coatetelco	11,347	3286	925	7136	59.0
Xoxocotla	27,805	7497	1491	18814	47.8
Hueyapan	7,855	2287	664	4904	60.2

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 28. Razón de dependencia económica



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Población hablante de lengua indígena

La población que habla alguna lengua indígena en Morelos representa apenas el 1.9% del total estatal según los datos del Censo de Población y Vivienda, 2020. Las colonias con mayor cantidad de población que habla alguna lengua indígena, con más del 5 % de habitantes en dicha condición son Tlacayapan (1,037 habitantes), Xoxocotla (2,209 habitantes) y Hueyapan (2,575 habitantes) En el año 2020 las personas de 5 años y más hablan una lengua indígena y no el idioma español ocupan solo el 0.04% del total estatal, lo cual exhibe una clara minoría de este sector demográfico.

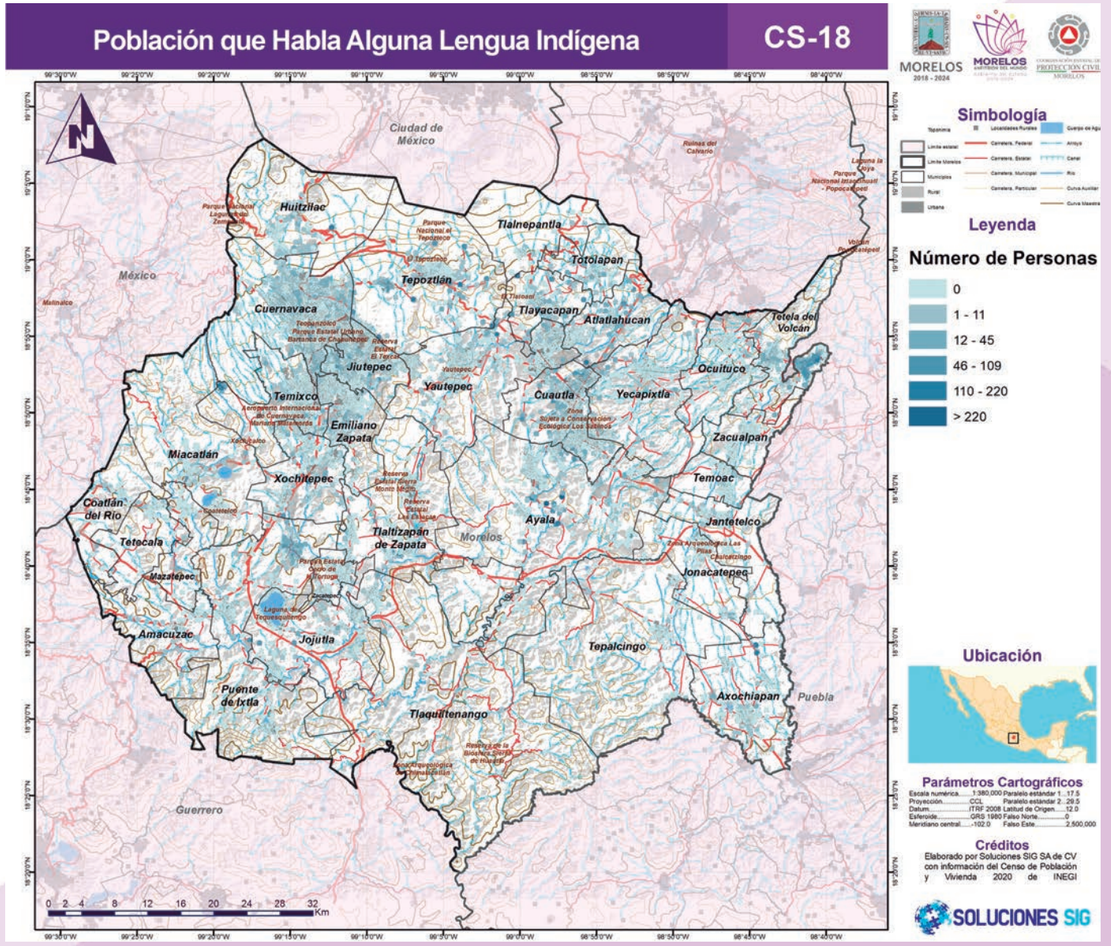
Tabla 23. Población de 5 años y más hablante de lengua indígena por municipio, 2020

Municipio	Población total	Población de 5 años y más hablante de lengua indígena		Población de 5 años y más hablante de lengua indígena, que no habla español
		Total	Porcentaje	Total
Amacuzac	17,598	40	0.2	0
Atlatlahucan	25,232	828	3.3	9
Axochiapan	39,174	666	1.7	54
Ayala	89,834	3227	3.6	195
Coatlán del Río	10,520	15	0.1	0
Cuautla	187,118	5093	2.7	109
Cuernavaca	378,476	4720	1.2	35
Emiliano Zapata	107,053	922	0.9	5
Huitzilac	24,515	516	2.1	6
Jantetelco	18,402	161	0.9	*
Jiutepec	215,357	1945	0.9	38
Jojutla	57,682	544	0.9	3
Jonacatepec de Leandro Valle	16,694	349	2.1	17
Mazatepec	9,653	27	0.3	0
Miacatlán	15,802	162	1.0	*
Ocuituco	19,219	70	0.4	0
Puente de Ixtla	40,018	216	0.5	10
Temixco	122,263	4627	3.8	164
Tepalcingo	28,122	102	0.4	*
Tepoztlán	54,987	2658	4.8	32
Tetecala	7,617	19	0.2	0
Tetela del Volcán	14,853	526	3.5	*
Tlalnepantla	7,943	126	1.6	0
Tlaltizapán de Zapata	52,399	563	1.1	9

Municipio	Población total	Población de 5 años y más hablante de lengua indígena		Población de 5 años y más hablante de lengua indígena, que no habla español
		Total	Porcentaje	Total
Tlaquiltenango	33,789	224	0.7	*
Tlayacapan	19,408	1037	5.3	41
Totolapan	12,750	304	2.4	4
Xochitepec	73,539	1014	1.4	13
Yautepec	105,780	1089	1.0	51
Yecapixtla	56,083	647	1.2	10
Zacatepec	36,094	151	0.4	*
Zacualpan de Amilpas	9,965	36	0.4	*
Temoac	16,574	108	0.7	0
Coatetelco	11,347	53	0.5	0
Xoxocotla	27,805	2209	7.9	16
Hueyapan	7,855	2575	32.8	7

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 29. Población que habla alguna lengua indígena



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto)

La condición del hacinamiento se refiere a la concentración de habitantes en una vivienda, en este apartado se considera como tal al promedio de ocupantes por cuarto de las viviendas particulares de las localidades rurales y manzanas urbanas dentro de Torreón. Esta condición muestra una relación estrecha con situaciones de pobreza, ya que el hacinamiento deteriora significativamente el medio social en el que los individuos se desarrollan y desmejora su calidad de vida.

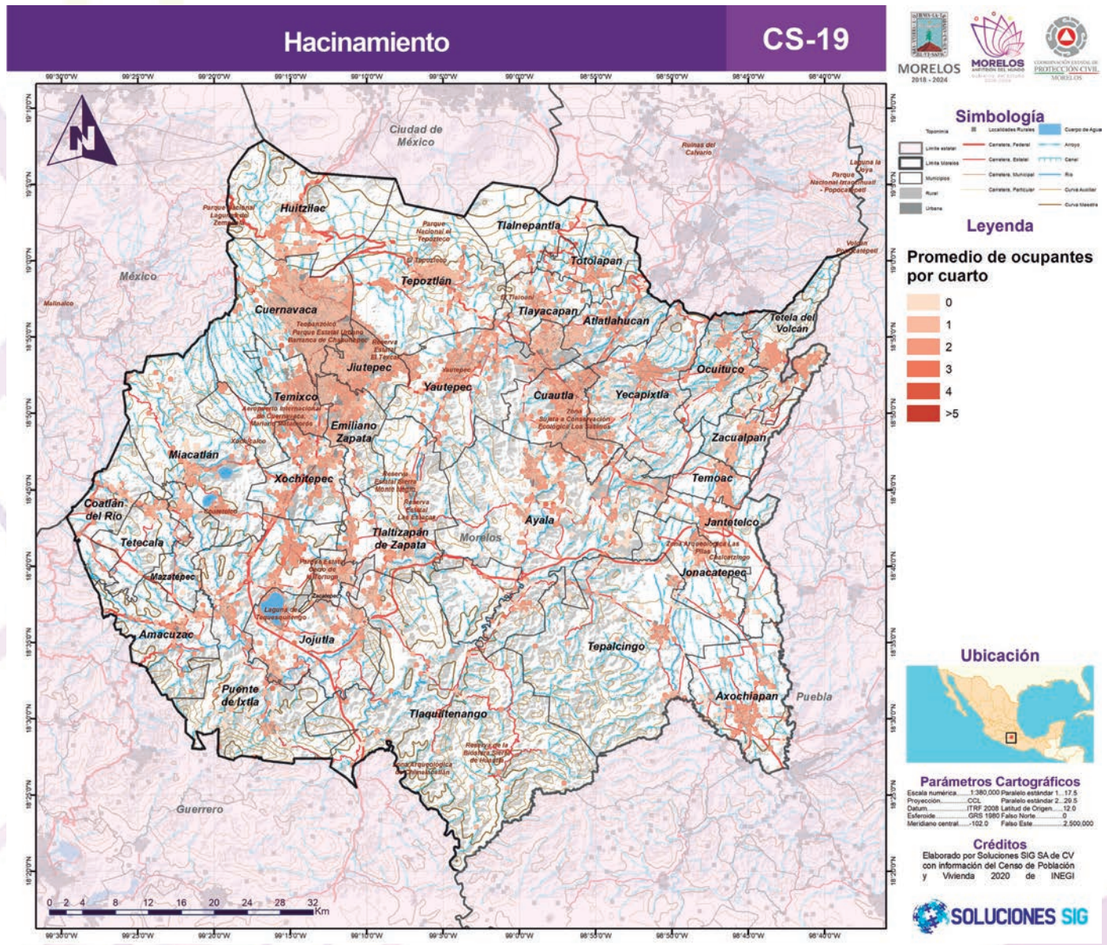
El promedio de ocupantes por cuarto a nivel estatal es menor a 1 (0.96) y de ocupantes en viviendas es de 3.5, por lo que la situación de hacinamiento puede considerarse adecuada.

Tabla 24. Promedio de ocupantes en viviendas y por cuarto a nivel municipal, 2020

Municipio	Viviendas totales	Total, de viviendas particulares habitadas	Promedio de ocupantes en viviendas	Promedio de ocupantes por cuarto
Amacuzac	7050	4794	3.53	1.07
Atlatlahucan	14904	6574	3.57	1.01
Axochiapan	12614	9946	3.93	1.14
Ayala	43023	24852	3.57	1.04
Coatlán del Río	4548	2980	3.23	1
Cuautla	69767	51114	3.55	0.95
Cuernavaca	148249	106134	3.28	0.81
Emiliano Zapata	58108	27499	3.43	0.95
Huitzilac	9647	6412	3.66	1.02
Jantetelco	6971	5107	3.58	1.04
Jiutepec	73832	56875	3.49	0.89
Jojutla	26540	16823	3.38	0.97
Jonacatepec de Leandro Valle	6035	4470	3.7	1.05
Mazatepec	4168	2881	3.32	0.97
Miacatlán	7032	4534	3.36	0.98
Ocuituco	6631	4971	3.85	1.16
Puente de Ixtla	15533	10815	3.53	1.02
Temixco	57988	33541	3.52	1.03
Tepalcingo	10726	7775	3.61	1.03
Tepoztlán	21741	15013	3.52	1
Tetecala	3543	2299	3.19	0.95
Tetela del Volcán	4678	3796	3.91	1.13
Tlalnepantla	2703	2000	3.87	1.17
Tlaltizapán de Zapata	22928	14939	3.43	1
Tlaquiltenango	14057	9905	3.34	0.98
Tlayacapan	8002	5031	3.82	1.09
Totolapan	4924	3558	3.55	1.14
Xochitepec	41685	18678	3.61	1.06
Yautepec	54477	30148	3.46	1
Yecapixtla	20630	14449	3.83	1.15
Zacatepec	13819	10283	3.42	0.9
Zacualpan de Amilpas	4082	2827	3.52	0.95
Temoac	5222	4159	3.88	1.15
Coatetelco	3566	2799	4.02	1.43
Xoxocotla	7495	6231	4.38	1.47
Hueyapan	2583	1964	4	1.11

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Mapa 30. Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto)



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI

Pobreza y Marginación

La pobreza es una condición donde algún individuo o comunidad carece de los recursos necesarios para satisfacer sus necesidades básicas, esta situación es de las mayores causas de vulnerabilidad por lo que su reducción es una de las principales necesidades sociales. En México el instituto encargado de definir, identificar y medir la pobreza es el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) conforme a lo dispuesto en el Artículo 36 de la Ley General de Desarrollo Social (CONEVAL, 2020a).

EL CONEVAL determina a la población en condición de pobreza mediante su falta de servicios de salud, educación, seguridad social, ingresos, calidad y espacios en la vivienda, alimentación adecuada, grado de cohesión social y grado de accesibilidad a carretera pavimentada (CONEVAL, 2020b). La clasifica conforme a la intensidad de la carencia en pobreza y pobreza extrema.

Grado de marginación

La marginación es uno de los principales indicadores que programas a nivel nacional como el PROAGUA (programa para el fortalecimiento e incremento de la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la Comisión Nacional del Agua) toman en cuenta para atender a población de escasos recursos (DOF, 2019). Este concepto se define “como un problema estructural de la sociedad, en donde no están presentes ciertas oportunidades para el desarrollo, ni las capacidades para adquirirlas. Si tales oportunidades no se manifiestan directamente, las familias y comunidades que viven en esta situación se encuentran expuestas a ciertos riesgos y vulnerabilidades que les impiden alcanzar determinadas condiciones de vida” (CONAPO, 2010a). En este sentido la marginación de una población con respecto a otra exterioriza su grado de vulnerabilidad.

El índice de Marginación del Consejo Nacional de Población (CONAPO) se constituye por tres dimensiones socioeconómicas: Educación, Vivienda y Disponibilidad de bienes, las cuales se evalúan a través de los siguientes 8 indicadores: Porcentaje de la población de 15 años o más analfabeta, porcentaje de la población de 15 años o más sin primaria completa, porcentaje de viviendas particulares habitadas sin excusado, porcentaje de viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica, porcentaje de viviendas particulares habitadas sin disponibilidad de agua entubada, promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas, porcentaje de viviendas particulares habitadas con piso de tierra y porcentaje de viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador (CONAPO, 2010a).

El contexto urbano asume distinciones del contexto general por lo que el CONAPO considera un cálculo de marginación específico (la marginación urbana) donde los

indicadores varían para reflejar problemáticas más reducidas, dicho cálculo se efectúa dentro de cada área geoestadística básica (AGEB) urbana (delimitado por el INEGI), cuyos componentes corresponden a los siguientes: Porcentaje de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela, porcentaje de población de 15 años o más sin secundaria completa, porcentaje de población sin derecho-habiencia a los servicios de salud, porcentaje de hijos fallecidos de las mujeres de 15 a 49 años, porcentaje de viviendas particulares sin agua entubada dentro de la vivienda, de viviendas particulares sin drenaje conectado a la red pública o fosa séptica, de viviendas particulares sin excusado con conexión de agua, de viviendas particulares con piso de tierra, de viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento y de viviendas particulares sin refrigerador (CONAPO, 2010b).

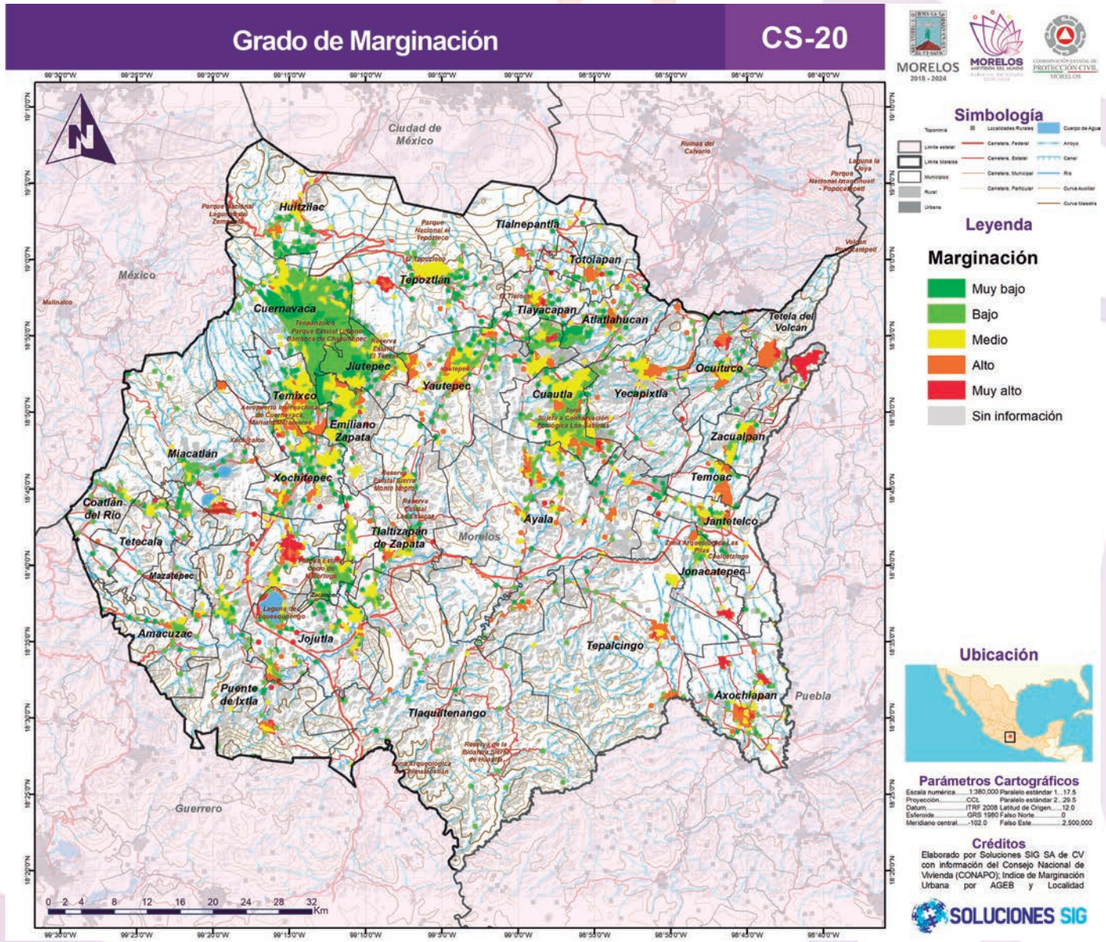
En promedio los municipios pertenecientes al estado de Morelos, se encuentran en un grado de marginación de muy bajo a medio. Los que se encuentran en un grado medio son Axochiapan, Tlalnepantla, Totolapan, Coatetelco y Xoxocotla; Según el Índice de Marginación por localidad 2010 del CONAPO.

Tabla 25. Grado de marginación por municipio, 2010

Municipio	Población total	Grado de marginación	Localidad	Población total	Grado de marginación
Amacuzac	17,598	Bajo	Tepoztlán	54,987	Bajo
Atlatlahucan	25,232	Bajo	Tetecala	7,617	Bajo
Axochiapan	39,174	Medio	Tetela del Volcán	14,853	Bajo
Ayala	89,834	Bajo	Tlalnepantla	7,943	Medio
Coatlán del Río	10,520	Bajo	Tlaltizapán de Zapata	52,399	Bajo
Cuautla	187,118	Muy bajo	Tlaquiltenango	33,789	Bajo
Cuernavaca	378,476	Muy bajo	Tlayacapan	19,408	Bajo
Emiliano Zapata	107,053	Muy bajo	Totolapan	12,750	Medio
Huitzilac	24,515	Bajo	Xochitepec	73,539	Muy bajo
Jantetelco	18,402	Bajo	Yautepec	105,780	Muy bajo
Jiutepec	215,357	Muy bajo	Yecapixtla	56,083	Bajo
Jojutla	57,682	Muy bajo	Zacatepec	36,094	Muy bajo
Jonacatepec de Leandro Valle	16,694	Bajo	Zacualpan de Amilpas	9,965	Muy bajo
Mazatepec	9,653	Bajo	Temoac	16,574	Bajo
Miacatlán	15,802	Muy bajo	Coatetelco	11,347	Medio
Ocuituco	19,219	Bajo	Xoxocotla	27,805	Medio
Puente de Ixtla	40,018	Muy bajo	Hueyapan	7,855	Bajo
Temixco	122,263	Muy bajo			
Tepalcingo	28,122	Bajo			

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de CONAPO, Índice de Marginación por municipio, 2010

Mapa 31. Grado de Marginación



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de CONAPO, Índice de Marginación urbana y por localidad, 2010

FASE II

IDENTIFICACIÓN DE FENÓMENOS PERTURBADORES

© Foto: Subdirección de Gestión Integral de Riesgos. CEPCM

A. GEOLÓGICOS

1. Procesos de Remoción en Masa (deslizamientos, flujos y caídos o derrumbes)

Antecedentes

Estos fenómenos se han incrementado en los últimos siglos por la sobrepoblación y el aumento del área necesaria para obtener espacios habitables. El constante cambio de uso de suelo y la presencia de fenómenos hidrometeorológicos como la precipitación facilitan la movilización superficial o profunda de la capa alterada del suelo, desencadenando movimientos de tierra a consecuencia de la presión ejercida por la precipitación haciéndolas caer por gravedad.

Acciones como la deforestación o la implantación de sistemas de drenaje son algunos efectos derivados de las causas antropogénicas que aceleran los procesos de remoción del material entre otras más.

La inestabilidad de laderas está condicionada, tanto en su origen y desarrollo, por diferentes mecanismos, los cuales ayudan a clasificar los tipos de procesos de ladera existentes; siguiendo estos parámetros, dichos procesos se agrupan en cuatro categorías principales y una derivada de la combinación de éstas. Los mecanismos básicos de inestabilidad de laderas son los caídos o derrumbes, flujos, deslizamientos y las expansiones o desplazamientos laterales. Cuando el mecanismo inicial de un movimiento se transforma en otro, se presenta un movimiento complejo. (Alcántara-Ayala, 2000).

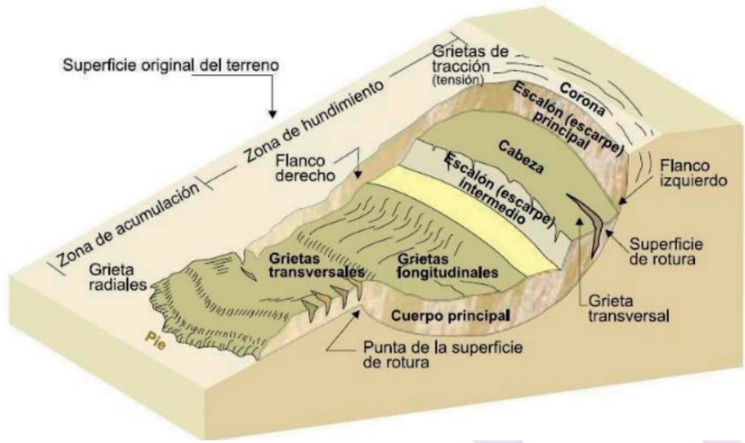
Los deslizamientos se subdividen en dos: los rotacionales y los de traslación; en los deslizamientos rotacionales la principal superficie de cizallamiento es cóncava, precisando un movimiento rotacional en la masa de detritos y rocas. Las laderas con bloques densamente fracturados, las que no tienen vegetación y sustratos rocosos con estratificación horizontal y las laderas con depósitos morrénicos y de regolitos, son algunas condiciones que favorecen la existencia de este tipo de movimientos (CENAPRED, 2004).

Con respecto a los deslizamientos de traslación, los fragmentos de rocas y masa de suelo se desplazan hacia afuera y abajo a lo largo de una superficie relativamente plana. La presencia de los deslizamientos de traslación resulta más común donde las pendientes se componen de materiales homogéneos, como en las arcillas. El material puede moverse como un solo bloque, aunque generalmente se rompen en muchos segmentos separados por fisuras transversales.

Por tanto, podemos decir que un Proceso de Remoción en Masa se define como un movimiento que consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies y que obedecen a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por efecto de corte, rellenos, deforestación, entre otros. (Suárez, 1998).
Se consultó información de cartografía en formato digital de datos Geológicos, Hidrológicos, de tipo de Vegetación, Edafología, Minería regional, teniendo como fuente CONABIO, INEGI y el Servicio Geológico Mexicano entre otros.

Fueron consultados artículos y publicaciones de instituciones, organismos especializados y metodologías relacionadas a los análisis de Procesos de remoción de masas.

Ilustración 3 Elementos que componen un deslizamiento de laderas.



Fuente: CENAPRED, 2019.

A continuación, se describe el trabajo elaborado en campo en el que se evaluaron las características del terreno desde el punto de vista de las ciencias naturales, incluyendo algunos aspectos biológicos, y ramas de la geología, la geomorfología la edafología, topografía con la finalidad de identificar factores detonantes de la inestabilidad y construir criterios cuantitativos de la inestabilidad del terreno y laderas.

La geomorfología estudia el relieve de la Tierra, que incluye las formas y estructuras de todas las dimensiones, desde continentes hasta cuencas oceánicas, es considerada como una disciplina geológico-geográfica, donde se integran términos geológicos relacionados con la constitución del relieve (minerales, rocas), con su construcción de estructuras, la evolución en el tiempo, entre otros. El relieve se relaciona también con los elementos físico-geográficos, como el suelo y el clima. La combinación de distintos elementos conlleva a la formulación de morfologías que se describen como unidades representativas del relieve (Lugo-Hubp, 2011).

Metodología

El mapa de susceptibilidad a Procesos de Remoción en Masa se genera a partir del análisis multicriterio de diferentes capas temáticas en el cual se asigna su peso ponderado conforme al Método de las Jerarquías Analíticas.

Este método, desarrollado por Saaty (1990), se basa en el desarrollo de prioridades (en este caso, la importancia del criterio para la generación de un proceso de deslizamiento), éstos son cualificados y cuantificados mediante ciertos parámetros inherentes a cada criterio. En este análisis, cada parámetro asigna un puntaje entre 1 y 5 de acuerdo al nivel de importancia concedida.

Tabla 26 Parámetros usados para la calificación/cuantificación de la concordancia de los criterios utilizados.

Nivel de importancia	Definición	Descripción
1	Menor preferencia	El criterio A tiene menor dominancia sobre el criterio B.
2	Igual preferencia	Los dos criterios contribuyen de igual manera al p roceso de ladera.
3	Moderada preferencia	Favorecido ligeramente el criterio A sobre el B.
4	Fuerte preferencia	Dominancia del criterio A sobre el B.
5	Absoluta preferencia	Supremacía del criterio A

Fuente: Soluciones SIG, 2022

Los factores condicionantes considerados son:

- Litología
- Pendientes
- Cobertura vegetal
- Geomorfología

Cada criterio se interpreta y se clasifica en valores de 1 a 5 asociados a un semáforo de colores. De esta forma se tienen tres escalas: 1) Cuantitativa, 2) Cualitativa y 3) Código de Color, (CENAPRED, 2016).

Tabla 27 Escala cuantitativa, cualitativa y colores asignados.

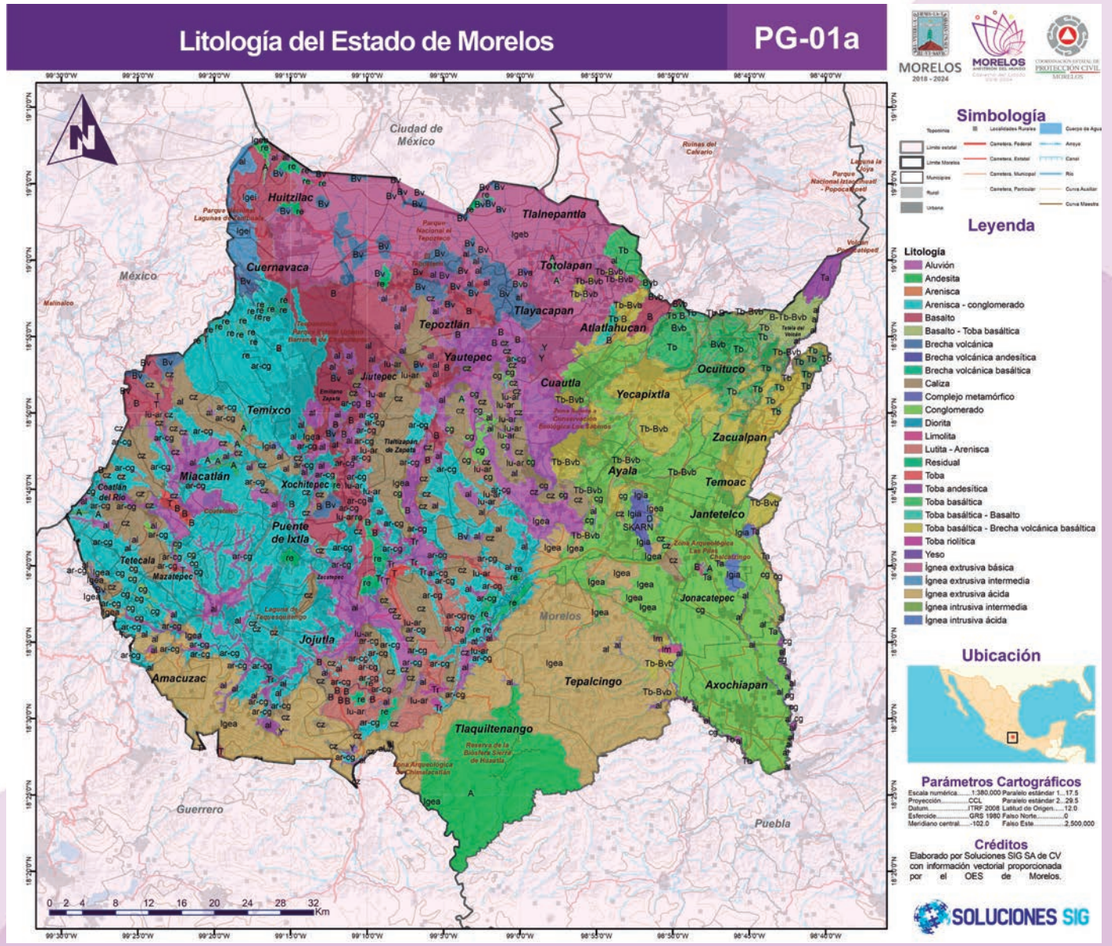
Cuantitativo	Cualitativo	Nombre del color	Color
1	Muy bajo	Verde oscuro	
2	Bajo	Verde claro	
3	Medio	Amarillo	
4	Alto	Anaranjado	
5	Muy alto	Rojo	

Fuente: Soluciones SIG, 2022.

Factor litología

De entre todos los parámetros que intervienen en la estabilidad/inestabilidad de laderas y taludes, la litología es una de las principales, ya que cada material presenta características y resistencias específicas tanto a factores externos como internos, además, su distinto estado de fracturación, permeabilidad, facilidad de meteorización, intervienen directamente en la estabilidad. Para la evaluación de este criterio se utilizó la cartografía geológica del Estado en formato vectorial a escala 1:250,000 proporcionada por el Observatorio Estatal de la Sustentabilidad de Morelos (OES).

Mapa 32 Litología del estado de Morelos



Fuente: Observatorio Estatal de Sustentabilidad de Morelos.

En el estado de Morelos existen afloramientos de rocas ígneas, sedimentarias y una pequeña porción de metamórficas. Las rocas más antiguas son las sedimentarias del Cretácico Inferior, litológicamente clasificadas como calizas y depósitos marinos interestratificados de areniscas y lutitas. Las rocas volcánicas son las más jóvenes y las segundas más abundantes (Cuaternario). Las estructuras geológicas más notables son las constituidas por los aparatos volcánicos y sus grandes espesores de lava. Por otra parte, las rocas sedimentarias del Cretácico forman estructuras plegadas (anticlinales y sinclinales). Los depósitos aluviales forman las planicies de la cuenca del Balsas (SPP, 1981).

La siguiente tabla muestra los distintos tipos de roca que se localizan dentro del estado de Morelos, su tipo y la superficie aproximada sobre la cual se extiende.

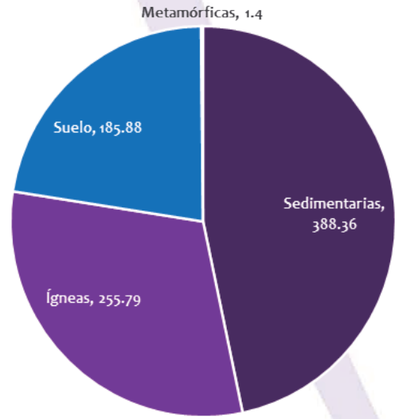
Tabla 28 Litología del Estado de Morelos.

Clave	Litología	Tipo	Superficie (km²)
al	Aluvión	Suelo	134.9
A	Andesita	Ígnea	10.9
ar	Arenisca	Sedimentaria	0.6
ar-cg	Arenisca - conglomerado	Sedimentaria	148.4
B	Basalto	Ígnea	31.3
B-Tb-Bvb	Basalto - Toba basáltica - Brecha volcánica basáltica	Ígnea	3.4
Bv	Brecha volcánica	Ígnea	72.5
Bva	Brecha volcánica andesítica	Ígnea	0.7
Bvb	Brecha volcánica basáltica	Ígnea	2.7
cz	Caliza	Sedimentaria	156.6
SKARN	Complejo metamórfico	Metamórfica	1.4
cg	Conglomerado	Sedimentaria	34.7
D	Diorita	Ígnea	0.3
Igea	Ígnea extrusiva ácida	Ígnea	26.7
Igeb	Ígnea extrusiva básica	Ígnea	4.8
Igei	Ígnea extrusiva intermedia	Ígnea	4.9
Igia	Ígnea intrusiva ácida	Ígnea	10.9
Igii	Ígnea intrusiva intermedia	Ígnea	0.2
lm	Limolita	Sedimentaria	2.2
lu-ar	Lutita - Arenisca	Sedimentaria	44.4
re	Residual	Suelo	51.0
T	Toba	Ígnea	14.0
Ta	Toba andesítica	Ígnea	2.7
Tb	Toba basáltica	Ígnea	30.7
Tb B	Toba basáltica - Basalto	Ígnea	6.3
Tb-Bvb	Toba basáltica - Brecha volcánica basáltica	Ígnea	26.0
Tr	Toba riolítica	Ígnea	6.9
Y	Yeso	Sedimentaria	1.5

Fuente: Observatorio Estatal de Sustentabilidad de Morelos.

Se puede observar que las rocas con mayor extensión dentro del territorio estatal son de tipo sedimentaria, las cuales ocupan una superficie aproximada de 388.3 km², seguidas por las ígneas con un área de 255.8 km²; los suelos residuales y aluviones se localizan en una superficie de 185.8 km² y las metamórficas solamente abarcan un área de 1.4 km².

Gráfica 4 Superficie en Km² de los tipos de litología del estado de Morelos



Fuente: Soluciones SIG, 2022

Las rocas calizas del Cretácico, mismas que predominan en el Estado están clasificadas como calizas de ambiente marino. El Cretácico Superior en el Estado está representado por una secuencia interestratificada de areniscas y lutitas con espesores variables y planos de estratificación bien definidos. Estas rocas se encuentran al norte y oeste de Miacatlán, norte de Cocoyutla, oeste de Xochitepec, sur de Jiutepec, sur y sureste de Yautepec, este y oeste de Ticumán, sur y oeste de Cuautla, oeste de Tetecala de la Reforma, noroeste de Tlaltizapán, noroeste de Zacatepec, oeste de Galeana, sureste de Jojutla, noreste y sur de Lorenzo Vázquez. Destaca que las estructuras geomorfológicas de sierras y sierras de laderas escarpadas se encuentran conformadas por este tipo de litología.

Las areniscas –conglomerado del Terciario suman una superficie aproximada de 148.4 km2 dentro de Morelos. Estas rocas clásticas son de ambiente continental, clasificadas litológicamente como areniscas interdigitadas con conglomerados. Se localizan principalmente al oeste de Cuernavaca, Temixco, Cocoyotla, sur de Miacatlán, sur de Xichitepec, Coatlán del Río, norte de Amacuzac y Xoxocotla.

Las rocas más antiguas en el Eje Neovolcánico dentro del estado de Morelos son las ígneas extrusivas de composición intermedia (andesitas), que afloran al oeste de Huitzilac, y datan posiblemente del Terciario Medio; contemporáneo a estas rocas aflora al noroeste de Tepalzingo un pequeño cuerpo intrusivo de composición diorítica.

Sobreyaciendo a las rocas intermedias afloran rocas sedimentarias clásticas (areniscas-conglomerado), así como un complejo volcánico constituido por diferentes tipos de rocas ígneas, como son: riolitas, tobas, brechas volcánicas y basaltos. Estos últimos tienen una extensión que cubre prácticamente toda esta provincia y corresponden al Cuaternario (SPP, 1981).

Una vez obtenida la información cartográfica se procedió a clasificar y ponderar los diferentes tipos de roca de acuerdo con sus propiedades físicas. Para esto se utilizó como referencia lo establecido en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Fenómenos Geológicos publicada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Tabla 29 Formato para la estimación del peligro de deslizamiento de laderas, (litología).

Factor	Intervalo o categorías	Atributo relativo	Observaciones
Tipo de suelos o rocas etc.).	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.	1.5 – 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.
	Rocas metamórficas (lutitas, pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas.	1.2 – 2.0	_____
	Suelos arcillosos consistentes o areno limosos compactos.	0.5 – 1.0	Si se encuentra agrietado multiplicar por 1.3
	Rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.	0.3 – 0.5	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).	0.2 – 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.

Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Fenómenos Geológicos, CENAPRED 2006.

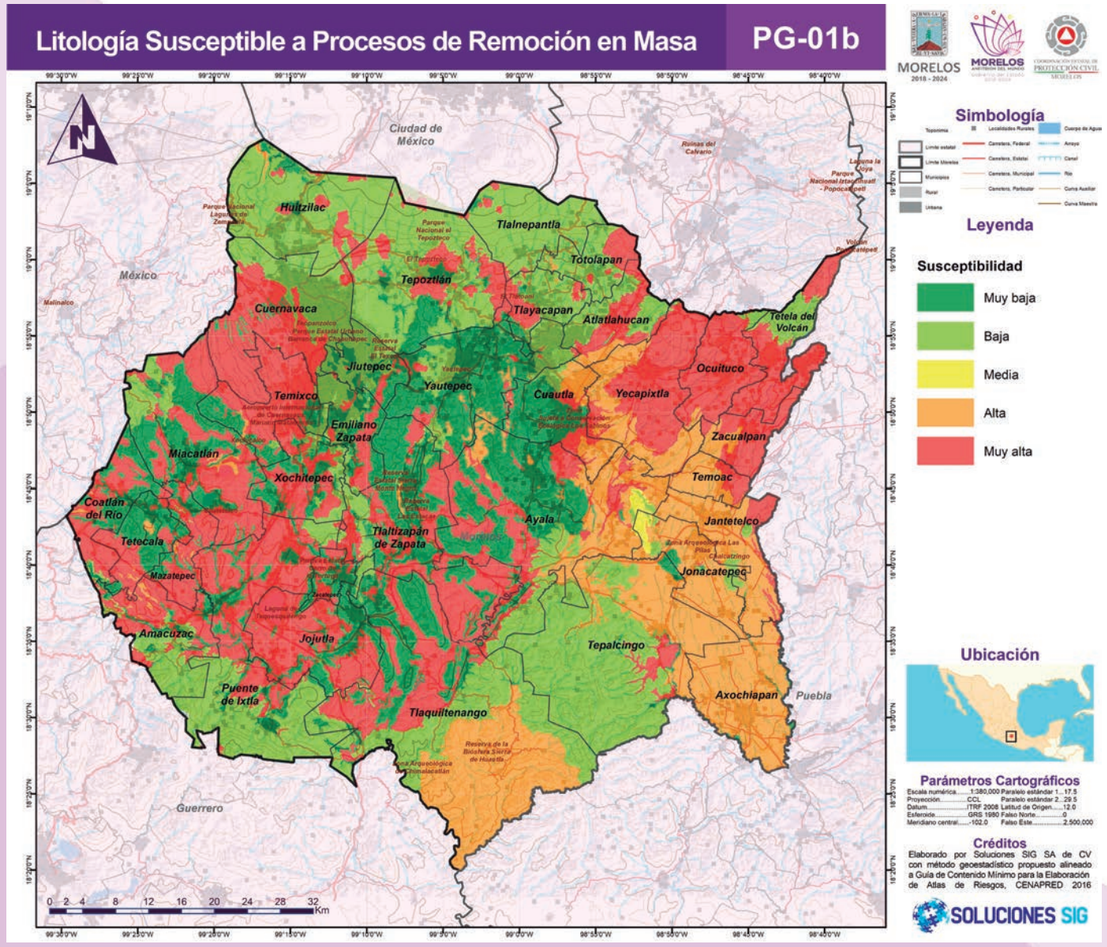
Con base en esto se le asignaron los siguientes valores cualitativos a los distintos tipos de roca de acuerdo con su nivel de susceptibilidad a los procesos de remoción en masa y con esto homogeneizar la cartografía y obtener el primer criterio para evaluar la inestabilidad de laderas.

Tabla 30 Nivel de susceptibilidad de los tipos de rocas del estado de Morelos.

Litología	Valor cuantitativo	Valor cualitativo
Aluvión	1	Muy bajo
Andesita	4	Alto
Arenisca	5	Muy alto
Arenisca - conglomerado		
Basalto	2	Bajo
Basalto - Toba basáltica - Brecha volcánica basáltica		
Brecha volcánica	5	Muy alto
Brecha volcánica andesítica		
Brecha volcánica basáltica		
Caliza	1	Muy bajo
Complejo metamórfico	3	Medio
Conglomerado	4	Alto
Diorita	2	Bajo
Ígnea extrusiva ácida	2	Bajo
Ígnea extrusiva básica		
Ígnea extrusiva intermedia		
Ígnea intrusiva ácida		
Ígnea intrusiva intermedia		
Limolita	5	Muy alto
Lutita - Arenisca	5	Muy alto
Residual	1	Muy bajo
Toba	5	Muy alto
Toba andesítica		
Toba basáltica		
Toba basáltica - Basalto		
Toba basáltica - Brecha volcánica basáltica		
Toba riolítica		
Yeso	5	Muy alto

Fuente: Soluciones SIG, 2022.

Mapa 33 Litología susceptible a procesos de remoción en masa



Fuente: Soluciones SIG, 2022.

Factor pendiente

La inclinación del terreno (pendiente) se define como la relación que existe entre el desnivel y la distancia horizontal entre un punto y otro. Se expresa en porcentaje o en grados. Este es considerado como uno de los principales factores condicionantes de la inestabilidad de laderas. Para la obtención de este criterio se generó un mapa de pendientes generado a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del CEM 3.0 del INEGI, con resolución de 15 por 15 m.

Una vez que se generó el mapa global de pendientes a nivel estatal, se procedió a determinar los intervalos de inclinación (pendientes) y su correspondiente peso específico relativo con el que contribuyen a la inestabilidad de laderas. En general, inclinaciones más fuertes tendrán una mayor influencia a generar propensión a la inestabilidad, por lo tanto, las zonas de mayor inclinación tendrán el valor máximo de susceptibilidad relativa, en tanto que pendientes más suaves o menos abruptas, tendrán los valores más bajos de susceptibilidad.

Tabla 31 Formato para la estimación del peligro de deslizamiento de laderas, (Pendiente)

Factor	Intervalo o categorías	Atributo relativo
Inclinación de las laderas o taludes	Más de 45°	2.0
	35° a 45°	1.8
	25° a 35°	1.4
	15° a 25°	1.0
	Menos de 15°	0.5

Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Fenómenos Geológicos, CENAPRED 2006.

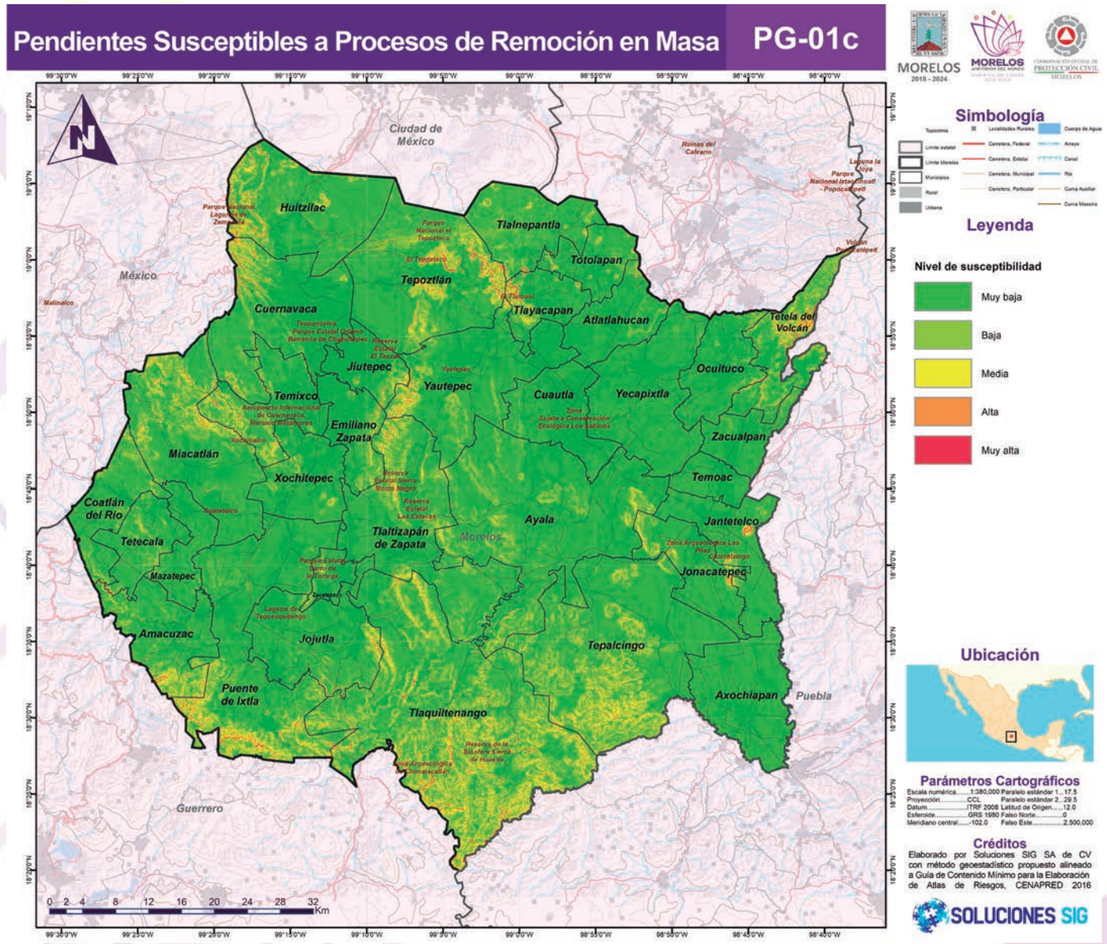
Para asignar los pesos relativos a cada rango de pendiente se utilizó la clasificación especificada en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Fenómenos Geológicos publicada por CENAPRED y se le asignaron valores cualitativos estandarizados para poder hacer la evaluación multicriterio de forma adecuada.

Tabla 32 Intervalos o categorías de pendiente y sus correspondientes valores de susceptibilidad relativos.

Pendiente	Valor cuantitativo	Valor cualitativo
Más de 45°	5	Muy alto
35° a 45°	4	Alto
25° a 35°	3	Medio
15° a 25°	2	Bajo
Menos de 15°	1	Muy bajo

Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Fenómenos Geológicos, CENAPRED 2006.

Mapa 34 Pendientes susceptibles a procesos de remoción en masa



Fuente: Soluciones SIG, 2022.

Factor cobertura vegetal

La cobertura vegetal en una ladera es considerada, por lo general, como un elemento de estabilidad, ya que la presencia de arbustos y árboles contribuyen a la resistencia del terreno y reducen el impacto de los procesos erosivos debidos a los escurrimientos generados por lluvias intensas. Por otra parte, los asentamientos humanos y la acción antropogénica generan una profunda transformación del paisaje y del medio, por lo que se han convertido en un factor clave en la inestabilidad de laderas (CENAPRED, 2020).

El cambio de la vegetación natural incide en el patrón de escorrentía que se presenta en la ladera, debido a que este cambio involucra una modificación en la distribución espacial y densidad de las plantas, que puede llevar a crear sitios de concentración de la escorrentía formándose canales de drenaje más pronunciados, transportando mayor cantidad de agua a la zona baja de la ladera con el consecuente aumento de la erosión. Además, los cambios de uso de suelo originan la aparición de vegetación de tipo secundaria la cual, no produce los mismos beneficios a la superficie del suelo y sustrato rocoso que la vegetación original.
Para elaborar la cartografía correspondiente a este criterio se utilizó la información vectorial de la Serie VII de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI, la cual fue obtenida a partir de la aplicación de técnicas de fotointerpretación con imágenes Geomedianas con año base 2018, generadas a partir de la constelación satelital LANDSAT en formato multiespectral.

Una vez obtenido el mapa de uso de suelo-vegetación cortado a los límites del territorio estatal, se realizó una reclasificación de valores de susceptibilidad relativa en función de la clasificación que se indica en la siguiente tabla, la cual fue obtenida de la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Fenómenos Geológicos publicada por CENAPRED.

Tabla 33 Formato para la estimación del peligro de deslizamiento de laderas, (Uso de suelo y vegetación)

Factor	Intervalo o categorías	Atributo relativo
Vegetación y uso de suelo	Zona urbana	2.0
	Cultivos anuales	1.5
	Vegetación intensa	0.0
	Rocas con raíces de arbustos en fracturas	2.0
	Vegetación moderada	0.8
	Área deforestada	2.0

Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Fenómenos Geológicos, CENAPRED 2006.

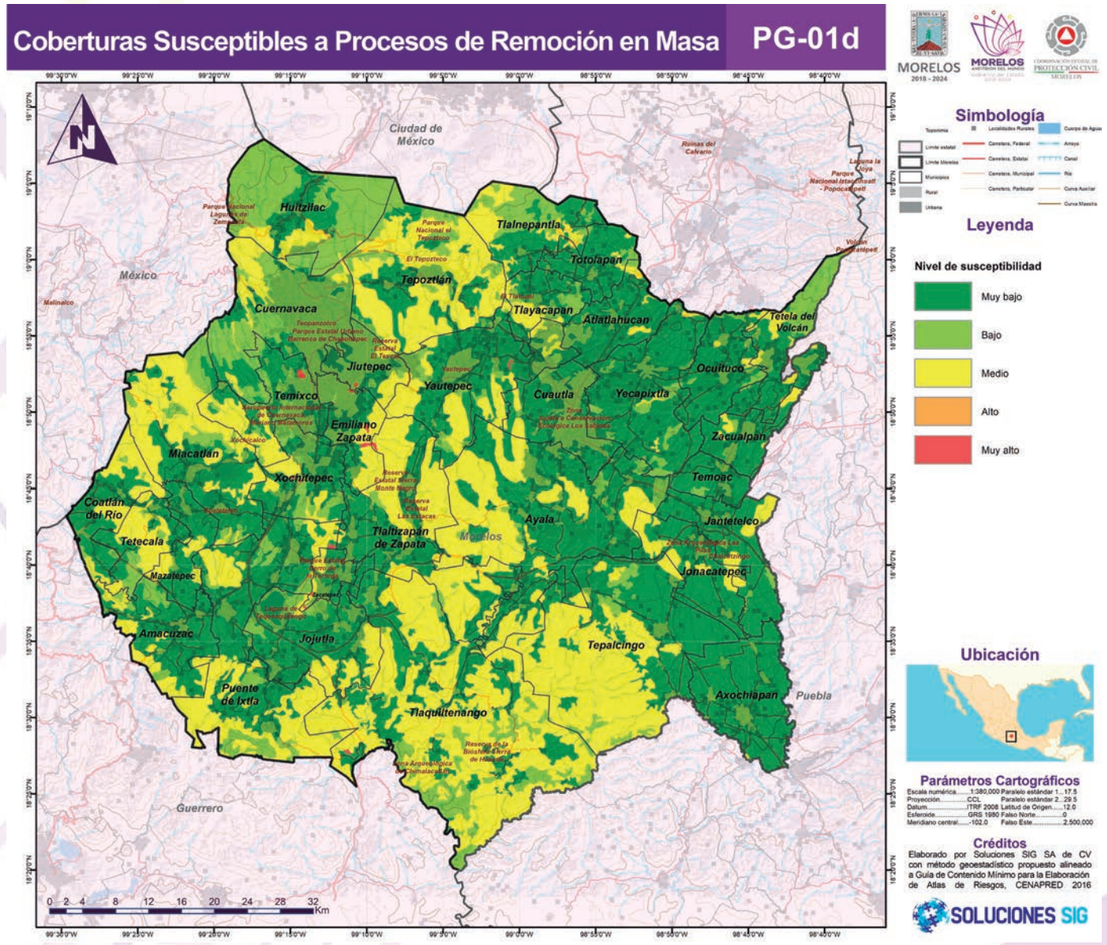
Con base en esto se le asignaron los siguientes valores cualitativos a los distintos tipos de cobertura de acuerdo con su nivel de susceptibilidad a los procesos de remoción en masa y con esto homogeneizar la cartografía para la realización de la evaluación multicriterio. Es necesario aclarar que valores asignados a algunos tipos de cobertura fueron establecidos tomando en cuenta distintos aspectos geográficos como pendiente. Tal es el caso de los asentamientos humanos y la agricultura en todas sus modalidades.

Tabla 34 Valores de susceptibilidad relativos para uso de suelo y vegetación

Descripción	Valor cuantitativo	Valor cualitativo
Agricultura de riego anual	1	Muy bajo
Agricultura de riego anual y permanente	1	Muy bajo
Agricultura de riego anual y semipermanente	1	Muy bajo
Agricultura de riego permanente	1	Muy bajo
Agricultura de riego semipermanente	1	Muy bajo
Agricultura de temporal anual	1	Muy bajo
Agricultura de temporal anual y permanente	1	Muy bajo
Agricultura de temporal anual y semipermanente	1	Muy bajo
Agricultura de temporal permanente	1	Muy bajo
Asentamientos humanos	2	Bajo
Bosque de encino	2	Bajo
Bosque de encino-pino	2	Bajo
Bosque de galería	1	Muy bajo
Bosque de oyamel	2	Bajo
Bosque de pino	2	Bajo
Bosque de pino-encino	2	Bajo
Bosque mesófilo de montaña	2	Bajo
Cuerpo de agua	1	Muy bajo
Desprovisto de vegetación	5	Muy alto
Matorral desértico rosetófilo	3	Medio
Palmar inducido	2	Bajo
Pastizal cultivado	1	Muy bajo
Pastizal inducido	1	Muy bajo
Pradera de alta montaña	2	Bajo
Selva baja caducifolia	2	Bajo
Sin vegetación aparente	4	Alto
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	3	Medio
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	3	Medio
Vegetación secundaria arbórea de bosque de oyamel	3	Medio
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	3	Medio
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	3	Medio
Vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate	1	Muy bajo
Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña	3	Medio
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	3	Medio
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	3	Medio
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	3	Medio
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de oyamel	3	Medio
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	3	Medio
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	3	Medio
Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña	3	Medio
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	3	Medio

Fuente: Conjunto de datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII, INEGI 2018.

Mapa 35 Coberturas susceptibles a procesos de remoción en masa



Fuente: Conjunto de datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII, INEGI 2018.

Factor relieve (geomorfología)

El relieve, la geometría del terreno y los procesos geomorfológicos presentes en cada geoforma representan un factor muy importante al momento de evaluar la susceptibilidad a procesos de remoción en masa. Las regiones montañosas con laderas escarpadas son las zonas más propensas a la ocurrencia de los movimientos de ladera. No obstante, en ocasiones, y dependiendo de otros factores presentes, es suficiente una pendiente muy baja, de unos pocos grados, para que tengan lugar determinados tipos de inestabilidades, como los flujos de barro o tierra.

La cartografía utilizada para obtener el criterio de la geomorfología fue el conjunto vectorial de sistemas de topoformas del INEGI, el cual fue corregido con información de gabinete y de campo para obtener una mejor precisión. La asignación de los valores cualitativos relacionados con la inestabilidad de laderas para cada geoforma presente dentro del estado de Morelos fue designada con base en el conocimiento de los procesos geomorfológicos propios de cada unidad del relieve.

La siguiente tabla muestra los valores cualitativos y cuantitativos designados para cada geoforma.

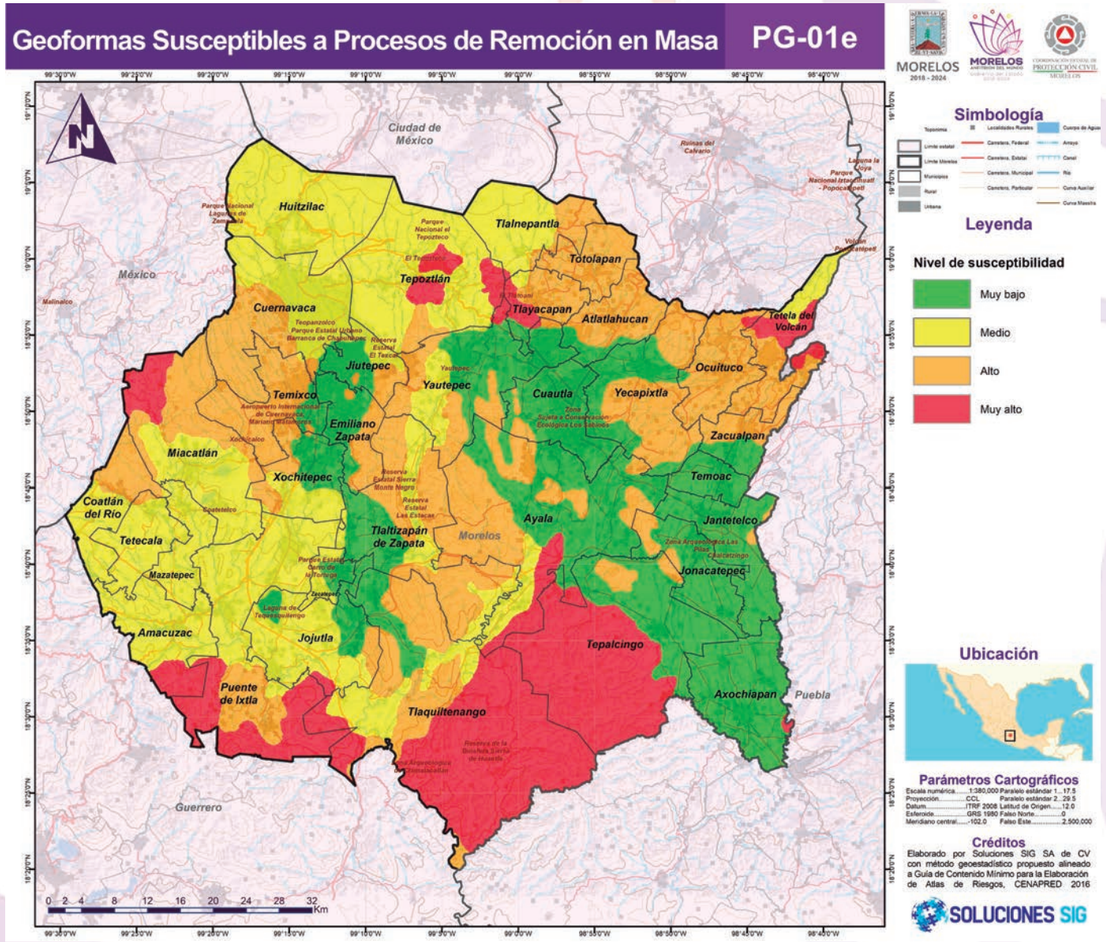
Tabla 35 Valores de susceptibilidad relativos para geoformas

Descripción	Valor cuantitativo	Valor cualitativo
Escudo volcanes con mesetas	1	Muy bajo
Llanura aluvial con lomerío	3	Medio
Lomerío con cañadas	2	Bajo
Lomerío con mesetas	1	Muy bajo
Lomerío de basalto	1	Muy bajo
Lomerío de basalto con cañadas	2	Bajo
Lomerío de basalto con cráteres	1	Muy bajo
Lomerío de tobas con cañadas	1	Muy bajo
Lomerío típico	4	Alto
Meseta asociada con malpaís	2	Bajo
Meseta basáltica con cañadas	2	Bajo
Meseta de aluvión antiguo con lomerío	1	Muy bajo
Sierra alta compleja	1	Muy bajo
Sierra alta compleja con cañadas	1	Muy bajo
Sierra baja	5	Muy alto
Sierra baja compleja con llanuras	1	Muy bajo
Sierra compleja	1	Muy bajo
Sierra de cumbres tendidas	3	Medio
Sierra de laderas escarpadas	5	Muy alto
Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados	2	Bajo
Sierra volcánica de laderas escarpadas	5	Muy alto

Descripción	Valor cuantitativo	Valor cualitativo
Valle de laderas tendidas	1	Muy bajo
Valle de laderas tendidas con lomerío	4	Alto
Valle de laderas tendidas con mesetas	1	Muy bajo
Valle intermontano	1	Muy bajo
Vaso lacustre de piso rocoso o cementado	1	Muy bajo

Fuente: Conjunto de datos vectoriales Sistema de Topoformas, INEGI, 2005.

Mapa 36. Geoformas susceptibles a procesos de remoción en masa



Fuente: Conjunto de datos vectoriales Sistema de Topoformas, INEGI, 2005.

Una vez identificados y estandarizados los factores detonantes de los procesos de remoción en masa se generó el mapa de susceptibilidad, empleando los mapas temáticos elaborados para el desarrollo de operaciones algebraicas, con la finalidad de identificar zonas susceptibles a deslizamientos de laderas, vuelcos, caídas de bloques, reptación entre otros fenómenos, (CENAPRED, 2016). Se analizaron los factores detonantes en su conjunto para definir cuál de ellos influye más en la remoción de masas. Los mapas y las visitas a campo ayudaron a identificar dichos porcentajes de pesos en los criterios de inestabilidad de laderas.

Tabla 36 Pesos ponderados por Jerarquías Analíticas

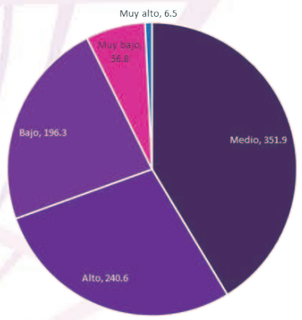
Criterios	Pendientes	Litología	Geomorfología	Cobertura Vegetal	Promedio	Peso
Pendientes	1.00	3.00	2.00	3.00	2.25	0.40
Litología	0.50	1.00	2.00	3.00	1.62	0.30
Geomorfología	0.50	0.33	1.00	3.00	1.20	0.22
Cobertura Vegetal	0.25	0.25	0.33	1.00	0.45	0.08
					5.52	1

Fuente: Soluciones SIG 2021

Resultados

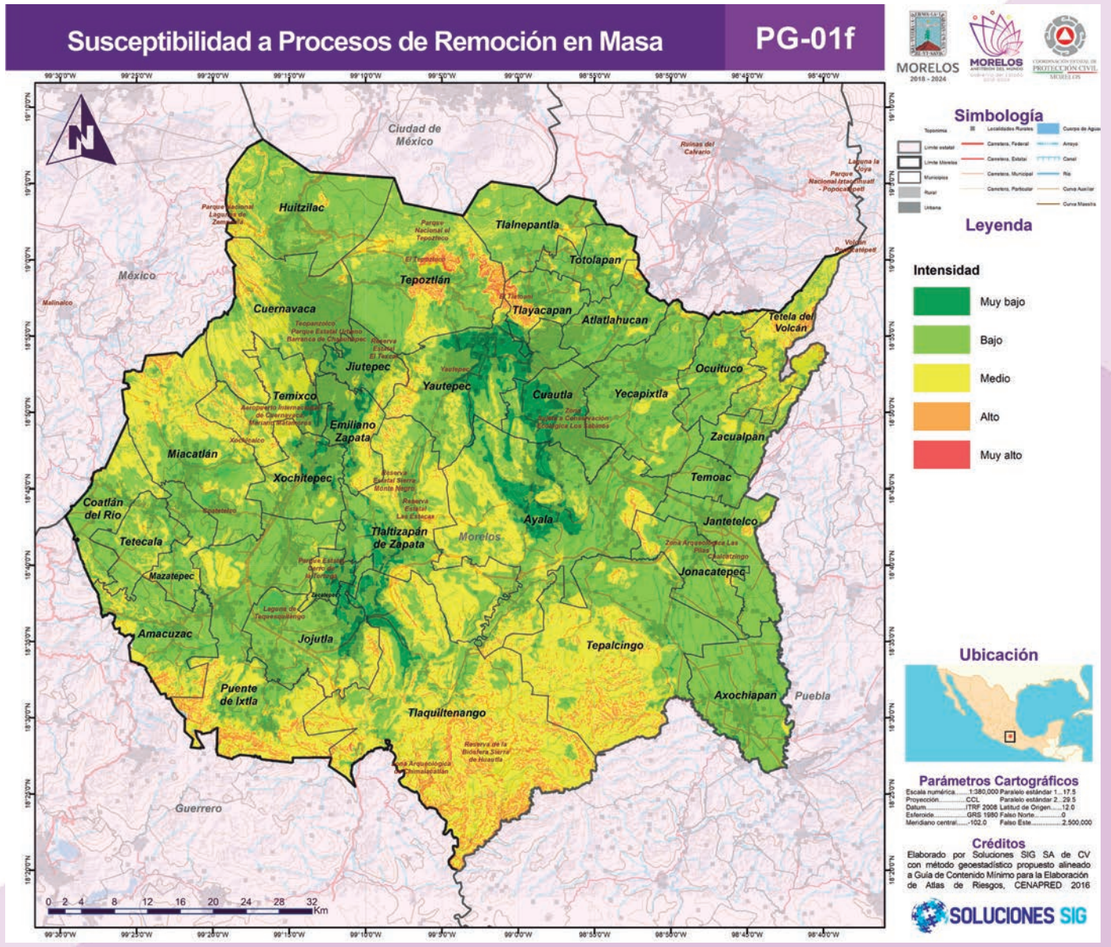
De acuerdo con el mapa obtenido las zonas con mayores niveles de susceptibilidad se encuentran en las zonas de sierras volcánicas de laderas escarpadas, ubicadas en los municipios de Tepoztlán, Tlayacapan, Tlalnepantla, Tlaquitenango, Puente de Ixtla, Amacuzac y Tetela del Volcán. De igual forma la zona de barrancas de Cuernavaca presenta niveles muy altos de susceptibilidad a este fenómeno. En general la mayor parte de la superficie estatal se encuentra en niveles medios y altos.

Gráfica 5 Superficie en km² del territorio estatal de acuerdo con su nivel de susceptibilidad



Fuente: Soluciones SIG 2021

Mapa 37 Susceptibilidad a procesos de remoción en masa.

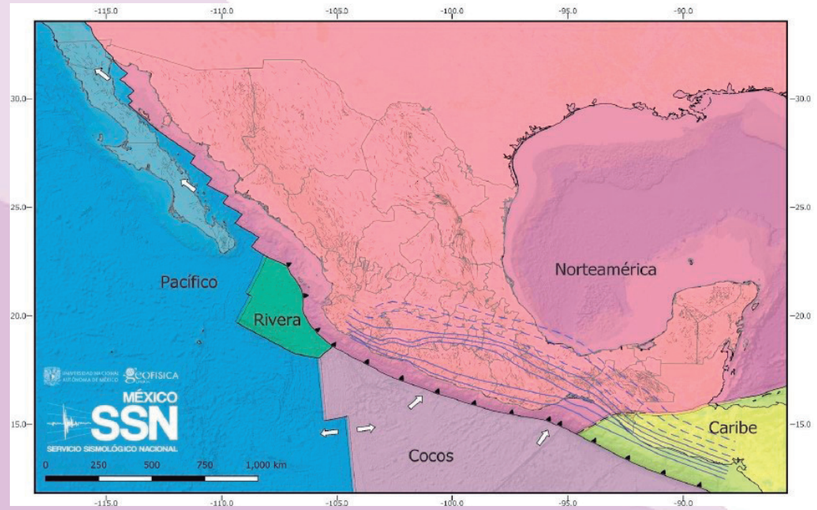


Fuente: Soluciones SIG 2021

2. Sismos

La superficie terrestre se encuentra fragmentada en diversas placas, llamadas placas tectónicas. Arrastradas por corrientes magmáticas en el manto, se mueven una con respecto de otra generando diferentes limites; de subducción (la costa del Pacifico en México) de expansión del suelo marino (la gran dorsal del Atlántico que atraviesa Islandia) y fallas transformantes (Falla de San Andrés). Estos movimientos relativos son resistidos por la fricción cuyo vencimiento genera una rápida liberación de energía. Esta energía adopta la forma de ondas que se propagan en todas las direcciones desde el origen del terremoto, denominado foco o hipocentro (la proyección de este foco a la superficie le llama epicentro) hasta la superficie terrestre.

Ilustración 4 Placas que interactúan en el territorio mexicano.

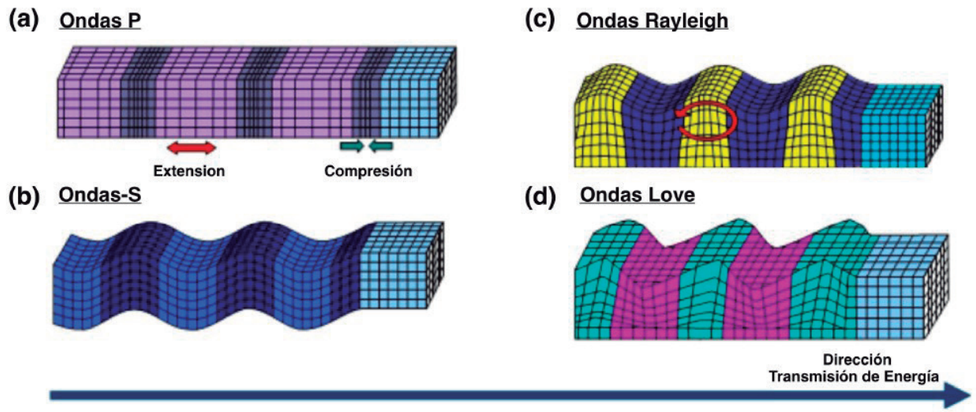


Fuente: Servicio Sismológico Nacional (SSN), 2020. Reporte especial: sismo del 23 de junio de 2020, costa de Oaxaca (M 7.4).

Cuando un terremoto ocurre, ondas de cuerpo y ondas superficiales son generadas (Aki & Richards, 2002). Las ondas de cuerpo compresionales (ondas P) y de corte (ondas S) viajan a través del interior de la tierra. Las ondas P, conocidas como ondas primarias, comprimen y dilatan el medio por el cual viajan en la dirección de su propagación. En cambio, las ondas S, o secundarias, se propagan con movimientos en un plano perpendicular a la dirección de su propagación. Las ondas superficiales de tipo Rayleigh y Love surgen de la interacción entre las ondas de cuerpo, la superficie de la tierra y una capa superficial (Kramer, 1996). Las ondas Rayleigh se generan por la interacción de las ondas P y SV (ondas S vertical) y generan un movimiento de partícula horizontal y vertical que está contenido en el plano de propagación de la onda como un movimiento elíptico.

Por otra parte, las ondas Love son el resultado de la interacción de las ondas SH con la superficie, lo que implica que el movimiento de partícula es puramente de corte y perpendicular al plano de propagación de la onda.

Ilustración 5 Esquema de los diferentes tipos de onda generados en un movimiento sísmico



Fuente: Sáenz, 2016. Correlación cruzada de ruido sísmico para la obtención de perfiles profundos de velocidad de onda de corte en la cuenca de Santiago.

Podemos clasificar los sismos de origen tectónico en:

- Interplaca: Se generan en la zona de subducción del pacifico; estos sismos son los que históricamente han causado los daños más graves a la Ciudad de México, La magnitud máxima registrada desde 1800 es Ms= 8.2 de Jalisco en 1932. Los que se producen en las costas de Michoacán y Guerrero son los que producen movimientos más violentos en la Ciudad de México.
- Intraplaca: Generados en la parte continental, tenemos sismos denominados de profundidad intermedia y también incluyen los sismos locales. El sismo intraplaca reciente ocurrido el 19 de septiembre de 2017, de magnitud 7.1 con epicentro entre los límites de Morelos y puebla, el cual dejo graves daños en los estados de Morelos, Puebla y la Ciudad de México.

La generación de grandes terremotos en el interior de los continentes o las regiones tectónicamente estables es rara comparada con aquellos sismos que se originan en áreas de límites de placas. Sin embargo, estos terremotos ocasionales pueden ser extremadamente devastadores, debido a que las ciudades ubicadas en el interior de los continentes se edifican sin tomar en cuenta criterios de diseño sísmico. Algunos autores mencionan que los principales terremotos intraplaca han causado considerable daño en zonas urbanas, debido a que la atenuación que experimenta la energía sísmica es relativamente baja en el interior de los continentes.

Así mismo, se pueden considerar los sismos de origen volcánico; que estos acompañan a las erupciones volcánicas y son ocasionados principalmente por el fracturamiento de rocas debido al movimiento del magma. Este tipo de sismos generalmente no llegan a ser tan grandes como los anteriores. Dentro de este tipo de sismos, que pueden tener presencia dentro del estado de Morelos, se encuentran aquellos asociados al volcán Popocatépetl e Iztaccíhuatl

Además de la sismicidad de origen natural que se puede generar en esta región, existe otro tipo de eventos sísmicos que se pueden disparar a partir de la actividad humana, estos temblores se conocen como inducidos. En general, la sismicidad inducida se refiere a los eventos sísmicos que resultan de la actividad humana. Hay diferentes maneras en las que la actividad humana pueden causar sismicidad inducida, incluyendo operaciones geotérmicas, represamiento de embalses (agua detrás de represas), inyecciones de residuos de agua y operaciones de petróleo y gas tales como la fracturación hidráulica.

Antecedentes

En el periódico Diario de Morelos, se redactan experiencias de algunos sismos que se han sentido en el estado de Morelos.

7 de abril de 1845
“Aproximadamente a las 15:30 horas se registró un fuerte sismo que se sintió en toda la entidad, resultandos afectados principalmente los distritos de Cuernavaca, Cuautla, Tetecala, Jojutla y Puente de Ixtla. El sismo tuvo varias réplicas hasta el día 11 de abril, afortunadamente no existieron desgracias personales, pero sí se reportaron edificios dañados y casas con cuarteaduras.

En la Catedral de Cuernavaca se cuarteó el cañón de la bóveda y el tercer cuerpo del campanario (el superior) sufrió severos daños, aunque ya estaba estropeado debido a que varios años antes le cayó un rayo. También se cuartearon las paredes del Palacio de Cortés que era la sede del cuartel de Policía y la cárcel. El fenómeno causó gran consternación y espanto entre la población.

En Tepoztlán, la iglesia de la Natividad, del siglo XVI, sufrió graves daños, su bóveda se cuarteó y las dos torres se fracturaron, razón por la cual tuvieron que reedificarse completamente. En Coatlán del Río al menos tres casas se vinieron abajo y en algunas partes la tierra se abrió.

En Tetecala el juez primero de paz Crescencio Ortega le reportó al prefecto del distrito de Cuernavaca la situación ruinosa en el que se encontraban los templos, edificios públicos y particulares, por lo que se tuvo que evitar que los pobladores se acercaran a estos inmuebles hasta que fueran reparados. La torre del campanario de la iglesia quedó completamente dañada y el tabernáculo o altar mayor quedó igualmente inútil.

La escuela o como le llamaban “establecimientos de primeras letras” se cuarteó, por lo que se suspendieron las clases. Sólo se reportó la caída de una casa.”

Agosto de 1857
En Yautepec, a las 11:20 horas se sintió un fuerte temblor que echó abajo la cúpula de la torre del templo principal. El resto del edificio, la casa cural y las escuelas quedaron “amenazadas de ruina”.

7 de octubre de 1873
A las tres de la mañana, en el poblado de Xochitepec se sintieron varios temblores de tierra, acompañados de ruidos subterráneos, apareciendo en la plaza varios manantiales de agua cristalina con un fuerte olor a sulfuro.

19 de julio de 1882

A las 2:30 de la tarde se sintió un sismo en todo el territorio del estado. El último cuerpo de la torre de la Parroquia de la Asunción (hoy Catedral de Cuernavaca) quedó en estado de ruina, “que es forzoso derribarlo”. Ese mismo año fue reconstruido, razón por la cual esa sección es diferente a las otras dos.
Yautepec es la población que más daños sufrió. El templo principal quedó todo cuarteado y la torre, así como el cuarto en estado de ruina. La escuela de niños quedó bastante maltratada y la de niñas inservible. En todas las poblaciones se cuartearon muchos edificios, especialmente en Jonacatepec. En Alpuyeca se desplomó el templo.

28 de julio de 1957
Un fuerte temblor de magnitud 7.9 se sintió a las 2:43 horas, su epicentro se registró en las costas de Guerrero, cerca del Puerto de Acapulco. La zona más afectada fue la del centro del país: en total hubo un saldo de 700 muertos y 2,500 heridos. En la Ciudad de México el sismo dejó 70 muertos y numerosos edificios destruidos y se recuerda como “El terremoto que tiró el Ángel de la Independencia”. Los morelenses solo sufrimos un fuerte susto.

24 de octubre de 1980
Fuerte sismo de 7.1 grados en la escala Richter con epicentro a 19 km al oeste de Acatlán de Osorio, Puebla, golpeó el centro del país a las 13:14 horas, sintiéndose particularmente en el Estado de Morelos, sin causar grandes daños.

19 de septiembre de 1985
A las 7:17 horas se sintió un fuerte sismo de 8.1 grados en la escala de Richter, provocando un gran daño humano y material en la Ciudad de México. En Morelos hubo afectaciones en viviendas populares e iglesias, como en la de Yautepec, en donde se cayó el campanario. Las cifras oficiales señalaron que en nuestro estado solo hubo una persona muerta.

Diciembre de 2007 y enero de 2008
Una serie de movimientos telúricos asustaron a los pobladores de Tetecala, seguramente por la cercanía de una falla activa.

19 de septiembre del 2017
A las 13:14 horas ocurrió el terremoto más devastador registrado en el Estado de Morelos. Su magnitud fue de 7.1, con epicentro en el sureste de Axochiapan. La población más afectada fue Jojutla.

Debido a que vivimos en una zona sísmica nada podemos hacer para evitarlos, pueden ocurrir en cualquier momento y sin previo aviso, por lo que tenemos que prepararnos para tomar medidas preventivas de daños antes, durante y después de estos. ¡Aprendamos a vivir con este fenómeno de la naturaleza!

Metodología

Para la evaluación del peligro sísmico se utilizó la metodología descrita por CENAPRED en la Guía de Contenido Mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, (2016).

1. Generar un mapa de localizaciones epicentrales e hipocentrales de sismos ocurridos en la zona en estudio, considerando la información histórica hasta la fecha.

Se ubicaron en el Sistema de Información Geográfica todos le epicentros reportados en el catálogo sísmico del Servicio Sismológico Nacional (SSN), desde el año 1900 hasta el 2021, para reconocer la tasa de incidencia de sismicidad local y poder asociarla a las estructuras existentes.

2. Incluir un mapa de intensidades (Escala de Mercalli Modificada) para cada uno de los sismos que hayan producido daños.

Se hizo una recopilación de mapas de intensidades de Mercalli Modificada de sismos Históricos que indican un impacto en el estado de Morelos, la escala de Mercalli Modificada es empleada para una evaluación cualitativa de la clase de daños causados por un sismo. La identificación del estado con respecto al semáforo sísmico (Global de Intensidades), basado en la escala de Intensidad Modificada de Mercalli (IMM), el cual es producto de 52 mapas de intensidades de temblores de gran magnitud entre 1845 y 1999 de México generado por CENAPRED, se agrega tabla de escala de Mercalli Modificada, para la identificación del grado de afectación esperada.

3. Incluir un mapa de peligro sísmico para periodos de retorno de 50, 100, 250, 500 años.

Se integraron los mapas de escenarios de Peligro sísmico por Aceleración Máxima para distintos periodos de retorno de 50, 100, 250 y 500 años y para periodos estructurales de 0,0.1, 0.5, 1 segundos; Estos mapas se generan mediante indicadores cuantitativos de las probabilidades de ocurrencia de movimientos de distintas intensidades durante lapsos dados. Se utiliza para ello la tasa de excedencia de parámetros de intensidad sísmica instrumental.

El procedimiento que se sigue para determinar el análisis probabilístico de la amenaza sísmica es el siguiente:

- Definición y caracterización de las fuentes sismogénicas principales: a partir de la información geológica y neotectónica, se define la geometría de las fuentes sismogénicas.

- Asignación de parámetros de sismicidad a las diferentes fuentes sísmicas: con base en el catálogo sísmico histórico, se asignan los parámetros de sismicidad a cada fuente.

- Generación de un conjunto de eventos estocásticos compatible con la distribución de ubicación, profundidad, frecuencias y magnitudes: a partir de toda la información anterior, se genera un conjunto de eventos sísmicos por medio de un muestreo basado en división recursiva de la geometría de las fuentes; se asignan parámetros de sismicidad a cada segmento de manera ponderada según su aporte de área en el área total. Para cada segmento se crea una serie de escenarios de diversas magnitudes, cuyas probabilidades de ocurrir se calculan a partir la curva de recurrencia de magnitudes específica de esa fuente.

- Modelo de atenuación de parámetros de movimiento del terreno: se seleccionan las leyes de atenuación que mejor representen las condiciones del movimiento entre las fuentes y los sitios donde se calcula la amenaza, ya sean leyes existentes en la literatura o creadas con información y datos locales.

- Generación de mapas de amenaza de eventos representativos: se generan los mapas de distribución espacial de intensidad sísmica (valores espectrales) para cada evento.

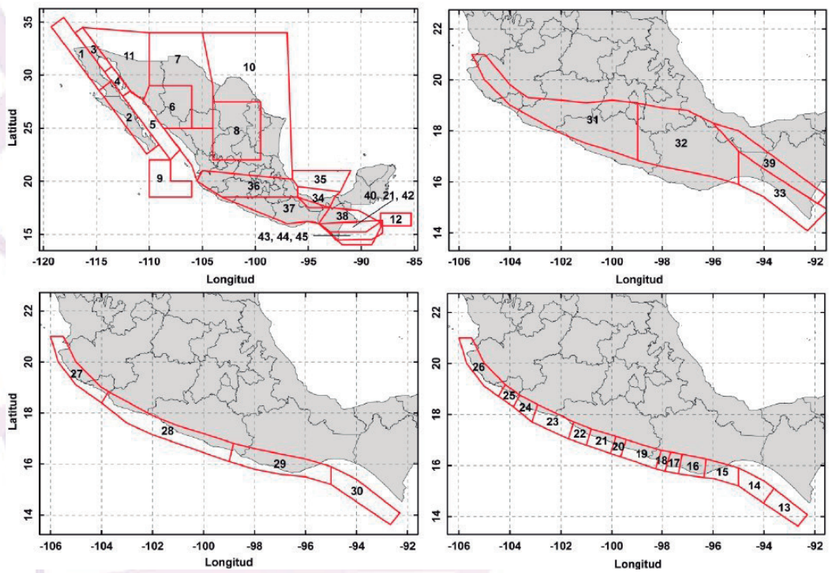
- Amplificación de parámetros de amenaza por efectos de sitio: la respuesta dinámica de depósitos de suelo modifica las características del movimiento en amplitud, contenido de frecuencias y duración. El efecto de amplificación y de amplificación de la intensidad por efecto de los depósitos de suelo blando superficiales se cuantifica por medio de cocientes de espectros de respuesta de manera que modifican directamente los mapas calculados en el paso (5).

- Aplicación del modelo probabilístico de amenaza sísmica: obtención de mapas de amenaza sísmica para diferentes periodos de retorno.

Para representar de manera espacial la distribución del peligro sísmico se utilizó el software CRISIS que fue desarrollado por el Instituto de Ingeniería, UNAM.

Para realizar la modelación, la República Mexicana se ha dividido en 45 fuentes generadoras de sismos, las cuales se muestran en la siguiente Ilustración. En la parte superior de izquierda a derecha se muestra las regiones para sismos superficiales y sismos de profundidad intermedia (inslab), respectivamente. En la parte inferior se muestran las regiones para sismos de subducción, el primer grupo corresponde a sismos de magnitudes bajas a moderadas de entre 4.5 a 7.2, y el segundo grupo a sismos de magnitudes altas, superiores a 7. Estas fuentes están dictadas por la tectónica del país y por la historia instrumental de sismos registrados en el pasado (e.g. Salgado-Gálvez et al., 2018 y Zúñiga, 1994). Cada una de estas fuentes genera temblores a una tasa constante.

Ilustración 6 Fuentes Sismogenéticas de la República mexicana.



Fuente: Ordaz et. al, (2008)

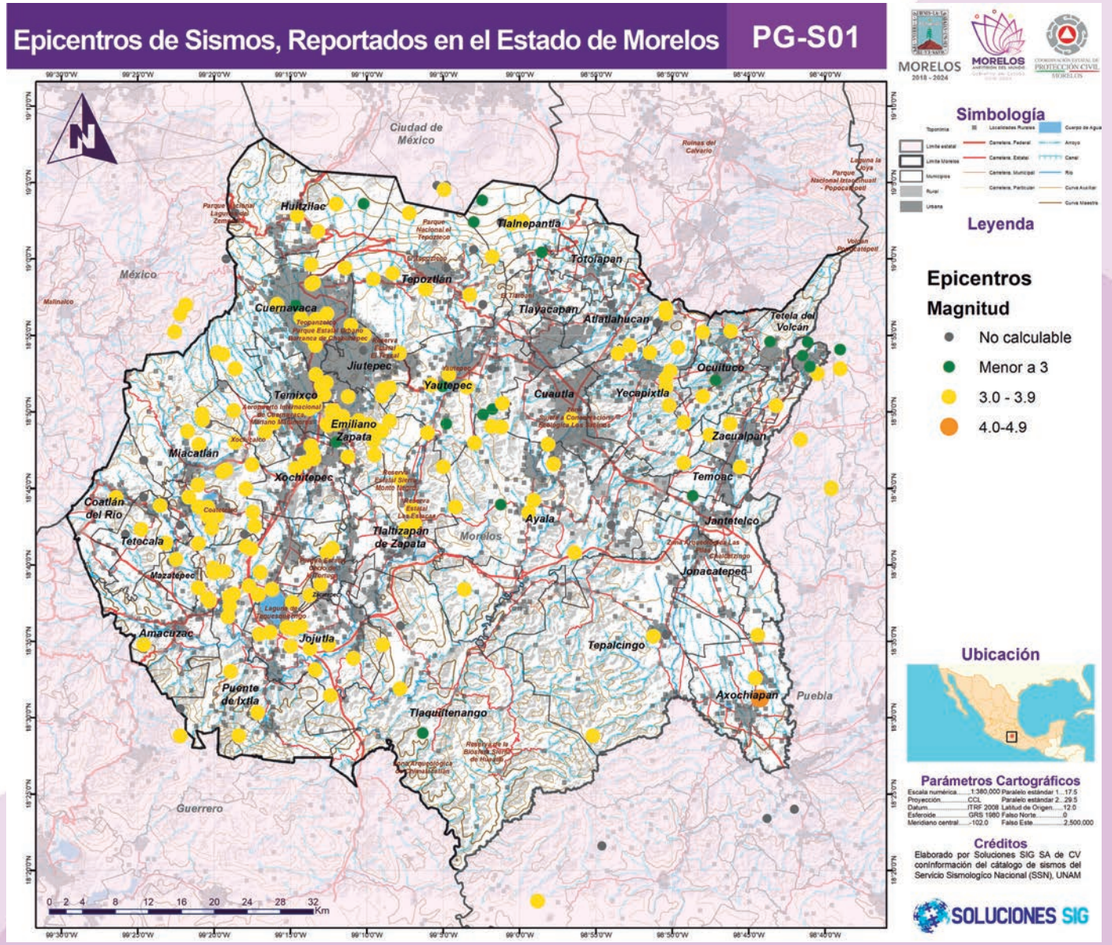
4. Se deberá incluir un mapa de microzonificación sísmica de centros urbanos con más de 10,000 habitantes, prioritariamente en las zonas C y D de la Regionalización Sísmica más actualizada publicada por la CFE.

Además de la metodología descrita por CENAPRED, se realizó un reconocimiento en campo, con la finalidad de conocer las condiciones estructurales en las que se encuentran las viviendas del estado.

Resultados

1.- Dentro del territorio del estado de Morelos, se han registrado varios eventos con magnitudes menor a 4, lo cual se puede asociar sismos generados por el movimiento de fallas locales; sin embargo, se deben considerar los sismos que han ocurrido en los límites con el estado de Puebla, ya que han producido severos daños dentro de Morelos, como el ocurrido el 19 de septiembre de 2019 Mw 7.1.

Mapa 38 Epicentros en el Estado de Morelos



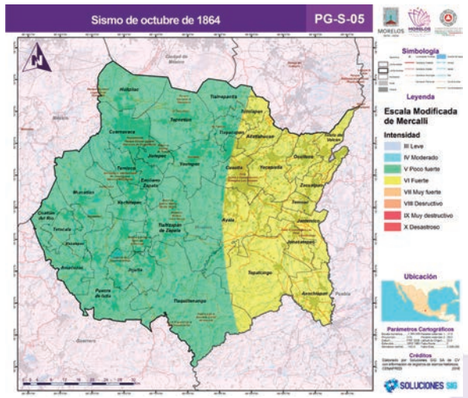
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V con información del catálogo de sismos del SSN.

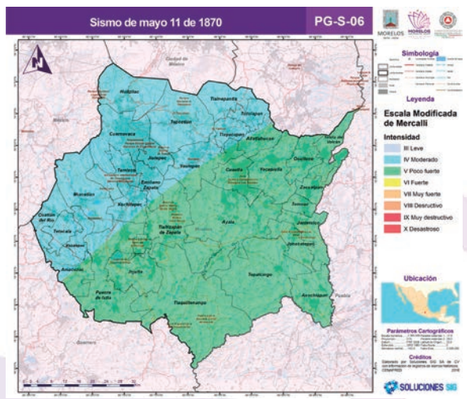
2.- En general, los sismos que mayormente han afectado al estado de Morelos han tenido su origen en tres fuentes sismogénicas. La primera fuente es el proceso de subducción de la placa de Cocos bajo la norteamericana, misma que da origen a los sismos de gran magnitud (M>7.0) ocurridos en toda la República Mexicana (Suárez & Singh, 1986; Pardo & Suárez, 1995). Los eventos originados por esta fuente han producido en Morelos intensidades del orden de V-VI (MM) causando alarma entre los pobladores además de daños leves en viviendas. Ejemplo de este, el sismo ocurrido el 19 de septiembre de 1985 (Mw=8.1), localizado en la costa de Michoacán a más de 400 km de Morelos con un mecanismo que indica deformación compresional.

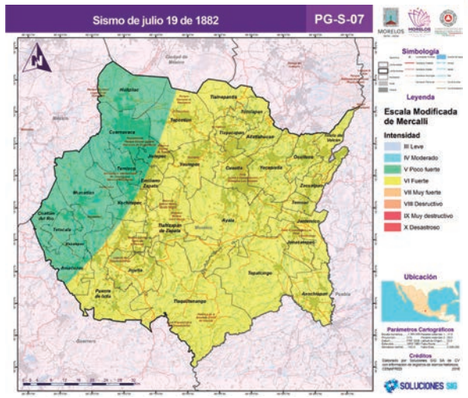
La segunda fuente sismogénica la constituye la deformación interna de la placa subducida, esta fuente produce sismos de menor magnitud (Mw=7.0) y frecuencia en comparación con la primera. Ejemplos de esta segunda fuente son los sismos del 3 de octubre de 1864, 28 de agosto de 1983, 24 de octubre de 1980, 15 de junio de 1999 y 19 de septiembre de 2017 mismos que produjeron intensidades máximas de VI-VIII (MM) en el área de estudio. El mecanismo focal de estos sismos obedece a una deformación de tipo extensional (Gutiérrez, 1999; Singh et al., 1999).

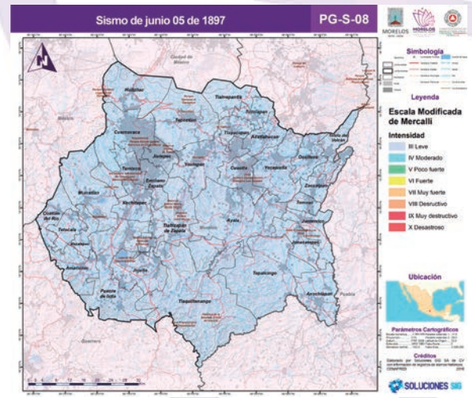
La tercera fuente la constituye la deformación cortical debida a sistemas de fallas presentes en el estado. Esta fuente daría origen a sismos de magnitudes moderadas a pequeñas que producirían daños locales.

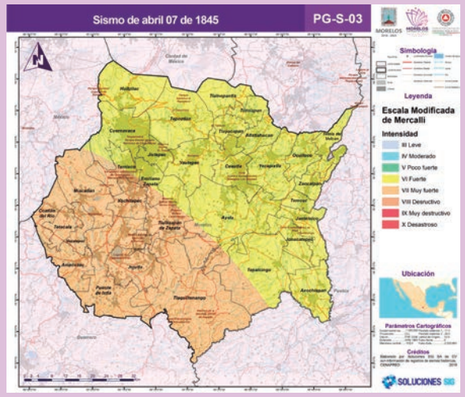
De los sismos que mayor han impactado a Morelos es el que se registra a las 13:14 el 19 de septiembre de 2017,en general, la información disponible sobre la ocurrencia de sismos en el estado de Morelos es escasa debido la falta de instrumentación en dicho estado. Es por ello que hasta la fecha no se conoce el potencial sísmico real del estado de Morelos.

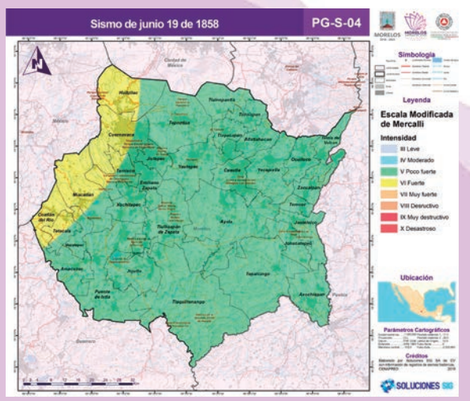


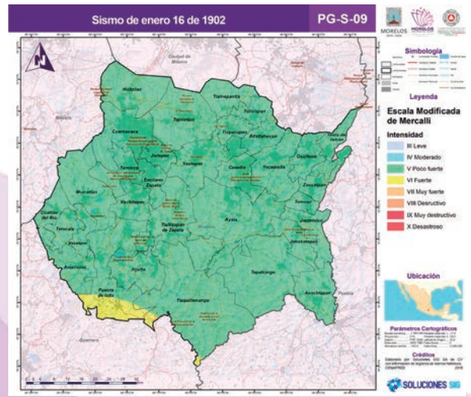


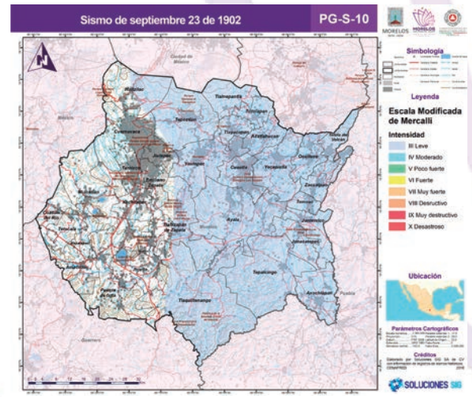




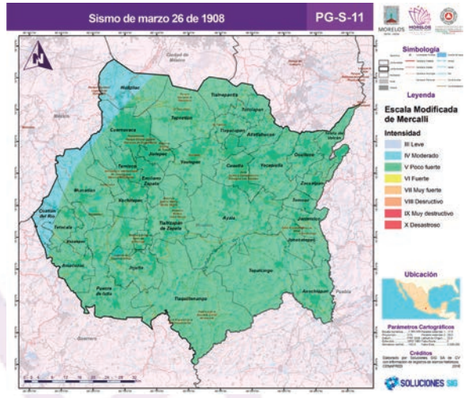




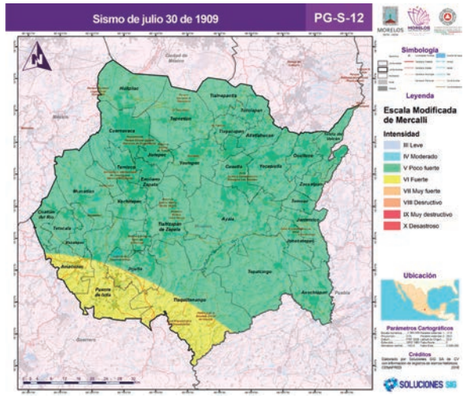




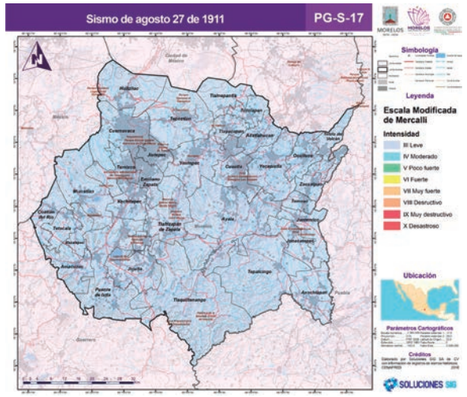
Sismo de marzo 26 de 1908 PG-S-11



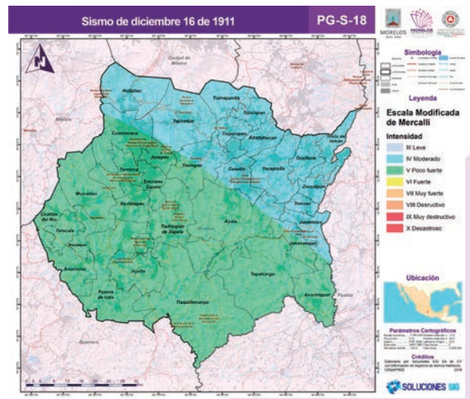
Sismo de julio 30 de 1909 PG-S-12



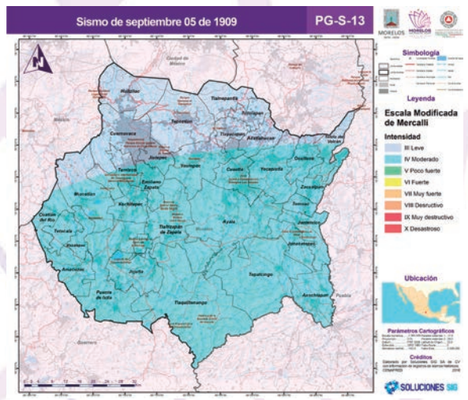
Sismo de agosto 27 de 1911 PG-S-17



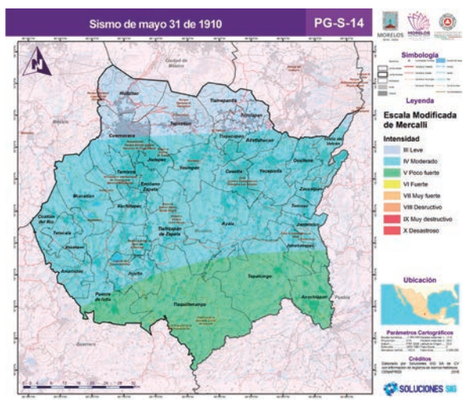
Sismo de diciembre 16 de 1911 PG-S-18



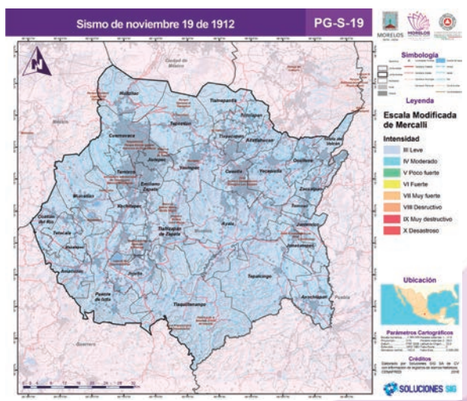
Sismo de septiembre 05 de 1909 PG-S-13



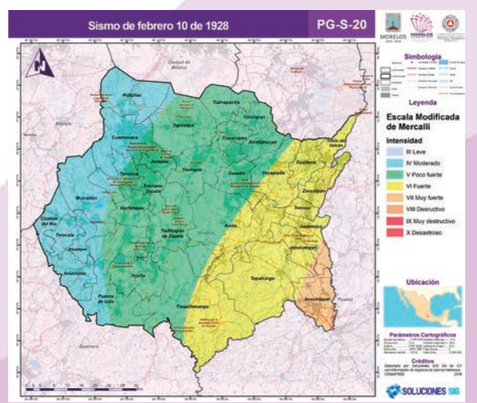
Sismo de mayo 31 de 1910 PG-S-14



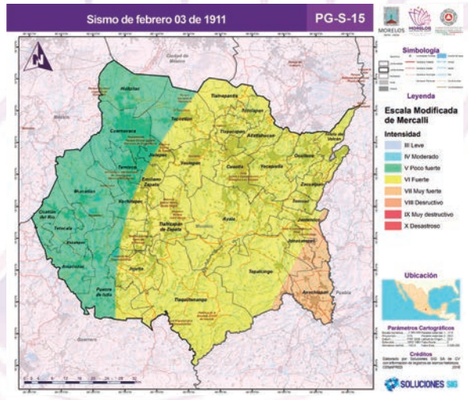
Sismo de noviembre 19 de 1912 PG-S-19



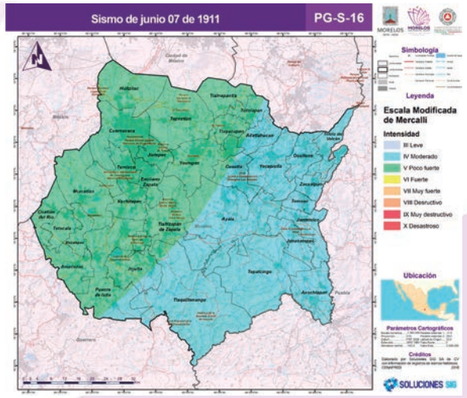
Sismo de febrero 10 de 1928 PG-S-20



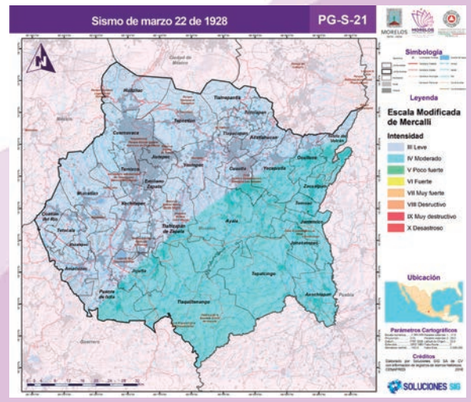
Sismo de febrero 03 de 1911 PG-S-15



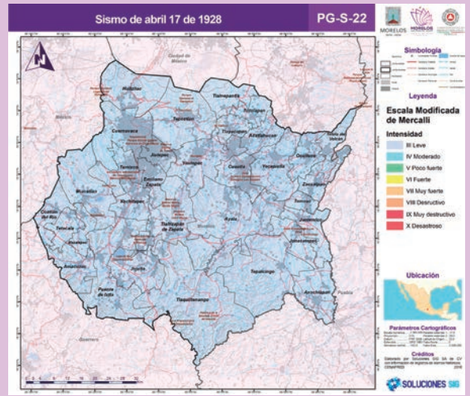
Sismo de junio 07 de 1911 PG-S-16



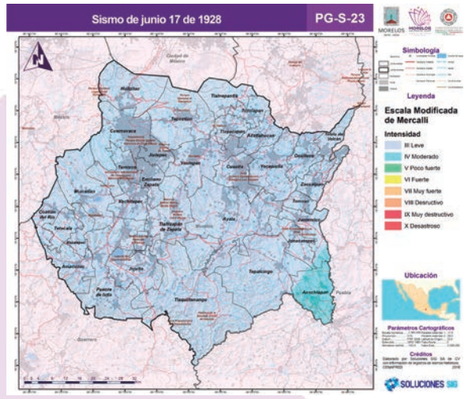
Sismo de marzo 22 de 1928 PG-S-21



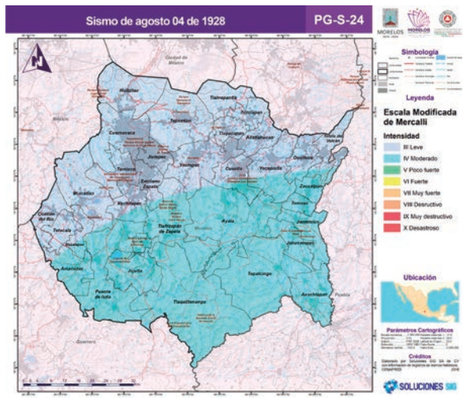
Sismo de abril 17 de 1928 PG-S-22



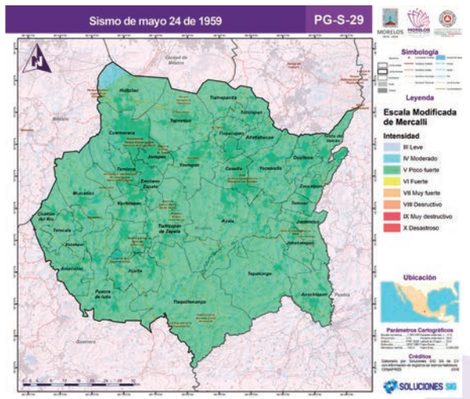
Sismo de junio 17 de 1928 PG-S-23



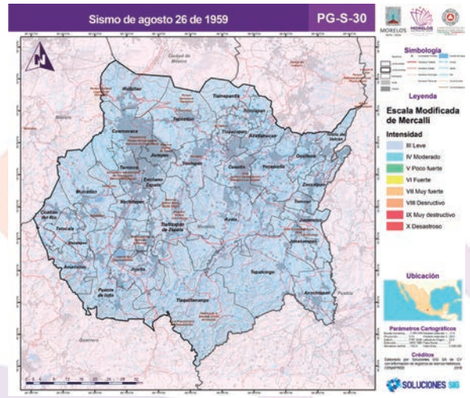
Sismo de agosto 04 de 1928 PG-S-24



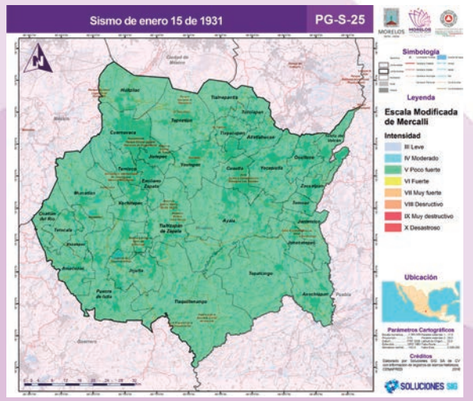
Sismo de mayo 24 de 1959 PG-S-29



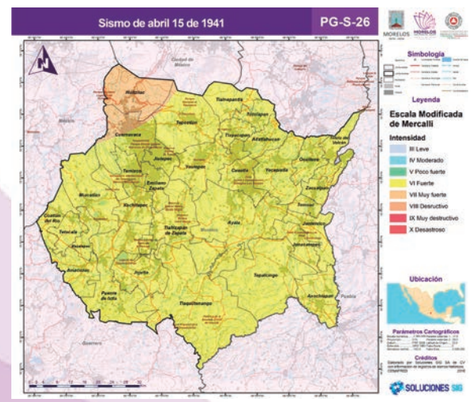
Sismo de agosto 26 de 1959 PG-S-30



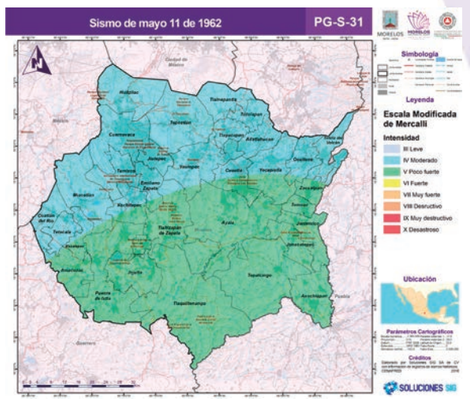
Sismo de enero 15 de 1931 PG-S-25



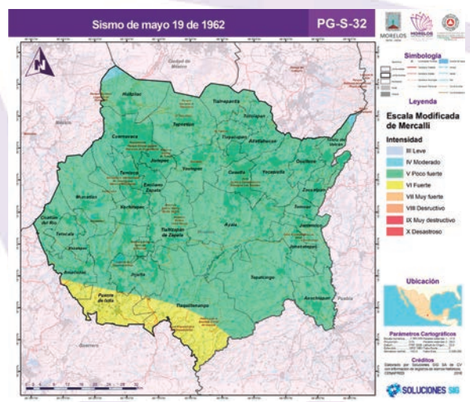
Sismo de abril 15 de 1941 PG-S-26



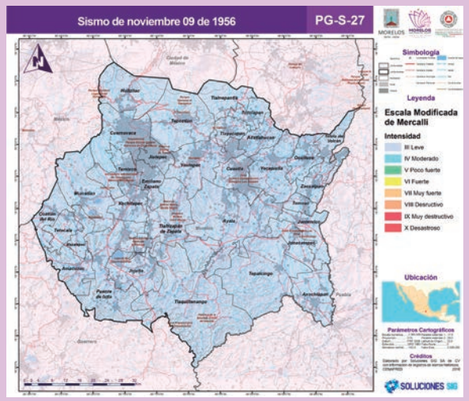
Sismo de mayo 11 de 1962 PG-S-31



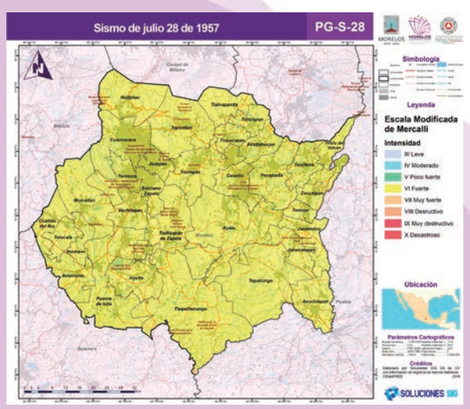
Sismo de mayo 19 de 1962 PG-S-32



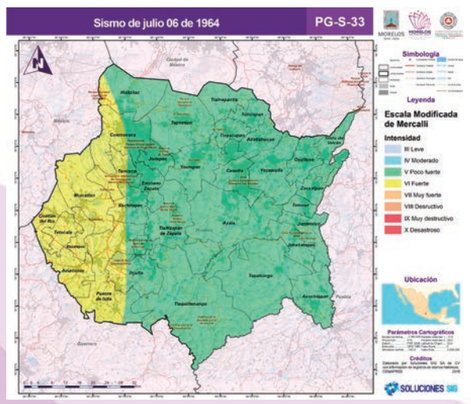
Sismo de noviembre 09 de 1956 PG-S-27



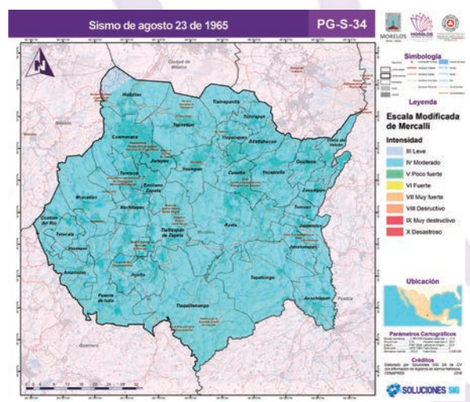
Sismo de julio 28 de 1957 PG-S-28

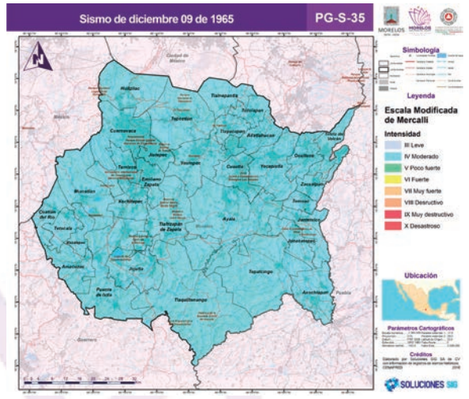


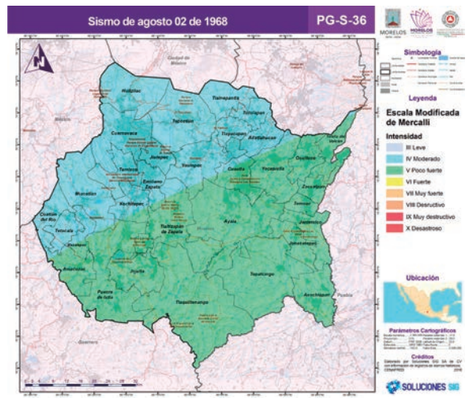
Sismo de julio 06 de 1964 PG-S-33

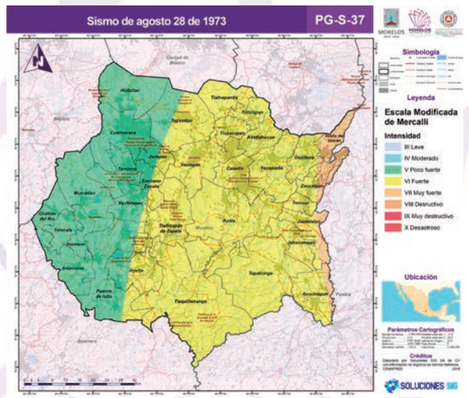


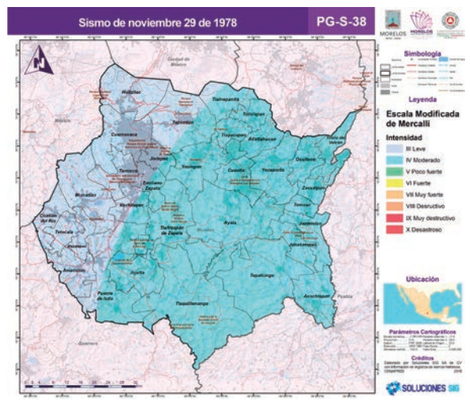
Sismo de agosto 23 de 1965 PG-S-34

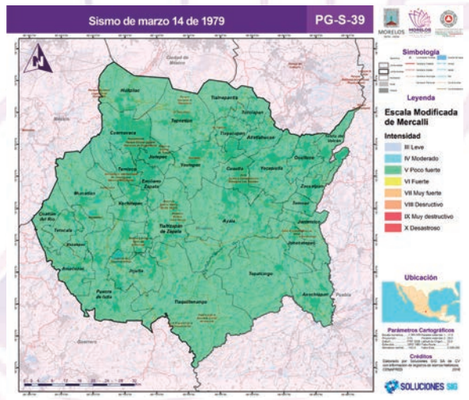


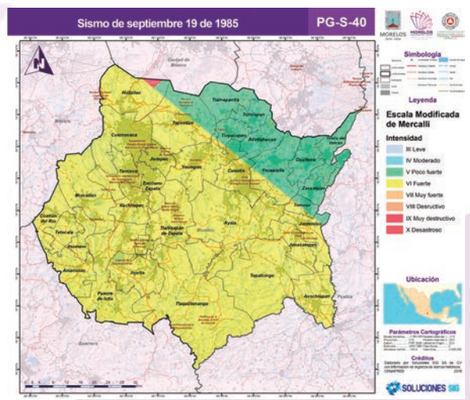


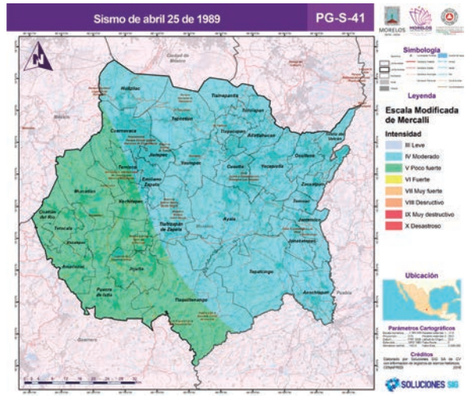


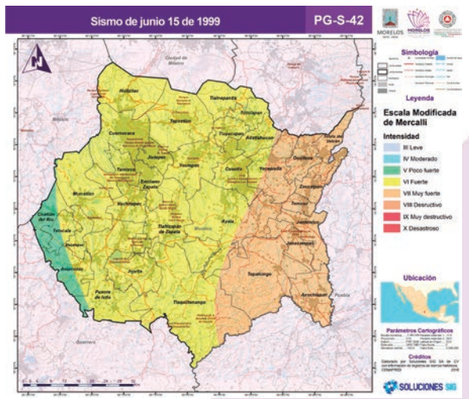


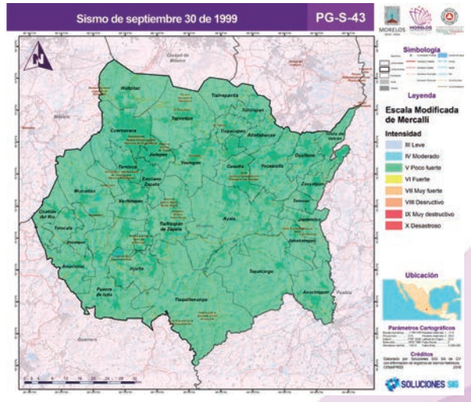


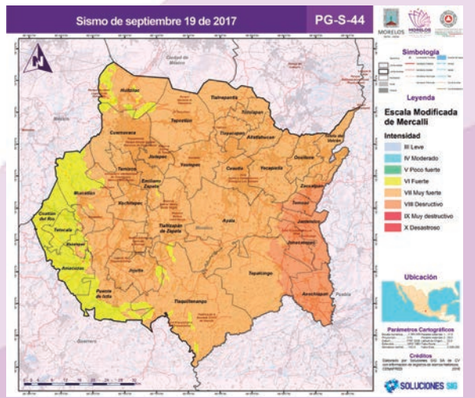








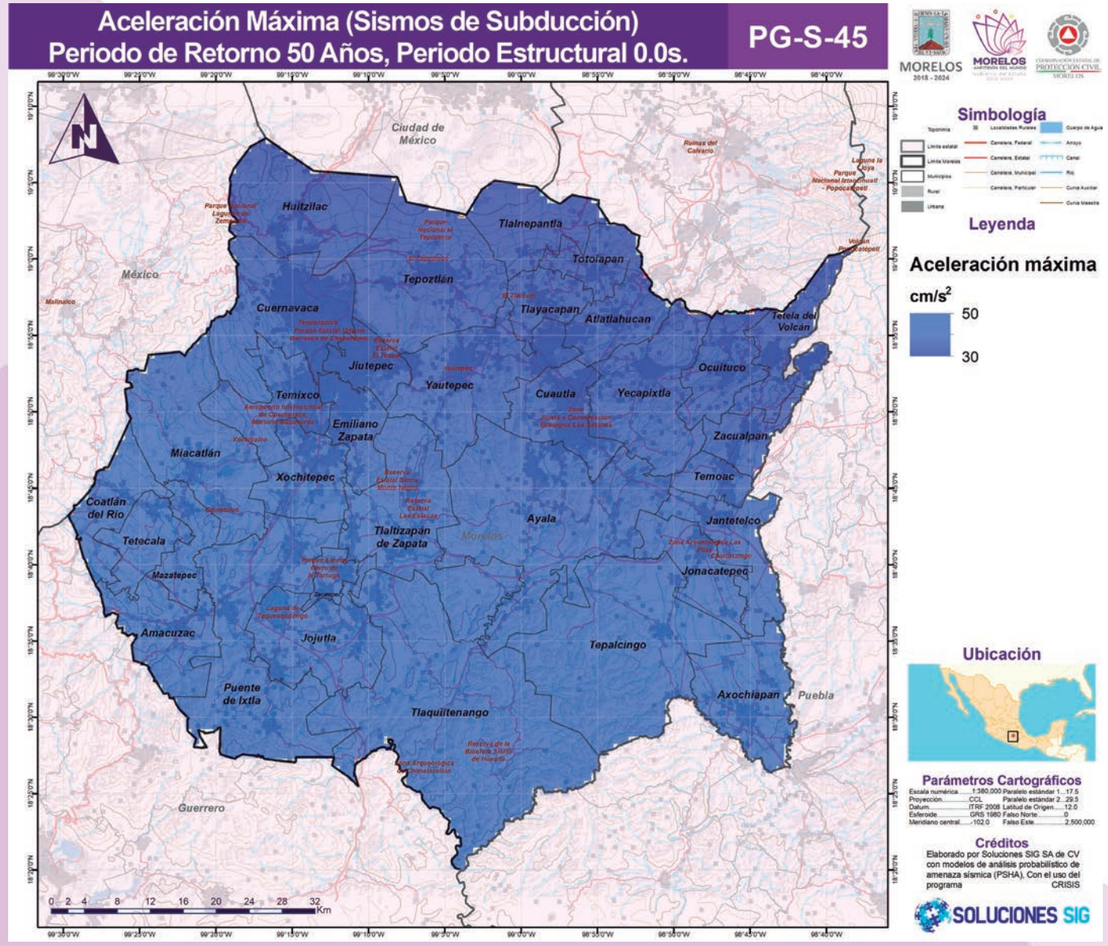




3. Para los mapas generados, se puede observar que las intensidades aumentan hacia el sur del estado de Morelos, esto se debe a que se encuentra más cerca de las fuentes de profundidad intermedia y subducción. En periodos estructurales cortos (0.1 y 0.5 segundos) podemos identificar que se presentan las aceleraciones más grandes; sin embargo, cabe resaltar que estos mapas no contemplan el efecto de sitio.

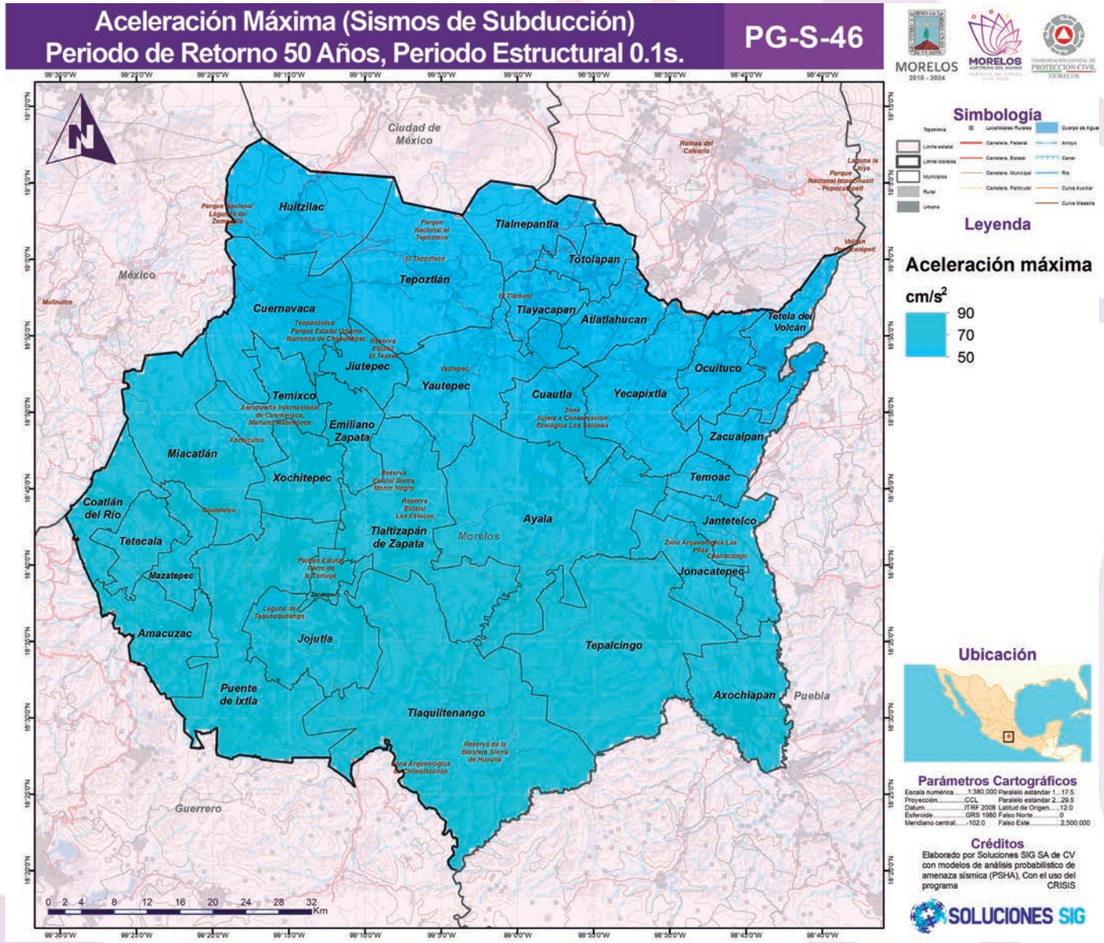
Periodos cortos (0.15 s, 0.5 s) pueden dañar viviendas de uno o dos niveles, Periodos largos (>=1) pueden dañar estructuras de más de 5 niveles. Cuando el período de vibración de la estructura y el período del suelo donde se apoya coinciden, los efectos sísmicos se amplifican, a este fenómeno se le conoce como resonancia. Por lo que puede evitarse, construyendo estructuras con períodos que no coincidan con el del suelo. Por ello se plantea realizar un estudio de microzonación sísmica, la cual se describe ampliamente en el apartado “V Propuestas de Estudios, Obras y Acciones”.

Mapa 39 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 50 años (0 s.)



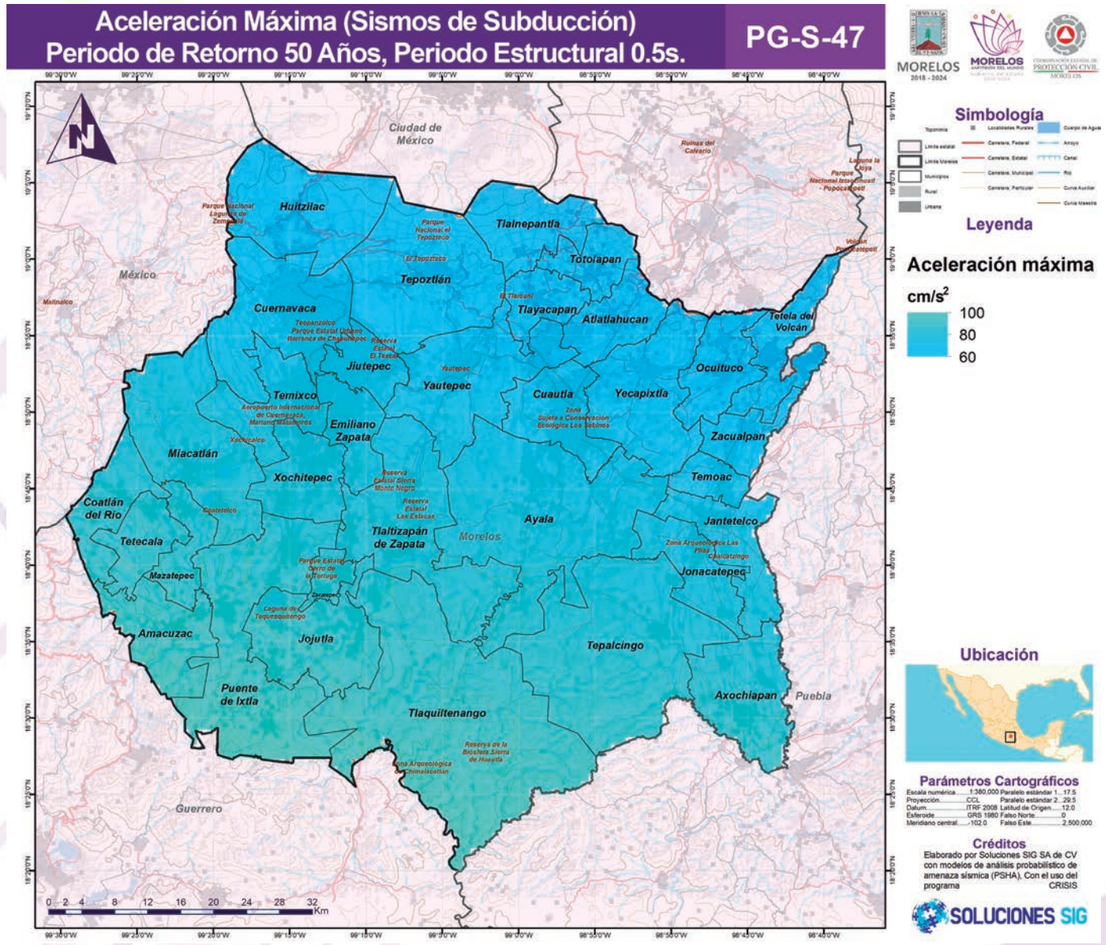
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 40 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 50 años (0.1 s.)



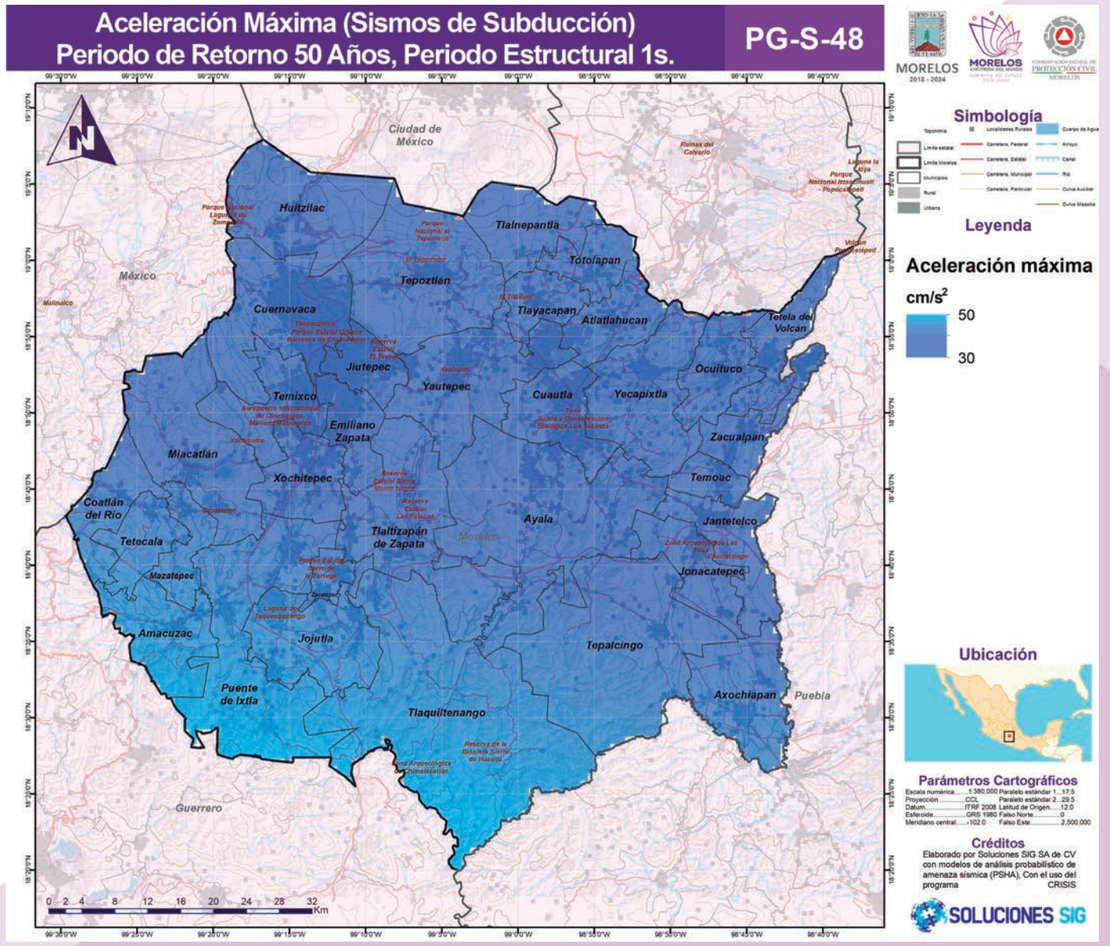
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 41 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 50 años (0.5 s.)



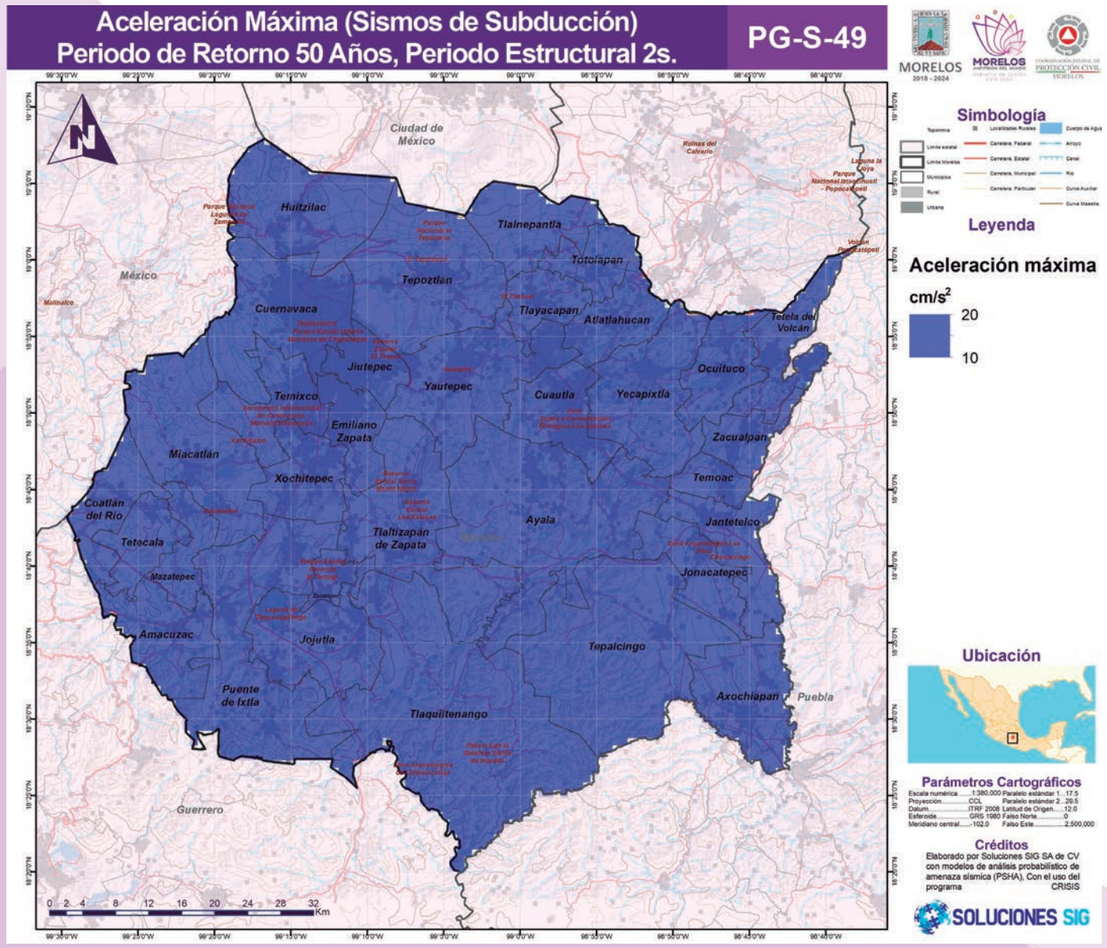
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 42 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 50 años (1 s.)



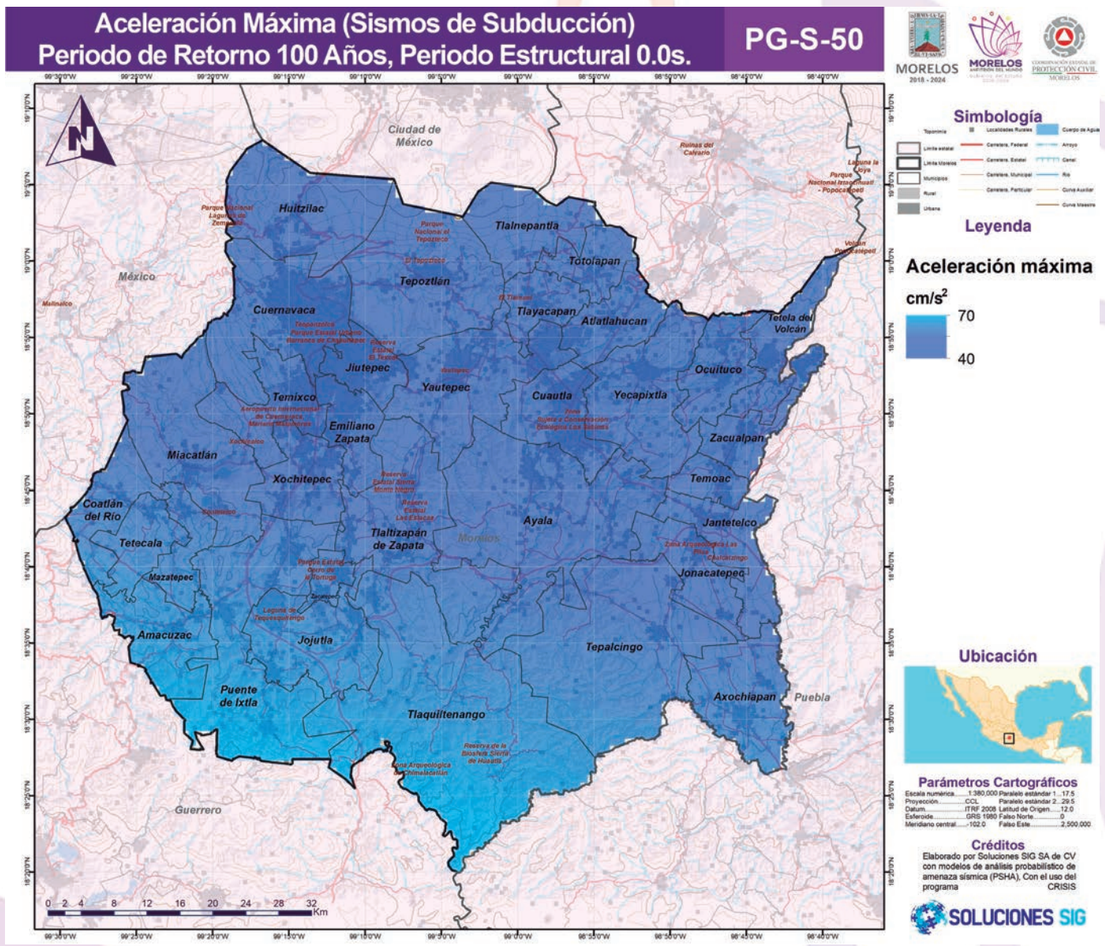
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 43 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 50 años (2 s.)



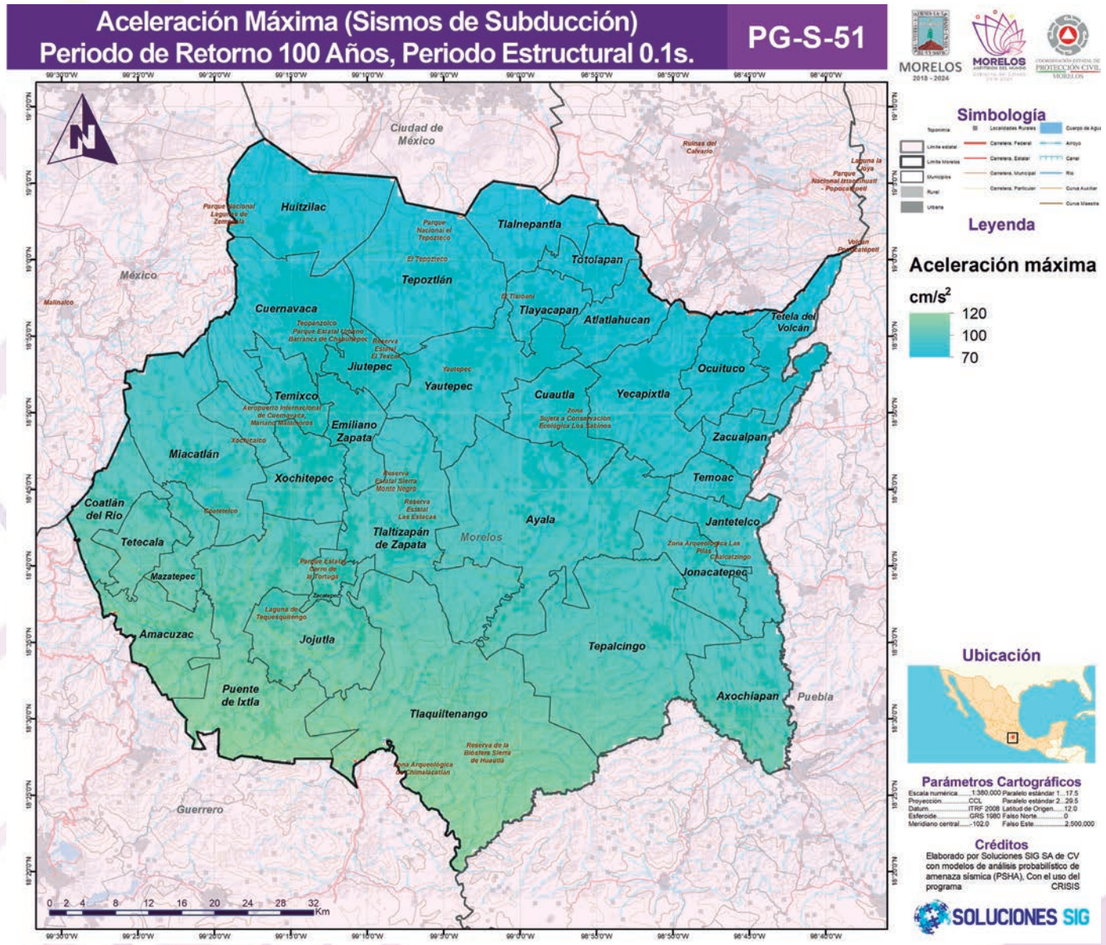
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 44 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 100 años (0 s.)



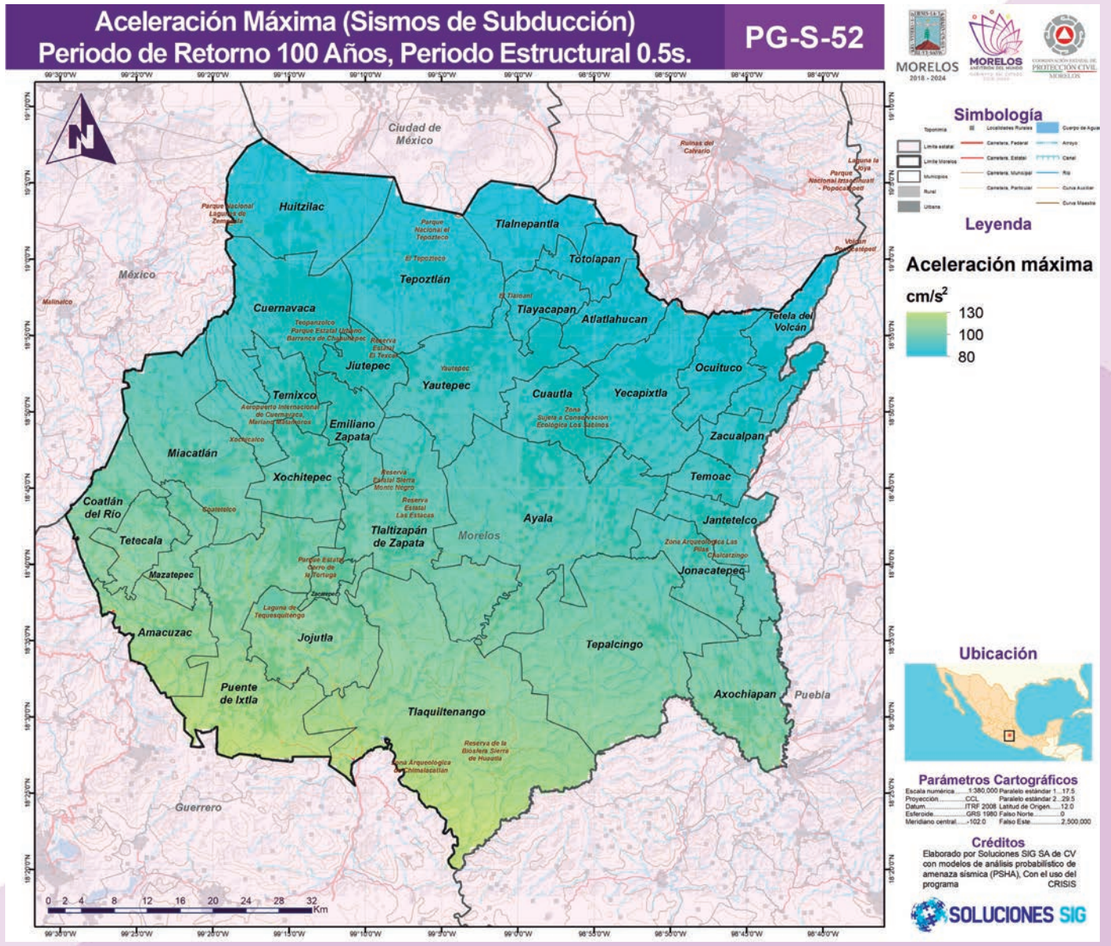
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 45 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 100 años (0.1 s.)



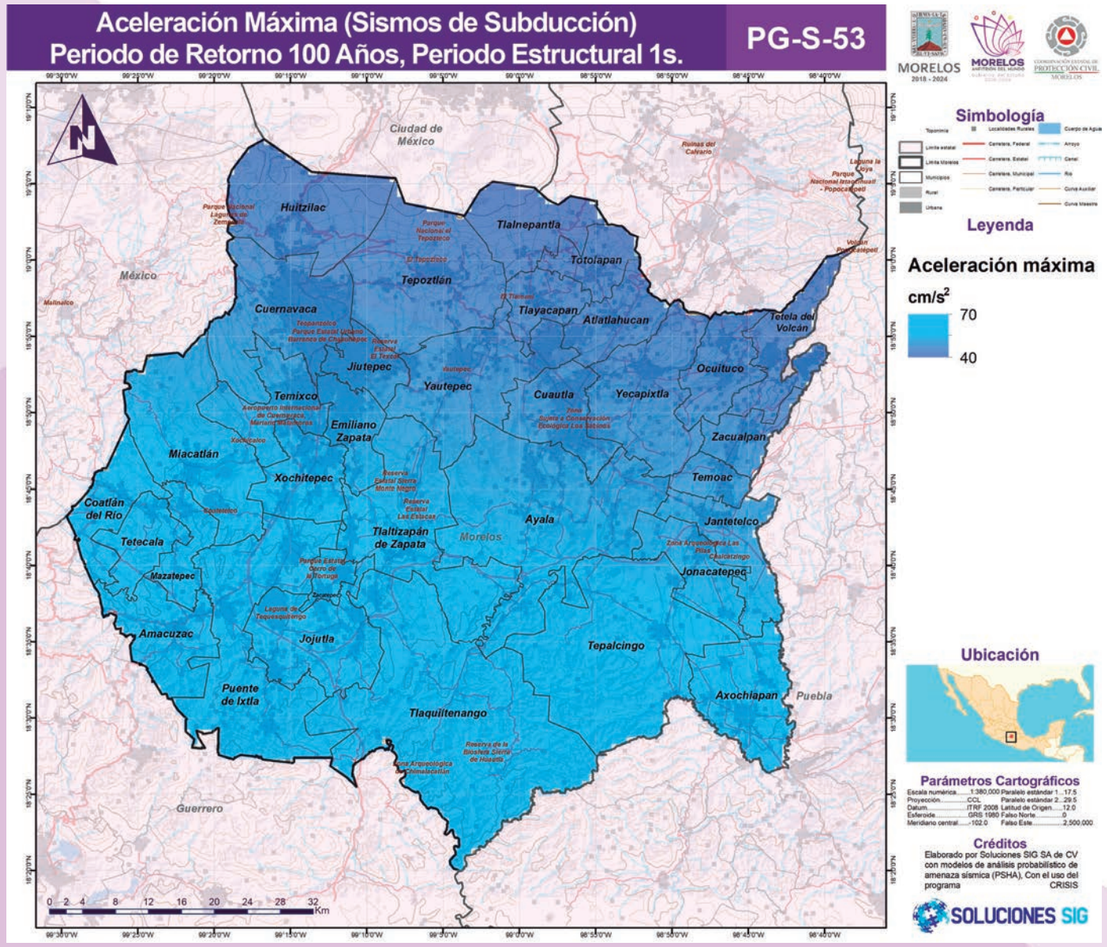
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 46 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 100 años (0.5 s.)



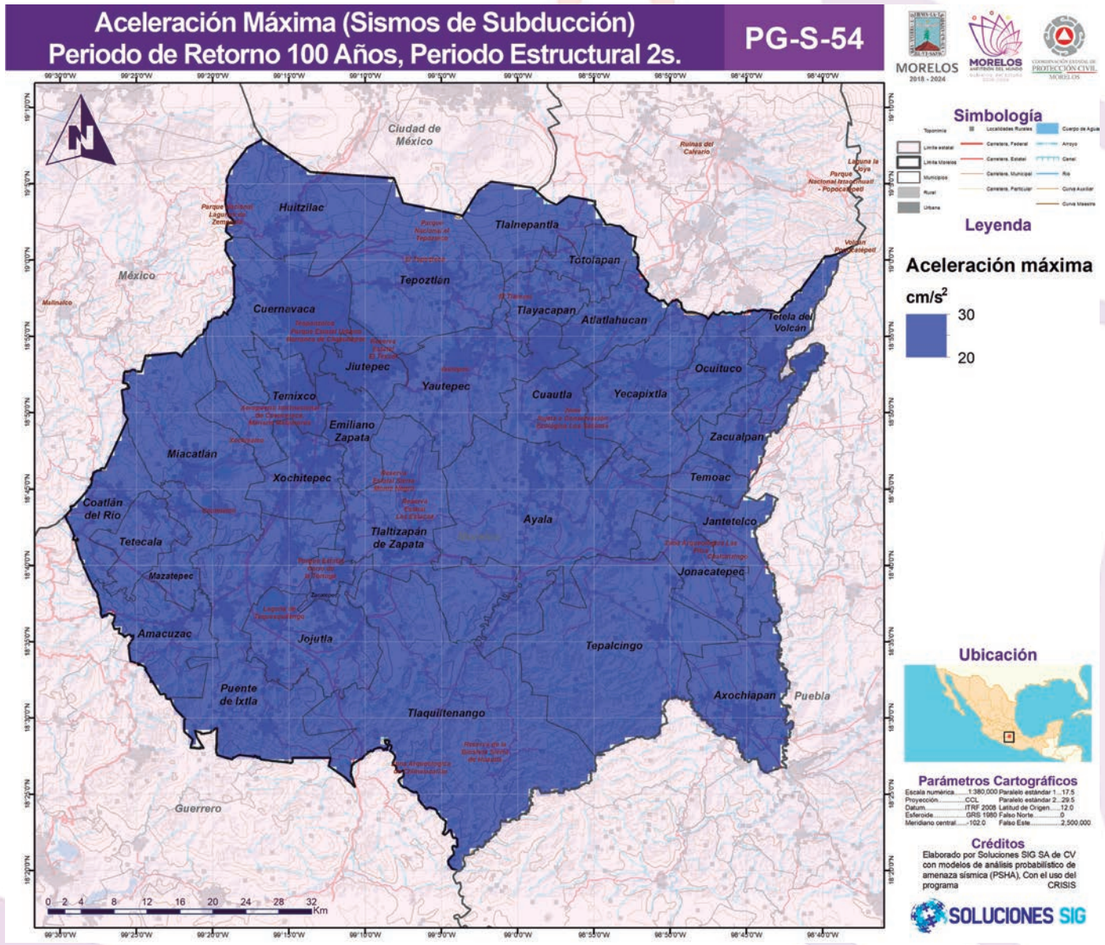
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 47 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 100 años (1 s.)



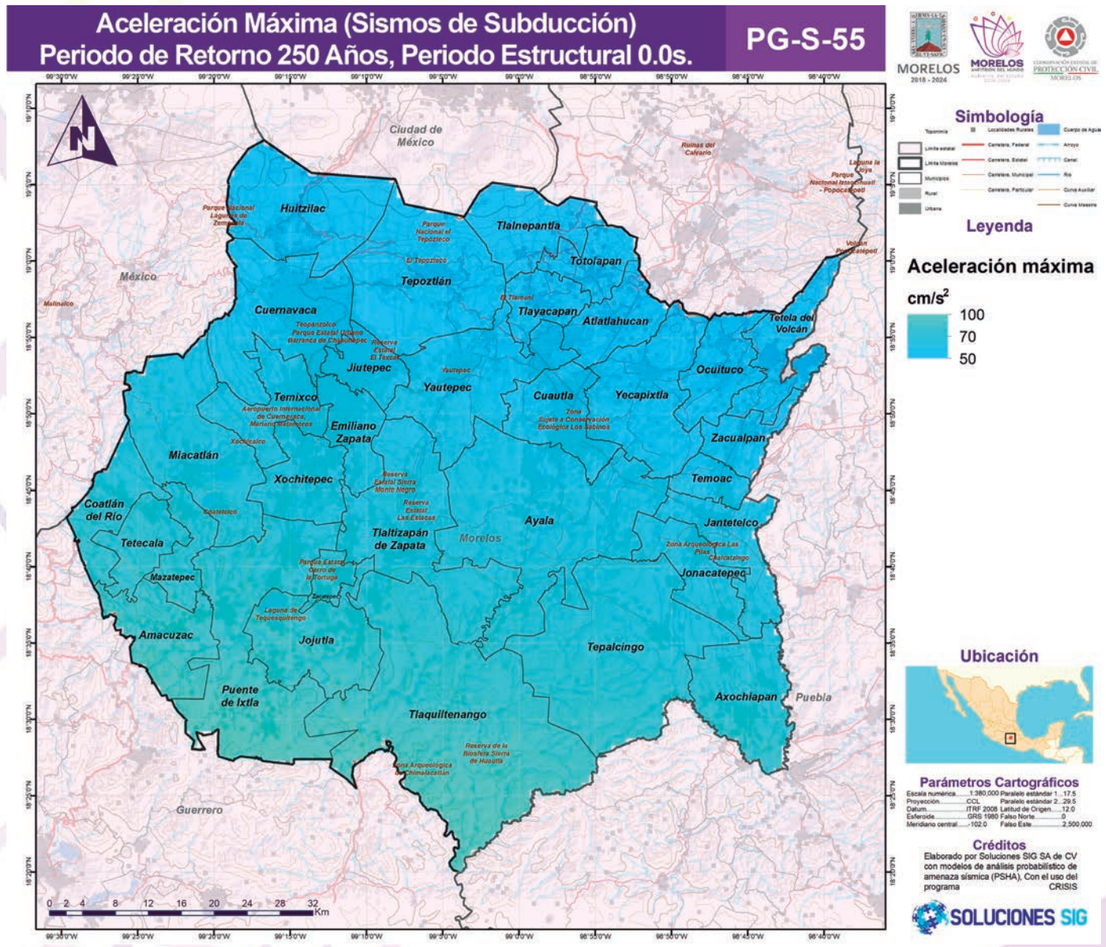
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 48 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 100 años (2 s.)



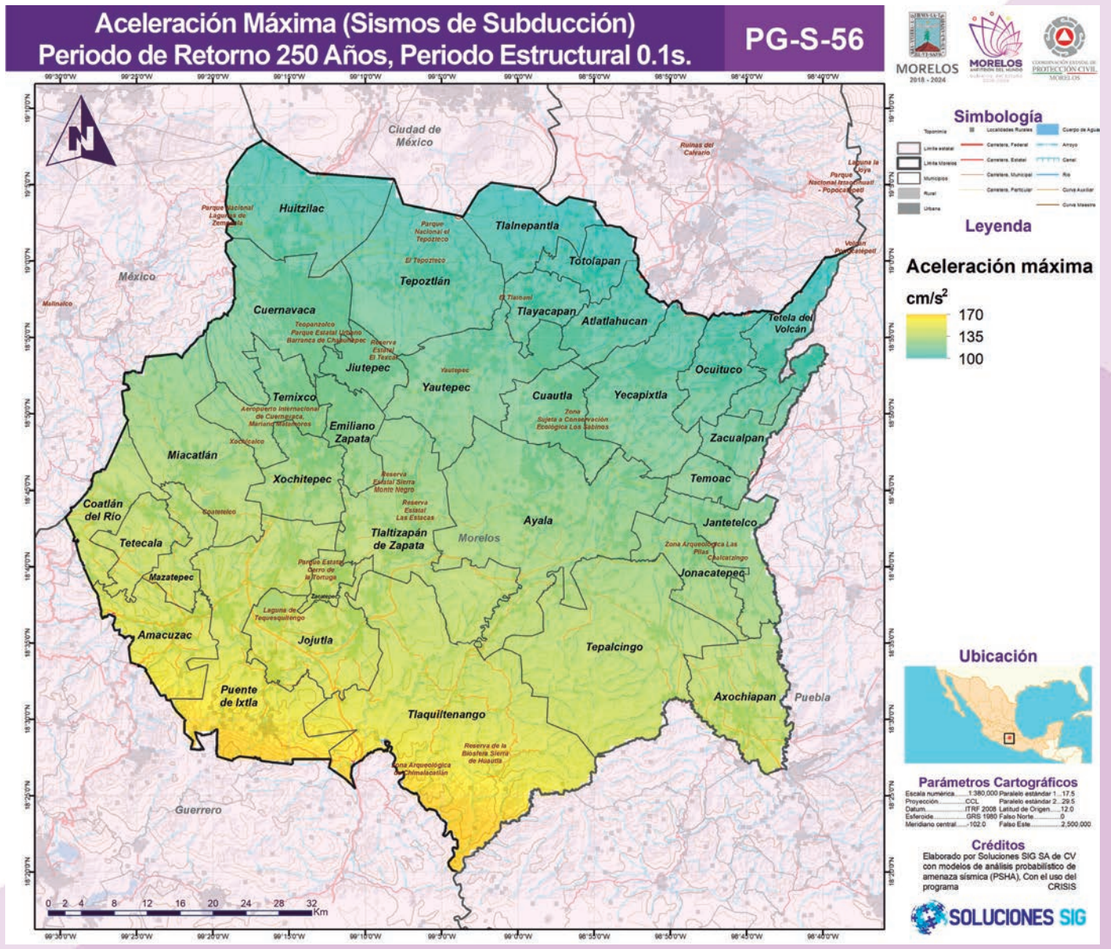
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 49 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 250 años (0 s.)



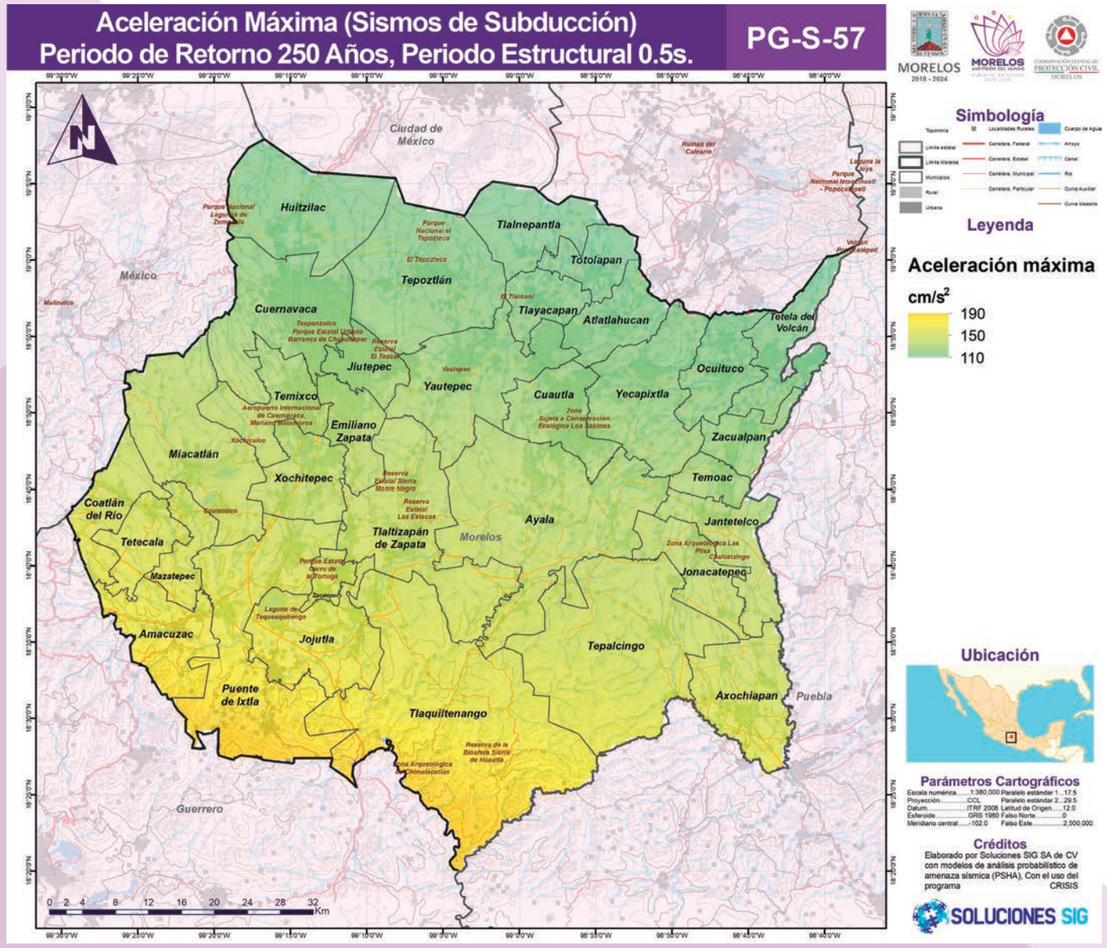
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 50 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 250 años (0.1 s.)



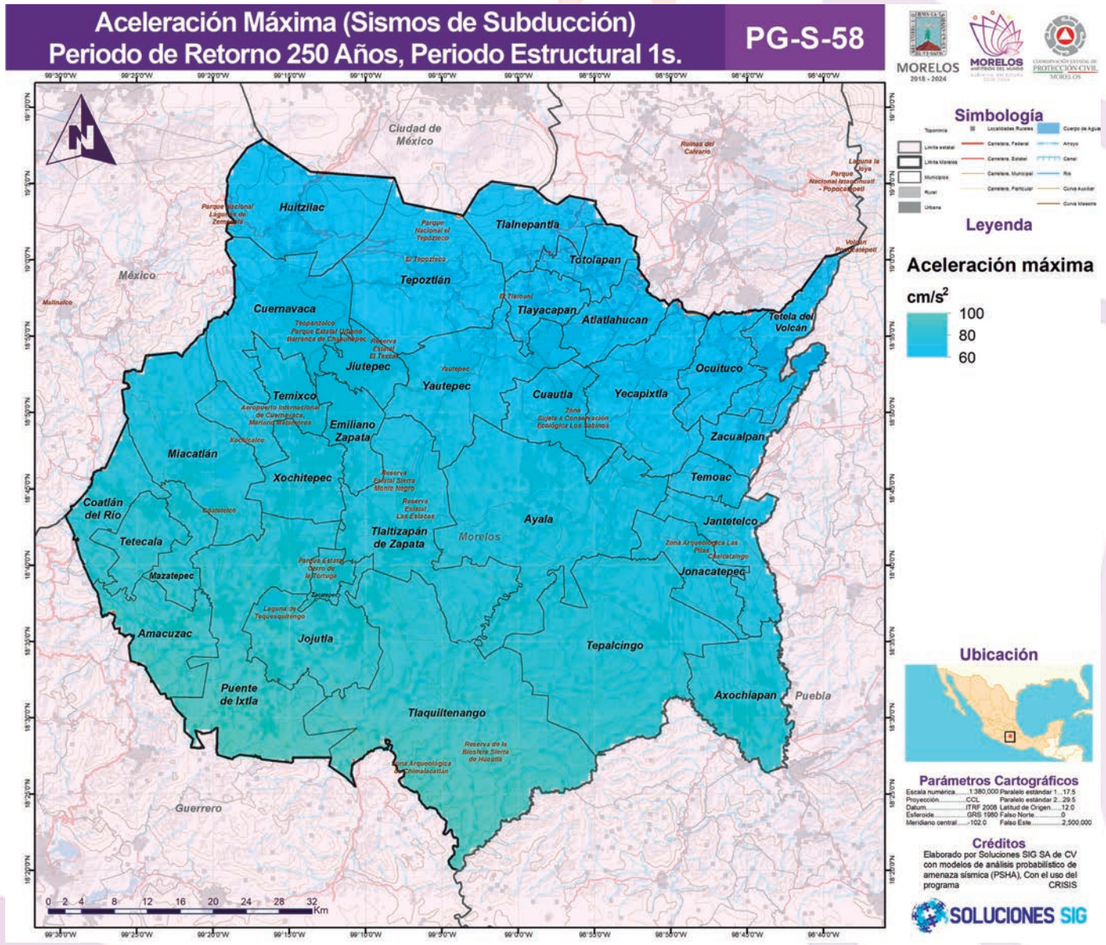
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 51 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 250 años (0.5 s.)



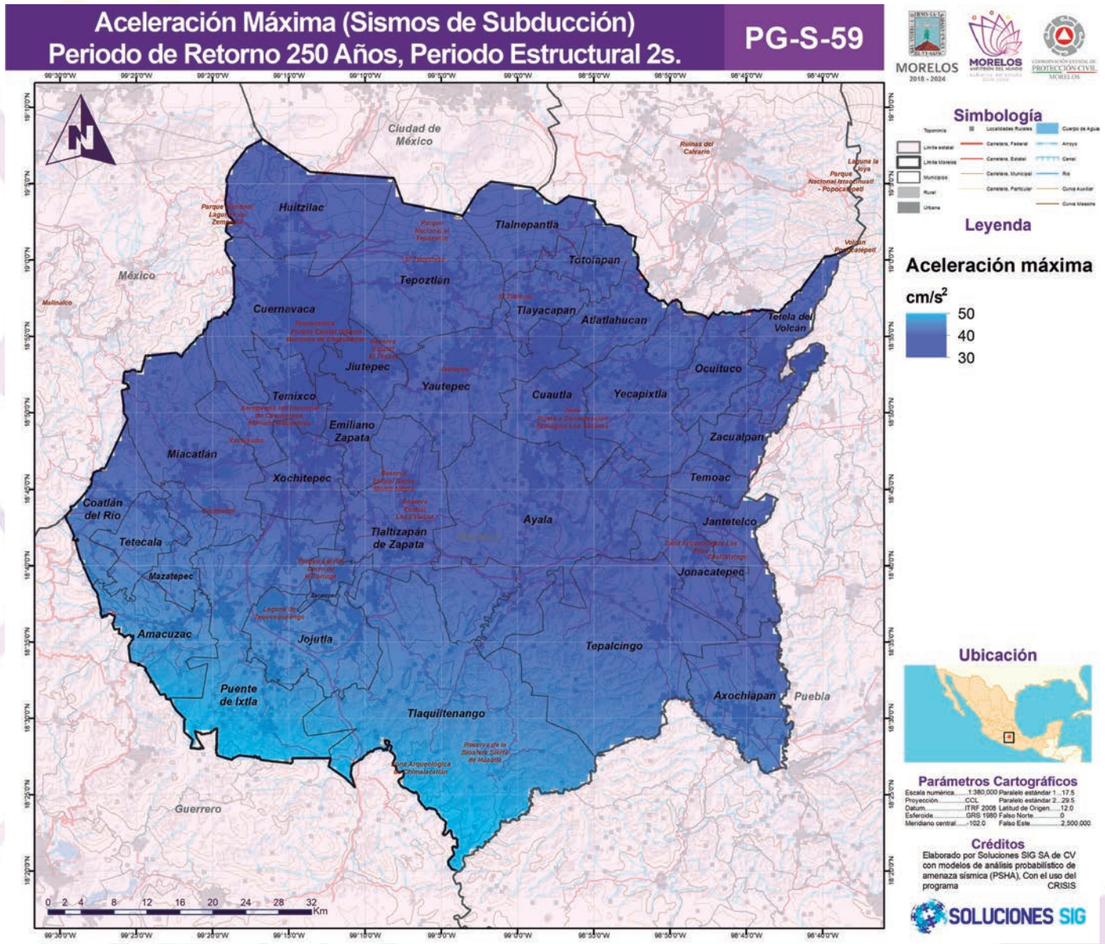
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 52 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 250 años (1 s.)



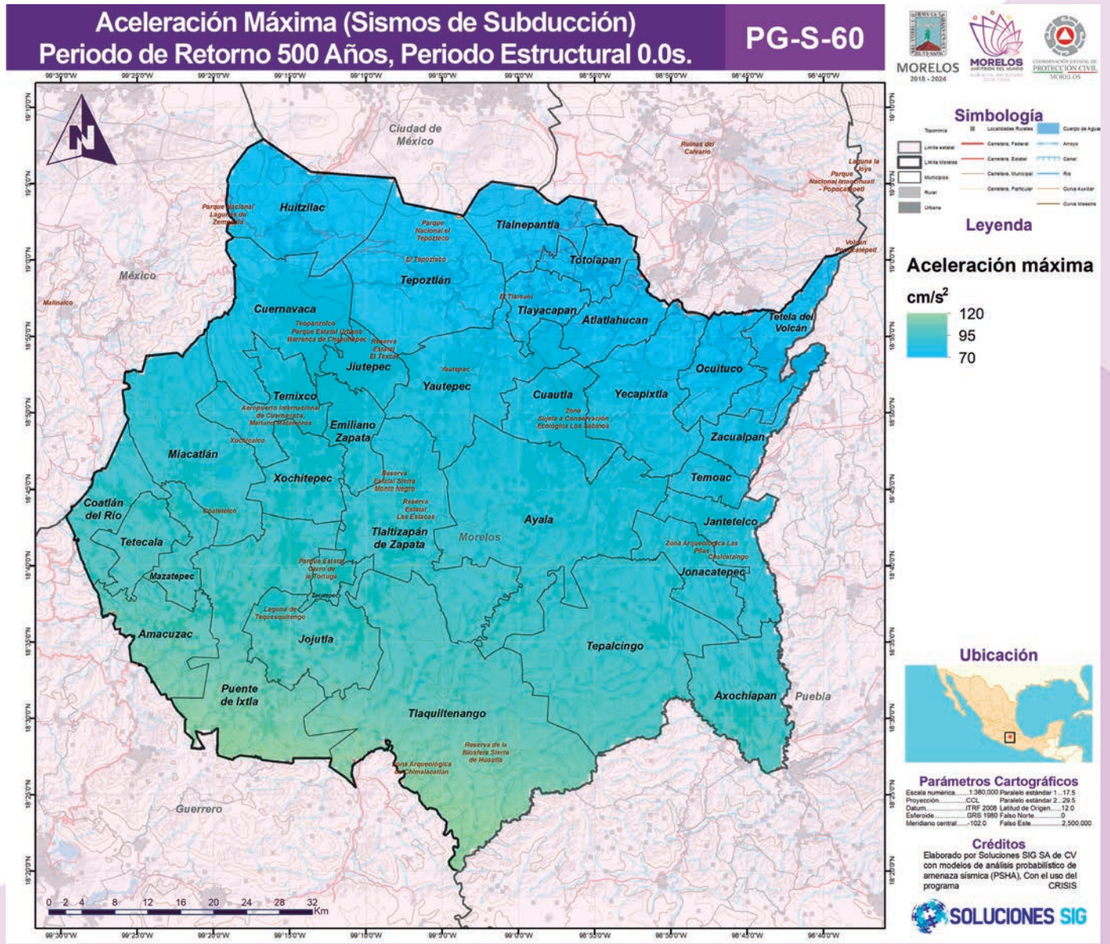
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 53 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 250 años (2 s.)



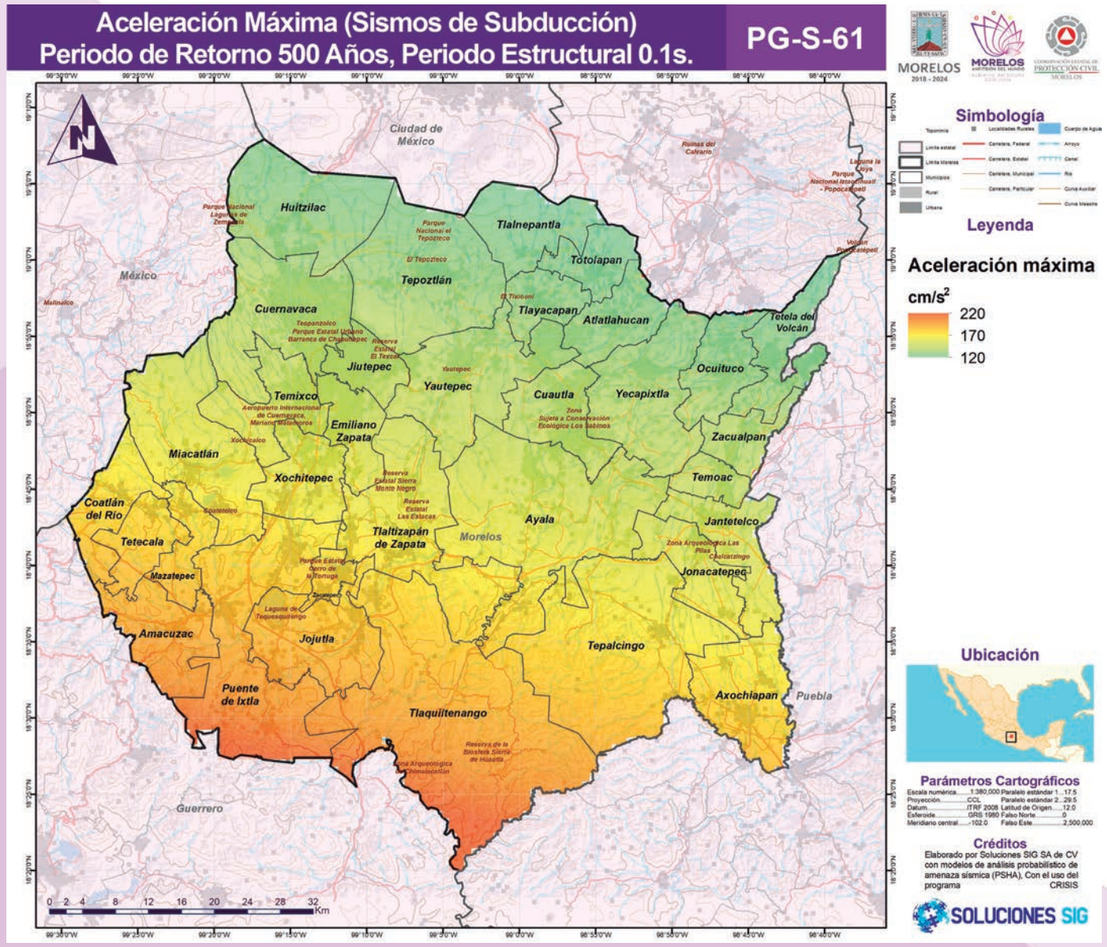
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 54 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años (0 s.)



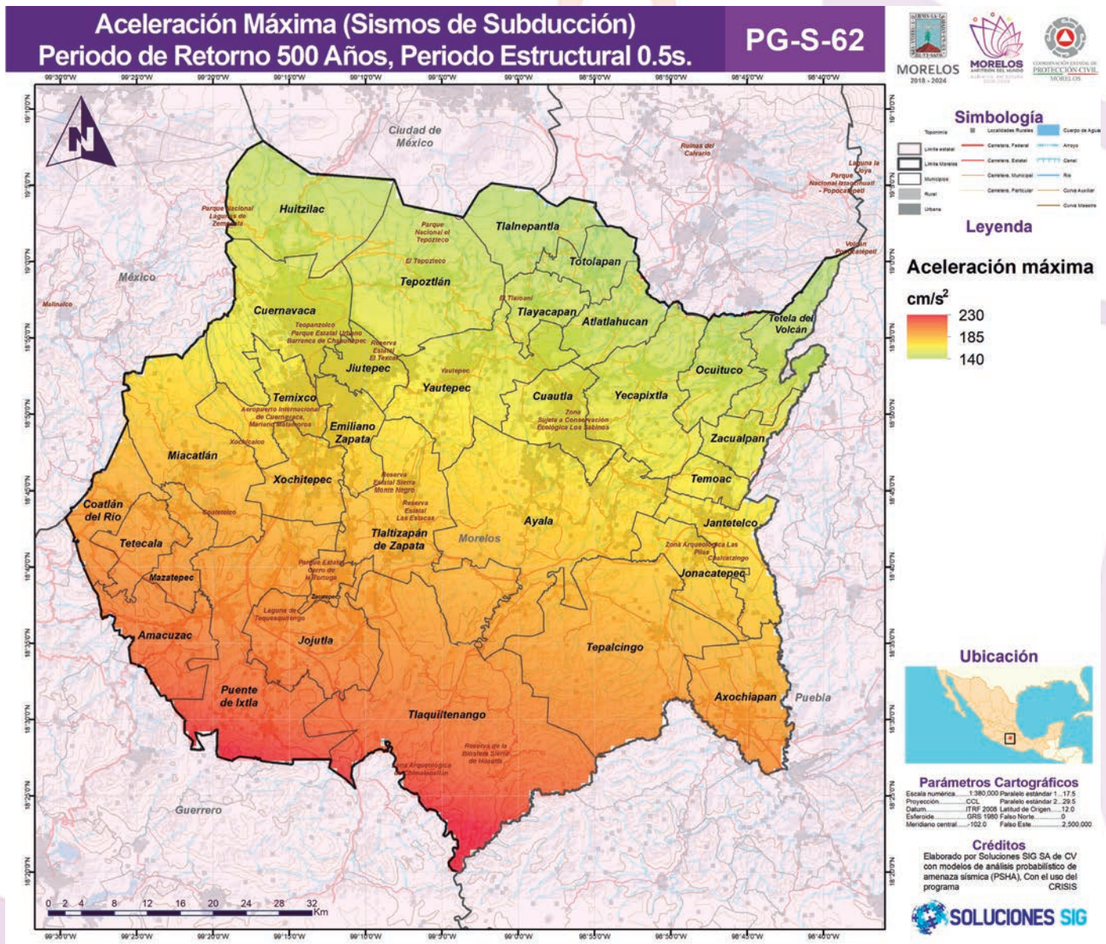
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 55 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años (0.1 s.)



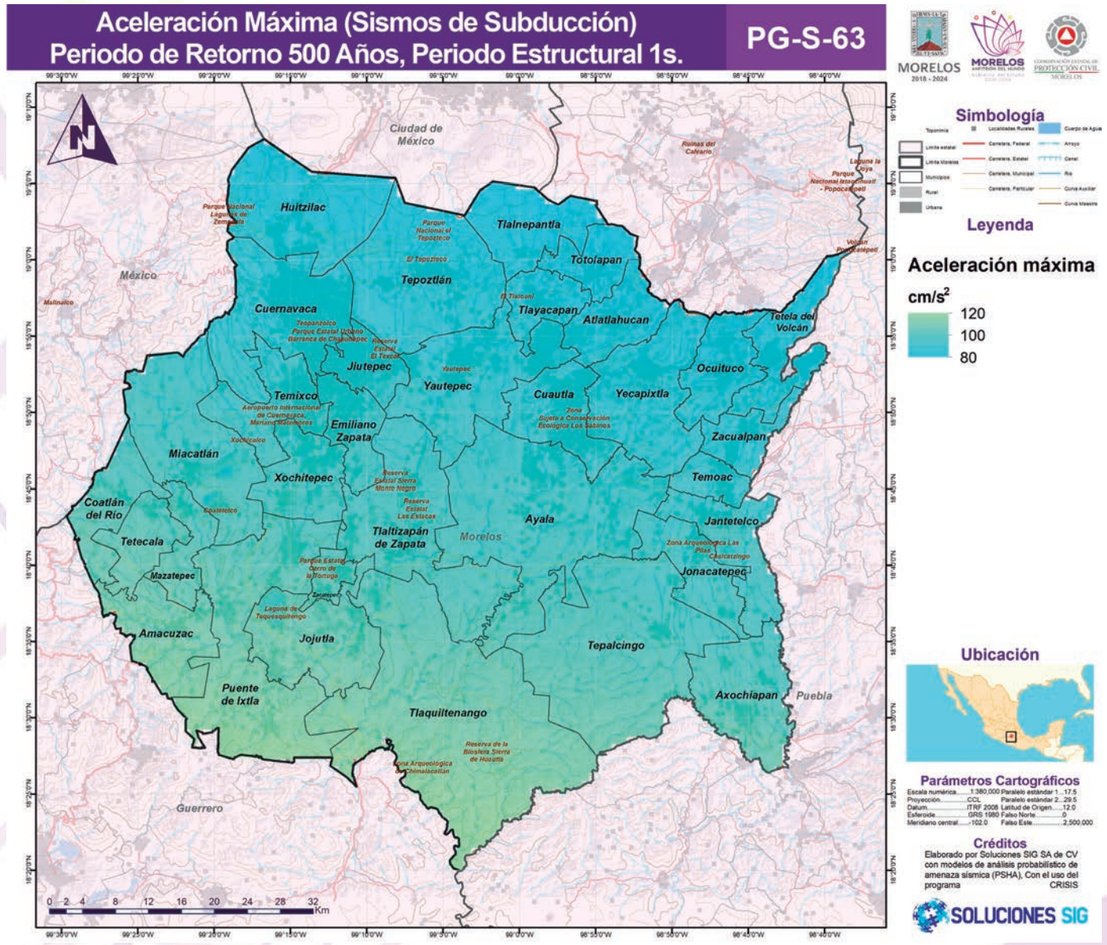
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 56 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años (0.5 s.)



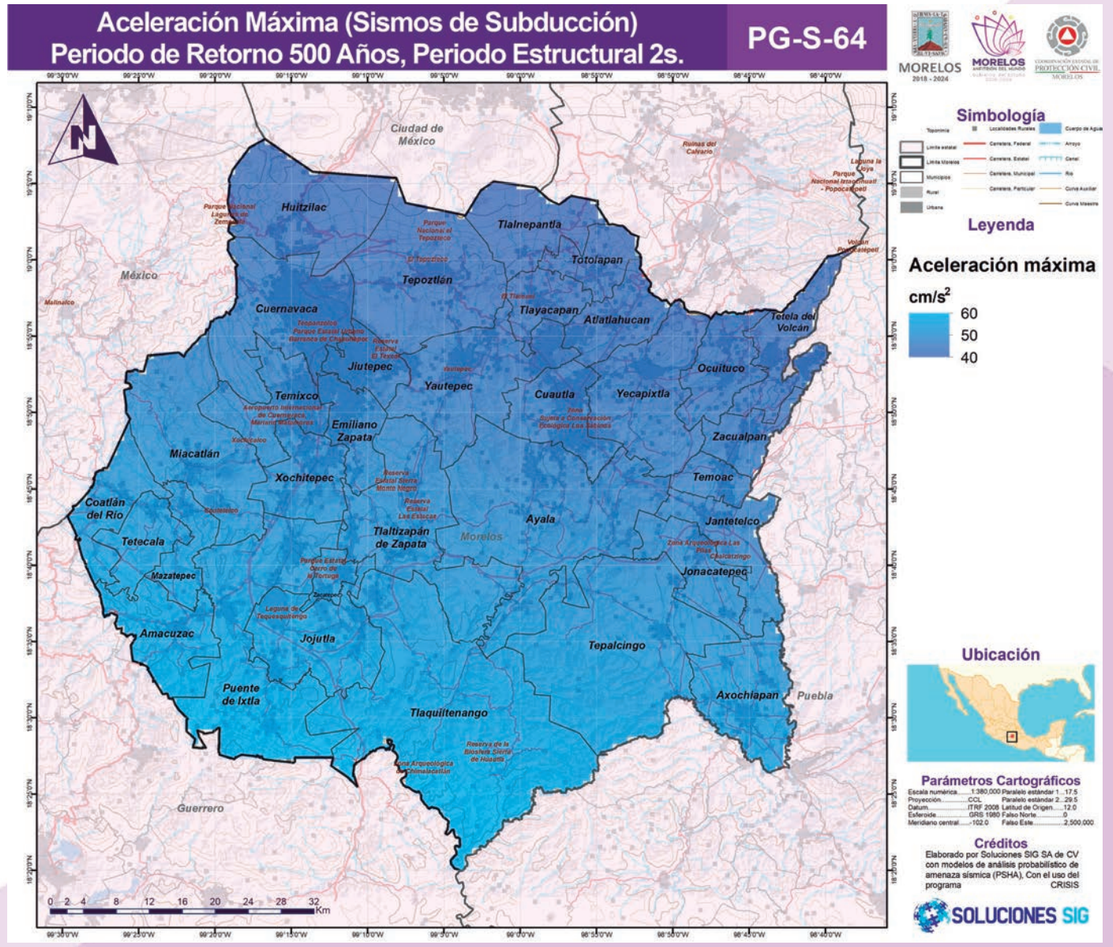
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 57 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años (1 s.)



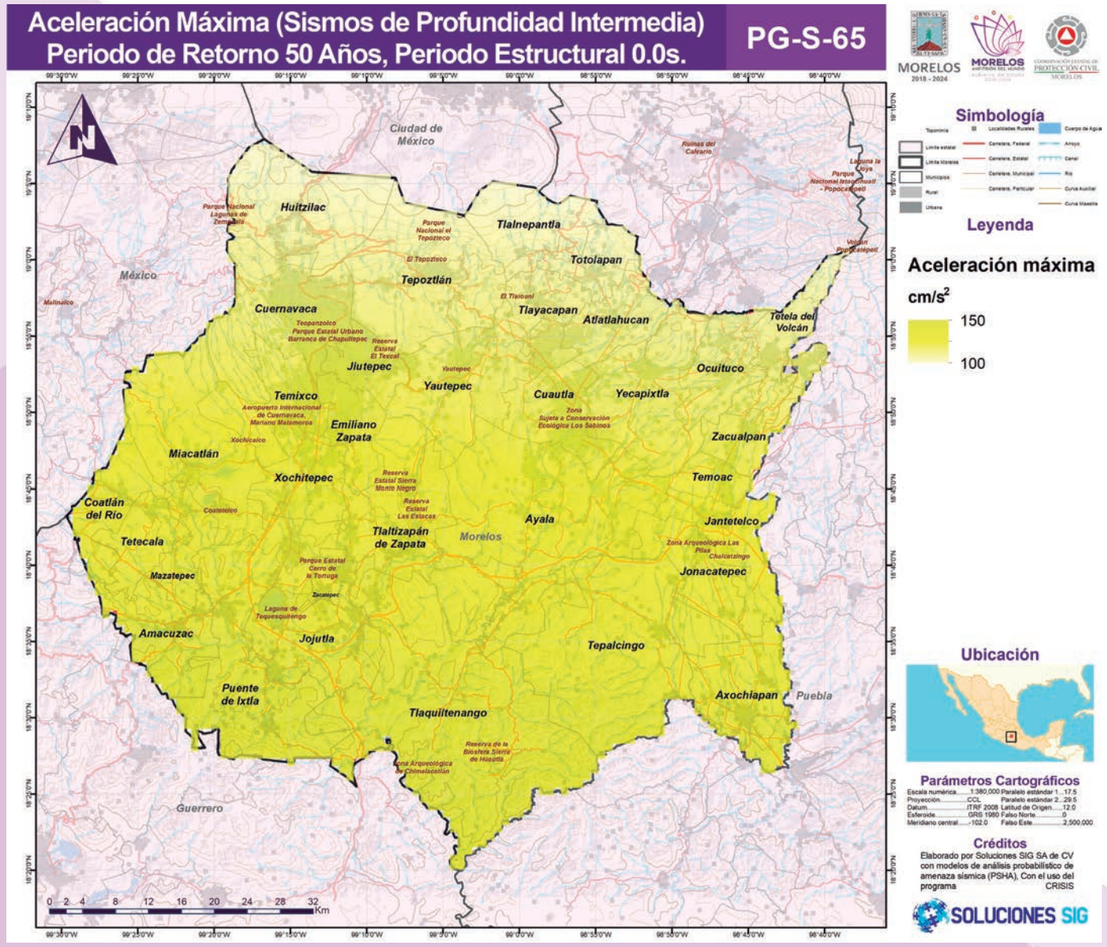
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 58 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años (2 s.)



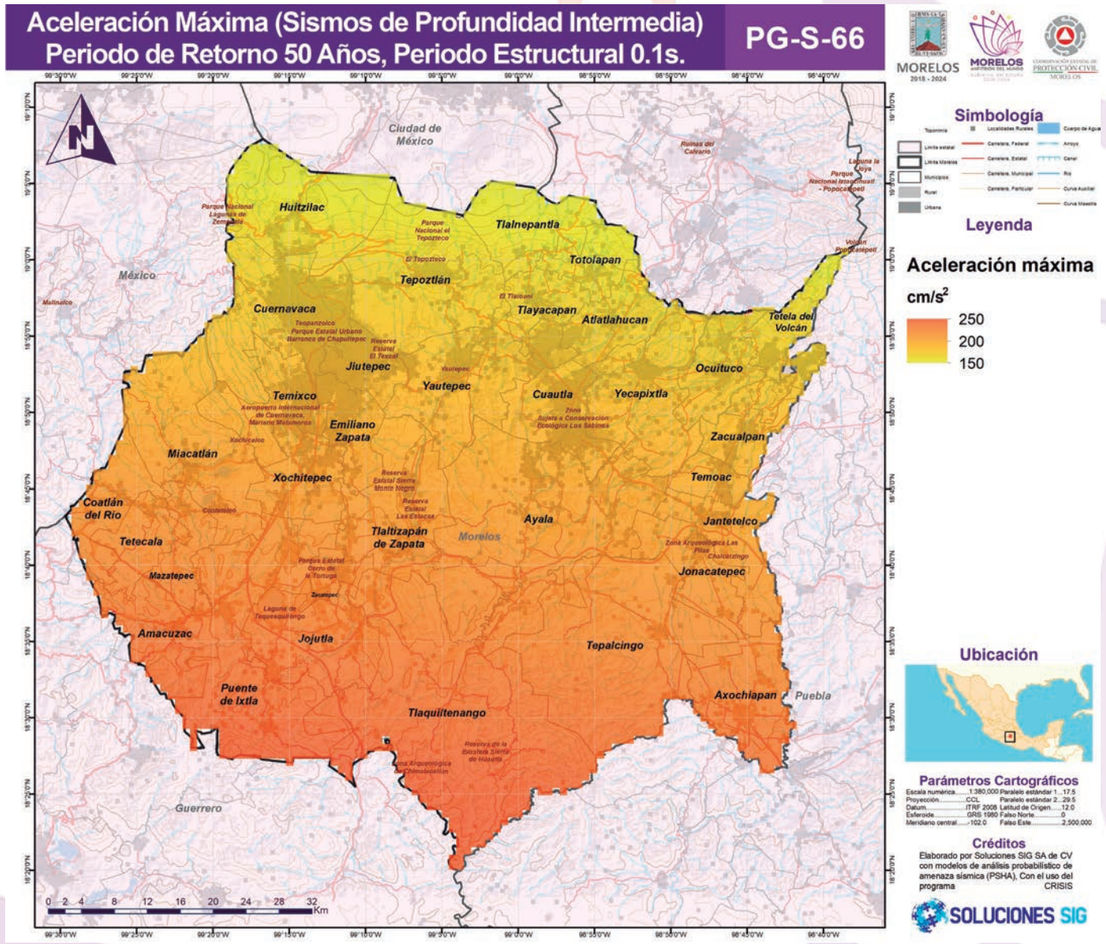
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 59 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 50 años (0 s.)



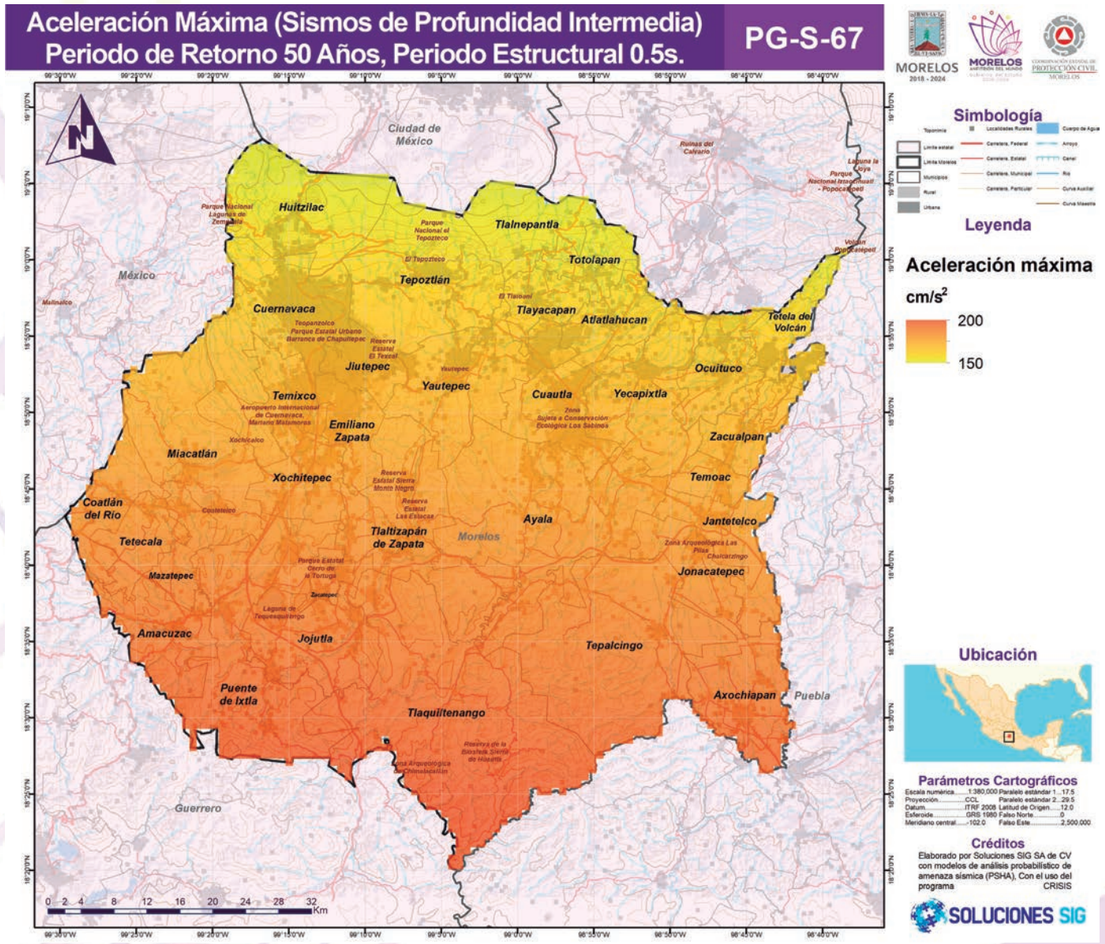
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 60 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 50 años (0.1 s.)



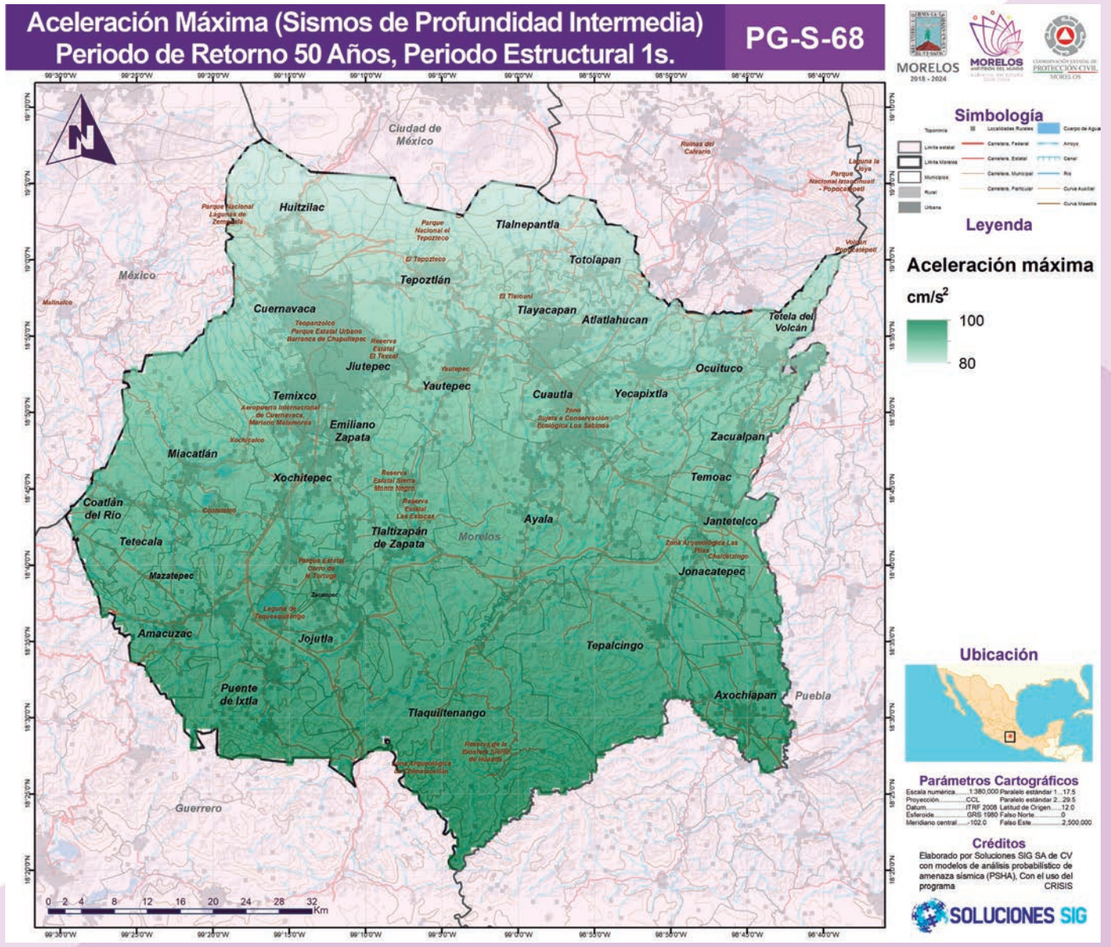
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 61 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 50 años (0.5 s.)



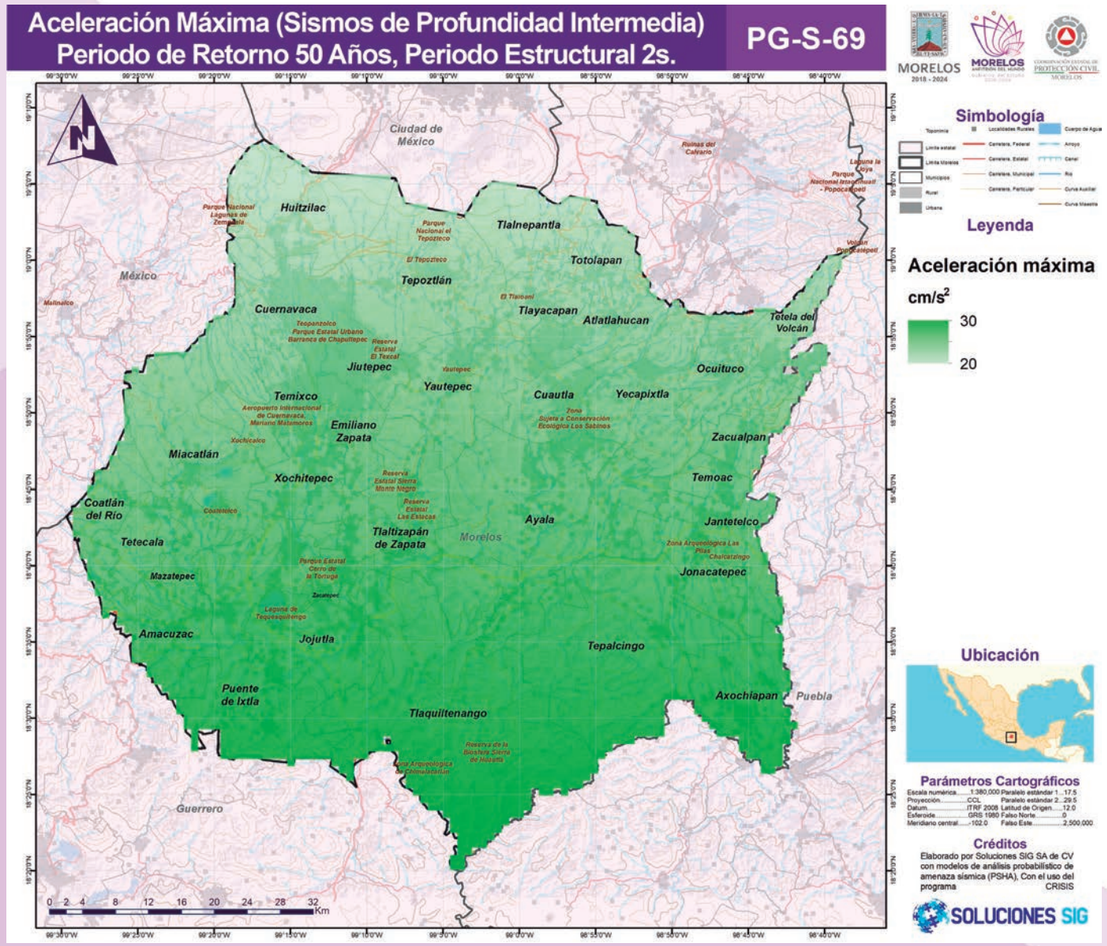
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 62 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 50 años (1 s.)



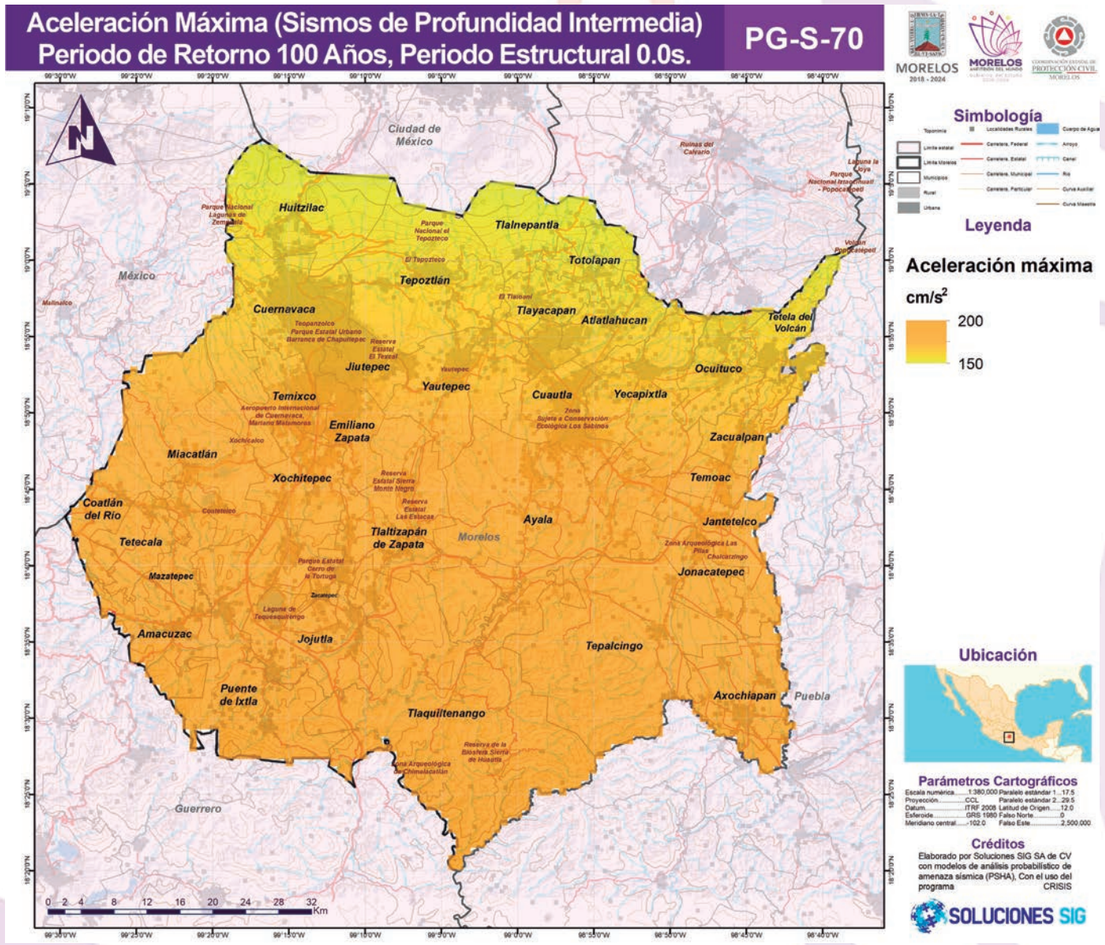
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 63 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 50 años 2 s.)



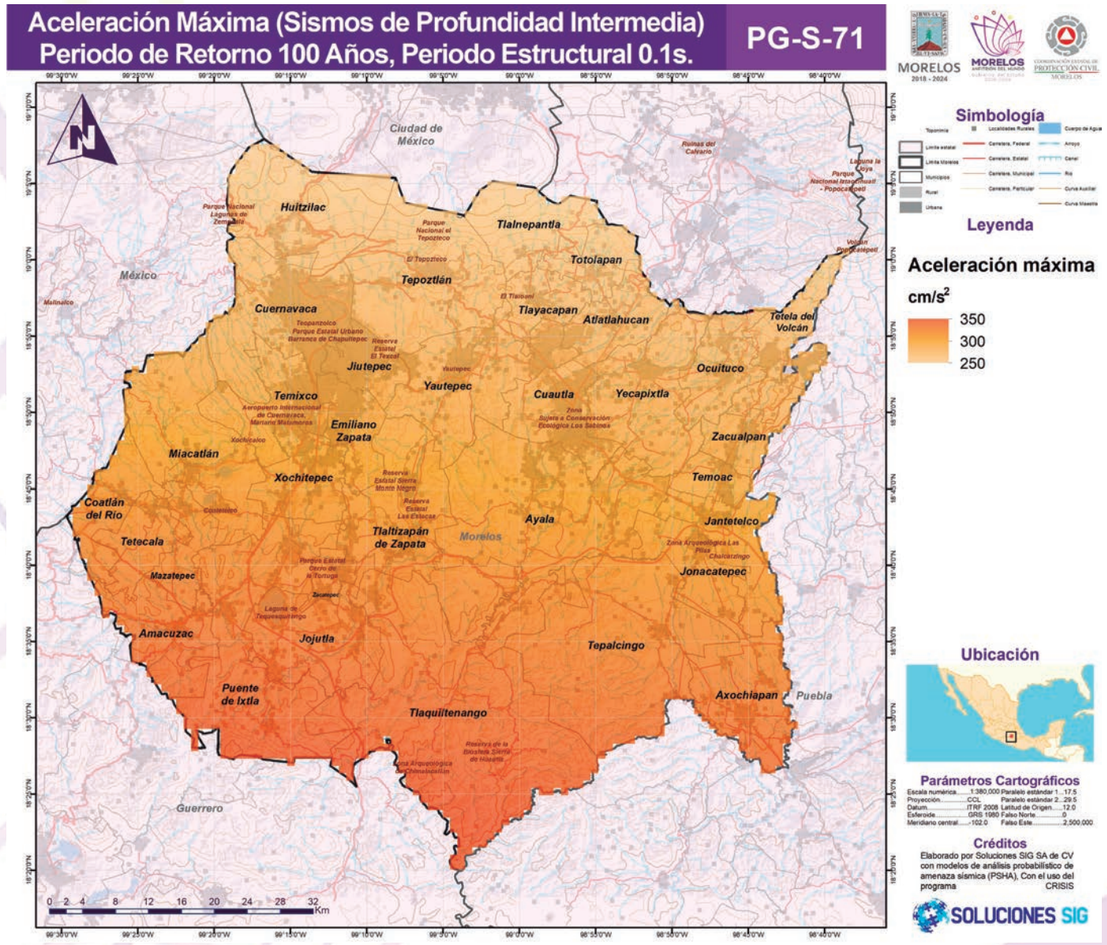
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 64 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 100 años (0 s.)



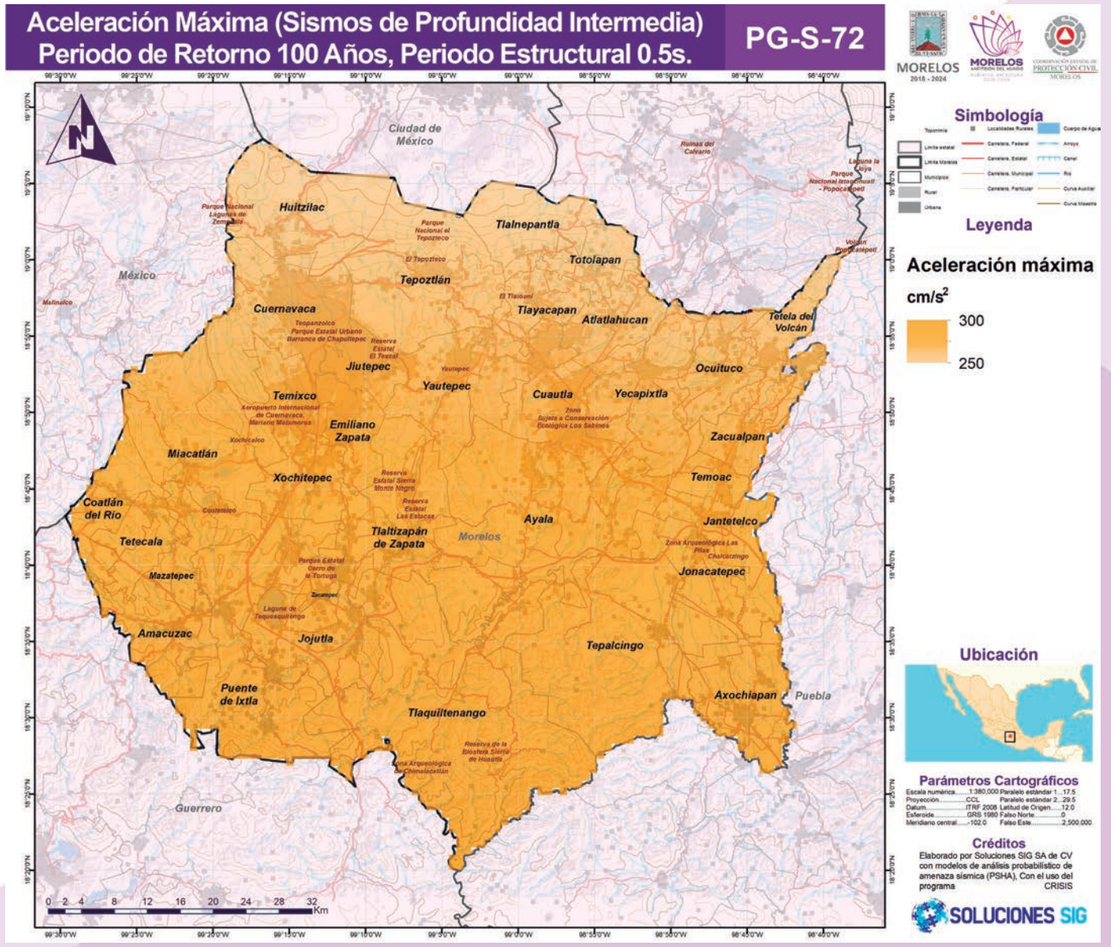
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 65 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 100 años (0.1 s.)



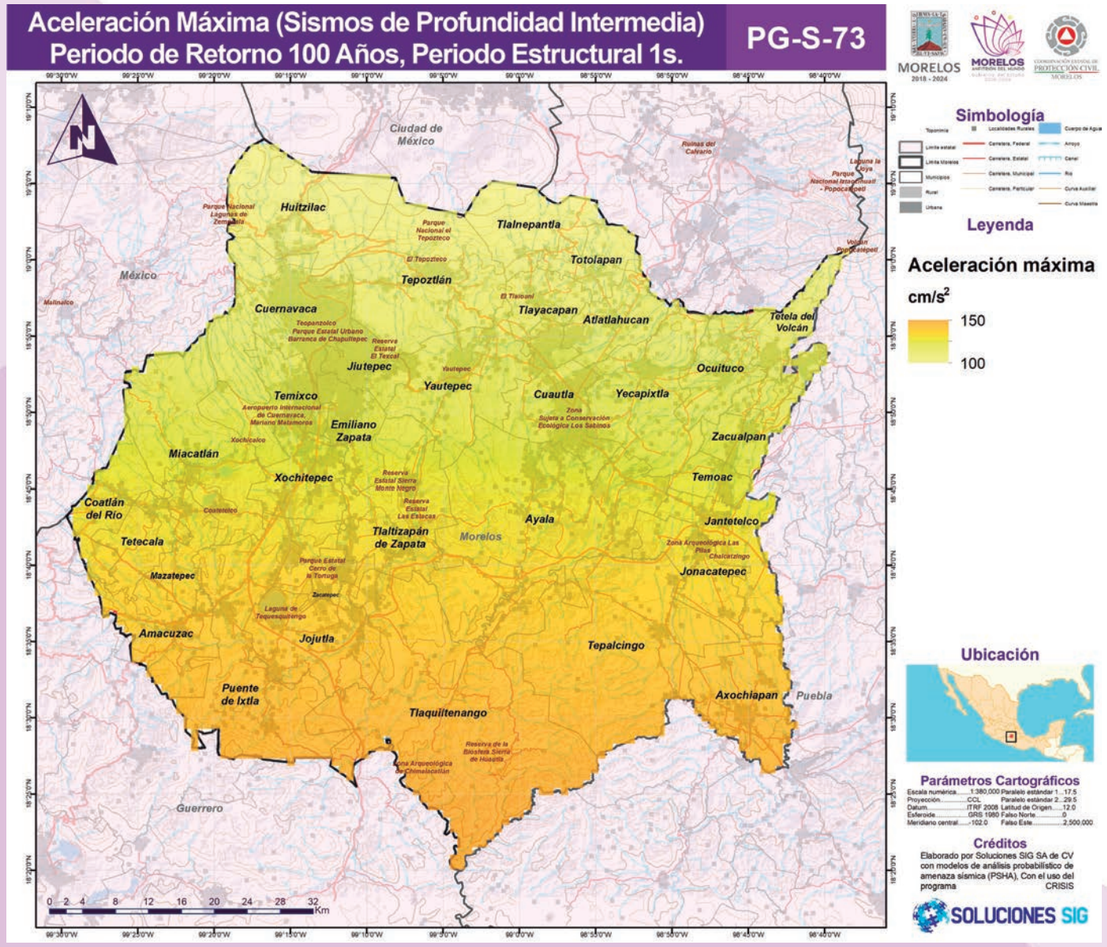
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 66 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 100 años (0.5 s.)



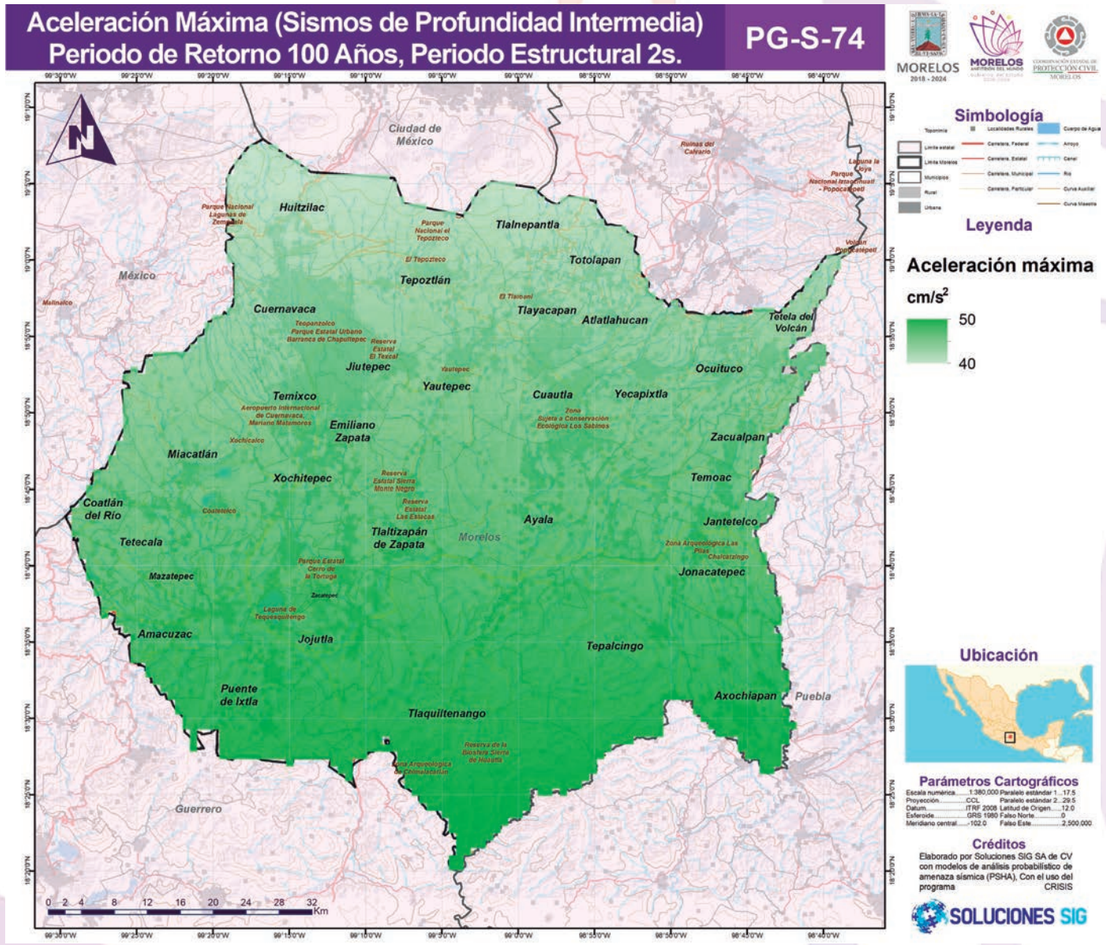
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 67 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 100 años (1 s.)



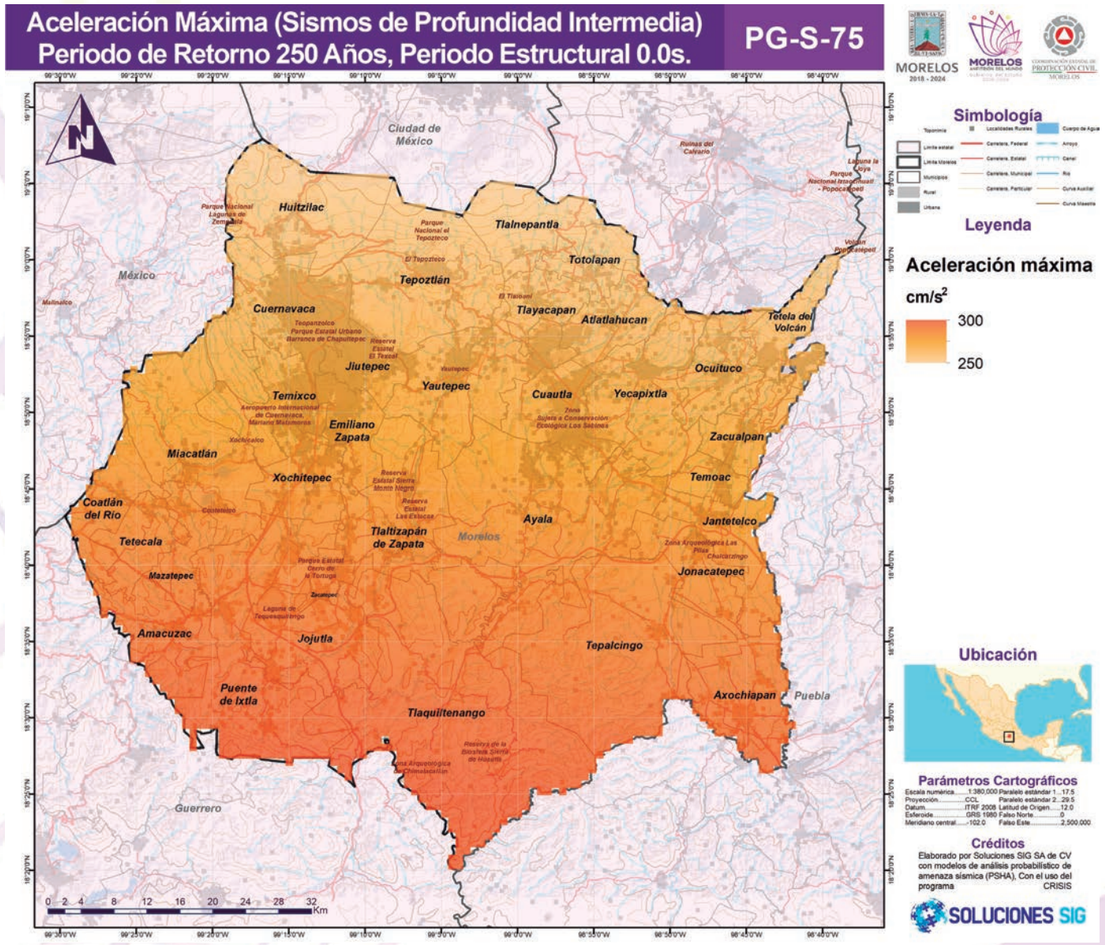
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 68 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 100 años (2 s.)



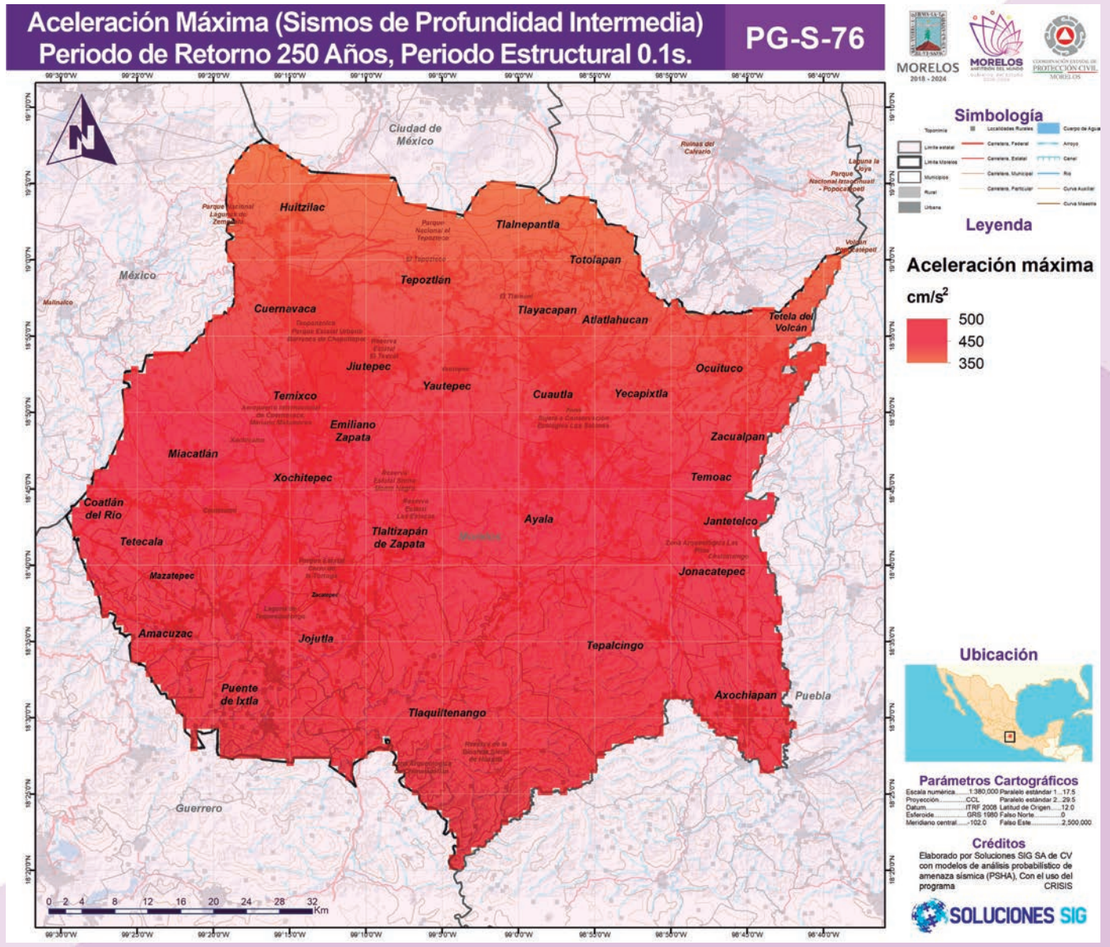
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 69 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 250 años (0 s.)



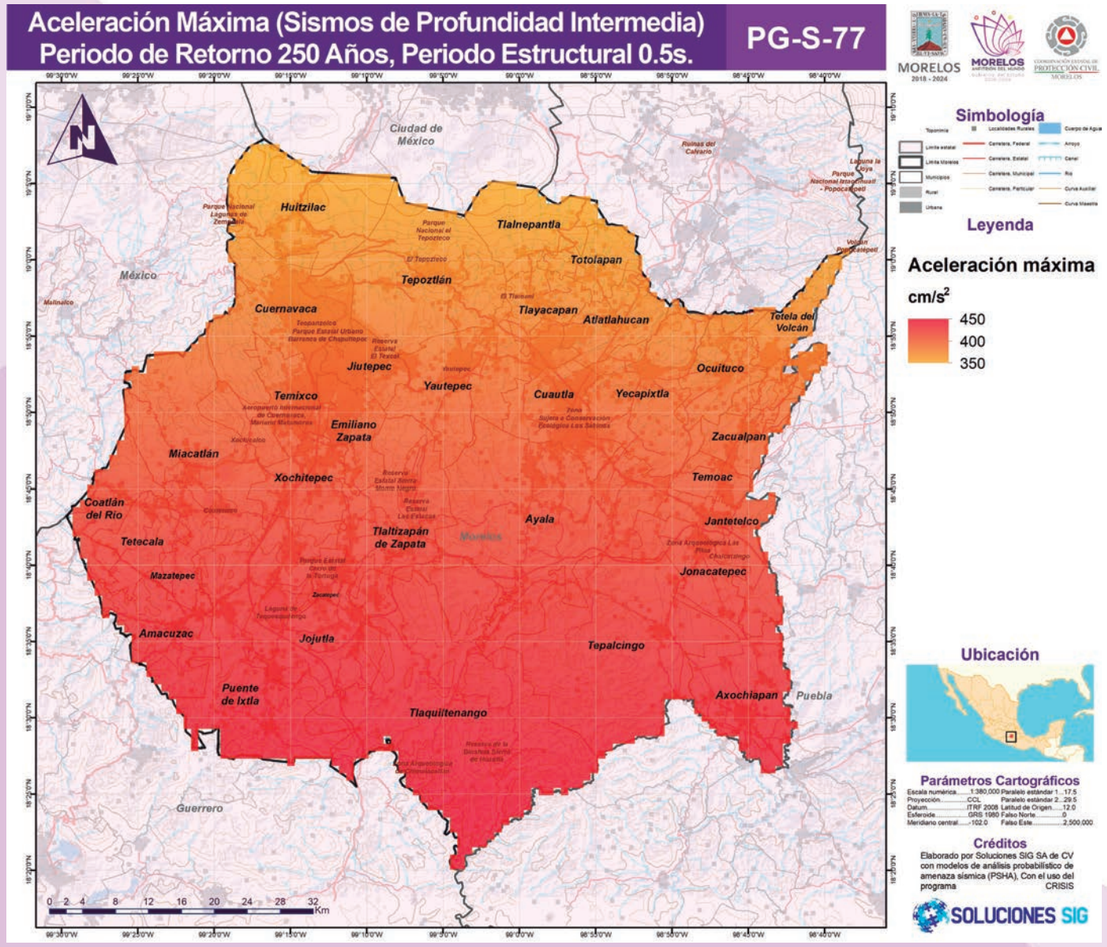
Fuente Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 70 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 250 años (0.1 s.)



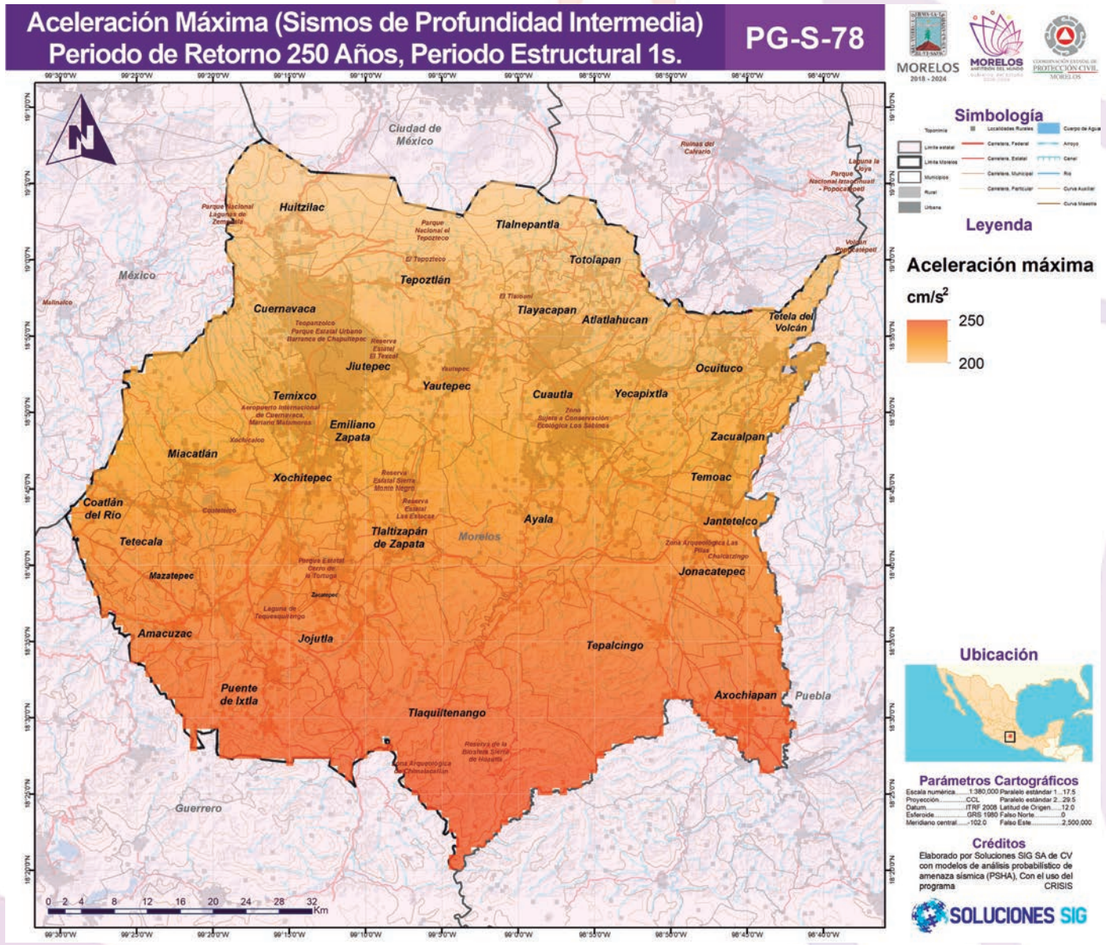
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 71 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 250 años (0.5 s.)



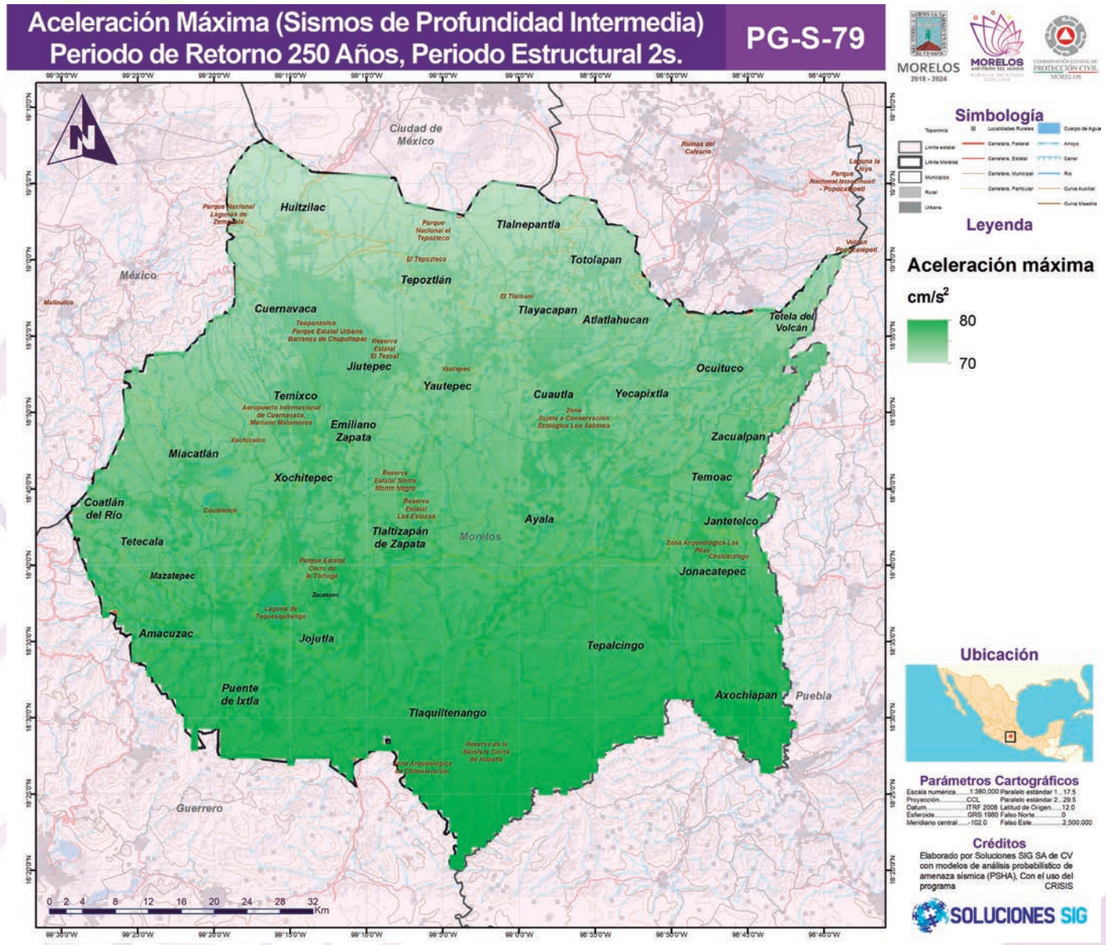
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 72 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 250 años (1 s.)



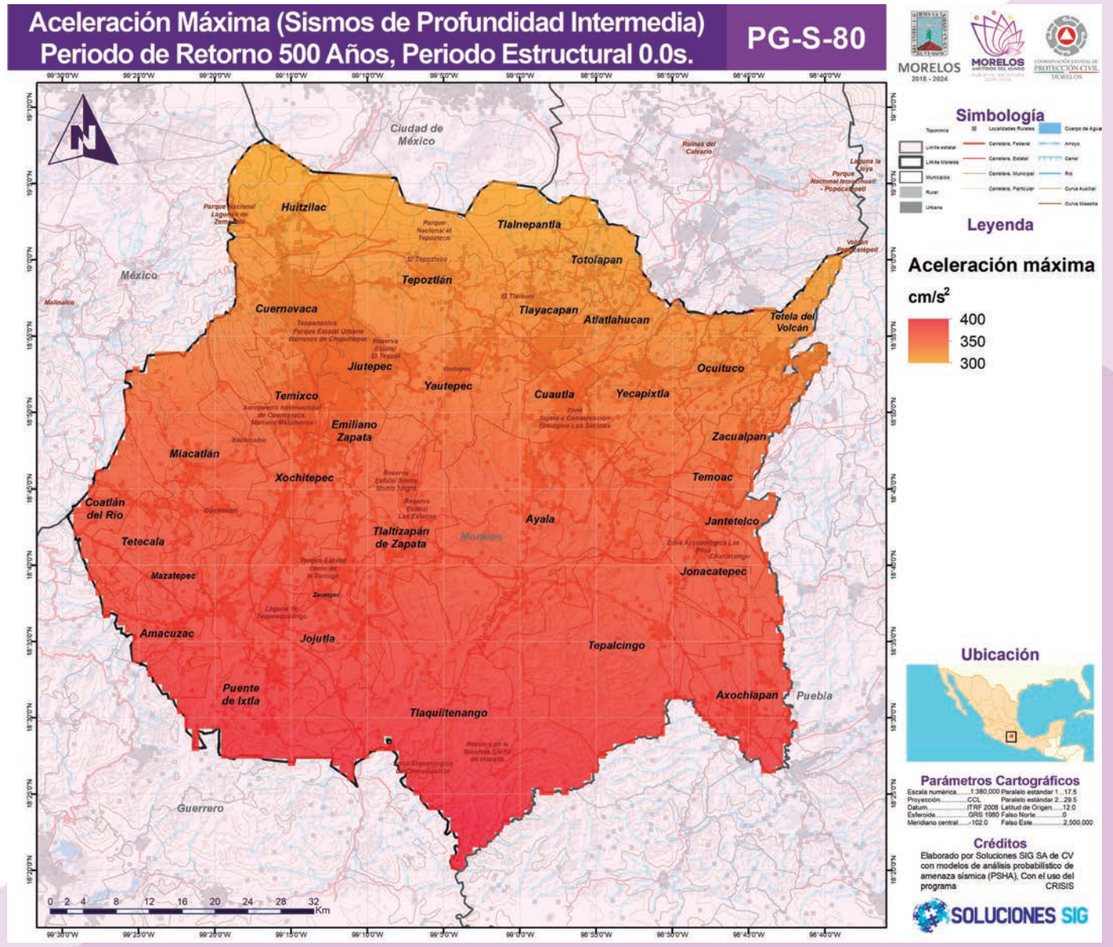
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 73 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 250 años (2 s.)



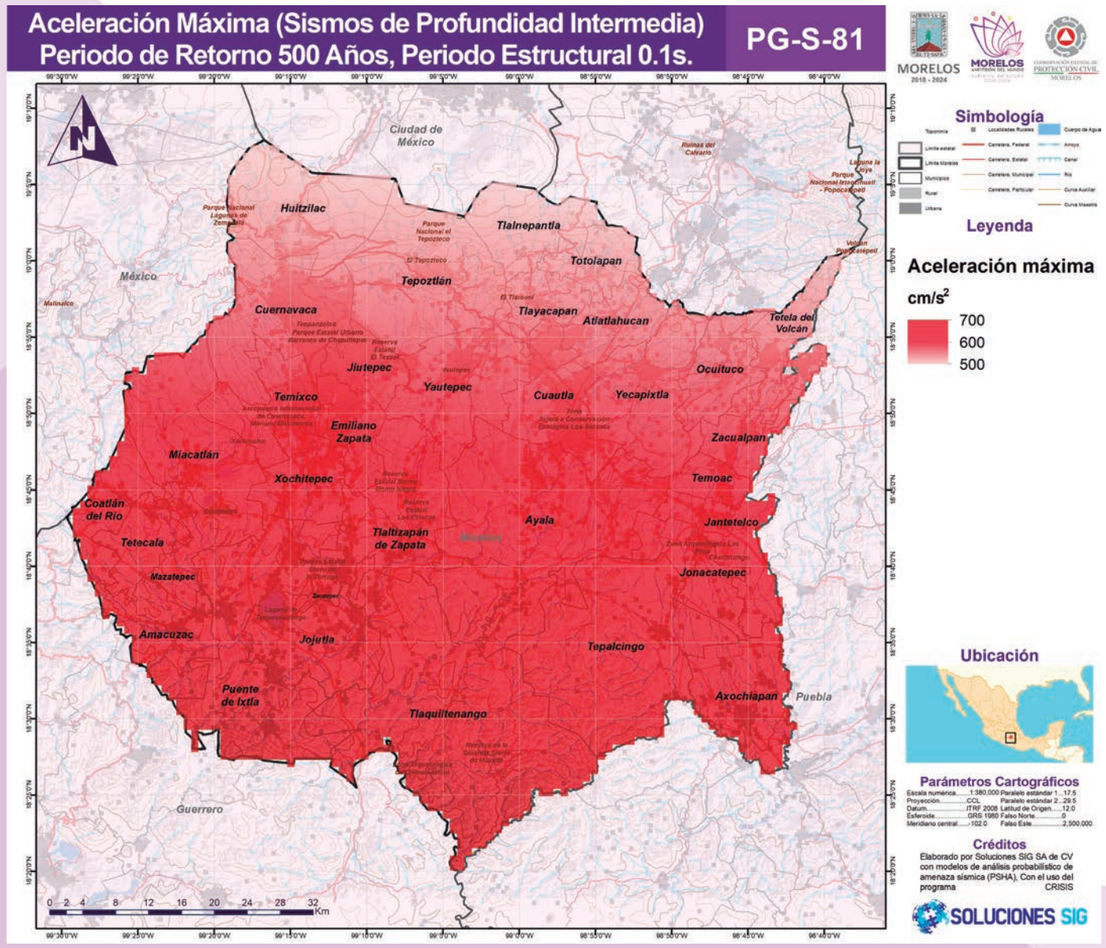
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 74 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años (0 s.)



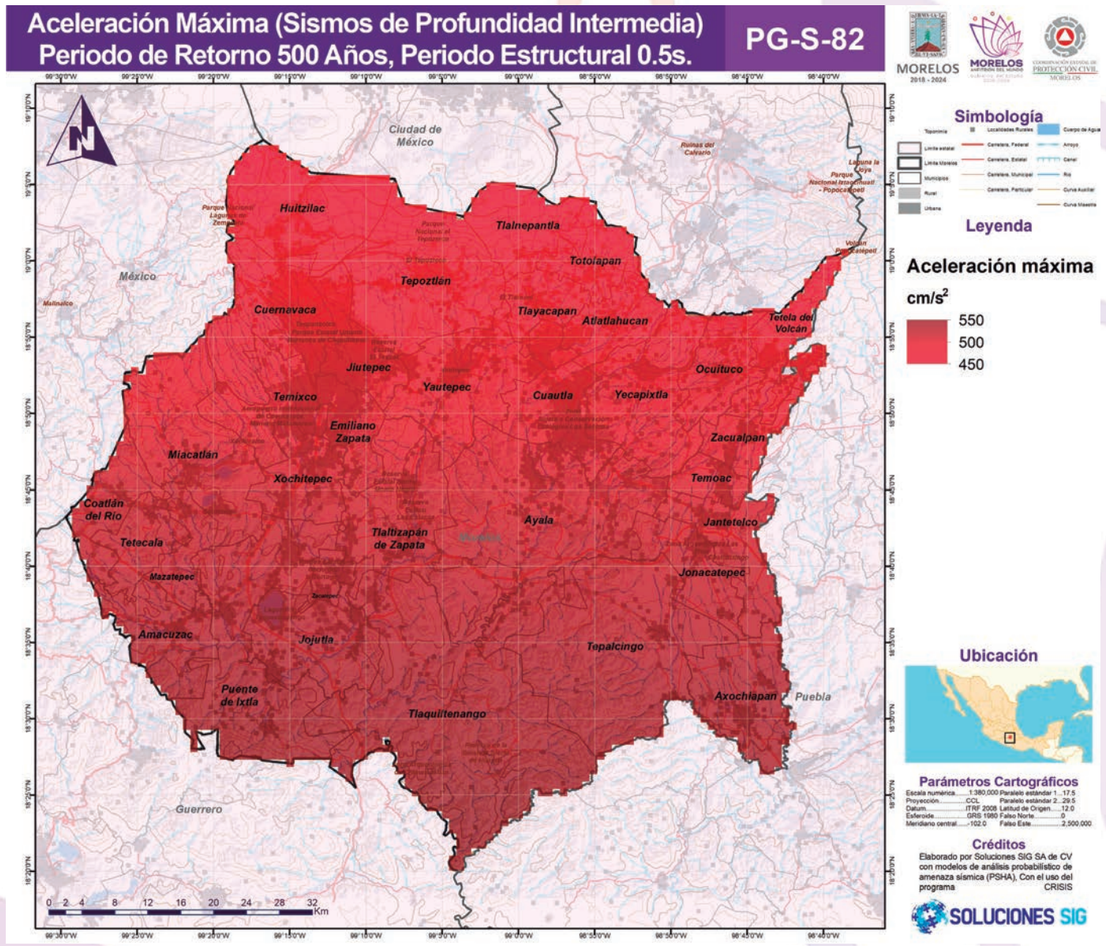
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 75 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años (0.1 s.)



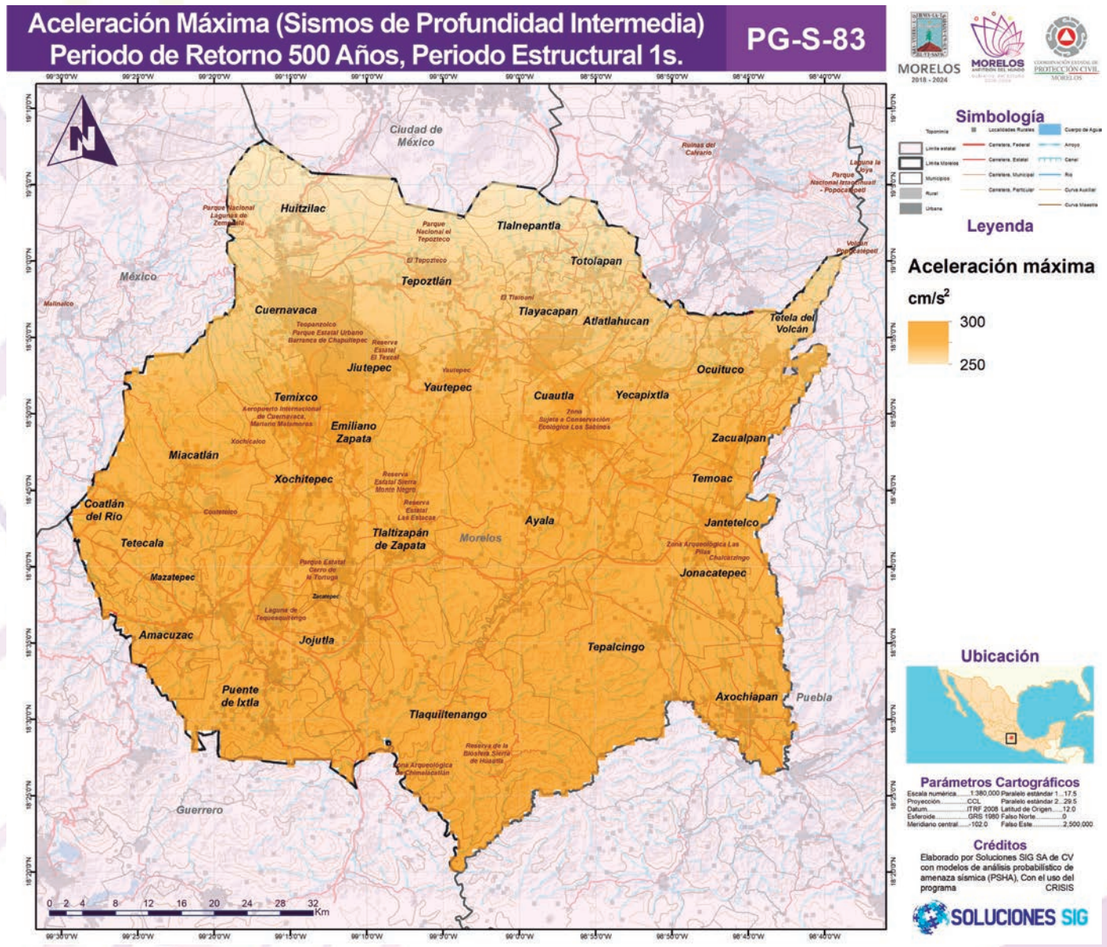
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 76 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años (0.5 s.)



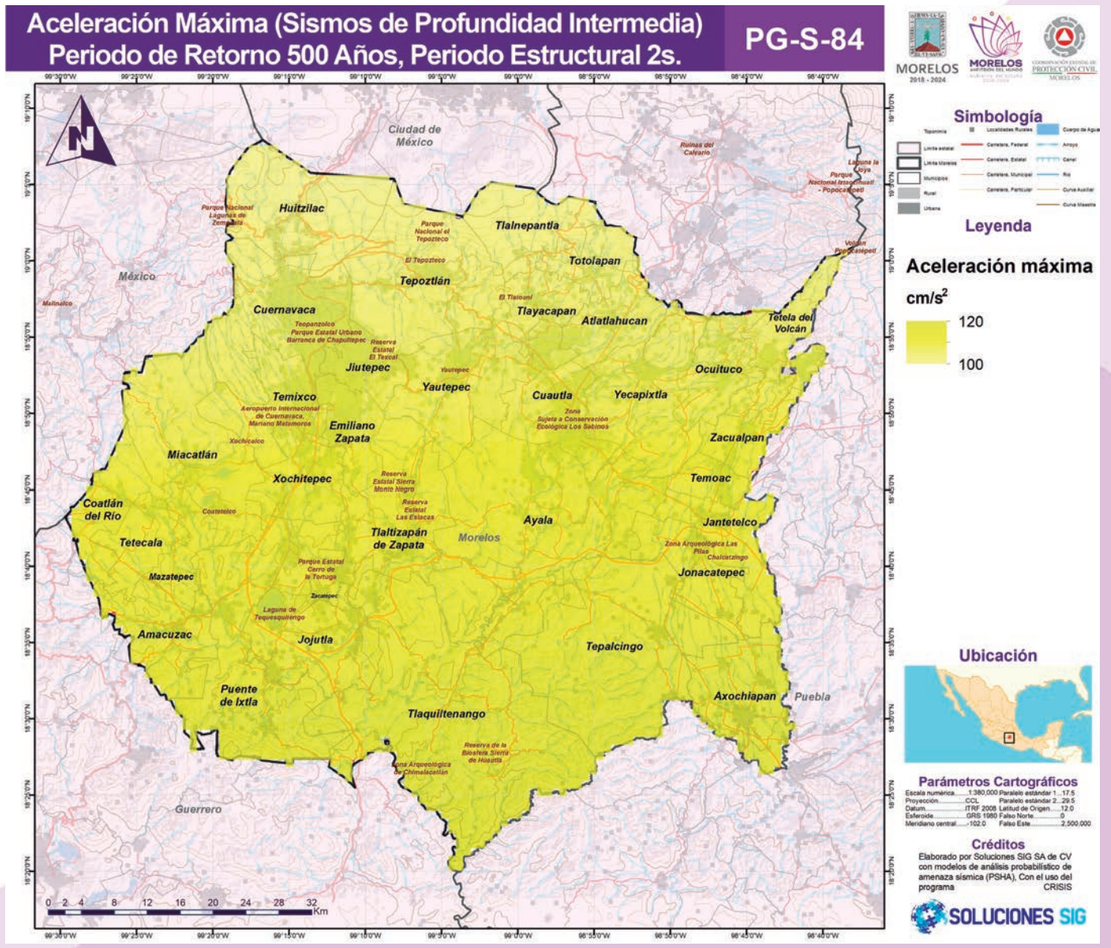
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 77 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años (1 s.)



Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

Mapa 78 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años (2 s.)



Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de CRISIS, CAPRA

3. Susceptibilidad de Vulcanismo (Erupciones volcánicas)

Antecedentes

El vulcanismo es un fenómeno geológico que se expresa en una manifestación de la energía interna de la Tierra que afecta principalmente las zonas inestables de la corteza terrestre. Esta expresión inicia con el ascenso de magma y/o productos hidrogaseosos a través de la corteza hasta llegar a la superficie por medio de fisuras; por estas, fluye lava hacia el exterior, así como material piroclástico, gases y vapores ardientes. Con el paso del tiempo la acumulación de materiales al exterior de la fisura forma los volcanes.

Los volcanes activos existen a lo largo de muchas regiones del planeta, México se encuentra en una de esas regiones y sus volcanes son parte característica de su paisaje, particularmente dentro de una faja central que se extiende desde Nayarit hasta Veracruz (Eje neovolcánico transversal).

Se sabe que la actividad volcánica puede tener tanto efectos destructivos como benéficos, pues las tierras de origen volcánico son fértiles (por lo general altas y de clima propicio) lo que explica el crecimiento de centros de población en esos sitios. Por ello, es importante que los habitantes de esas regiones adquieran una percepción clara de los beneficios y de los riesgos que implica asentarse en un lugar con estas características.

México, como muchas otras naciones de América Latina, es un país con amplia cobertura de volcanes localizados en la región circumpacífica. La tasa de erupción promedio en México durante los últimos 500 años ha sido de unas 15 erupciones de diversos tamaños por siglo.

El vulcanismo es un fenómeno que se expresa por medio de una liberación de la energía interna de la Tierra que afecta principalmente las zonas inestables de la corteza terrestre. Dicha manifestación de energía principia con el ascenso de magma y/o productos hidrogaseosos por medio de la corteza hasta llegar a la superficie a través de fisuras mediante las cuales fluye lava, material piroclástico, gases y vapores ardientes hacia el exterior. Con el paso del tiempo, la acumulación de estos materiales al exterior de la fisura forma los volcanes.

Dentro de los fenómenos asociados al vulcanismo se encuentran los flujos de lava, caída de ceniza o tefra, flujos y oleadas piroclásticas, caída de materiales como bombas y lahares, entre otros.

En México, la mayor parte del vulcanismo se relaciona con la zona de subducción formada por las placas de Rivera y Cocos con la placa norteamericana; tiene su mayor expresión volcánica en la Faja Volcánica Transmexicana o Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM).

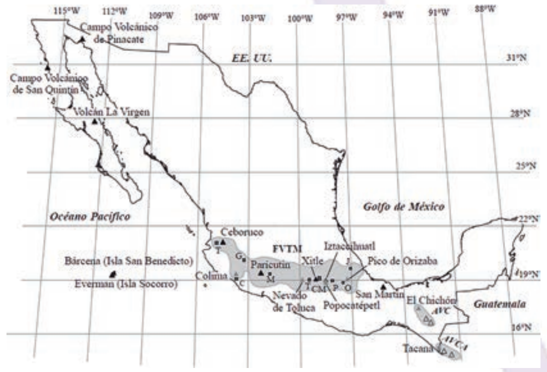
En esta provincia fisiográfica se localiza la mayor concentración de formas volcánicas como campos de conos monogenéticos, estratovolcanes con elevaciones cercanas a los 4000 msnm, volcanes escudo, volcanes compuestos, calderas, lavas fisurales y domos, los cuales se extienden desde los Estados de Colima y Nayarit hasta Veracruz.

Su vulcanismo es muy variado, desde actividad efusiva cuyos productos más importantes son los derrames de lava, hasta erupciones altamente explosivas con predominio de depósitos piroclásticos tanto de flujo como de caída.

Como se comentó, parte del CVTM se extiende a lo largo de la porción norte del Estado de Morelos, lo cual origina los aparatos volcánicos y sus grandes espesores de lava, que son las estructuras geológicas más jóvenes y notables del territorio estatal.

De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) existen en México más de 2,000 volcanes, de los cuales alrededor de 15 se consideran peligrosos. Un volcán se considera activo cuando ha desarrollado algún tipo de actividad eruptiva en tiempos geológicamente recientes o históricos. Un intervalo de tiempo comúnmente aceptado es 10,000 años (holoceno).

Ilustración 7 Principales volcanes activos de México.



Fuente: Fascículo Volcanes, Peligro y Riesgo Volcánico en México. CENAPRED, 2014.

Actualmente, es probable que el volcán activo que más peligro representa para el Estado sea el Popocatépetl ya que, además de fungir como límite natural entre el Estado de Puebla y Morelos, reinició su actividad el 21 de diciembre de 1994; desde entonces, ha tenido etapas efusivas y explosivas asociadas con el crecimiento y destrucción de domos de lava en el interior de su cráter.

Sus exhalaciones de ceniza han alcanzado las ciudades de Puebla, Cuernavaca, Estado de México e incluso poblaciones más distantes como Querétaro y Veracruz. Los fragmentos incandescentes

lanzados por sus explosiones han llegado a casi 5 km de distancia del cráter y a unos 3.5 km de las poblaciones más cercanas al volcán. En dos ocasiones, también ha presentado flujos piroclásticos y lahares que llegaron incluso hasta Santiago Xalitzintla, Puebla, el poblado más cercano. A lo largo de su historia reciente, el volcán Popocatépetl ha presentado actividad recurrente con erupciones de distintos tipos y diversas magnitudes.

Con la reactivación de su actividad, se ha requerido la elaboración inmediata de mapas de peligros actualizados elaborados con base en los estudios que hasta ahora se han realizado en los depósitos derivados del Volcán Popocatépetl. Hasta ahora, se han identificado los siguientes peligros potenciales para las poblaciones aledañas al volcán: caída de Ceniza, desarrollo de Lahares así como flujos Piroclásticos.

Como se mencionó, las erupciones volcánicas pueden producir varios tipos de peligros; algunos se manifiestan a pocas distancias del cráter; otros se pueden extender a cientos de kilómetros desde el punto de emisión, como es el caso de la ceniza volcánica.

Las cenizas volcánicas son partículas de roca y cristales menores a 2 mm, las cuales se generan comúnmente en las erupciones de tipo explosivas. Son transportadas por el viento y pueden caer a diferentes distancias del cráter en función de su tamaño y peso.

Ilustración 8 Exhalación de ceniza del Popocatépetl el día 24 de noviembre de 2017

Fuente: Fascículo Volcanes, Peligro y Riesgo Volcánico en México. CENAPRED, 2014.

Durante un evento de exhalación de cenizas, los fragmentos más gruesos se precipitan en las cercanías del volcán, mientras que las partículas más finas son arrastradas por el viento hasta cubrir grandes distancias que van de cientos hasta miles de kilómetros.

La caída de ceniza puede provocar varios efectos negativos para la salud como el agravamiento de enfermedades pulmonares, trastornos gastrointestinales por la ingestión de agua y alimentos contaminados con flúor y posiblemente con metales pesados, daños oculares como conjuntivitis y abrasiones en la córnea.

Además, puede causar perturbaciones al medio ambiente contaminando cuerpos de agua, sepultar capas vegetales en caso de formarse capas gruesas; puede reducir la transmisión solar a la superficie, necrosis de las puntas y márgenes de las hojas, clorosis, deformación de los frutos y la disminución del crecimiento de las raíces.

Asimismo, deteriora las actividades económicas y puede dañar la infraestructura y equipamiento de las poblaciones afectadas.

A partir del reinicio de actividad del volcán Popocatépetl el 21 de diciembre de 1994, se ha observado un lento incremento en su actividad fumarólica, el cual ha tenido etapas efusivas y explosivas asociadas con el crecimiento y destrucción de domos de lava en el interior del cráter. Las cenizas que ha exhalado se han extendido hasta los Estados de Puebla, Morelos y de México, así como poblaciones más distantes como Querétaro y Veracruz.

Debido a la cercanía del volcán con los límites del Estado de Morelos, la mayoría de sus municipios son susceptibles de ser afectados por la caída de ceniza; los municipios de Tetela del Volcán, Totolapan, Atlatlahuacan, Ocuituco, Zacualpan de Amilpas, Temoac, Tlayacalpan y Yecapixtla son los más afectados.

Metodología

La información es tomada del Centro Nacional de Prevención de Desastres (2018).

Resultados

Para la delimitación del peligro por caída de ceniza en el Estado de Morelos se consideró el nuevo mapa de Peligros del Volcán Popocatépetl, realizado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) en conjunto con el Instituto de Geofísica de la UNAM en 2016.

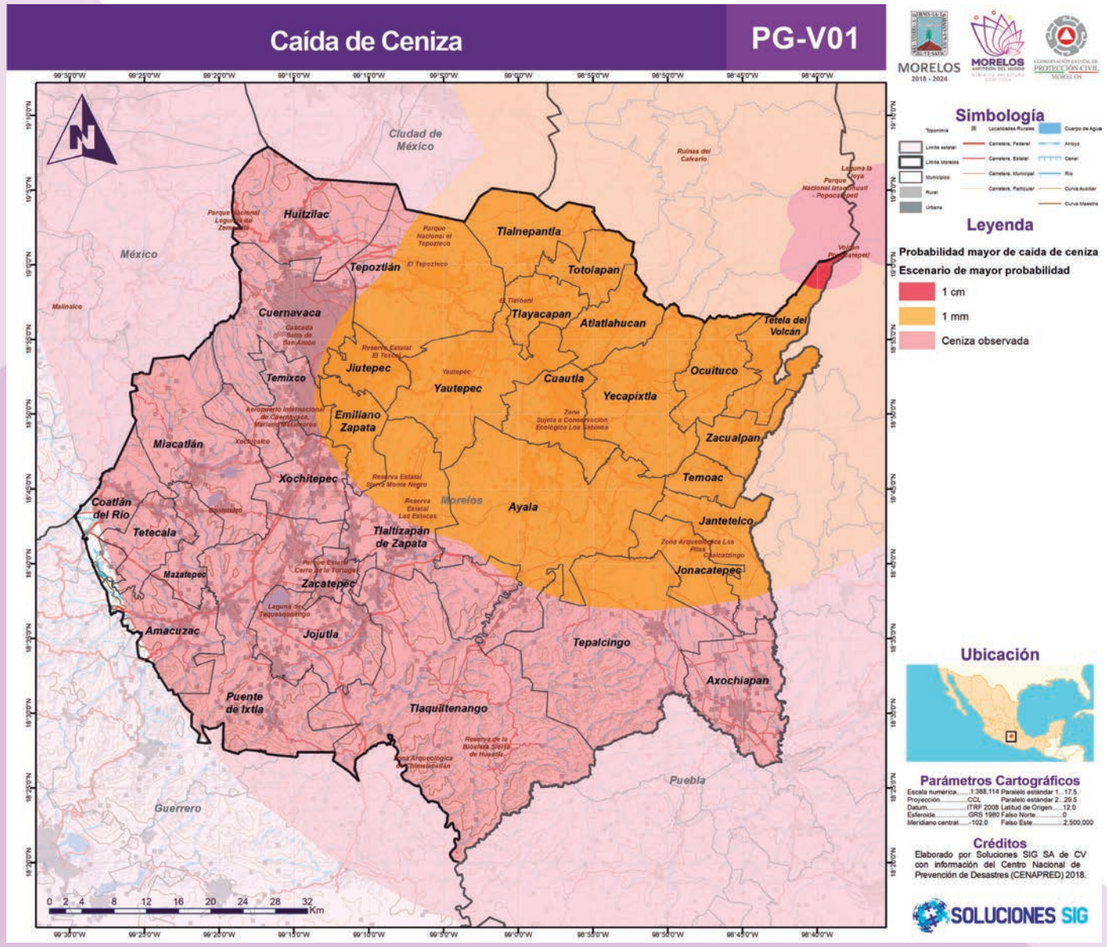
Éste fue elaborado considerando la extensión máxima de los depósitos originados por erupciones volcánicas pasadas, modelaciones por computadora, trabajo de campo y con información de las distintas alturas de las columnas eruptivas. Estas últimas se catalogaron de la siguiente manera:

Tabla 37 Probabilidad de caída de ceniza de acuerdo con la altura de la columna eruptiva

Altura de la columna eruptiva	Escenarios
< de 10 km	Mayor probabilidad
10 – 20 km	Probabilidad intermedia
>20 km	Probabilidad menor

Fuente: Fascículo Volcanes, Peligro y Riesgo Volcánico en México. CENAPRED, 2014.

Mapa 79 Área afectable por Caída de Ceniza en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) 2018.

Los lahares son flujos de una mezcla de materiales volcánicos (rocas, cenizas, pómez, escoria), mayoritariamente ceniza, movilizada por el agua proveniente de la fusión del casquete glaciar, de un lago cratérico o por fuertes lluvias. El agua se mezcla con el material volcánico suelto que se encuentra en su camino y se transforma rápidamente en un flujo muy móvil con características similares al concreto utilizado en la industria de la construcción. Estos flujos pueden llevar escombros volcánicos fríos o calientes, o una mezcla de ambos, dependiendo del origen del material fragmentario.

En términos generales, un lahar se puede formar por los siguientes procesos:

- Por el brusco drenaje de un lago cratérico, causado por una erupción explosiva o por el colapso de una pared del cráter;

- Por la fusión de la nieve o hielo, provocada por la caída de material volcánico a alta temperatura;

- Por la entrada de un flujo piroclástico en un río y la mezcla inmediata de éste con el agua;
- Por movimiento de un flujo de lava sobre la cubierta de nieve o hielo en la parte superior y flancos de un volcán;

- Por avalanchas de escombros, de roca saturada de agua, originadas en el mismo volcán;

- Por la caída torrencial de lluvias sobre los depósitos de material fragmentario no consolidado en la zona del cráter o los flancos del volcán.

Las trayectorias de los lahares y su longitud, al igual que otros fenómenos mencionados como los flujos piroclásticos o avalanchas de derrubios, se ven afectadas por la configuración de la topografía del volcán, por lo que las áreas de afectación siguen preferentemente las áreas de bajo relieve topográficos.

Por ejemplo, un valle angosto con pendiente permitirá que un cierto volumen de lahar se pueda mover a gran distancia; mientras que un valle amplio y de poca pendiente dará lugar a que se disperse lentamente y se detenga dentro de una distancia más corta.

Las velocidades de estos flujos también se encuentran determinadas por las pendientes y por la forma de los cauces, por la relación sólidos-agua y, de alguna manera, por el volumen. Pueden recorrer distancias muy grandes, pues logran superar fácilmente los 300 km, se han observado velocidades de 40 a 100 km/h en lahares históricos.

Debido a la densidad de esta mezcla de materiales, los lahares pueden transportar grandes bloques de roca (de hasta varios metros de diámetro) y otros objetos como puentes, casas, árboles y vehículos. Además, pueden dañar poblados, agricultura, bosques, infraestructura y afectar las actividades económicas.
El principal peligro para la vida humana es el enterramiento o el impacto de bloques y otros escombros. Las edificaciones y otros bienes que estén en el camino del flujo son destrozados, enterrados o arrasados. Se debe evacuar, aunque, en ocasiones, basta subir unos cuantos metros para estar a salvo.

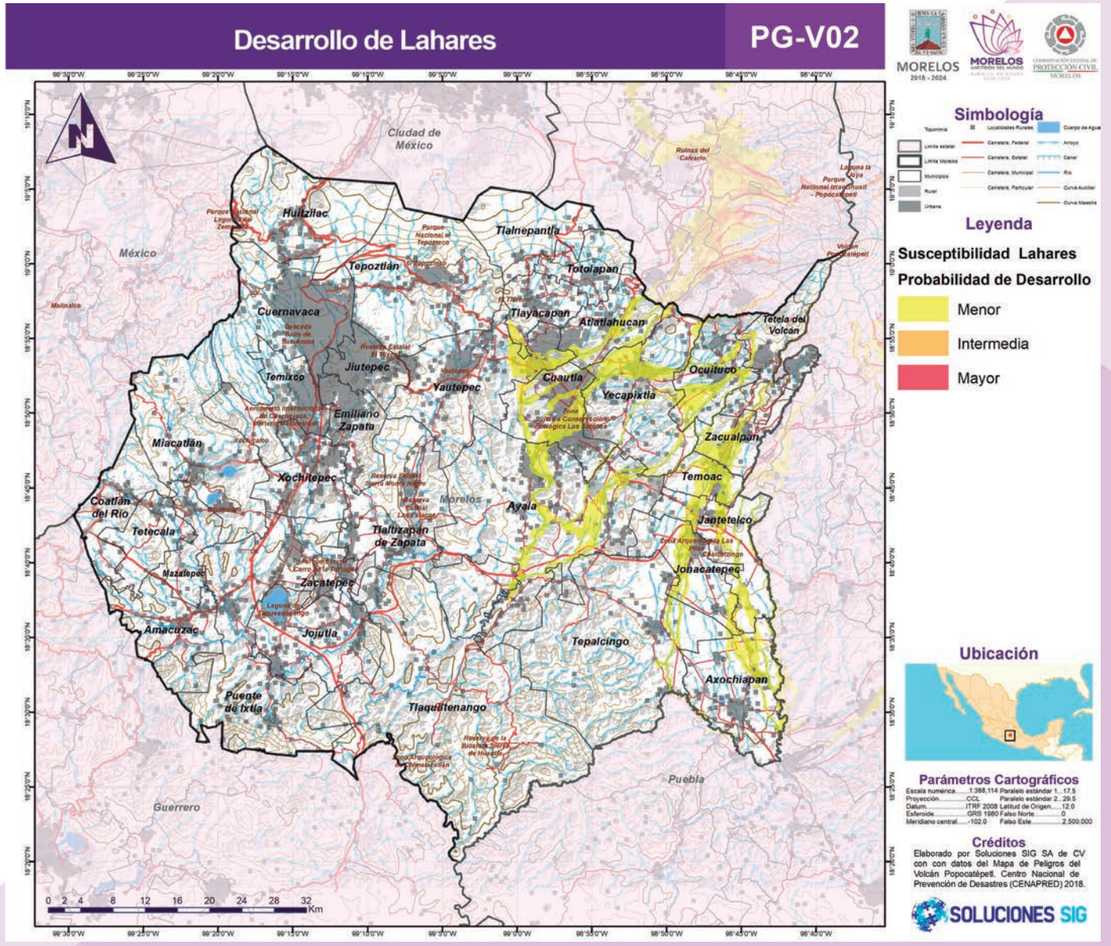
Durante la historia eruptiva del Popocatépetl, se han registrado en campo numerosos lahares que se encuentran asociados a depósitos piroclásticos en la circunferencia del volcán, como en San Nicolás de los Ranchos en el Estado de Puebla. En el Estado de Morelos, se encuentran expuestos grandes espesores de lahares en las barrancas cercanas a las ciudades de Cuautla, Yecapixtla, Izúcar de Matamoros y muchos otros sitios en la falda sur del volcán.

Ilustración 9 Secuencia de depósitos de lahar localizado entre Yecapixtla y Cuautla.

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres (2018).

Para conocer las zonas susceptibles a presentar estos fenómenos dentro de los límites del Estado de Morelos, se consultaron los mapas de peligros del volcán Popocatépetl actualizados en 2016 por el CENAPRED y la UNAM. En estos se pueden identificar tres zonas que podrían verse afectadas en caso de que sucediera una corriente de escombros de este tipo.

Mapa 80 Área afectable por desarrollo de Lahares.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos del Mapa de Peligros del Volcán Popocatépetl. CENAPRED, 2018.

Los flujos o coladas de lava son derrames de roca fundida que cráter superior o alguno secundario pueden emitir; a partir de fracturas de una ladera del volcán o desde una fisura en el suelo. Estos descienden por gravedad siguiendo la topografía de los flancos y las barrancas a velocidades bajas.
Generalmente se producen en erupciones de explosividad baja o intermedia o en las llamadas fuentes de lava explosivas. La velocidad a la cual se mueve la lava a través de la superficie depende de varios factores, incluidos:

- Tipo y viscosidad de la lava;
- Inclinación del terreno sobre el cual viaja;
- Si la lava fluye como una hoja ancha, por medio de un canal confinado, o por un tubo de lava;
- Tasa de producción de lava en el respiradero.

Los flujos de basalto pueden extenderse a decenas de kilómetros desde un respiradero en erupción. Los bordes delanteros pueden viajar tan rápido como 10 km/h (2.7 m/s) en pendientes pronunciadas, pero, generalmente, avanzan a menos de 1 km/h (0.27 m/s) en pendientes suaves. No obstante, cuando se confinan dentro de un canal o tubo de lava en una pendiente pronunciada, el cuerpo principal del flujo puede alcanzar velocidades mayores a 30 km/h (8.3 m/s).

Los flujos viscosos de andesita se mueven sólo unos pocos kilómetros por hora y raramente se extienden más de 8 km de sus respiraderos. Los flujos viscosos de dacita y riolita a menudo forman montículos llamados domos de lava sobre un respiradero en erupción. Estos domos crecen a menudo por la extrusión de muchos flujos individuales y alcanzan espesores mayores a 30 metros durante un periodo de varios meses o años.

Ilustración 10 Domo de lava identificado por CENAPRED en el cráter del volcán Popocatépetl en 2013

Fuente: CENAPRED, 2013.

Las distintas temperaturas y composiciones de la lava pueden originar diversos tipos de flujos. Dos de los más observados alrededor de numerosos volcanes basálticos o andesítico-basálticos de distintas partes del mundo son aa y pahoehoe (palabras de origen hawaiano).

Los flujos de tipo aa se caracterizan por presentar una superficie de bloques ásperos y desiguales con bordes afilados y rugosidades. Las coladas aa activas son relativamente frías y gruesas; avanzan a velocidades de 5 a 50 metros por hora. Además, los gases que escapan fragmentan la superficie fría y producen numerosos huecos y agudas rugosidades en la lava que se solidifica.

Por otra parte, los flujos pahoehoe tienen una corteza de textura relativamente suave, que se dobla y arruga conforme la lava situada debajo de la superficie, todavía fundida, sigue avanzando. Durante su desarrollo, la superficie del flujo de lava se enfría y alcanza un estado semisólido, que permite la formación de una corteza plástica y que, en su interior, siga fluyendo la lava líquida, lo cual forma, en ocasiones, largos tubos (o túneles) de lava.

La lava de bloques es otro tipo de flujo muy común en volcanes con productos más ácidos y viscosos. Estos bloques de lava, con su interior incandescente, descienden por la pendiente de un volcán en forma de pequeñas avalanchas, las cuales ruedan cuesta abajo formando lenguas de lava similares a las de un flujo líquido. Un ejemplo de este tipo de flujo puede observarse en el Volcán de Fuego de Colima que, desde 1975, ha producido varias lenguas de lava de bloques que ha continuado, en forma intermitente, hasta la fecha.

Todo lo que se encuentre en el camino de un flujo de lava en avance será derribado, sitiado, sepultado o encendido por la temperatura extremadamente caliente de la lava. Si el flujo ingresa a un cuerpo de agua o el agua entra en un tubo de lava, puede hervir violentamente y provocar una lluvia explosiva de salpicaduras fundidas en un área amplia.

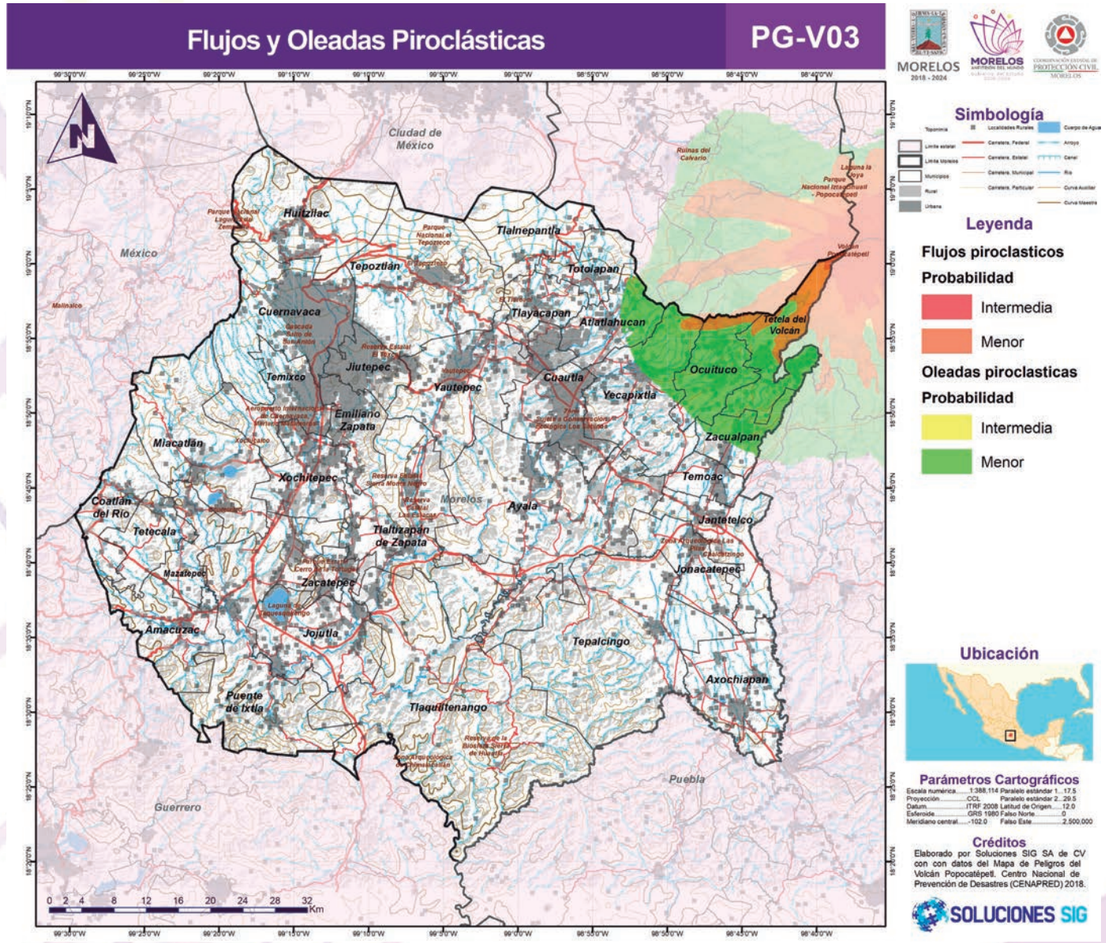
Además, el gas metano, producido cuando la lava sepulta la vegetación, puede moverse en los huecos subterráneos y explotar cuando se calienta. Los flujos espesos de lava viscosa, especialmente aquellos que forman un domo, pueden colapsar para formar flujos piroclásticos de rápido movimiento.

A lo largo de la historia, el Popocatépetl ha mostrado un amplio espectro de formas de actividad eruptiva. A grandes rasgos puede decirse que, en el pasado, este volcán ha producido numerosas erupciones de carácter menor, algunas mayores y un número pequeño de grandes eventos. De las categorías mayores persisten evidencias geológicas en forma de depósitos volcánicos que permiten inferir muchos de los aspectos de la naturaleza del Popocatépetl y de sus erupciones.

Para la identificación de las zonas afectadas por flujos de lava en el Estado de Morelos, se utilizó el Mapa de Peligros del Volcán Popocatépetl, elaborado por el CENAPRED en conjunto con la UNAM y actualizado en 2016.

Fue elaborado basándose en la información geológica disponible considerando la extensión máxima de los depósitos originados por erupciones volcánicas pasadas, los productos originados por estas erupciones y en las distancias máximas de los flujos modelados por computadora.

Mapa 81 Área afectable por Flujos piroclásticos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos del Mapa de Peligros del Volcán Popocatépetl. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) 2018.

4. Hundimientos (subsidencia) y agrietamiento del terreno.

El fenómeno de subsidencia es la manifestación de deformaciones verticales en la superficie del terreno, que puede variar desde milímetros hasta varios metros en un periodo de tiempo. Se desencadena por factores que pueden ser de origen geológico o antropogénico. Entre los factores de origen geológico se encuentra el proceso de licuefacción que está asociada a la presencia de sismos, el colapso de suelos debido a la disolución de calizas, la variación de la presión de poro, por la variación volumétrica de suelos que contienen arcillas y por movimientos isostáticos de placas tectónicas; de origen antropogénico encontramos la presión que generan las construcciones en el suelo, mala compactación de rellenos, extracción minera y de fluidos.

El fenómeno hundimientos y/o subsidencia son importantes de identificar ya que usualmente se mantiene intacto por cierto tiempo hasta que los espacios adentro de la tierra subterránea se hacen demasiado grandes para seguir dando suficiente apoyo a la tierra de la superficie. Si no se cuenta con suficiente apoyo para la tierra que se encuentra sobre los espacios y cavernas subterráneas, entonces puede ocurrir un colapso súbito en la tierra. (Cano, E., Diaz. O. & Delgado, H, 2011).

En función de la velocidad en la que se desarrolla la deformación del terreno, los podemos considerar como subsidencia a fenómenos de lento desarrollo y socavaciones (colapsos) a hundimientos rápidos y repentinos.

Las fracturas son fenómenos geológicos que pueden ser generadas por la concentración de esfuerzos en zonas de contraste composicional (contactos de capas, cambio de facies), por pérdida de volumen (compactación), por enfriamiento, durante deformación contraccional o extensional. (Gómez, D & Babin, R. 2010).

Antecedentes

El fenómeno de subsidencia es un problema que se presenta en distintas zonas urbanas del país, actualmente se registran más casos en zonas que se desplantan en las zonas dentro de la llamada Faja Volcánica Transmexicana, en donde los materiales son altamente heterogéneos y compresibles y el estrés hídrico es mayor debido a la alta densidad de población. La deformación diferencial asociada a la subsidencia genera fracturas de distintos tipos que se propagan del subsuelo hacia la superficie y que pueden afectar de manera importante a la infraestructura urbana. La caracterización y monitoreo de los patrones de deformación en distintas ciudades del México, así como su integración en los Atlas Municipales de Peligros y Riesgo, así como Programas de Desarrollo Urbano, permitirán una mejor gestión de la extracción del agua subterránea y del uso de suelo y generar una eficaz herramienta para el diseño de medidas de prevención y mitigación adecuadas.

Las primeras manifestaciones de subsidencia en la República Mexicana se dieron lugar en la década de los 40's, cuando la Catedral y el Palacio de Bellas Artes de la Ciudad de México presentaron problemas de hundimientos, los cuales se comportaban de manera uniforme al no tener un patrón definido. Posteriormente, al inicio de los 80's en varias ciudades del país se reportaron problemas de subsidencia, con la particularidad de que los hundimientos se llevaban a cabo a lo largo de direcciones preferenciales, las cuales son paralelas a los sistemas de fallamiento regional de cada caso en particular.

Metodología

Para la evaluación del peligro sísmico se utilizó la metodología descrita por CENAPRED en Guía de Contenido Mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (2016).

1. Incluir un mapa por cada uno de los factores que condicionan la susceptibilidad al fenómeno como: geología (depósitos lacustres aluviales, fluviales y aluvio-lacustres), estratigrafía, contenido de humedad del suelo, módulos de deformación y permeabilidad de los mismos, isolíneas del nivel freático, zonas minadas, cavernas y las propiedades mecánicas del subsuelo que influyan en la ocurrencia del fenómeno; los cuales se deberán determinar mediante estudios geológicos, geohidrológicos, geotécnicos, mecánica de suelos y geofísicos.

La variable considerada para su modelación cuenta son cinco.

El primer componente es la susceptibilidad del terreno dependiendo de su composición litológica, considerando que hay suelos que propician una mayor entrada de agua o una mayor compactación y que hay suelos más compresibles que otros.

El segundo componente es un elemento muy importante; el abatimiento del nivel freático, mismo que fue identificado por las estaciones piezométricas con el objeto de ayudar a identificar aquellas zonas donde la compresión del suelo se presente de forma más o menos acelerada. Bajo la lógica de que el nivel del manto freático va a ayudar a que se mantengan aquellos sustratos edafológicos arcillosos o limosos en una solución y que no se compriman bajo el peso de las construcciones o el empuje de algún agente externo.

El tercer componente es el fracturamiento, ya que esta condición favorece la filtración de agua al subsuelo causando flujo de material fino a través de material más grueso.

Los otros dos factores detonantes a considerar para el análisis de hundimientos, son la precipitación y la sismicidad.

La precipitación considerada como un factor que propicia o acelera la solución de aquellos sustratos de base calcárea o kárstica y la sismicidad como elemento que puede propiciar la licuación de suelos o el reacomodo de materiales arcillosos y limosos, lo que puede a su vez generar tanto una especie de reblandecimiento del sustrato superior, así como un colapso súbito de algunos materiales bajo cierto estrés en la superficie.

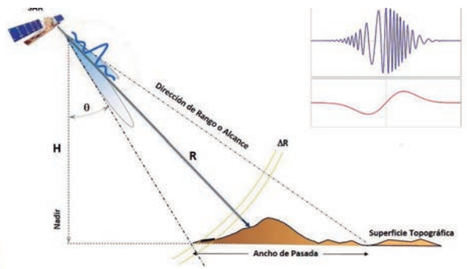
2. Utilizar imágenes de satélite, levantamientos con tecnología LIDAR, imágenes aéreas, estudios topográficos u otras técnicas que permitan determinar las áreas de afectación y de ocurrencia del fenómeno.

Para tener de manera general valores de tasa de hundimiento e identificar sitios donde se presenta este proceso dentro del estado, se utiliza la técnica de percepción remota denomina interferometría de imágenes de radar de apertura sintética (DInSAR), es una técnica geodésica que calcula el patrón de interferencia (franjas), ocasionado por la diferencia de fase entre dos imágenes de la misma zona tomadas por un radar de apertura sintética montado ya sea sobre un aeroplano o en el mejor de los casos sobre un satélite, en instantes diversos, dicha técnica permite observar movimientos de la superficie terrestre.

La técnica DInSAR consiste en la utilización de pares de imágenes SAR de una misma escena para obtener, a partir del cálculo de las variaciones de fase entre ambas tomas, variaciones de altura en el terreno ya sea para la obtención de modelos digitales de elevación o bien desplazamientos en la escena. Las imágenes de radar (de apertura real) tienen una resolución espacial muy limitada debido a que ésta es directamente proporcional al tamaño de la antena. Las imágenes SAR (Radar de Apertura Sintética) ofrecen una mejor resolución que debido a que se recolectan continuamente pulsos retrodispersados por los rasgos en la escena mientras la plataforma se desplaza a lo largo de su órbita o trayectoria. Estos pulsos retrodispersados son procesados para obtener un producto que pareciera haber sido adquirido por una antena de enormes dimensiones, de ahí el nombre "apertura sintética".

Dos puntos genéricos A y B se definen en la imagen SAR y se desarrolla la expresión del incremento de fase interferométrica AB.

Figura 1. Adquisición de imagen SAR.



Fuente: Agencia Espacial Europea (ESA).

Al par de imágenes SAR, tomadas ya sea simultáneamente desde dos ubicaciones diferentes o bien en tiempos diferentes para cuantificar propiedades geométricas en la escena, se le llama par interferométrico. En un par interferométrico formado por dos imágenes radar tomadas en el mismo tiempo, pero desde diferente ubicación las diferencias de fase se deben a la diferencia en distancia desde la cual se producen las imágenes. Cuando las tomas son adquiridas en diferente época las diferencias de fase incluyen las variaciones geométricas en la escena. A la línea que determina la dirección de separación entre la posición de la antena en la primera toma y la segunda se le llama línea de base (B). A la imagen obtenida de las diferencias de fase de las dos imágenes que forman el par interferométrico se le denomina interferograma.

La componente topográfica en los interferogramas se sustrae con la ayuda de un modelo digital de elevaciones (MDE). La manera en que se genera una imagen radar produce también una serie de distorsiones y situaciones geométricas que deben conocerse y corregirse también con base en un MDE de la zona que cubre la imagen radar. El MDE se utiliza además como auxiliar para la georreferenciación de las imágenes; para el caso del estado se utilizó modelos digitales de elevación generado mediante las curvas de nivel extraídas de las curvas de nivel de cartas topográficas escala 1:20,000 de INEGI.

Para la adquisición de imágenes de radar de apertura sintética existen diversos satélites actualmente de diferentes agencias de investigación en el mundo, para las imágenes adquiridas para el análisis se tomará en consideración imágenes de los sensores Sentinel 1A, pertenecientes a la Agencia Espacial Europea (ESA).

Las imágenes Sentinel-1 que se utilizaron para el análisis de los casos que aquí se presentan fueron adquiridas en el modo IW (interferometric wide swath), que tienen una huella aproximada de 250 kilómetros, en formato Single Look Complex (SLC) con una resolución nominal de 5 metros en dirección del rango (perpendicular a la trayectoria del satélite) y de 20 metros en dirección del azimuth (en dirección de la órbita del satélite). El procesamiento de las imágenes SAR se realizó con los programas SNAP, desarrollado por la ESA, con el que se aplica la técnica DInSAR y se prepararan las imágenes SAR para posteriormente hacer el desenvolvimiento de la fase con el programa SNAPHU (Chen & Zebker, 2002).

3.- Para el caso de fracturamiento se elaboró un índice de fracturamiento, el cual es la razón de superficie ocupada por fractura en kilómetros lineales entre la superficie total del sustrato, dicho sustrato se evalúa a partir de una conjugación de tres elementos físico geográficos: suelo, edafología y geomorfología, una vez obtenidos estos tres elementos, se obtuvo una tipología de terreno, la cual representa unidades específicas del paisaje geográfico sobre las que se estimó dicho fracturamiento, el insumo base para el índice de fracturamiento fue la capa de fallas y fracturas del INEGI escala 1:50,000.

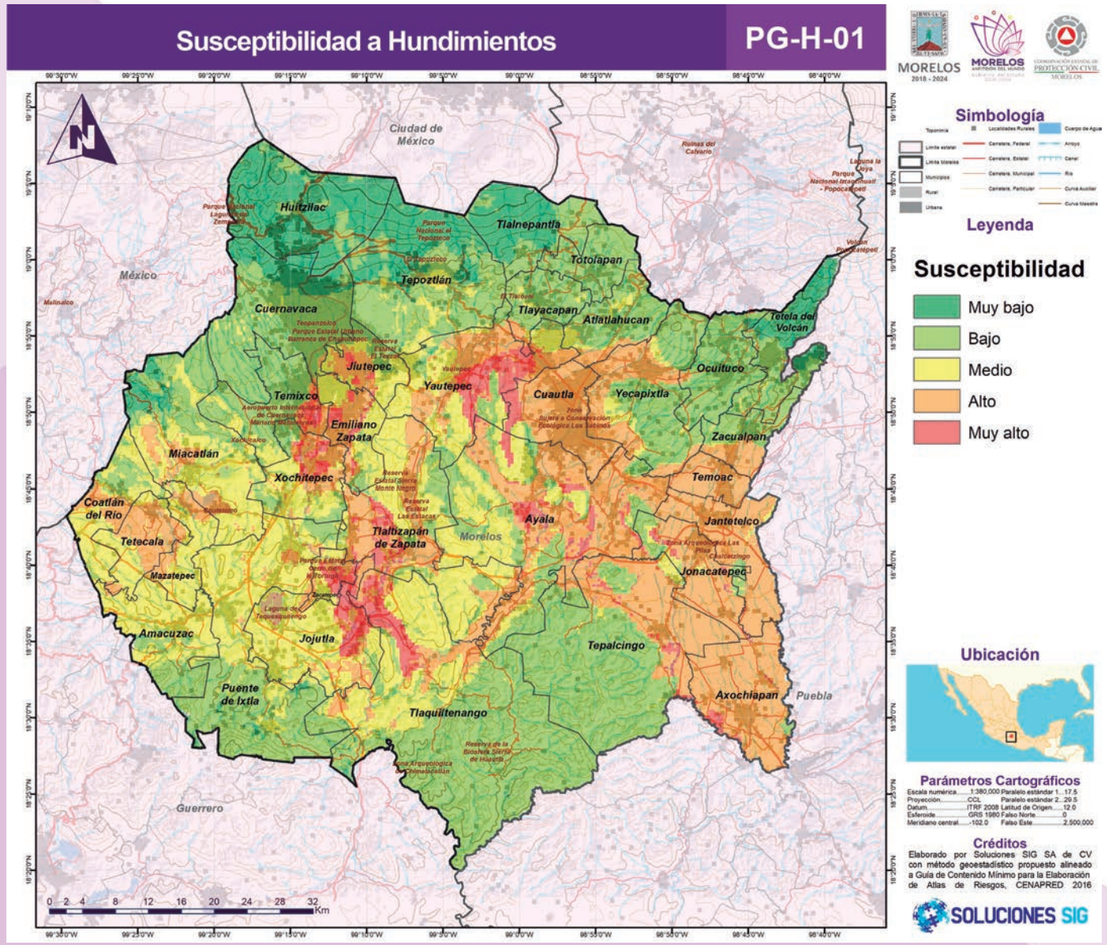
El análisis se realizó primero con la medición total de las fallas y fracturas y posteriormente en cada una de las unidades de paisaje previamente definidas, finalmente se clasifico en intervalos de intensidad mediante el proceso de cortes naturales.

Resultados

1. Se presenta un mapa de susceptibilidad a hundimiento en los cuales se contemplan los factores de litología, abatimiento del nivel freático, grado de fracturamiento, precipitación y sismicidad, que nos ayudan a identificar zonas propensas a colapsos repentinos, ya sea por factores geológicos o antropogénicos. Dentro de los recorridos en campo, recorrimos una zona dentro del Parque Nacional Las Estacas, en el cual se han presentado dos socavones y conforme nuestro mapa (PG-H-01) cae dentro de la zona con susceptibilidad media a alta.

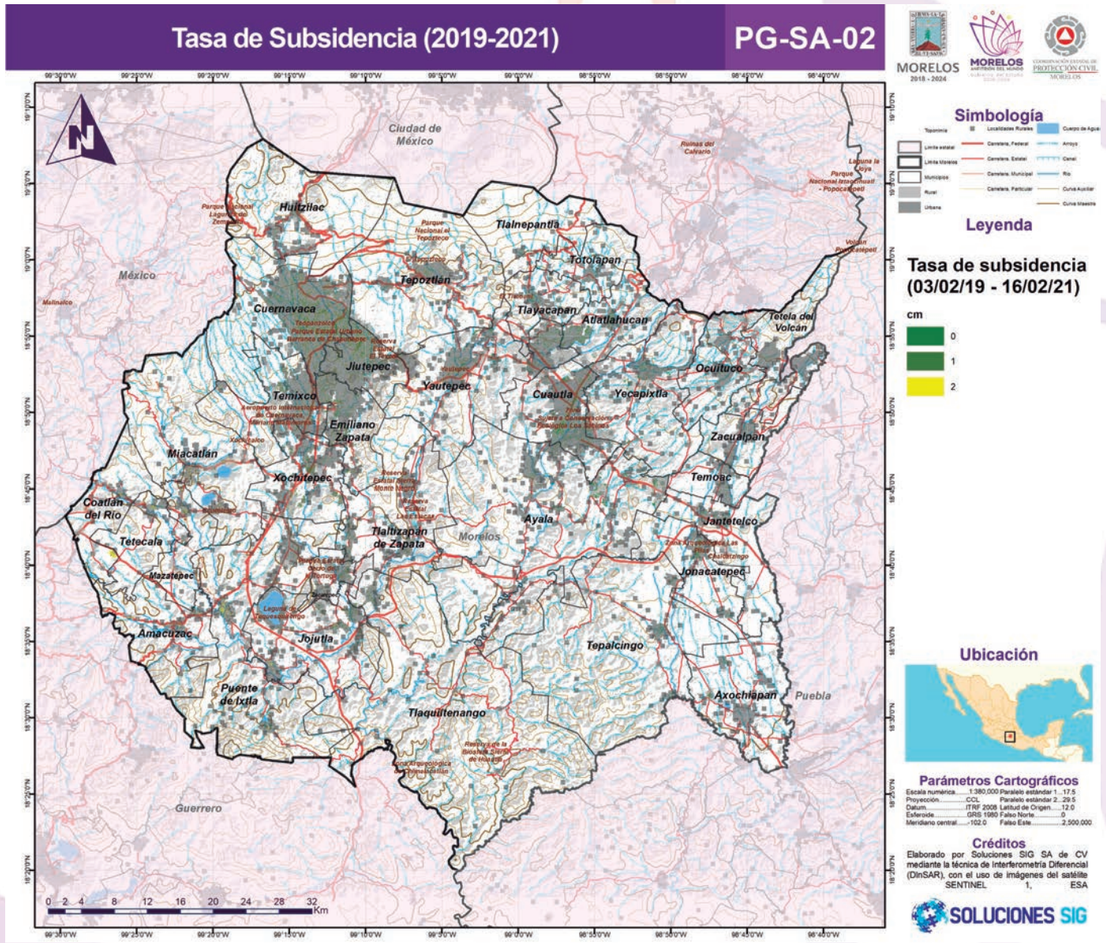
Por otra parte, en los mapas (PG-SA-02 y PG-SA-01) desarrollados usando la técnica de interferometría diferencial, observamos que actualmente no existe el fenómeno de subsidencia (hundimiento lento del terreno), sin embargo, se deben considerar acciones para evitar la sobreexplotación de los mantos acuíferos ya que, como se ha observado en diferentes regiones del país esto podría detonar un hundimiento lento del terreno debido a la compactación del material.

Mapa 82 Susceptibilidad a Hundimientos



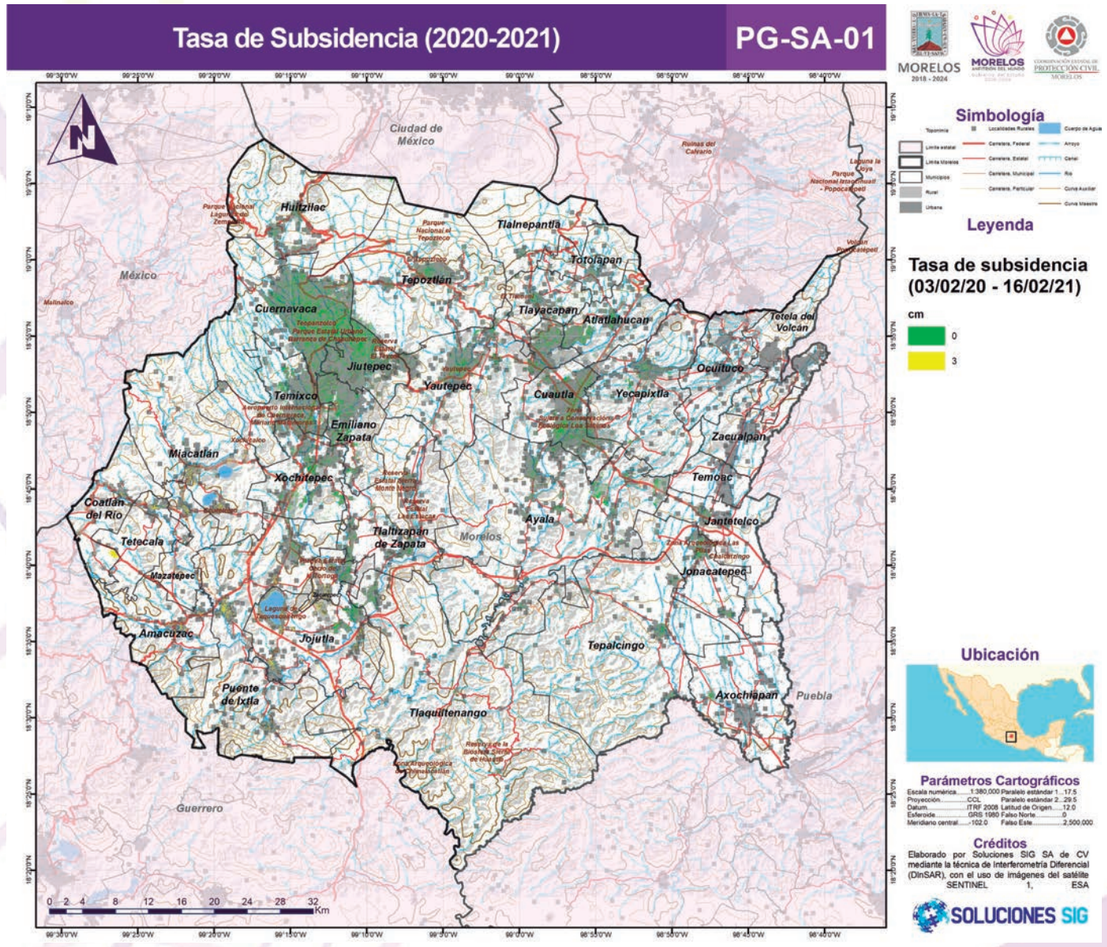
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V con información de CONAGUA, SGM, INEGI.

Mapa 83 Tasa de Subsidencia 1 año



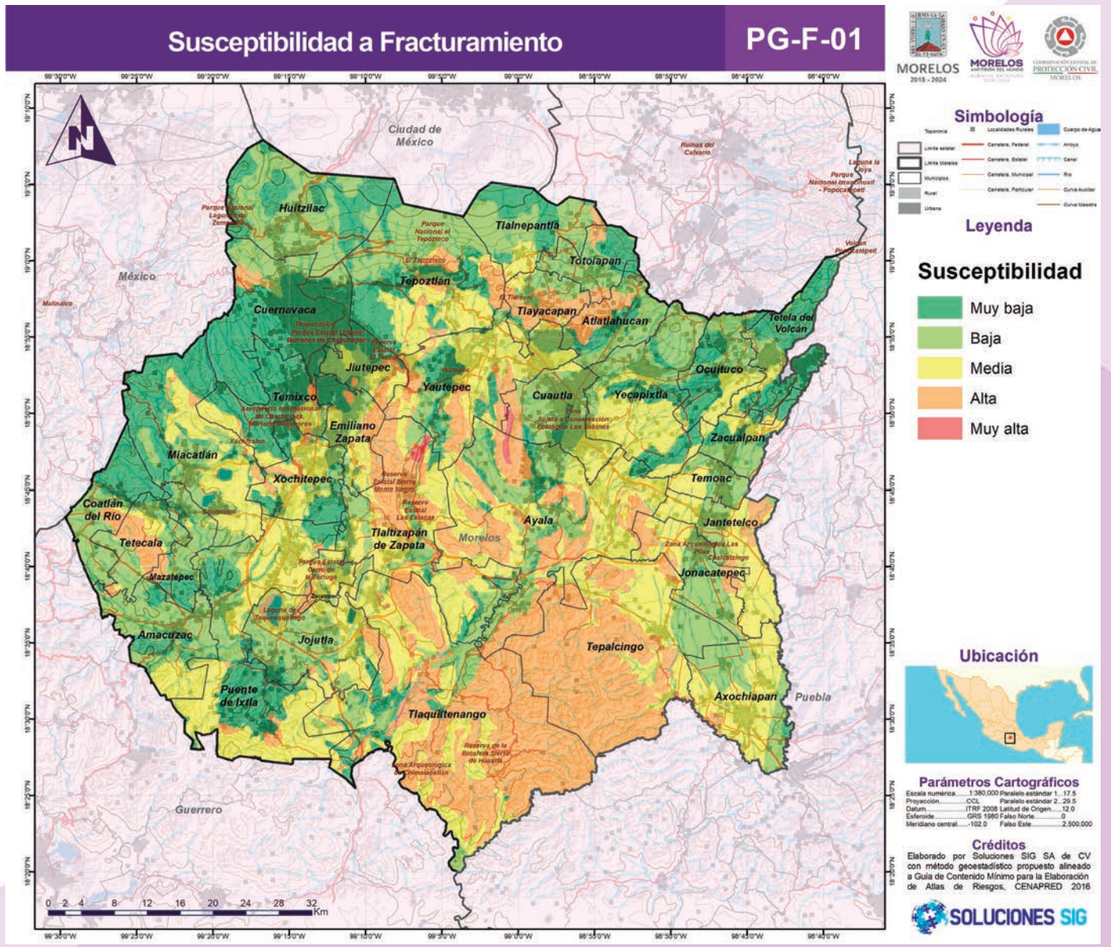
Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de Imágenes SENTINEL 1A

Mapa 84 Tasa de Subsidencia 2 años



Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V mediante el uso de Imágenes SENTINEL 1A

Mapa 85 Susceptibilidad a fracturamiento



Fuente: Elaboración por Soluciones SIG S.A. de C.V mediante integración de información de diversas fuentes federales CONAGUA, 1981-2016, INEGI, SGN, SSN, 2017

B. HIDROMETEOROLÓGICOS

1. Inundaciones

Antecedentes

De acuerdo con el Glosario Hidrológico Internacional de la Organización Meteorológica Mundial y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OMM/UNESCO, 2012), se define inundación como: “desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua”. Refiriéndose a “confines normales” como aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, en otras palabras, una inundación es una elevación inusual del agua que puede generar afectaciones.

En el fascículo “Inundaciones” del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2014), define como inundación a todo suceso que, debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoqué un incremento en el nivel del agua, genere invasión o penetración del fluido en sitios donde regularmente es nulo, lo cual provoque daños en la población, las actividades agrícolas, ganaderas y en la infraestructura.

Las inundaciones pueden clasificarse debido a su origen, la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2016), las clasifica en cuatro tipos pluviales, fluviales, costeras y lacustres. Las inundaciones pluviales son aquellas que se dan a consecuencia de la precipitación, ocurren cuando el suelo se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer desde minutos hasta días.

Las inundaciones fluviales son aquellas que se generan cuando se desbordan los ríos y el agua permanece sobre el terreno colindante. En este tipo de inundaciones el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes puede corresponder a precipitaciones generadas en cualquier parte de la cuenca, por lo que es importante observar que el volumen que escurre sobre el terreno a través de los cauces se va incrementando con el área de aportación de la cuenca, de forma que, es probable que las inundaciones fluviales más importantes se den en los ríos con mayor influencia longitudinal.

Las inundaciones costeras, se presentan cuando el nivel medio del mar asciende debido a la marea procedente en su mayoría de la acción de los vientos de los ciclones tropicales y permite que el mar penetre tierra adentro, en las zonas costeras, generando el cubrimiento de grandes extensiones de terreno. Las inundaciones lacustres son las que se encuentran relacionadas a los lagos, su análisis se identifica mediante los flujos superficiales como en las inundaciones fluviales y pluviales.

Por tanto, las inundaciones son eventos naturales y recurrentes que se suelen producirse en las planicies aluviales o en las áreas planas y más bajas del terreno, como resultado de lluvias intensas o continuas, que al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces, desbordan e inundan las superficies aledañas a los cursos de agua.

Las inundaciones son frecuentes en muchas de las ciudades de nuestro país, en los últimos años se han intensificado por la variabilidad climática, sus efectos han producido daños en la población, infraestructura, en las actividades económicas e incluso han ocasionado pérdida de vidas humanas, especialmente en zonas con mayor vulnerabilidad (Matías, et al, 2007).

Conforme información del fascículo “Inundaciones” del CENAPRED, actualmente las inundaciones son el desastre que ha aumentado más rápidamente a nivel global, en gran parte por el acelerado desarrollo de las comunidades, el cual no solo modifica los ecosistemas, sino que degrada el medio ambiente, trayendo también como consecuencia la deforestación y la erosión; mismos factores que a su vez modifican la respuesta hidrológica de las cuencas e incrementan la ocurrencia e intensidad de inundaciones. (SEGOB/CENAPRED, 2014c).
Las inundaciones en el territorio son un fenómeno frecuente que ha afectado a sus habitantes en numerosas ocasiones, como antecedentes principales de afectación se tiene registro que en el año 2014 la Secretaría de Gobernación declaró como zona de desastre natural los municipios de Amacuzac, Puente de Ixtla, Tlaquiltenango y Jojutla en el estado de Morelos que fueron golpeados fuertemente por las lluvias e inundaciones (entre el 13 y el 16 de septiembre) provocadas por el huracán Ingrid y la tormenta tropical Manuel (NOTIMEX, 2013).

En 2017, el 30 de junio se reportaron inundaciones de hasta 30 cm en decenas de comercios y viviendas en los municipios de Tepoztlán, Temixco y Jiutepec. Además, se reportó “el desbordamiento de un canal de riego en la zona sur del estado, que inundó una carretera local.” (RM, 2017).

Metodología

Para este tema se dividirán los análisis en dos partes, la primera que contemplará las inundaciones pluviales y la segunda las de tipo fluvial.

Inundaciones Pluviales

Las inundaciones pluviales, al ser producto de la acumulación de flujos superficiales asociados a precipitaciones intensas y a la capacidad de drenaje del territorio, tienen un componente topográfico muy importante, pues la identificación de zonas bajas donde confluye el agua es el principal elemento para definir zonas susceptibles al fenómeno. Ante la falta de datos clave sobre el drenaje artificial de las aguas precipitadas, el análisis de las inundaciones pluviales estrictamente se enfoca al reconocimiento de las zonas topográficas de acumulación y flujo, para identificar la susceptibilidad de la geomorfología al fenómeno.

Análisis hidráulico del área de estudio

El análisis de las posibles inundaciones tiene como temática esencial inspeccionar el comportamiento hidráulico de los flujos superficiales presentes dentro del territorio, este análisis debe partir de la identificación de la cuenca hidrológica del área de estudio.

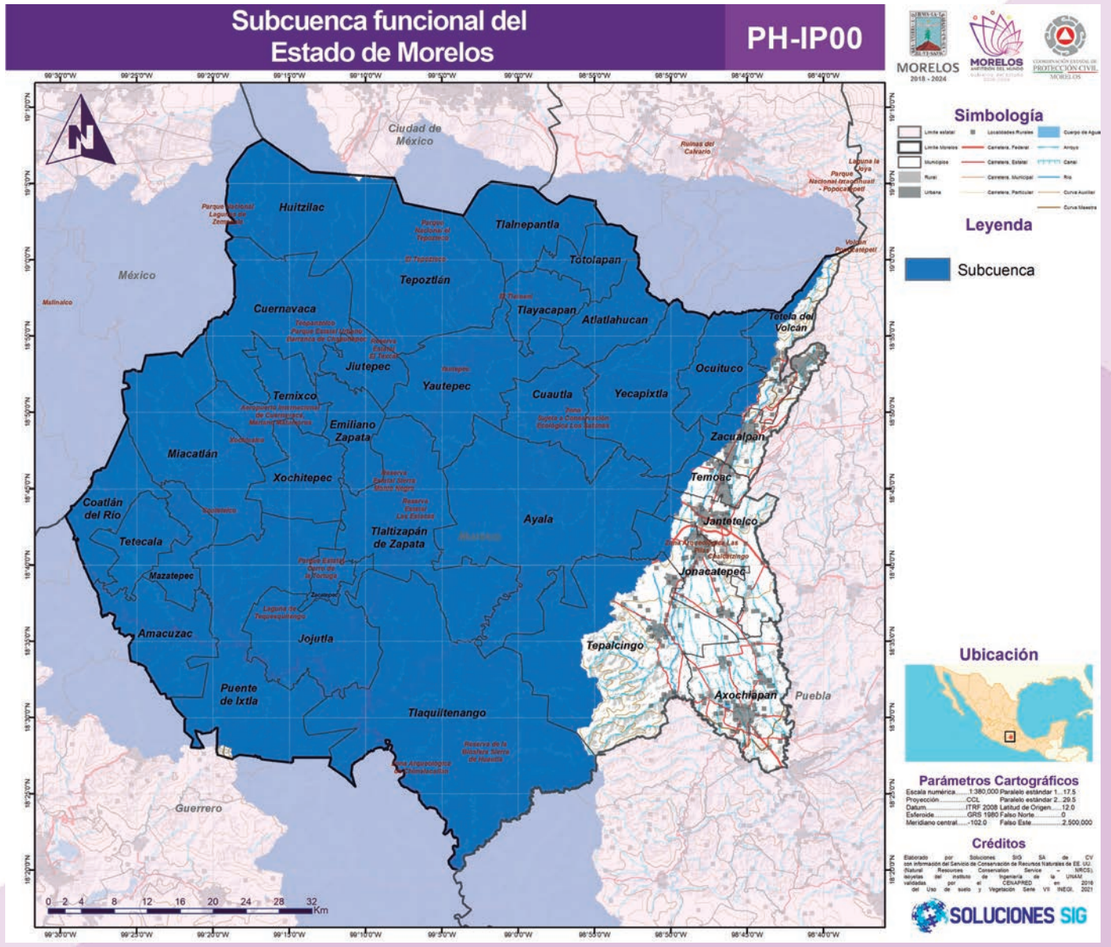
La cuenca hidrológica es la unidad básica de los estudios hidrológicos, se puede definir como aquella superficie del terreno donde fluye el agua de las precipitaciones o de la nieve derretida, y converge en un área de terreno bajo donde el flujo se adhiere a un cuerpo de agua como un río, un lago, un estuario, un mar o en el océano, es decir es aquella área drenada por los flujos de agua que en algún sitio se unen y desembocan hacia otro cuerpo de agua. “Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un sitio común llamado también punto de salida de la cuenca”. (Cotler, et. al., 2013:7).

La cuenca hidrográfica es el área de pendiente que aporta con el flujo de agua a una salida común como un drenaje concentrado, ésta puede ser parte de otra cuenca hidrográfica de mayor dimensión y también puede contener cuencas hidrográficas de menor extensión, denominadas subcuencas y éstas a su vez microcuencas. (ESRI/ ArcMap, 2016). Los límites entre las cuencas hidrográficas se distinguen como divisiones de drenaje o parteaguas. La salida, o punto de fluidez, es el punto en la superficie en el que el agua segrega fuera de una determinada área, es el punto más bajo a lo largo del límite de una cuenca hidrográfica. La corriente o arroyo es la superficie donde fluye el agua y la Subcuenca es aquella zona donde los arroyos o corrientes secundarios desaguan en el río principal (ESRI/ArcMap, 2016).

En el año 2007 el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Instituto Nacional de Ecología (ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) instituyeron criterios topográficos e hidrográficos comunes para la delimitación de cuencas hidrográficas del país. El producto de dicha labor distinguió 1,471 cuencas hidrográficas, clasificando 1,389 como exorreicas, 77 endorreicas y 5 arreicas. Clasificadas según la salida que asumen, las endorreicas o cerradas (el punto de salida se encuentra dentro de los límites de la cuenca y por lo general son un lago), exorreicas o abiertas (el punto de salida se ubica en los límites de la cuenca y la descarga se vierte en una corriente o en el mar) y arreicas (aquellas donde los ríos no llegan a confluir, donde se pierden o infiltran). (Cotler, et. al., SEMARNAT, 2013: Cotler & Pineda, 2007: Cotler, SEMARNAT, 2010).

El mapa IP-00 identifica la subcuenca funcional del estado de Morelos definida por los organismos federales antes descritos la cual es empleada para el análisis hidrológico de este estudio.

Mapa 86 Subcuenca funcional del estado de Morelos



Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V con información de la red hidrológica del INEGI y las subcuencas elaboradas por el INEGI, INECC y CONAGUA, 2007

Potencial de escurrimiento de la cuenca de análisis

El uso del suelo incurre en la generación de escurrimientos durante un evento de precipitación, las coberturas naturales tienen capacidad para infiltrar parte del agua, mientras que las coberturas antropogénicas suelen dificultar dicho proceso por lo que es en ellas donde suelen generarse mayores escurrimientos en lluvias intensas y con ello, un mayor riesgo de inundaciones o encharcamientos para el territorio estatal por acumulación de escurrimientos.
Desde el año 1972 el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS) desarrolló un método para calcular la lluvia efectiva como una función de la lluvia acumulada, la cobertura del suelo, el uso del suelo y las condiciones de humedad.

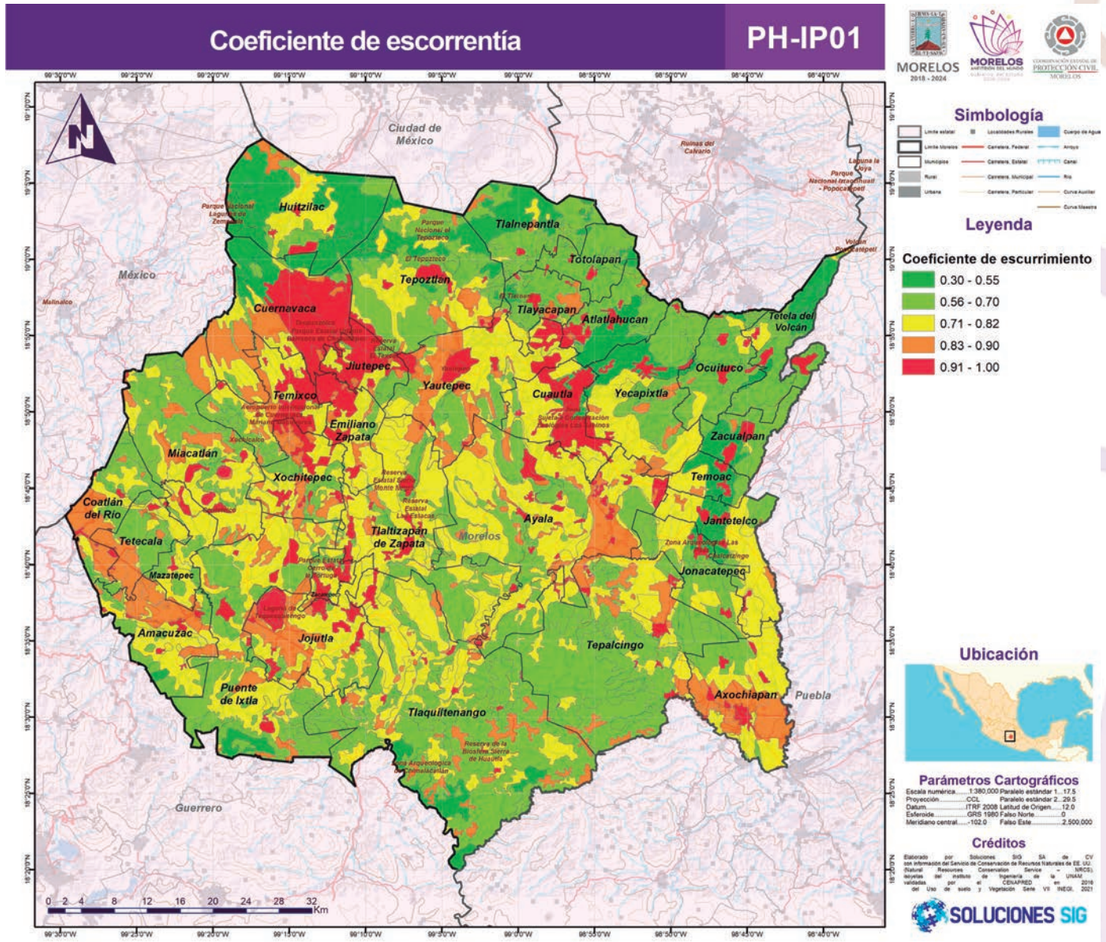
El método hidrológico del Soil Conservation Service SCS de Estados Unidos define mediante el parámetro Número de Curva (NC) la capacidad de una cuenca vertiente para producir escorrentía durante una lluvia. El parámetro permite obtener la lluvia neta o precipitación efectiva para definir el Coeficiente de Escorrentía de la cuenca. Para evaluar la dinámica espacial de los escurrimientos dentro de la cuenca de análisis, se clasificó la cobertura de uso de suelo y vegetación Serie VII del INEGI, 2021INEGI 2021 con el número de curva, de acuerdo con la siguiente tabla. El mapa PH-IP-01 identifica esta clasificación.

Tabla 38 Cobertura de suelo por coeficiente de escorrentía o número de curva.

Cobertura de suelo	Coeficiente de escorrentía, Número de curva (NC)
Agrícola	0.74
Bosque	0.52
Matorral	0.48
Otro tipo de vegetación	0.55
Pastizal	0.61
Selva	0.56
Área desprovista de vegetación	0.97
Urbana	0.97

Fuente: Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972

Mapa 87 Coeficiente de escorrentía del estado de Morelos

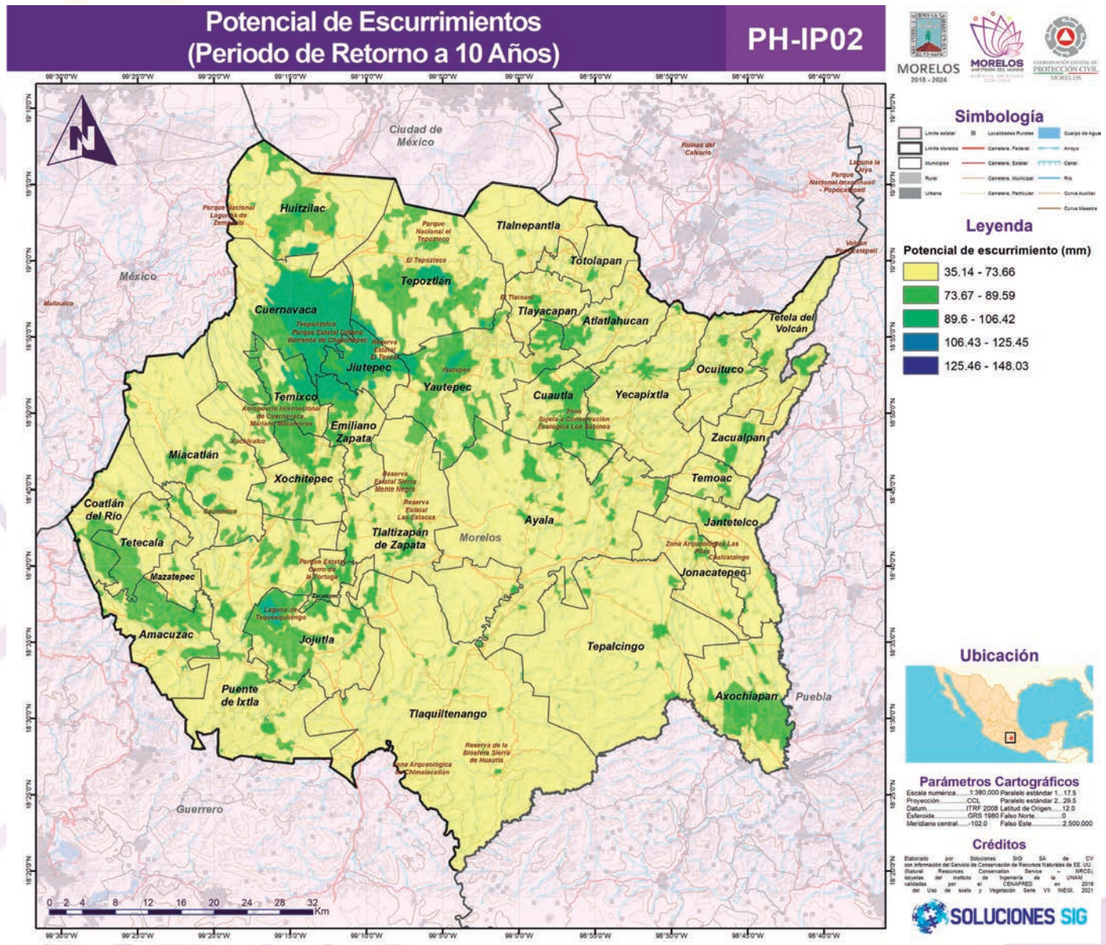


Fuente: Elaborado por soluciones SIG S.A. de C.V con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972 y del Uso de suelo y Vegetación Serie VII INEGI, 2021

Para obtener el potencial de escurrimientos presentes en la cuenca se integraron mediante algebra de mapas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) la cobertura del uso de suelo y vegetación serie VII clasificada conforme a su coeficiente de escurrimiento o número de curva con cada una de las cobertura de las precipitaciones resultado de la interpolación de las isoyetas elaboradas por el instituto de Ingeniería de la UNAM para los periodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 200 y 500

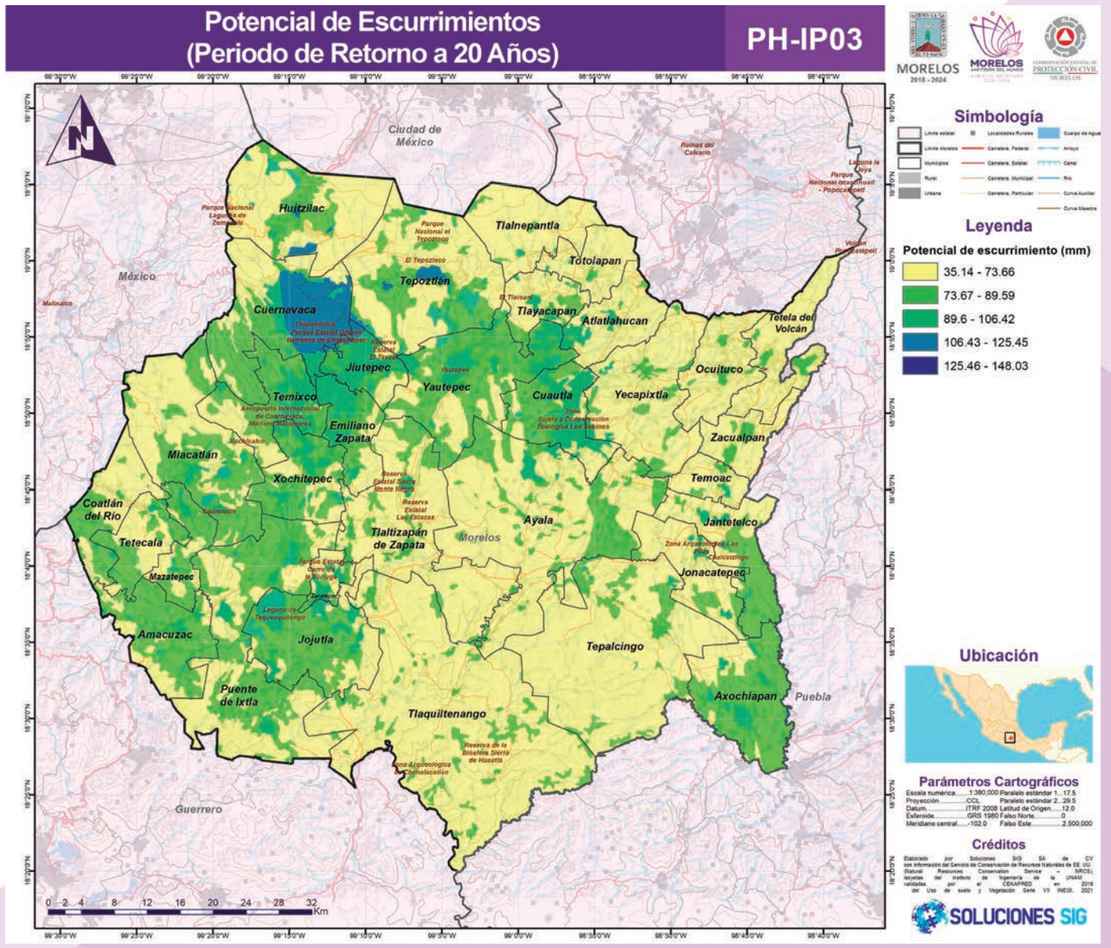
años, utilizadas de acuerdo a la guía de contenido mínimo para la elaboración del atlas nacional de riesgos bajo los lineamientos técnicos elaborados por el CENAPRED publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2016). A continuación, se presenta la cartografía resultada de este análisis espacial.

Mapa 88 Potencial de escurrimientos para un periodo de retorno de 10 años del estado de Morelos



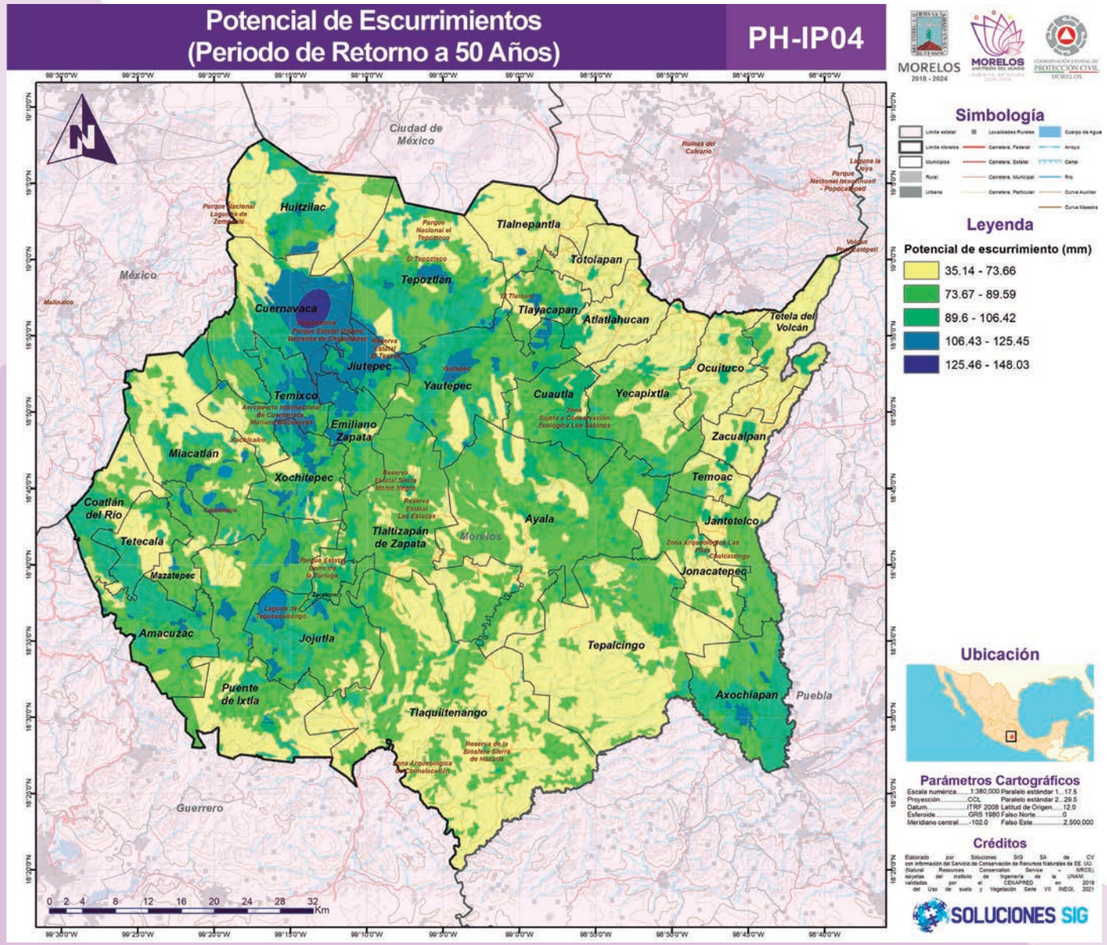
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016 y del Uso de suelo y Vegetación Serie VII INEGI, 2021

Mapa 89 Potencial de escurrimientos para un periodo de retorno de 20 años del estado de Morelos



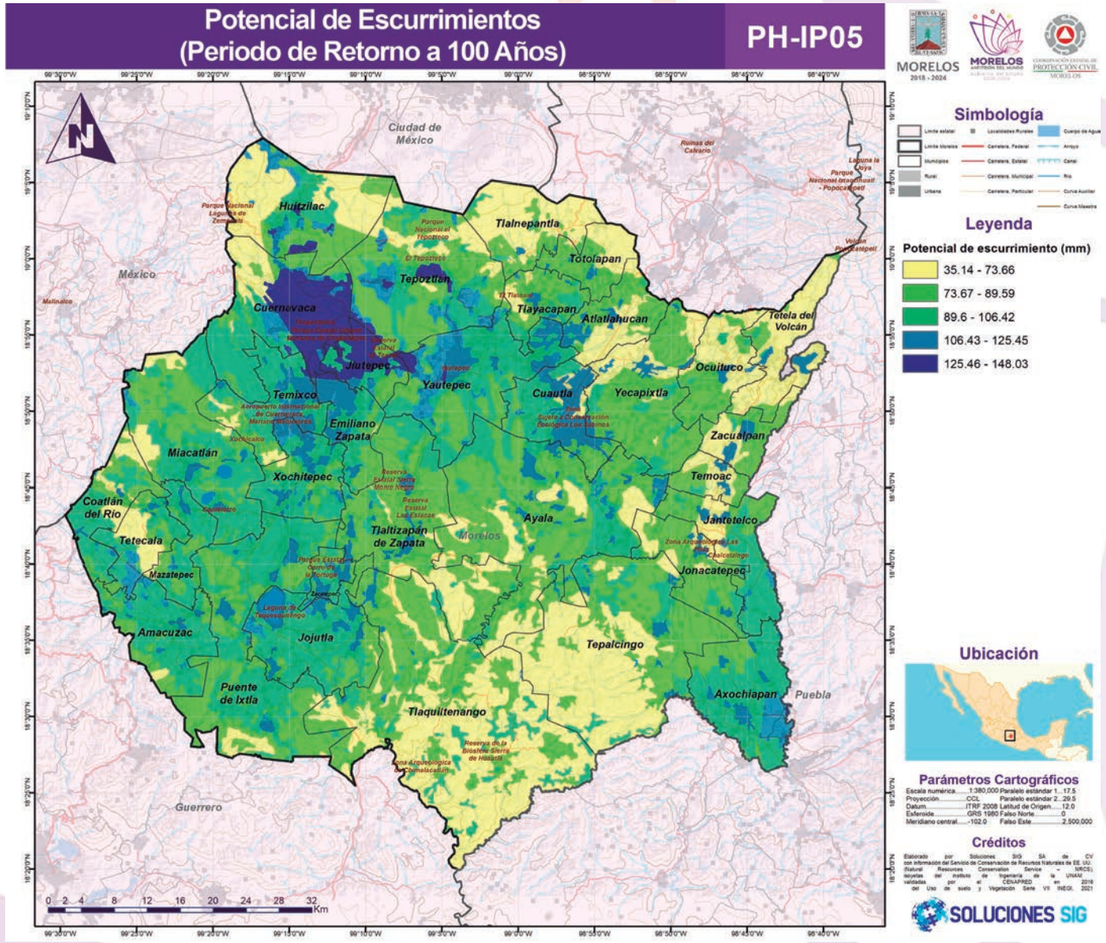
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016 y del Uso de suelo y Vegetación Serie VII INEGI, 2021

Mapa 90 Potencial de escurrimientos para un periodo de retorno de 50 años del estado de Morelos



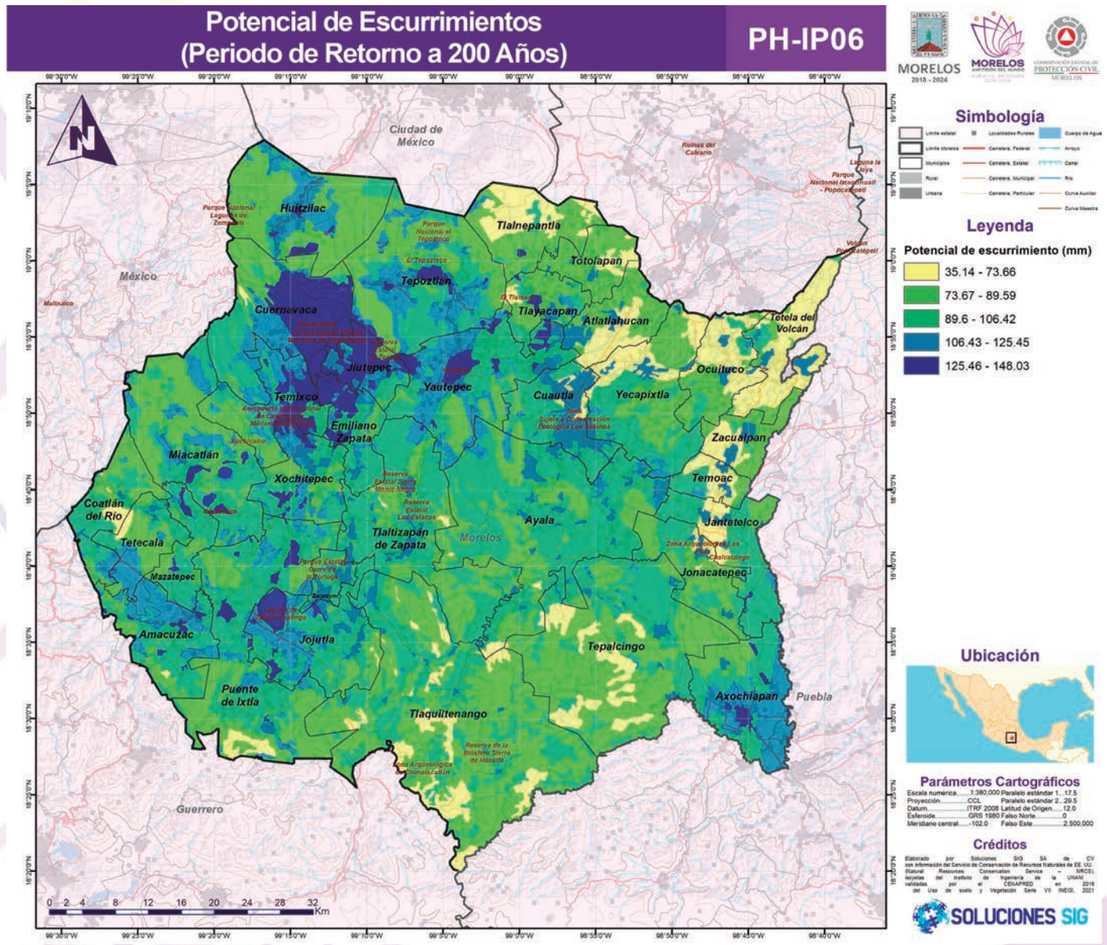
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016 y del Uso de suelo y Vegetación Serie VII INEGI, 2021

Mapa 91 Potencial de escurrimientos para un periodo de retorno de 100 años del estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016 y del Uso de suelo y Vegetación Serie VII INEGI, 2021

Mapa 92 Potencial de escurrimientos para un periodo de retorno de 200 años del estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE. UU. (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), 1972, isoyetas del instituto de Ingeniería de la UNAM validadas por el CENAPRED en 2016 y del Uso de suelo y Vegetación Serie VII INEGI, 2021

Identificación de zonas susceptibles al fenómeno

Las inundaciones pluviales, al ser producto de la acumulación de flujos superficiales asociados a precipitaciones intensas y a la capacidad de drenaje del territorio, tienen un componente topográfico muy importante, pues la identificación de zonas bajas donde confluye el agua es el principal elemento para definir zonas susceptibles al fenómeno. Ante la falta de datos clave sobre el drenaje artificial de las aguas precipitadas, el análisis de las inundaciones pluviales estrictamente se enfoca al reconocimiento de las zonas topográficas de acumulación y flujo, para identificar la susceptibilidad de la geomorfología al fenómeno.

En la identificación del fenómeno se empleó el Modelo Digital de Elevaciones compuesto de Curvas de Nivel a 10 metros del INEGI y los modelos de Terreno LIDAR (de light detection and ranging) a 5 metros. Es significativo reconocer que los factores antrópicos de las inundaciones pluviales; red de drenaje artificial y redirección del flujo superficial del agua por infraestructura humana son elementos que condicionan el comportamiento de los resultados presentados, no obstante, la susceptibilidad identificada reconoce la intensidad mediante condiciones geográficas, inherentes al contexto geográfico de la sociedad.

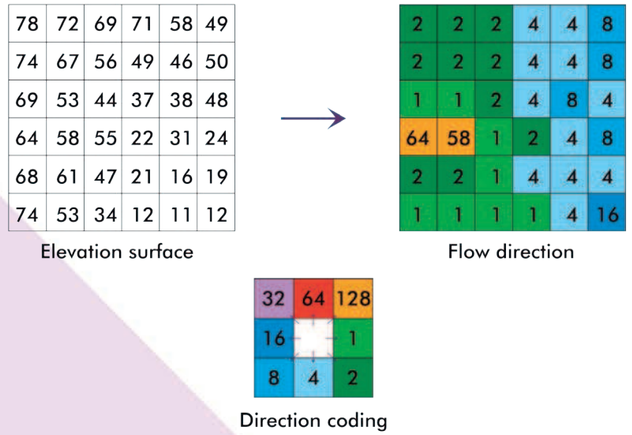
El análisis tiene como principio básico la topografía, por lo cual es necesario preacondicionar el terreno para generar un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) hidrológicamente correcto, que no tenga huecos de información, pues los huecos son un elemento que altera drásticamente los resultados de una modelación de flujo. Una vez preacondicionado el terreno con las herramientas de identificación y relleno de sumideros se procede a los siguientes procesos hidráulicos.

Dirección de Flujo

Primero, para definir las características hidrológicas hay que entender cómo se comporta el relieve en términos de drenaje, es decir, hacia donde vierten las aguas de cada celda en el MDE; esto es posible con la herramienta Dirección de flujo. “Esta herramienta toma una superficie como entrada y proporciona como salida un ráster que muestra la dirección del flujo que sale de cada celda. Si se elige la opción Ráster de eliminación de salida, se creará un ráster de salida con un radio del cambio máximo de elevación desde cada celda a lo largo de la dirección de flujo hasta la longitud de la ruta entre los centros de las celdas y se expresa en porcentajes. Si se elige la opción Forzar todas las celdas de eje para que se desplacen hacia fuera, todas las celdas en el eje del ráster de superficie se desplazan hacia fuera desde el ráster de superficie”. (ESRI/ArcMap, 2016a)

“Existen ocho direcciones de salida válidas que se relacionan con las ocho celdas adyacentes hacia donde puede ir el flujo. Este enfoque comúnmente se denomina el modelo de flujo de ocho direcciones (D8) y sigue un acercamiento presentado en Jenson and Domingue (1988)”. (ESRI/ArcMap, 2016a).

Ilustración 11 Dirección de Flujo.



Fuente: Descripción de Herramientas de ArcMap (http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-flow-direction-works.htm)

"La dirección de flujo está determinada por la dirección del descenso más empinado, o la caída máxima, desde cada celda. Se calcula de la siguiente manera: maximum_drop = change_in_z-value / distance * 100
La distancia se calcula entre los centros de las celdas. Por lo tanto, si el tamaño de celda es 1, la distancia entre dos celdas ortogonales es 1, y la distancia entre dos celdas diagonales es 1,414 (la raíz cuadrada de 2). Si el descenso máximo de varias celdas es el mismo, la vecindad se agranda hasta que se encuentra el descenso más empinado." (ESRI/ArcMap, 2016a).

"Cuando se encuentra la dirección de un descenso más empinado, la celda de salida se codifica con el valor que representa esa dirección." (ESRI/ArcMap, 2016a)

"Si todos los elementos próximos son más altos que la celda de procesamiento, se considerará un ruido que se rellena con el valor más bajo de los elementos próximos, y tiene una dirección de flujo hacia esta celda. Sin embargo, si un sumidero de una celda está junto al borde físico del ráster o tiene como mínimo una celda NoData como vecino, no se rellena porque la información del vecino no es suficiente. Para que se considere como un sumidero verdadero de una celda, debe estar presente toda la información de vecino." (ESRI, 2016a).

"Si dos celdas fluyen entre sí, se trata de sumideros que tienen una dirección de flujo indefinida. Este método que deriva una dirección de flujo de un Modelo Digital De Elevación (DEM) se presenta en Jenson and Domingue (1988)". (ESRI/ArcMap, 2016a).

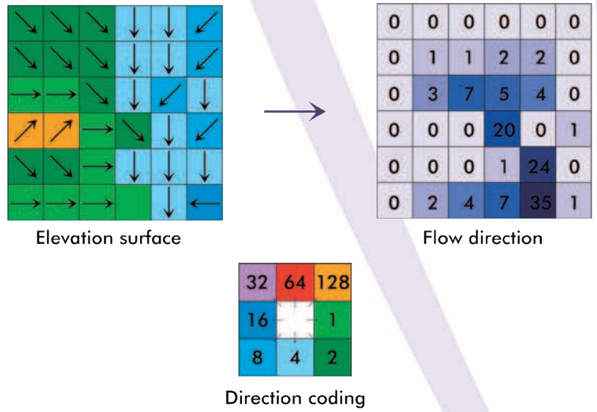
Acumulación de Flujos

La acumulación de Flujo es un proceso que, mediante los datos agregados por la Dirección de Flujo define los valores necesarios para definir la red de escorrentías superficiales, es el siguiente paso a tomar para caracterizar el comportamiento hidráulico del relieve.

"La herramienta Acumulación de flujo calcula el flujo acumulado como el peso acumulado de todas las celdas que fluyen en cada celda de pendiente descendente en el ráster de salida. Si no se proporciona un ráster de peso, se aplica un peso de 1 a cada celda, y el valor de celdas en el ráster de salida es el número de celdas que fluye en cada celda." (ESRI/ArcMap, 2016b).

En el siguiente gráfico siguiente, la imagen superior izquierda muestra la dirección de viaje desde cada celda y la superior derecha el número de celdas que fluyen hacia cada celda. (ESRI, ArcMap, 2016b).

Ilustración 12 Acumulación de Flujo.



Fuente: Descripción de Herramientas de ArcMap (http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-flow-accumulation-works.htm)

Las celdas con una acumulación de flujo alta son áreas de flujo concentrado y pueden ser útiles para identificar canales de arroyos. Esto se analiza en Identificación de redes de arroyos. Las celdas con una acumulación de flujo de 0 son alturas topográficas locales y se pueden utilizar para identificar crestas. (ESRI/ArcMap, 2016b).

El resultado de la acumulación flujo, sujeta a una ecuación condicional arroja la escorrentía superficial del terreno con mayor o menor definición, pues va a depender del número de celdas confluyentes máximas de cada escorrentía, por ejemplo, si se desea obtener una red que identifique toda escorrentía generada a partir de 100 celdas de aportación, el valor condicional será 100, la ecuación, introducida en la Calculadora ráster es: Value > 100

Con la ecuación condicional obtenemos una red de escorrentías en formato ráster que clasifica el máximo de celdas aportadas a cada escorrentía definida. El siguiente paso para la definición de las inundaciones es la identificación del Orden de escorrentías para identificar la intensidad de flujo y acumulación del agua superficial.

Clasificación de Corrientes por Orden Shreve

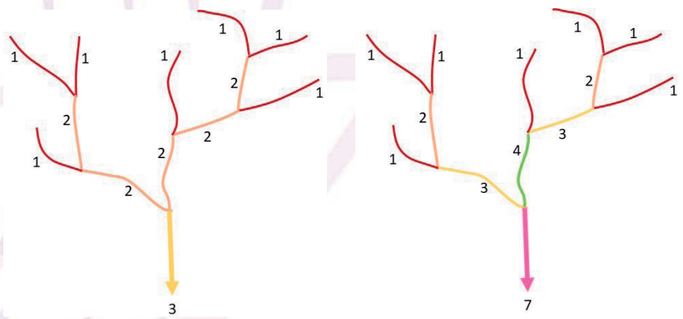
Una vez definida la red hidrográfica es indispensable clasificarla por orden, pues el orden de clasificación, ayuda a identificar la confluencia de arroyos, es decir, aquellas zonas no solo de mayor acumulación sino donde la confluencia de los ríos de diverso orden aporte más agua a los arroyos superficiales.

“La clasificación de arroyos es un método que asigna un orden numérico a los vínculos en una red de arroyos. Este orden es un método para identificar y clasificar los tipos de arroyos basado en la cantidad de afluentes. Se pueden inferir algunas características de los arroyos simplemente al conocer el orden.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

“Por ejemplo, los arroyos de primer orden están dominados por un flujo de agua por tierra; no tienen un flujo concentrado de aguas arriba. Por esta razón, son más susceptibles a problemas de contaminación sin origen de punto y pueden obtener más beneficios de las zonas de influencia ribereñas amplias que de otras áreas de la cuenca hidrográfica.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

“La herramienta Clasificación de arroyos tiene dos métodos para asignar órdenes. Estos son los métodos propuestos por Strahler (1957) y Shreve (1966).” (ESRI/ArcMap, 2016c).

Ilustración 13 Clasificación de Corrientes Strahler (Izquierda) y Shreve (Derecha).



Fuente: Descripción de Herramientas de ArcMap (http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-stream-order-works.htm)

“En ambos métodos, siempre se asigna un valor de 1 a los segmentos de arroyo aguas arriba, o los vínculos exteriores.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

Método de Strahler

“En el método de Strahler, se asigna un orden de 1 a todos los vínculos sin afluentes y se los conoce como de primero orden.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

“La clasificación de arroyos aumenta cuando los arroyos del mismo orden intersecan. Por lo tanto, la intersección de dos vínculos de primer orden creará un vínculo de segundo orden, la intersección de dos vínculos de segundo orden creará un vínculo de tercer orden, y así sucesivamente. Sin embargo, la intersección de dos vínculos de distintos órdenes no aumentará el orden. Por ejemplo, la intersección de un vínculo de primer orden y segundo orden no creará un vínculo de tercer orden, pero mantendrá el orden del vínculo con el orden más alto.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

“El método de Strahler es el método de clasificación de arroyos más conocido. Sin embargo, debido a que este método sólo aumenta el orden en las intersecciones del mismo orden, no tiene en cuenta todos los vínculos y puede ser susceptible a la adición o remoción de vínculos.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

Método de Shreve

“El método de Shreve tiene en cuenta todos los vínculos en la red. Al igual que en el método de Strahler, a todos los vínculos exteriores se les asigna un orden de 1. Para todos los vínculos interiores del método de Shreve, sin embargo, los órdenes son aditivos. Por ejemplo, la intersección de dos vínculos de primer orden crea un vínculo de segundo orden, la intersección de un vínculo de primer orden y uno de segundo orden crea un vínculo de tercer orden, y la intersección de un vínculo de segundo orden y uno de tercer orden crea un vínculo de cuarto orden.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

“Debido a que los órdenes son aditivos, los números del método de Shreve se conocen como magnitudes en lugar de órdenes. La magnitud de un vínculo en el método de Shreve es el número de vínculos de arroyos arriba.” (ESRI/ArcMap, 2016c).

Inundaciones Fluviales

Las inundaciones fluviales son el producto del comportamiento del flujo de las escorrentías sobre su cauce y las desviaciones que sufren las aguas por las lluvias que originan el flujo. Para la selección de los cauces sujetos a modelación se consideró la cobertura de inundaciones fluviales del Atlas de Riesgos del Estado de Morelos 2018, y se identificaron los principales ríos donde el fenómeno tiene diferentes afectaciones. Una vez seleccionados los cauces se procedió con el método de modelación de flujo dinámico; que a grandes rasgos se puede describir como el comportamiento sobre la topografía que tiene un flujo modelado a partir de una lluvia proyectada.

Las inundaciones fluviales son el producto del comportamiento del flujo de las escorrentías sobre su cauce y las desviaciones que sufren las aguas por las lluvias que originan el flujo. La estimación del comportamiento de los flujos superficiales dentro del territorio municipal, lo que deriva en la identificación del potencial de inundaciones se desprende del análisis de una serie de Parámetros hidráulicos resultado de los estudios hidrológicos de diferentes instituciones como el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el instituto Flumen en Dinámica Fluvial e Ingeniería Hidrológica ente de investigación mixto de titularidad compartida entre la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), con sede en la ciudad de Barcelona, España, el cual desde 2014 ha colaborado con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos de América (Natural Resources Conservation Service – NRCS), originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service - SCS), el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Enegineers), Environmental System Reasearch Institute (ESRI) y de datos oficiales del estado obtenidos de fuentes federales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Instituto Nacional de Ecología (ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), así como información local de diferentes dependencias gubernamentales del estado, en especial Protección Civil y labores de trabajo en campo y gabinete de Soluciones SIG. Los cauces de mayor relevancia en el contexto estatal, son analizados mediante la metodología de modelación de flujo dinámico; que a grandes rasgos se puede describir como el comportamiento sobre la topografía que tiene un flujo modelado a partir de una lluvia proyectada.

Hidrograma unitario

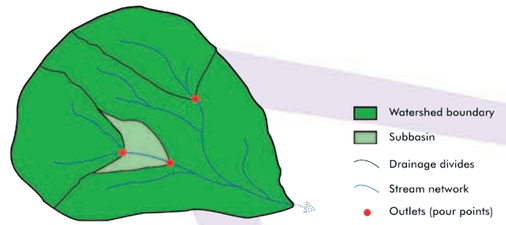
Un hidrograma unitario es la representación estadística que refleja el tiempo de drenado de una cuenca, ya que considera debido a tiempo gasto la cantidad de agua que fluirá por los arroyos definidos en la superficie topográfica de una cuenca determinada. “Los hidrogramas unitarios son gráficos de líneas que determinan cuánta agua descargará la salida de un curso de agua en el transcurso de tiempo durante una tormenta predicha. Pueden crearse analizando el tiempo que tardan las precipitaciones en viajar por una cuenca hidrográfica hasta el curso de agua.” (ESRI/ArcGIS, 2018).

“Es indispensable la definición de las cuencas hidrográficas para poder establecer el análisis del flujo superficial del agua: para dicho efecto, se emplea la herramienta Watershed sobre la definición de escorrentías previamente identificada en el apartado de Inundaciones Pluviales.” (ESRI/ArcGIS, 2018).

Definir Cuenca Hidrográfica

“Una cuenca hidrográfica es el área de pendiente que contribuye con el flujo, generalmente agua, a una salida común como un drenaje concentrado. Puede ser parte de una cuenca hidrográfica más grande y también puede contener cuencas hidrográficas más pequeñas, denominadas subcuencas. Los límites entre las cuencas hidrográficas se denominan divisiones de drenaje. La salida, o punto de fluidez, es el punto en la superficie en el que el agua fluye fuera de un área. Es el punto más bajo a lo largo del límite de una cuenca hidrográfica.” (ESRI/ArcMap, 2016d).

Ilustración 14 Componentes de una Cuenca Hidrográfica.



Fuente: Descripción de Herramientas de ArcMap (http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-watershed-works.htm)

“Las cuencas hidrográficas se pueden definir en base a un DEM al calcular la dirección del flujo y utilizarla en la herramienta Cuenca hidrográfica. Para determinar el área de contribución, primero se debe crear un ráster que represente la dirección del flujo con la herramienta Dirección de flujo.” (ESRI/ArcMap, 2016d).

En un Sistema de Información Geográfica (SIG) se empleó la información de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) compuesto de los modelos de Terreno LIDAR (de light detection and ranging) a 5 metros (con una mayor resolución espacial por información por pixel) adquirido del INEGI en el área de estudio.

“Después, deberá introducir las ubicaciones para las que desea determinar el área de cuenca. Las ubicaciones de origen pueden ser entidades, como diques o escalas hidrométricas, para las que desea determinar las características del área de contribución. También puede utilizar un umbral de acumulación de flujo. Cuando el umbral se utiliza para definir una cuenca hidrográfica, los puntos de fluidez para la cuenca hidrográfica serán los cruces de una red de arroyos derivados de la acumulación de flujo. Por lo tanto, se debe especificar un ráster de acumulación de flujo y la cantidad mínima de celdas que constituyen un arroyo (el valor de umbral).” (ESRI/ArcMap, 2016d).

“El siguiente paso es determinar cuánto tiempo tarda el agua en llegar a la salida, lo que permitirá predecir mejor en qué momento se producirá la inundación durante un hipotético evento de precipitaciones. Para determinar el tiempo que tarda el agua en fluir hasta un punto determinado,

necesitamos determinar primero con qué velocidad se mueve. Calcularemos la velocidad del agua en movimiento gracias a un campo de velocidad, otro tipo de capa ráster. Existen muchos tipos de campos de velocidad y se pueden calcular con una amplia variedad de ecuaciones matemáticas. Crearemos un campo de velocidad variable espacialmente, pero invariable en el tiempo y la descarga. Esto significa que nuestro campo de velocidad se basará en las siguientes suposiciones:" (ESRI/ArcGIS, 2018b).

1. La velocidad se ve afectada por componentes espaciales tales como la pendiente y la acumulación de flujo (variables espacialmente).
2. La velocidad en una ubicación dada no cambia con el paso del tiempo (invariable en el tiempo).
3. La velocidad en una ubicación dada no depende del caudal de agua de la ubicación (invariable en la descarga).

"En realidad, la velocidad podría ser variable en el tiempo, además de variable en la descarga. Sin embargo, la incorporación de estas variantes requeriría datasets adicionales que quizá no estén disponibles y requeriría técnicas de modelado que quizá no pueden replicarse en el entorno SIG. El campo de velocidad variable espacialmente e invariable en el tiempo y la descarga arrojará resultados por lo general exactos, aunque es importante recordar que cualquier método siempre será una aproximación de los fenómenos observados." (ESRI/ArcGIS, 2018b).

"Usaremos un método de creación de campos de velocidad propuesto por primera vez por Maidment y otros (1996). En este método, se asigna a cada celda del campo de velocidad una velocidad basada en la pendiente local y el área de la cuenca contribuyente (el número de celdas que fluyen hacia esa celda, o acumulación de flujo). Se basan en la siguiente ecuación:" (ESRI/ArcGIS, 2018b).

$$V = Vm * (sbAc) / (sbAcm)$$

"Donde V es la velocidad de una celda individual con una pendiente local de s y un área de cuenca contribuyente aguas arriba de A. Los coeficientes b y c pueden determinarse mediante calibración, un método estadístico que afina los parámetros de modelo de modo que los datos predichos sean lo más cercanos posible a los datos observados. En este escenario, usaremos el valor recomendado del método, que es b = c = 0,5. Vm es la velocidad media de todas las celdas de la cuenca hidrográfica. Supondremos una velocidad media de Vm = 0,1 m/s. Por último, sb Acm es el término medio de pendiente-área en toda la cuenca hidrográfica. Para evitar resultados poco realistas, demasiado rápidos o lentos, estableceremos límites para las velocidades mínima y máxima. El límite inferior será de 0,02 metros por segundo, mientras que el límite superior será de 2 metros por segundo." (ESRI/ArcGIS, 2018b).

El siguiente paso es la definición del término pendiente-área, para dicho fin es indispensable calcular la pendiente del terreno con base en un Modelo Digital de Elevaciones. "Una vez generada la capa ráster tanto para la pendiente como para el área de acumulación de flujo, calcularemos una nueva capa ráster que las combine. La capa mostrará el término pendiente-área (el valor sb Ac de la ecuación de Maidment y otros). La ecuación para la definición del término área-pendiente es la siguiente:" (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Raiz cuadrada (Pendiente) * Raiz cuadrada (Acumulación de flujo)

"El motivo por el que averiguaremos la raíz cuadrada de la pendiente y la acumulación de flujo es que usaremos los coeficientes recomendados (b = c = 0.5) de Maidment y otros. Un coeficiente de 0,5 equivale a la raíz cuadrada del valor. Ahora que ya disponemos del término pendiente-área, podemos calcular un campo de velocidad a partir de la siguiente ecuación:" (ESRI/ArcGIS, 2018b).

$$V = Vm (sb Ac) / (sb Acm) \quad (1)$$

"Como ya dijimos, Vm es la velocidad media de todas las celdas de la cuenca hidrográfica. Usaremos un valor medio supuesto de Vm = 0,1, el recomendado por Maidment y otros. Del mismo modo, sb Acm es el término medio dependiente-área en toda la cuenca hidrográfica. Dado que hemos calculado el término de pendiente-área de la cuenca, podemos determinar la media exacta en lugar de basarnos en un valor supuesto." (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Definido el campo de velocidad para cada cuenca hidrográfica, se aplica la formula descrita en el párrafo anterior mediante la siguiente ecuación:

0.1 * ("Término área-pendiente" / [Media Término área-pendiente])

"La capa ráster obtenida es un campo de velocidad, pero sus velocidades máxima y mínima son poco realistas. Por ejemplo, algunos valores del campo presentan una velocidad de 0 metros por segundo, algo improbable durante un evento de precipitaciones extremas. Además, el valor máximo de aproximadamente 7,5 metros por segundo es poco realista incluso en una inundación grave. Limitaremos los valores de velocidad con un límite inferior de 0,02 metros por segundo y un límite superior de 2 metros por segundo mediante el proceso Condicionante para las estructuras ráster." (ESRI/ArcGIS, 2018b).

"El siguiente paso para la definición de las inundaciones es la generación de un mapa isócrono cuya función es cartografiar el tiempo que tarda en alcanzar una ubicación determinada desde cualquier punto de un área. Para crear el mapa isócrono, se necesita primero una cuadrícula de peso. El resultado será un mapa que muestre el tiempo que tarda el agua en llegar a la salida, ese valor se reclasificará y obtendremos nuestro mapa isocrónico." (ESRI/ArcGIS, 2018b).

“El tiempo de flujo se calcula con una ecuación relativamente simple: la longitud que debe recorrer el agua, dividida entre la velocidad a la que fluye. Aunque ya sabemos a qué velocidad fluye el agua gracias a su campo de velocidad, desconocemos la longitud de flujo. Para determinar la longitud de flujo, necesitamos dos variables: dirección del flujo (que conocemos) y peso (que no conocemos). El peso, respecto del caudal, representa la impedancia. Por ejemplo, el agua tarda más en fluir por suelo forestal que al resbalar sobre una superficie rocosa lisa, dado que se ve obstaculizada por el terreno. Aunque calcular el peso podría parecer difícil sin contar con datos detallados del terreno, es posible derivar una ecuación para calcularlo a partir de las dos ecuaciones siguientes para determinar el tiempo de flujo:” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Flow time [T] = Flow Length [L] / Velocity [LT-1] (1)

Flow time [T] = Flow Length [L] * Weight [L-1T] (2)

Al combinar estas ecuaciones, se obtiene una nueva ecuación:

Peso [L-1T] = 1 / Velocity [LT-1] (3)

“De este modo, es posible determinar el peso a partir de nuestra capa de campo de velocidad. Más adelante, usaremos la capa de cuadrícula de peso junto con su capa de dirección de flujo para determinar la longitud y el tiempo de flujo.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Así es como para el cálculo del peso se realiza la siguiente ecuación en algebra de mapas:

1/Campo de velocidad condicionada

“El siguiente es emplear la herramienta Longitud de flujo. Aunque esta herramienta, como sugiere su nombre, calcula normalmente la longitud de flujo, cuenta con un parámetro opcional para incluir un ráster de peso. Si se incluye un ráster de peso, la herramienta calcula en su lugar el tiempo de flujo.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Si se emplea la herramienta Longitud de Flujo con la capa de Dirección de Flujo y asignando el peso con la capa obtenida previamente, la herramienta arroja el mapa de tiempo de flujo hasta la salida de la cuenca.

“La capa ráster de tiempo de flujo contiene un número ingente de valores únicos, lo que hace que el análisis posterior sea complicado y engorroso. Para facilitar las cosas, reclasificaremos la capa de tiempo de flujo en zonas isócronas.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

“Una isócrona es una línea de contorno que pasa por todos los puntos que presentan aproximadamente el mismo tiempo de desplazamiento hasta la salida de la cuenca. Definiremos isócronas a intervalos de tiempo iguales de 1800 segundos (o 30 minutos). Con este intervalo, cada celda de la primera zona isócrona requerirá aproximadamente 1800 segundos en alcanzar la salida, cada celda de la segunda zona isócrona requerirá 3600 segundos, y así en adelante. Más tarde usaremos estos intervalos de tiempo como la ordenada de su hidrograma unitario.” (ESRI/ArcGIS, 2018b).

Reclasificaremos el mapa resultante en intervalos de 30 minutos (1800 segundos) con el fin de que ésta sea la unidad en común para la definición de los hietogramas y su final cruce en hidrogramas de flujo.

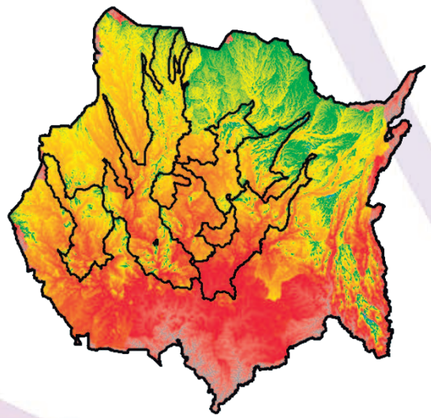
Los datos obtenidos nos arrojan una tabla, la cual, al calcular el área de cada isócrona nos da los datos suficientes para estimar el valor del hidrograma unitario.

El cálculo del área recorrida por cada unidad de tiempo seleccionada se describe con la ecuación:

Área calculada/segundos de isócrona (1800)

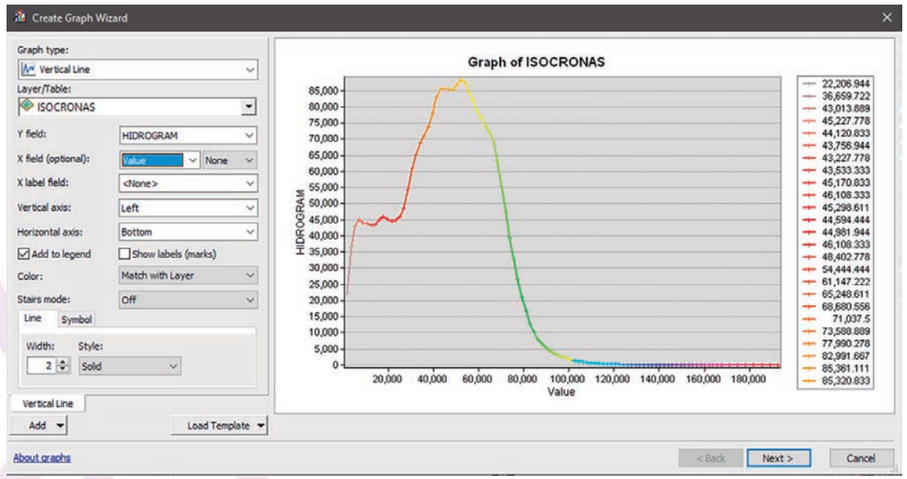
Con la ecuación anterior se tiene un diagrama que aumenta en el tiempo y que representa la cantidad de lluvia en metros cuadrados sobre unidad de tiempo, cada 1800 segundos y que identifica la capacidad de drenaje de la cuenca en su totalidad, con esta información se puede estimar mediante el método de integración un hidrograma de flujo, pues con estos datos es posible estimar la relación entre la capacidad de la cuenca para drenar y la cantidad de precipitación de ingreso. Por lo que el siguiente paso es la modelación de las lluvias proyectadas por cada cuenca.

Ilustración 15 Isócronas estimadas para del estado de Morelos.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V Para cada Cuenca identificada se replicó el proceso correspondiente, ver anexo de archivos (Flood Modelling)

Ilustración 16 Hidrograma Unitario a partir de Isócronas para el Estado de Morelos.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V Para cada Cuenca identificada se replicó el proceso correspondiente, ver anexo de archivos (Flood Modelling)

Hietogramas de Diseño de Precipitaciones proyectadas

El Hietograma de diseño refleja la distribución de la intensidad de las precipitaciones en función del tiempo, para conocer el comportamiento de las precipitaciones en minutos de varias horas en distintos periodos de retorno, no solo del dato de la precipitación máxima para determinado tiempo con un periodo de retorno dado en milímetros.

Para calcular los hietogramas se utilizó el Programa de distribución de lluvia por bloques alternados del instituto Flumen en Dinámica Fluvial e Ingeniería Hidrológica, en el cual se estimó el tipo de curva intensidad-duración-frecuencia, según la dirección General de Carreteras, tomando como parámetros hidráulicos el dato de precipitación máxima en milímetros resultado del potencial de escurrimiento para cada periodo de retorno analizado (la integración de las isoyetas calculadas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM y el coeficiente de escorrentía o número de curva del uso de suelo más actual) y el Factor Regional (FR) correspondiente al territorio tomado del "Análisis regional para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana" del Instituto de Ingeniería de la UNAM, con la siguiente función:

$$I_{(mn/h)} = \frac{P_{24\,(T)}}{24} * FR^{\frac{28^{0.1} - D_{(k)}^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Precipitación acumulada en 24 horas (Pd) : Los datos de precipitación se obtuvieron de la integración de las isoyetas de precipitación calculadas para diferentes periodos de retorno por el instituto de Ingeniería de la UNAM y validadas por el CENAPRED en 2016 para ser incluidas en los atlas de riesgos de nuestro país y el coeficiente de escorrentía o número de curva del uso de suelo más actual, dicha información se interpoló en un SIG por el método "Topo to Raster", se observó la precipitación máxima de la microcuenca de análisis y se tomaron los valores de lluvia acumulada en 24 horas.

Duración de lluvia (D): La duración de la lluvia de diseño debe ser similar a la duración total del drenaje de la cuenca en el hidrograma unitario; es decir la isócrona máxima resultante en el análisis previo.

Intervalos de tiempo del hietograma, es decir de cada cuántos minutos queremos obtener el dato de precipitación, y en consecuencia el bloque del hietograma. Los intervalos de tiempo del Hietograma van a ser equivalentes a los intervalos con los cuáles se construyó el hidrograma unitario, para este estudio es equivalente a 900 segundos, es decir 15 minutos. Es de vital importancia que estos valores sean los mismos, pues de lo contrario sería imposible integrar los valores para la creación de un Hidrograma de Flujo.

Factor Regional: Integrado como el coeficiente que caracteriza la intensidad de precipitación de la zona de la que queremos obtener el hietograma. El factor regional se obtuvo de un reciente trabajo del Instituto de Ingeniería de la UNAM denominado "Análisis Regional para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana". En dicho trabajo se establecen los Factores Regionales para las grandes zonas hidrológicas de la República Mexicana para distintos periodos de retorno; fue así como se identificó el parámetro necesario para la modelación de la precipitación.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM, publico en el año 2018, este estudio donde se elaboraron análisis regionales a partir de la información de 2,293 pluviómetros, lo que permite estimar precipitaciones de diseño (asociadas a diversos periodos de retorno) para distintas duraciones; se presenta también un procedimiento que utiliza series sintéticas para la validación de las zonas homogéneas mediante la comparación de los coeficientes de variación históricos y sintéticos. Al hacer el análisis regional se logran resultados espacialmente consistentes, evitando las inconsistencias que se obtienen cuando se analiza cada estación individualmente. Los resultados obtenidos permiten estimar hietogramas de diseño para distintos intervalos de tiempo y distintas duraciones totales de la tormenta, utilizando el método de bloques alternos (Chow, Maidment & Mays, 1988), para cualquier cuenca de la República. Se analizaron los datos de un total de 2293 estaciones de la base de datos Climate Computing Project (CLICOM).

Se tomaron en cuenta estaciones operando por al menos 20 años y con la información completa en ese periodo de registro. Para cada una de las estaciones se obtuvieron los valores diarios máximos anuales y se calcularon los estadísticos: media, desviación estándar, coeficiente de variación (CV), además del valor máximo y valor mínimo.

Se elaboraron relaciones precipitación -duración-período de retorno, basándose en el estudio que realizó Chen (1983) donde obtuvo una fórmula generalizada de intensidad-duración-período de retorno para cualquier localidad en los Estados Unidos, con dichas relaciones se construyó una ecuación con la cual se puede calcular la precipitación para cualquier duración y período de retorno, la cual es la siguiente:

$$P_t^T = \frac{a_1 P_1^{10} log(10^{2\text{-}XT\,X\text{-}1})}{(t+b)^c}\left(\frac{t}{60}\right)$$

Efectiva para T ≥ 1 año y 5 min ≤ t ≤ 24 h , donde *PtT* precipitación, en milímetros, para una duración t, en minutos y un período de retorno T, en años, X = P1 100/P1 10, a, b y c Parámetros de la tormenta que se determinan según el factor R = P1 T / P24 T. Esta función fue adaptada por Baeza, R. C. (2007). Estimación regional de factores de conectividad para el cálculo de las relaciones intensidad duración-frecuencia. Tesis de Maestría. México, DF: Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, UNAM. para el contexto mexicano y se aplicaron funciones de distribución de las muestras regionales, con lo que el análisis definió 59 regiones para todo el territorio mexicano tomando en cuenta coeficientes de variación y condiciones topográficas y meteorológicas, de cada una de ellas especificó factores por periodo de retorno, las cuales se pueden apreciar a continuación. (Para más información y detalle sobre el proceso de obtención de los factores regionales propuestos para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana consultar el estudio del Instituto de Ingeniería, UNAM, 2018)

Tabla 39 Factores por periodo de retorno para las regiones de los estados del centro y occidente de México.

Entidad Federativa	Región homogénea	Región	Factores Regionalizados Años de periodo de retorno				
			5	10	50	100	200
Aguascalientes	1	Aguascalientes	1.25	1.45	1.9	2.08	2.27
Colima	16	Colima	1.26	1.69	2.58	2.93	3.27
Ciudad de México	17	Distrito Federal	1.21	1.39	1.77	1.93	2.09
Estado de México	19	Estado de México	1.21	1.38	1.76	1.93	2.09
Guanajuato	20	Guanajuato	1.23	1.42	1.83	2	2.17
Hidalgo	24	menores	1.35	1.63	2.25	2.51	2.78
	25	mayores	1.35	1.71	2.3	2.53	2.76
Jalisco	26	interior	1.24	1.55	1.86	2.03	2.19
	27	costa	1.3	1.45	2.09	2.32	2.55
Michoacán	28	Michoacán	1.21	1.55	1.98	2.2	2.42
Morelos	29	Morelos	1.21	1.39	1.77	1.93	2.1
Nayarit	30	Costa	1.22	1.4	1.8	1.97	2.13
	31	Sierra	1.2	1.37	1.73	1.88	2.04
Puebla	39	Norte	1.32	1.57	2.14	2.38	2.61
	40	Centro	1.27	1.49	1.98	2.19	2.4
	41	Sur	1.26	1.47	1.92	2.12	2.31
Querétaro	42	Zona Alta	1.29	1.53	2.04	2.26	2.48
	43	Zona Baja	1.27	1.49	1.98	2.18	2.38
Tlaxcala	55	Tlaxcala	1.22	1.4	1.79	1.96	2.13
Zacatecas	58	Zacatecas	1.34	1.62	2.23	2.48	2.74
	59		1.23	1.42	1.84	2.02	2.19

Fuente: Información tomada del artículo “Análisis regional para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana” del Instituto de Ingeniería, UNAM, 2018

Los factores regionales para los diferentes periodos de retorno de la entidad correspondiente a Morelos son los siguientes:

Tabla 40 Factores por periodo de retorno para la región de Morelos.

Entidad federativa	Factores de regionalización por Tasas de Retorno (años)			
	10	50	100	200
Morelos	1.39	1.77	1.93	2.1

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con información del “Análisis regional para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana” del Instituto de Ingeniería, UNAM, 2018

Por tanto para la estimación de los Hietogramas de Diseño de Precipitaciones proyectadas se integró en el Programa de Distribución de lluvia por Bloques alternados, la distribución general de la precipitación con los datos de distribución, duración de la lluvia e intervalo de tiempo en minutos, producto de las isócronas del hidrograma unitario clasificado en intervalos de 15 minutos antes detallado, lo que resulto en hietogramas que muestran la relación existente entre la lluvia en milímetros (mm) y la duración de la lluvia en minutos, la intensidad de la precipitación en milímetros por hora (mm/hr). Con la información específica para el estado de los parámetros hidráulicos antes detallados del Potencial de escurrimiento (precipitación máxima en milímetros para un periodo de acumulación de 24 horas/1,440 minutos) y el factor regional de los periodos o tasas de retorno de 10, 50, 100 y 200 años, identificados en la siguiente tabla.

3 Alternating block method, chow et al. 1994

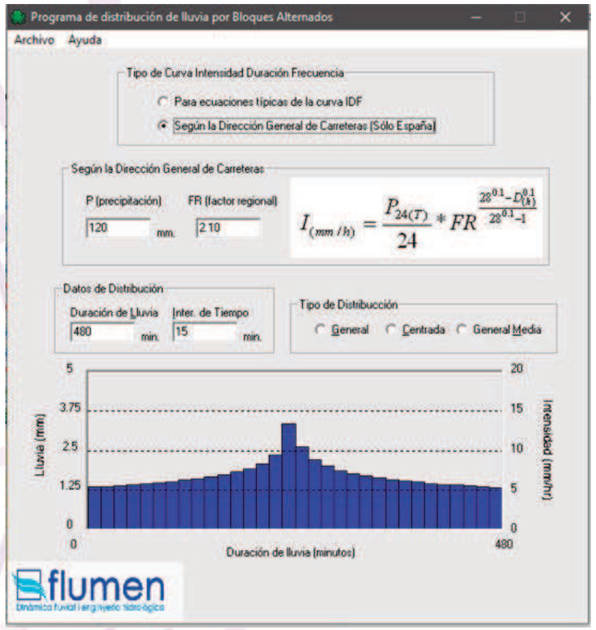
4 Disponible en https://www.google.com/search?q=An%C3%A1lisis+regional+para+estimar+precipitaciones+de+dise%C3%B1o+en+la+Rep%C3%BAblica+Mexicana%2C+del+Instituto+de+Ingenier%C3%ADa%2C+UNAM%2C+2016&oq=An%C3%A1lisis+regional+para+estimar+precipitaciones+de+dise%C3%B1o+en+la+Rep%C3%BAblica+Mexicana%2C+del+Instituto+de+Ingenier%C3%ADa%2C+UNAM%2C+2016&aqs=chrome..69i57.950j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8 (consultado 10 noviembre de 2020)

Tabla 41 Parámetros hidráulicos para la estimación de hietogramas de diseño para los periodos o tasas de retorno de 10, 50, 100 y 200 años.

Tasa de retorno (años)	Potencial de escurrimiento (precipitación máxima en milímetros para un periodo de acumulación de 24 horas/1,440 minutos)	Factor regional
10	106.42	1.21
50	125.45	1.77
100	130	1.93
200	148.03	2.1

Fuente: Soluciones SIG SA de CV con información del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos de América, 1972, Instituto de Ingeniería de la UNAM, 2016 Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017

Ilustración 17 Interfaz del Programa de Distribución de lluvia por Bloques alternados.



Fuente: Instituto Flumen en Dinámica Fluvial e Ingeniería Hidrológica ente de investigación mixto de titularidad compartida entre la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), con sede en la ciudad de Barcelona, España

Hidrogramas de Flujo

Con el cálculo del Hidrograma unitario es posible calcular un Hidrograma de Flujo o de Crecidas, ya que los parámetros necesarios para la definición del caudal final son la precipitación de entrada y la respuesta de drenaje de la cuenca, es así como, mediante la metodología de Hidrograma en S, se estima el caudal asociado a una lluvia de diseño.

La metodología calcula la razón existente entre el volumen de entrada y la velocidad de drenaje de cada cuenca estudiada; así se obtiene el caudal del gasto asociado a la Precipitación de diseño estimada para diferentes periodos de retorno.

Ilustración 18 Método de Hidrograma en S, Cuenca K, periodo de retorno de 200 años.

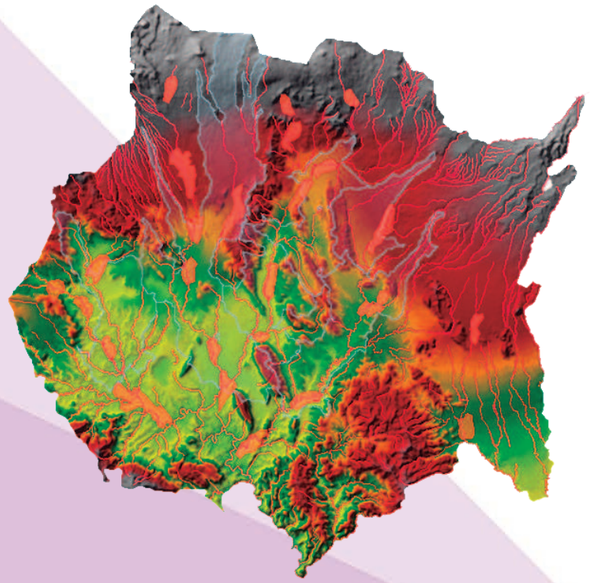
TIEMPO	HIDROGRAMA UNITARIO	HIETOGRAMA DE DISEÑO																				CAUDAL FINAL
		6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.4	7.8	8.3	9.1	10.7	13.5	9.7	8.7	8.0	7.6	7.3	7.0	6.8	6.6	6.4	6.2	
0.0	0.0	0																					0
15	2.8	18	0																				18
30	5.6	35	18	0																			53
45	8.3	53	36	18	0																		107
60	11.1	70	54	37	19	0																	180
75	13.9	88	72	55	38	20	0																273
90	16.7	105	90	74	57	40	21	0															386
105	19.4	123	108	92	76	59	41	22	0														521
120	22.2	140	126	111	95	79	62	43	23	0													679
135	25.0	158	144	129	114	99	82	65	46	25	0												863
150	27.8	175	162	148	133	119	103	87	69	51	30	0											1076
165	30.6	193	180	166	152	138	124	108	92	76	59	37	0										1326
180	33.3	210	198	185	172	158	144	130	115	101	89	75	27	0									1603
195	36.1	228	216	203	191	178	165	151	139	126	119	112	54	24	0								1905
210	38.9	245	234	222	210	198	185	173	162	152	148	150	81	48	22	0							2228
225	41.7	263	252	240	229	217	206	195	185	177	178	187	108	72	45	21	0						2573
240	44.4	280	270	259	248	237	226	216	208	202	207	225	135	96	67	42	20	0					2938
255	47.2	298	288	277	267	257	247	238	231	227	237	262	162	120	89	63	40	19	0				3322
270	50.0	316	306	296	286	277	268	260	254	253	267	299	189	144	112	84	60	39	19	0			3725
285	52.8	333	324	314	305	296	288	281	277	278	296	337	216	168	134	105	81	58	38	18	0		4146
300	55.6	351	341	333	324	316	309	303	300	303	326	374	243	192	156	127	101	78	56	36	18	0	4586
315	58.3	368	359	351	343	336	329	325	323	328	356	412	269	216	178	148	121	97	75	55	36	17	5042
330			377	369	362	356	350	346	346	354	385	449	296	240	201	169	141	116	94	73	53	35	5113
345				388	381	375	371	368	369	379	415	486	323	264	223	190	161	136	113	91	71	52	5156
360					400	395	391	390	392	404	445	524	350	288	245	211	181	155	131	109	89	69	5170
375						415	412	411	416	429	474	561	377	312	268	232	201	175	150	128	107	87	5154
390							432	433	439	455	504	599	404	336	290	253	222	194	169	146	124	104	5102
405								454	462	480	534	636	431	360	312	274	242	213	188	164	142	121	5013
420									485	505	563	674	458	384	335	295	262	233	206	182	160	139	4880
435										530	593	711	485	408	357	316	282	252	225	200	178	156	4694
450											622	748	512	433	379	337	302	271	244	219	195	173	4436
465												786	539	457	402	358	322	291	263	237	213	191	4057
480													566	481	424	380	342	310	281	255	231	208	3477
495														505	446	401	363	330	300	273	249	225	3091
510															468	422	383	349	319	292	266	243	2741
525																443	403	368	338	310	284	260	2405
540																	423	388	356	328	302	277	2074
555																		407	375	346	320	295	1743
570																			394	364	337	312	1407
585																				383	355	329	1067
600																					373	347	719
615																						364	364
630																						0	0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V. Para cada Cuenca identificada y periodo de Retorno se replicó el proceso correspondiente, ver anexo de archivos (Flood Modelling)

Preparación del Terreno

En HEC RAS 5, se subió el MDE compuesto que se preacondicionó para los diferentes temas hidráulicos y se segmentaron las zonas de modelación alrededor de los principales cauces elegidos, el mallado de cada segmento se realizó en una red de 100x100 metros.

Ilustración 19 Terreno y datos vectoriales para discernir delimitación de Modelación.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V con Datos de intensidad de inundación fluvial muy alta de Atlas de Riesgos Estatal 2010, se integra la cobertura de cuencas y las escorrentías presentes para delimitar las zonas de Modelado

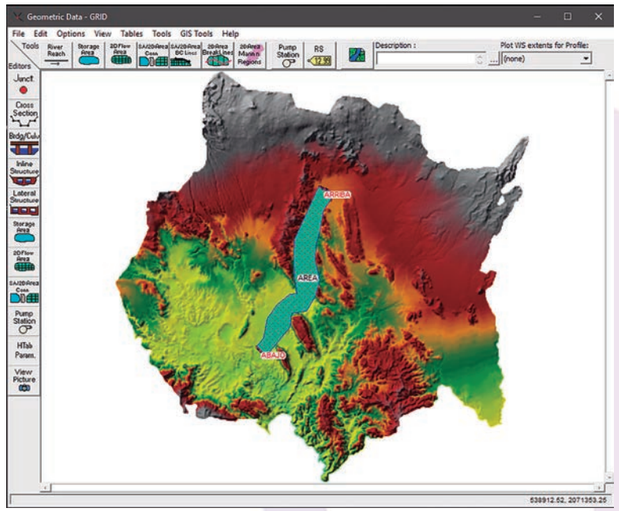
Con el mapeo de la información en Hec Ras se concluyó que habría que elaborar 5 modelaciones dispersas en 6 cuencas Hidrográficas, sin embargo 4 cuencas son tributarias, por lo que se modelaron en conjunto dando seguimiento a su cauce principal y al comportamiento de las inundaciones identificadas como antecedente.

La preparación del terreno se realizó tomando en cuenta que una menor distancia de la malla deriva en errores topológicos y tomando en cuenta la escala del estado, el mallado es suficiente para una modelación eficiente.

Modelación de Flujo dinámico HEC RAS 5

En HEC RAS, se integran los parámetros necesarios para la definición de la crecida máxima de los arroyos con la información obtenida en el Hidrograma de Flujo.

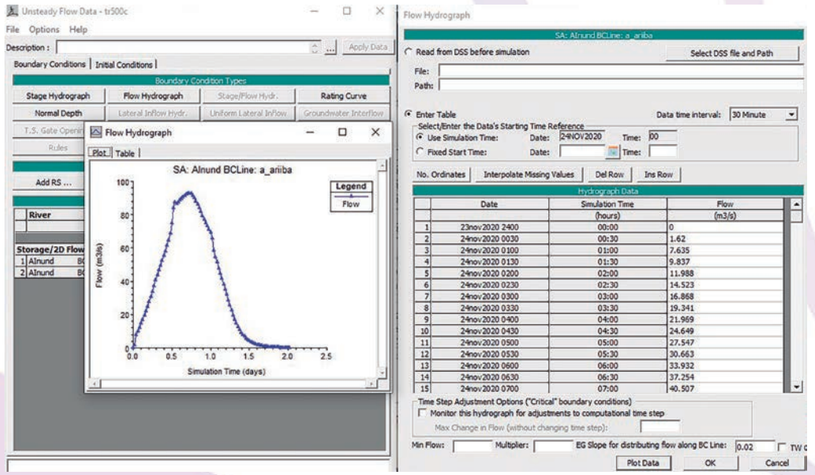
Ilustración 20 Delimitación de Terreno propicio a Modelación y Mallado de 100x100.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V en HEC RAS 5

La delimitación se apoya con la información mapeada de antecedentes y es indispensable reconocer las condiciones de cuenca arriba y cuenca abajo para que el software reconozca datos de entrada y condiciones de salida de la cuenca.

Ilustración 21 Integración de Datos de Flujo Dinámico.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V en HEC RAS 5

Resultados

En el Software integramos la información del Hidrograma de Flujo estimado para cada Cuenca y Periodo de retorno en la condición de Cuenca Arriba, por lo que es de vital importancia haber estimado la precipitación para la cuenca, ya que el dato de entrada definirá el caudal máximo de agua que se modelará en el terreno.

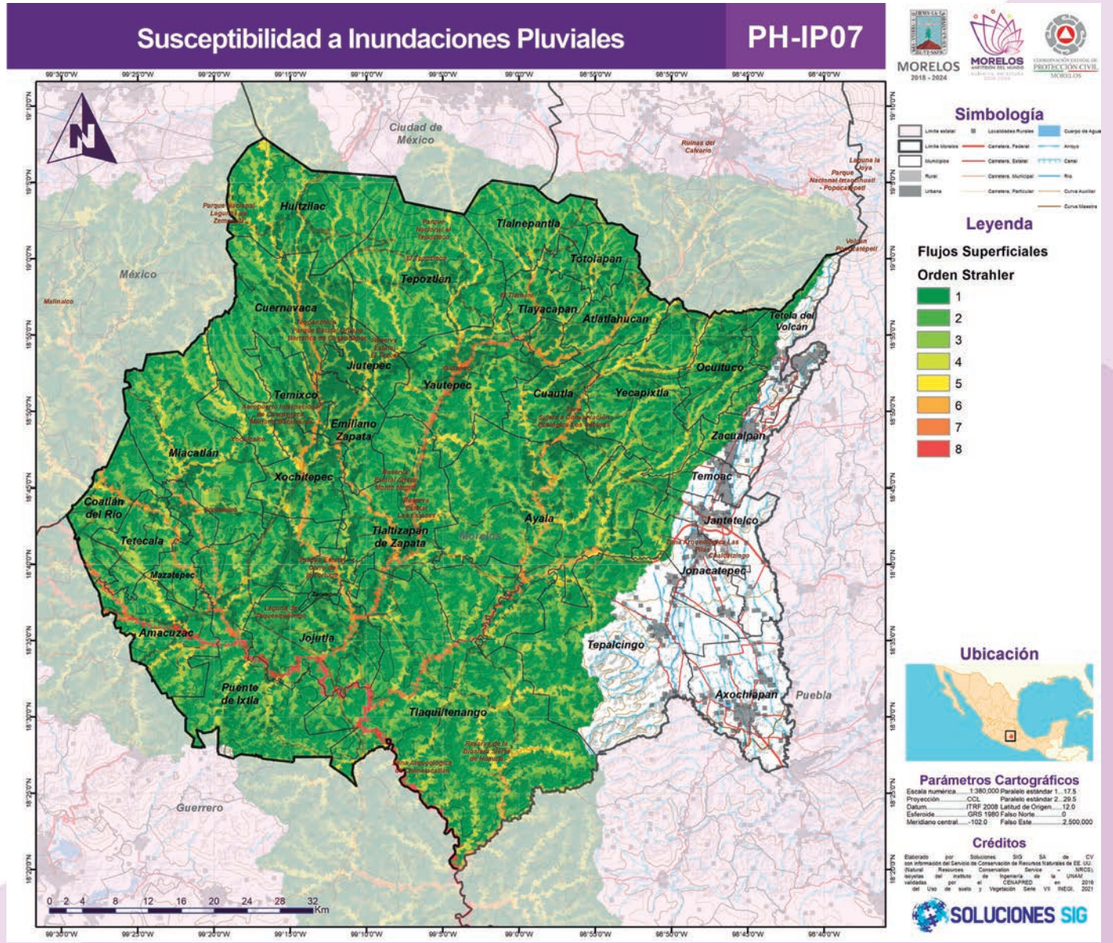
El tiempo de intervalo para cada fila del Hidrograma es de 15 minutos, en concordancia con los cálculos hasta ahora establecidos; el ingreso del Hidrograma de Flujo debe realizarse con cuidado, considerando que los parámetros coincidan con aquellos que establecimos a lo largo del total del desarrollo de los datos hidráulicos para cada cuenca estudiada.

Al representar los datos en una gráfica se identifica el periodo de máxima crecida por Cuenca para el periodo de retorno estudiado.

Inundaciones Pluviales

La modelación de los flujos superficiales se elaboró con los datos antes descritos como resultado el mapa PH-IP-07 identifica la susceptibilidad a inundaciones pluviales. Las áreas identificas en azul más oscuro son las más susceptibles a acumular el agua, por tanto, a generar encharcamientos o inundaciones en un acontecimiento de lluvia, la zona occidental del territorio estatal tiene altos y muy altos grados de susceptibilidad a este tipo de eventos, sobre todo en importantes zonas altamente pobladas como Cuernavaca, Jiutepec, entre otras zonas urbanas.

Mapa 93 Susceptibilidad a inundaciones pluviales del estado de Morelos

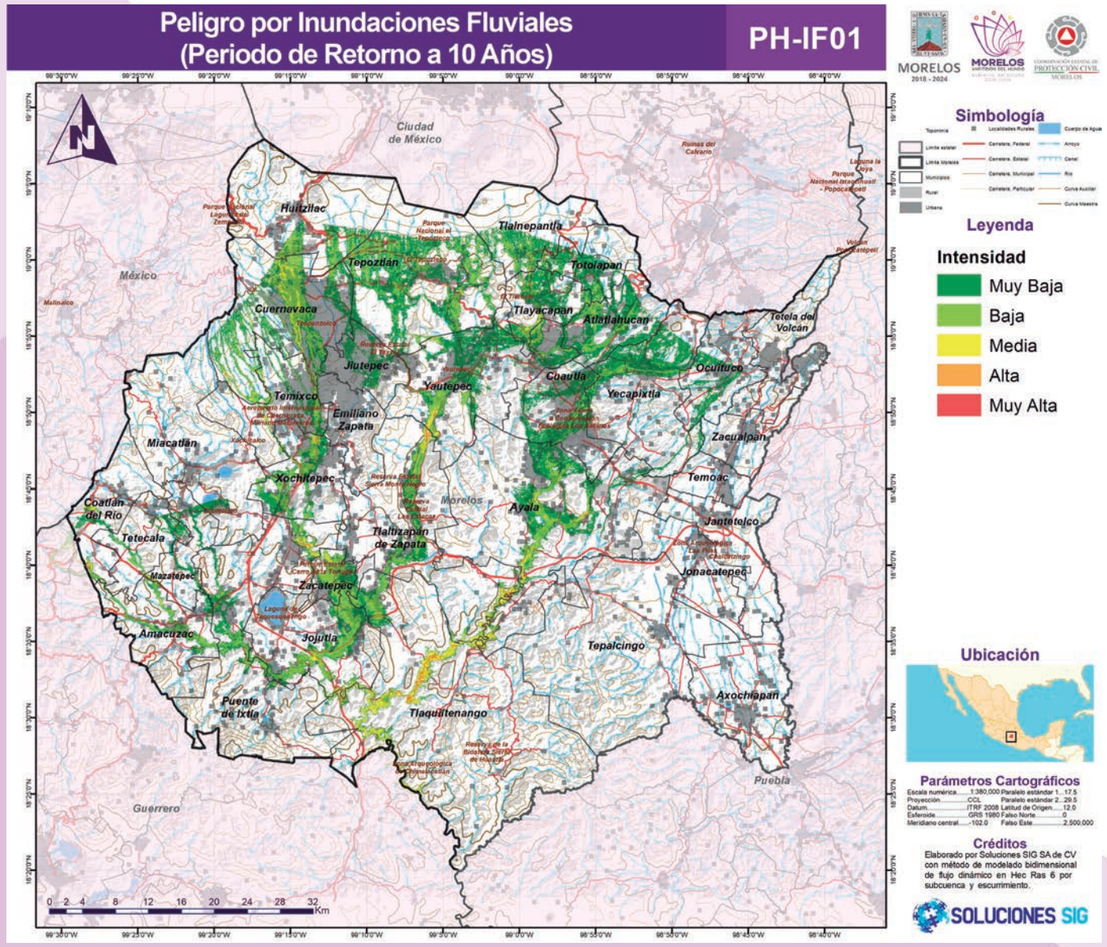


Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Inundaciones Fluviales

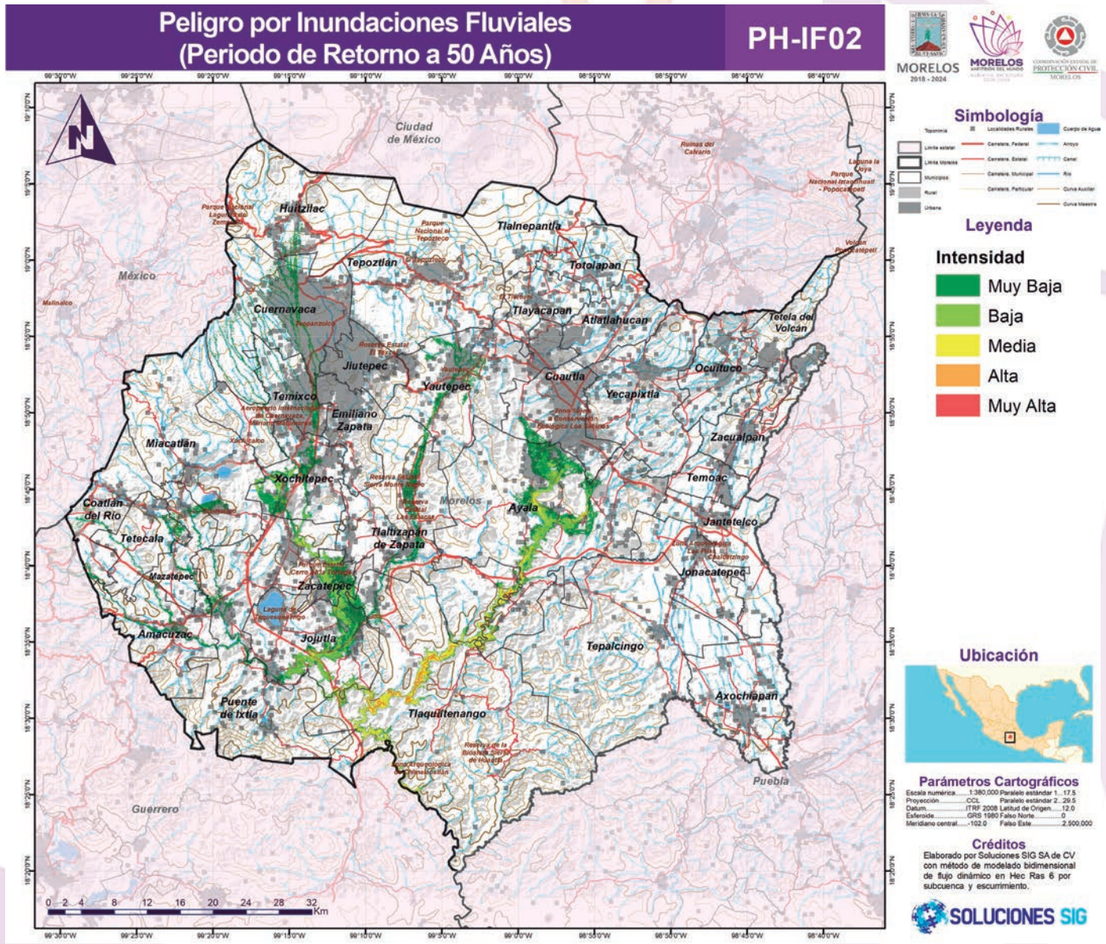
Los resultados tienen dos componentes principales; Velocidad y Profundidad del cauce máximo, en términos de intensidad, la Profundidad se tomó como elemento para la clasificación del fenómeno, pues se reconoce la falta de datos para la generación de un análisis bidimensional.

Mapa 94 Peligro por Inundaciones Fluviales para un periodo de retorno de 10 años



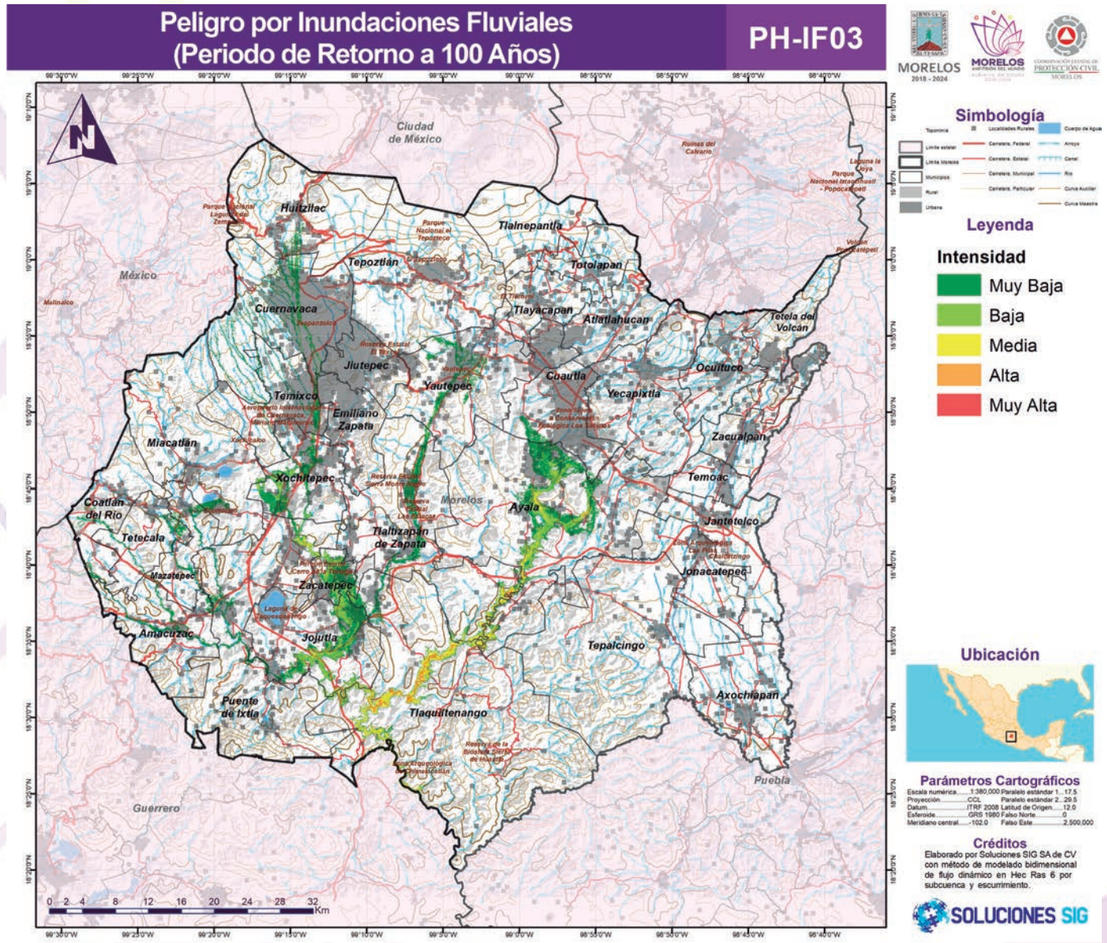
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 95 Peligro por Inundaciones Fluviales para un periodo de retorno de 50 años



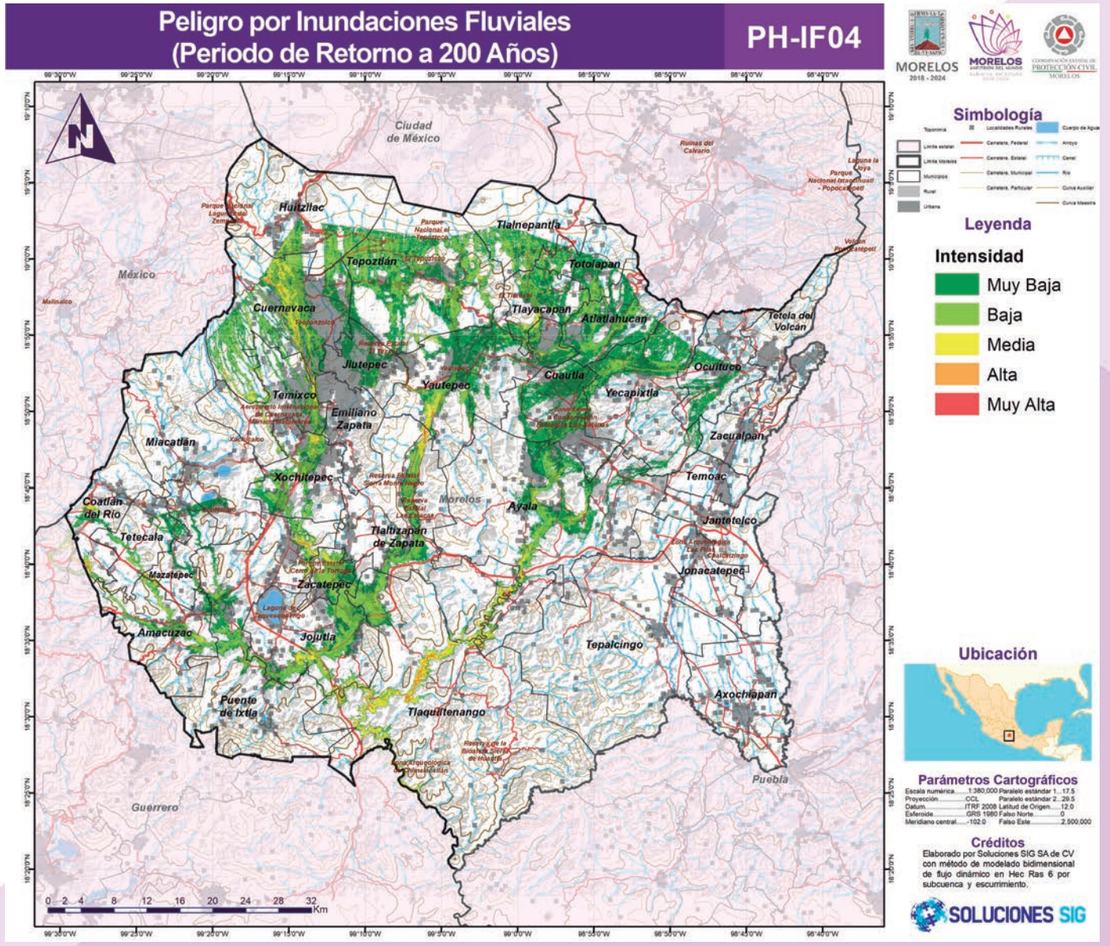
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 96 Peligro por Inundaciones Fluviales para un periodo de retorno de 100 años



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 97 Peligro por Inundaciones Fluviales para un periodo de retorno de 200 años



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico propuesto alineado a la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2016

2. Tormentas de nieve

Antecedentes

Las tormentas de nieve son una variación de la precipitación, la cual se da de forma sólida, por medio de copos, mismos que, se refieren a la aglomeración de cristales hexagonales planos y transparentes de hielo formados cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de solidificación del agua.
El fascículo del CENAPRED “Tormentas severas” de 2014, en su apartado referente a tormentas de nieve manifiesta que cuando la temperatura del aire es menos que el punto de congelación se forman cristales de hielo que a su vez hacen que el vapor de agua del ambiente se congele y se constituyan las nevadas. Si los cristales de hielo se unen hasta alcanzar un tamaño superior a la fuerza de la corriente de aire ocurre una tormenta de nieve (SEGOB/CENAPRED, 2014e).

Existen diversos fenómenos meteorológicos que provocan tormentas en forma de lluvia, aguanieve o nieve; algunos ejemplos son las masas de aire polar y los frentes fríos, que en algunas ocasiones llegan a interactuar con líneas de vaguadas, corrientes en chorro o entradas de humedad de los océanos hacia tierra.

A consecuencia de las nevadas, la población sufre de bajas temperaturas y con ello aumenta la probabilidad de contraer enfermedades en las vías respiratorias o en el peor de los casos, ultimar en una muerte por hipotermia (peligro al que están expuestos, sobre todo, indigentes o personas de bajos recursos económicos, por habitar en viviendas precarias).

Debido a la situación geográfica en la que nos encontramos, son pocas las zonas de nuestro país que padecen de este fenómeno, sin embargo, en época de invierno es esencial considerar las regiones altas, tales como montañas o sierras.

Es por eso que, el CENAPRED señala el norte del país y las regiones altas como zonas de mayor impacto para este fenomeno, pues eventualmente pueden formarse nevadas en el altiplano de México bajo la influencia de las corrientes frías provenientes del norte. Históricamente las zonas donde su ocurrencia es más frecuente son los volcanes como el Pico de Orizaba, Popocatépetl, Iztaccíhuatl y Nevado de Toluca.

Dada lo ubicación geográfica de Morelos la caída de nieve en la entidad es más bien un fenómeno bastante aislado, sin embrago, el 10 de marzo de 2016 se reportó, por primera vez en 15 años la caída de nieve en Fierro del Toro y Tres Marías, poblados

Metodología

del municipio de Huitzilac a la altura del kilómetro 60 en la autopista y carretera Federal México-Cuernavaca. El raro fenómeno provocó la caída de 8 árboles y el bloqueo temporal de la carretera federal México Cuernavaca dado que la nieve llegó a alcanzar entre 15 y 40 cm de alto, lo que supuso un grave peligro para los automovilistas. Afortunadamente Protección Civil de Morelos, con el apoyo de personal de la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) y de Caminos y Puentes Federales (CPF), se encargó de despejar la vía con celeridad (NOTIMEX, 2016).

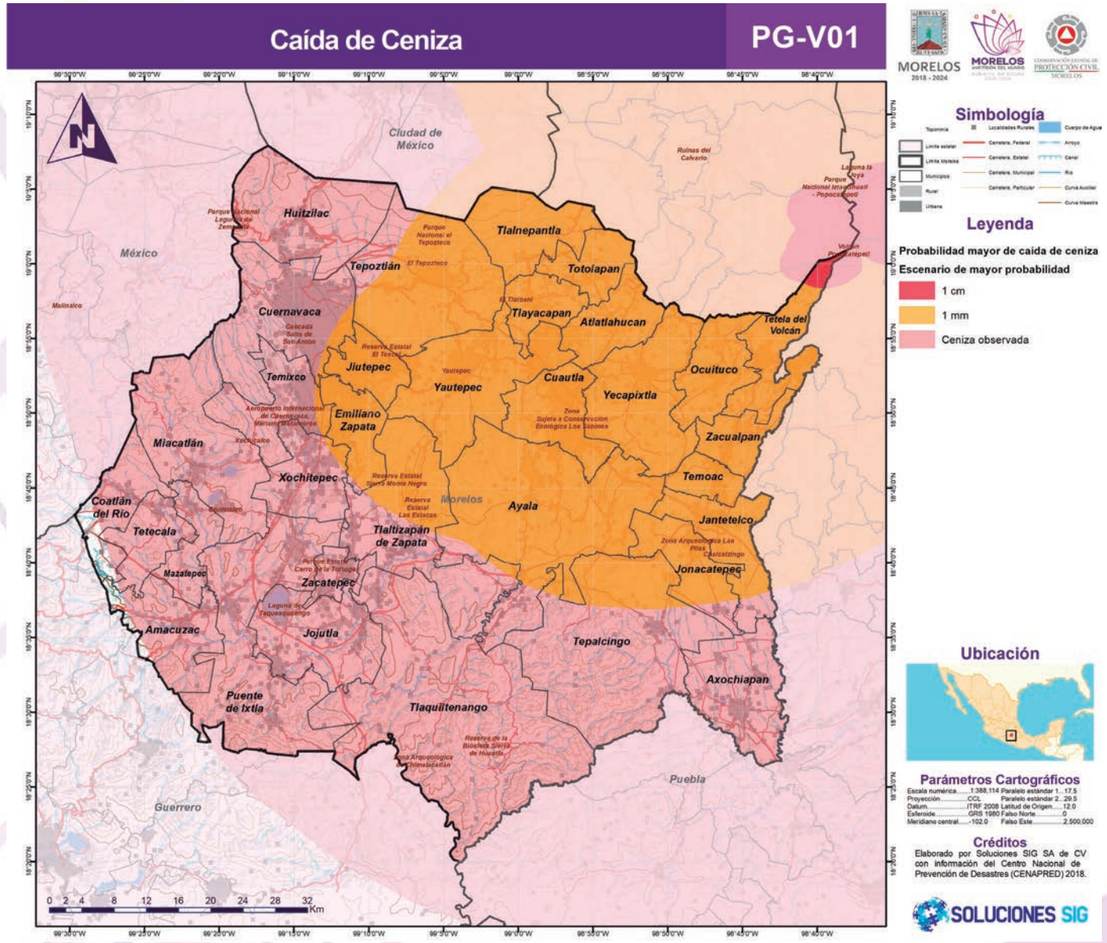
Resultados

El mapa de tormentas de Nieve se obtuvo al cruzar el mapa resultante de Heladas por Advección con las condiciones de precipitación media del estado, valores que se obtuvieron de las estaciones meteorológicas empleadas para la elaboración del tema de Ondas Cálidas/Gélidas.

Se le proporcionó más peso a la entrada de masas de humedad en el cruce de algebra de mapas, es decir, a la variable de precipitación se le asignó una ponderación del 70% contra un 30 % perteneciente al fenómeno de heladas advectivas.

El cruce de las variables nos delimita zonas con diferente susceptibilidad frente a las tormentas de nieve, ya que si bien se incluyen todos los elementos presentes en el fenómeno, es muy cierto que los episodios de Tormentas de Nieve no se pueden modelar y afirmar su presencia inequívoca, se define su susceptibilidad, pero de manera incorrecta podríamos afirmar su probabilidad o frecuencia.

Mapa 98 Tormentas de Nieve



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional, 2017

Las tormentas de nieve pueden llegar a presentarse mayormente en el municipio de Huitzilac y al norte de Tepoztlán, ya que concentran niveles de amenaza muy altos. Asimismo, parte de los municipios de Tetela del Volcán, Cuernavaca, Temoac, Zacualpan y Ayala, concentran niveles de amenaza superiores al resto del territorio, siendo estos, en su mayoría, medianos.

3. Tormentas de granizo

Antecedentes

Cuando el agua de lluvia cae en estado sólido se dice que cae granizo. Los corpúsculos de agua congelada pueden ser de varios tamaños y pueden dañar a los sembradíos, los pastos para ganado y a la población en general.

Según el fascículo “Tormentas severas” del CENAPRED, el granizo se forma a alturas superiores al nivel de congelación dentro de una nube llamada cumulunimbus; y crece por las continuas colisiones que se da entre las partículas de hielo y algunas gotas de agua que están a una temperatura menor que la de su punto de solidificación. Cuando las partículas de granizo se vuelven demasiado pesadas para ser mantenidas por las corrientes de aire, se desprenden y caen hacia la superficie en tamaños que varía de los 5 hasta los 40 milímetros de diámetro. (SEGOB/CENAPRED, 2014e).

La magnitud de los daños que puede provocar este tipo de precipitación está aunada a su cantidad y tamaño. En su mayoría, las tormentas de granizo ocurren tanto en el hemisferio norte como en el sur durante el verano, entre los paralelos 20 y 50.

En cuando a las afectaciones a la población el daño puede ser un sus habitaciones, edificaciones o zonas arboladas al aire libre. A veces el drenaje se ve afectado de igual manera por el exceso de hielo de granizo lo que detiene el paso del agua y puede provocar inundaciones hasta que el granizo se derrita.

En México las zonas agrícolas y ganaderas son las que sufren los daños más importantes causados por granizadas, ya que una tormenta de granizo puede destruir las siembras y plantíos, causando, a su vez, la posible pérdida de animales de cría.

En nuestro territorio principalmente se originan granizadas en la región del altiplano, característicamente en los valles de la porción sur de éste, en la Sierra Madre Occidental y en la Sierra Madre del Sur. Siendo las ciudades de México, Puebla, Pachuca, Tlaxcala y Zacatecas donde se tiene la mayor incidencia y afectación.

El 20 de abril de 2016 una tormenta de granizo y fuertes lluvias provocaron diversas afectaciones en los municipios de Cuautla, Zacualpan, Emiliano Zapata, Temixco,

Yecapixtla y parte de Cuernavaca. En Emiliano Zapata se registraron inundaciones en diversas casas donde el agua alcanzó los 20 cm., y un adulto mayor fue arrastrado por la corriente, luego fue rescatado y atendido. En Temixco cayeron una cantidad importante de árboles (ZCN, 2016).

El 18 de abril de 2017, otra fuerte tormenta de granizo se registró en varias zonas del municipio de Huitzilac lo que afectó varios kilómetros de la autopista y carretera federal México-Cuernavaca (Monroy, 2017).

Metodología

Con base en la información de las estaciones meteorológicas dentro del estado y en un radio de 50 km a la redonda, se obtienen los datos que reportan tiempos de duración de fracción de días con granizo acumulados por mes y año, plasmado en número de días con granizo. Esta información es útil para realizar la distribución espacial y temporal de zonas de frecuencias de estos eventos.

Tabla 42 Días con granizo al año.

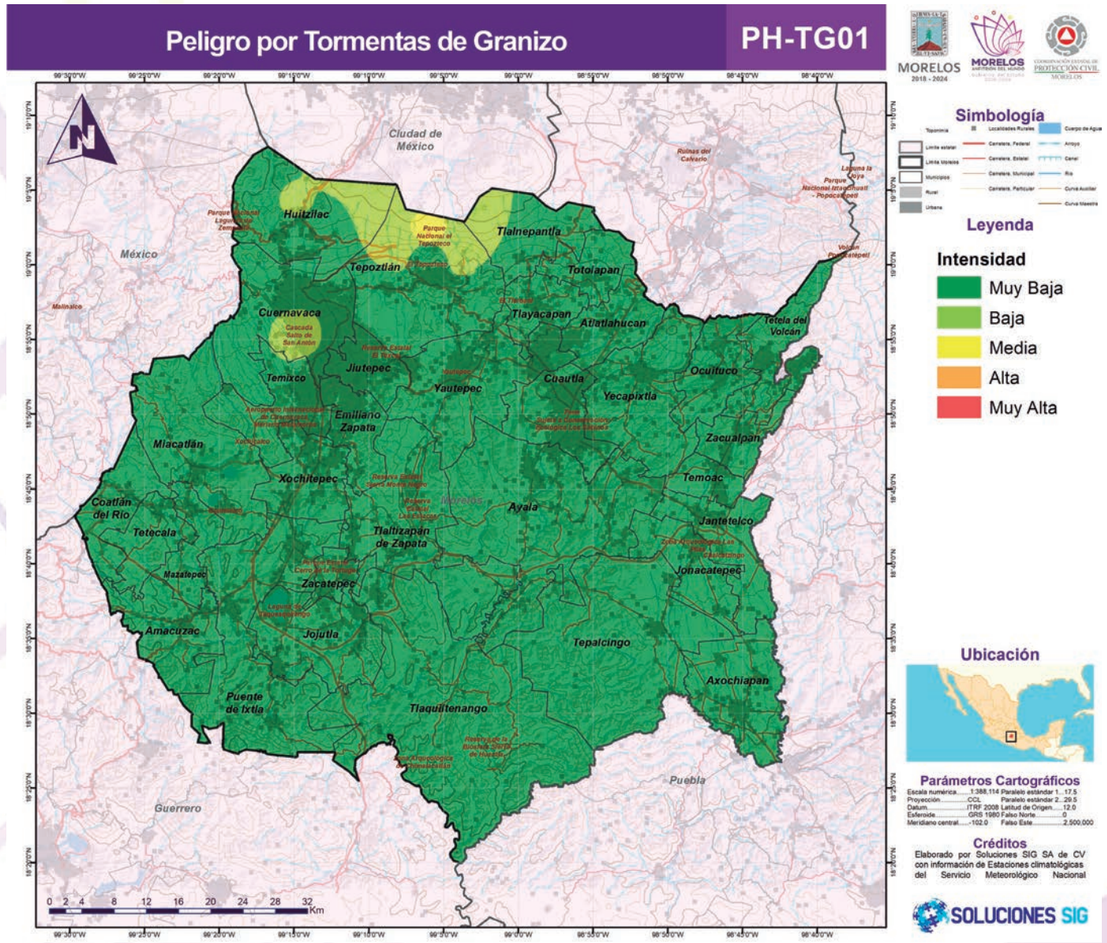
Clave	Nombre de la estación	Días con granizo al año
9022	Km.39.5 A Cuernavaca	1.30
9051	Tlahuac (Xochimilco)	0.10
12167	Tepetlapa, Buenavista	0.00
12215	Dos Bocas, Pilcaya	0.00
15173	Ahuatenco, Ocuilan	0.00
17001	Atlatlahuacan, Atlatlah.	0.00
17002	Cuernavaca A.Col.Emplea.	1.60
17003	Cuautla, Cuautla (Smn)	0.80
17004	Cuernavaca, Cuernavaca	0.60
17005	Cuautla, Cuautla (Dge)	0.20
17006	El Rodeo, Miacatlan	0.10
17007	Huajintlan, Amacuzac	0.30
17008	Huautla, Tlalquiltenango	0.00
17012	Oaxtepec, Yautepec	0.40
17013	Temilpa, Tlaltizapan	0.00
17014	Temixco, Temixco	0.00
17015	Tepalcingo, Tepalcingo	0.00
17016	Tequesquitengo, Jojutla	0.00
17018	Ticuman, Tlaltizapan	0.00
17019	Tilzapotla, Puente De I.	0.00
17020	Tlacotepec, Zacualpan	0.50
17021	Tlacualera, Tlacualera	0.10
17022	Tres Cumbres, Huitzilac	1.10
17024	Yautepec, Yautepec	0.10
17026	Zacatepec A.C.A.E.	0.30
17028	Jonacatepec, Jonacatepec	0.10
17029	Palpan (Tanque Reposo)	0.90
17031	Jojutla De Juarez (Smn)	0.00
17033	Xicatlacotla, (Cfe)	0.80
17036	Lagunillas De Rayon, Dge	0.00
17038	Nexpa, Tlaquiltenango	0.10
17039	San Juan Tlacotenco,	3.10
17043	Yecapixtla E.T.A. 118,	0.20
17047	Huitzilac, Hutzilac	0.00
17048	Puente De Ocuituco E-5,	0.20
17051	Totolapan E-10,Totolapan	0.70
17054	Moyotepec,Villa De Ayala	0.00
17056	San Pablo Hidalgo,	0.00
17057	El Limon, Tepalcingo	0.00
17058	Cuentepec, Temixco	0.00
17060	Alpanocan, Tetela Del V.	0.10
17061	Apacingo,Coatlan Del Rio	0.20
17071	Progreso, Jiotepec	0.00
17072	Alpuyeca, Xochitepec	0.20
17076	Puente De Ixtla	0.00

Fuente: Estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional

Resultados

Favorablemente, el nivel de amenaza respectivo a la presencia de tormentas de granizo es nulo o muy bajo en la mayoría del territorio del estado de Morelos. Los municipios que podrían concentrar ligeramente un mayor nivel de amenaza para sus comunidades son los ubicados en Cuernavaca, y al norte de los municipios de Huitzilac, Tepoztlán y Tlalnepantla.

Mapa 99 Tormentas de Granizo



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional, 2017

4. Tormentas eléctricas

Antecedentes

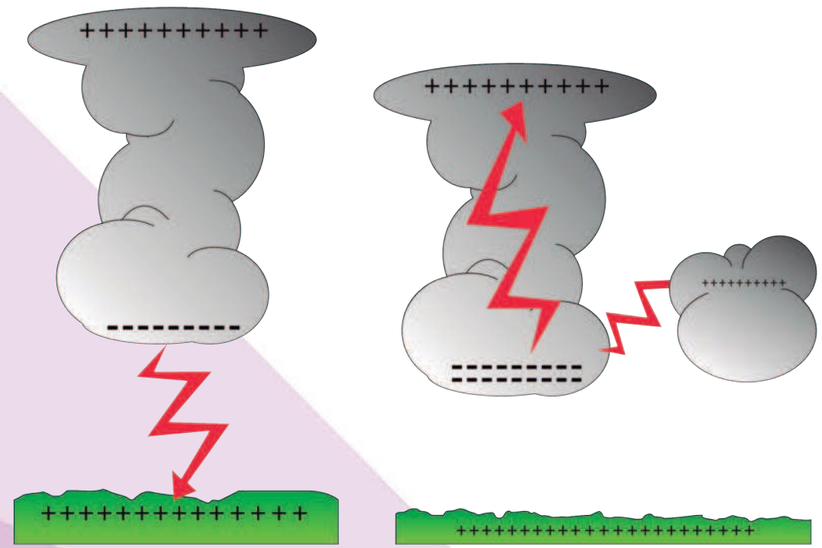
Las tormentas eléctricas son descargas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Estos fenómenos naturales se asocian a nubes conectivas tipo cumulonimbos y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos; pero en ocasiones puede ser nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo. Generalmente son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados (CENAPRED, 2010).

Ilustración 22 Tormenta eléctrica registrada el 3 de abril de 2020 en el municipio de Tepoztlán.

Fuente: https://factortelevision.com.mx/2020/04/03/atipica-tormenta-en-el-poblado-de-tepoztlan-en-morelos/

Básicamente existen tres tipos de rayos: aquellos donde la electricidad se desplaza desde la nube hacia una masa de aire de carga opuesta (nube-aire); en donde el rayo puede producirse dentro de una nube con zonas cargadas de signo contrario (nube-nube) y los que son atraídos por las cargas positivas del suelo (nube-suelo). Estos últimos son los que pueden provocar afectaciones a la población.

Ilustración 23 Esquema de la carga eléctrica de un cumulonimbo y la dirección de las descargas.



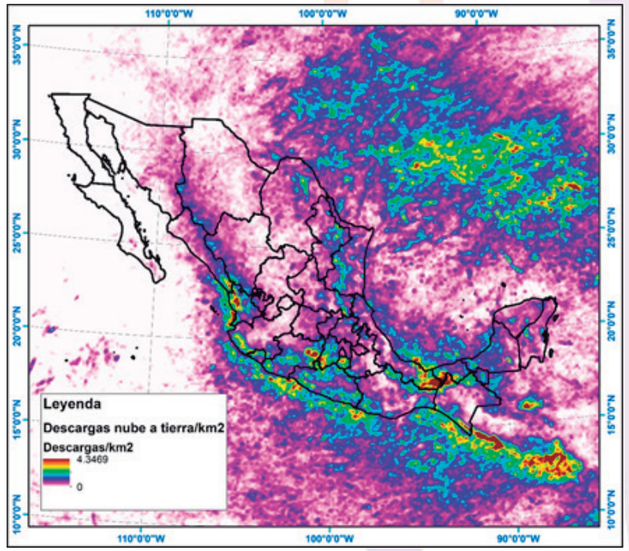
Fuente: https://www.clima.com/noticias/mas-tormentas-alta-contaminacion.

Los rayos generados durante las tormentas eléctricas pueden inducir a las personas parálisis, quemaduras, intensos dolores de cabeza, pérdida de audición y de memoria, hasta la muerte. También pueden provocar la muerte del ganado, la suspensión de energía eléctrica y son la causa más común del retraso de las aeronaves y de los accidentes aéreos.

En México las tormentas eléctricas ocurren en la temporada de lluvia que es entre mayo y octubre. Se presentan con mayor frecuencia durante horas de la tarde o de la noche. Además, su ámbito es local o regional y son intermitentes como resultado de la topografía del país (UNAM, 2007). Así, el promedio anual de días con tormenta es de 30 y el máximo es de 100 sobre las sierras Madre Oriental, Madre Occidental, Madre del Sur, Madre de Chiapas, Montañas del Norte de Chiapas y Sistema Volcánico Transversal.

De acuerdo con el Atlas Climático Digital de México de la UNAM, en el periodo de 2006-2016, las zonas del país que presentaron mayores descargas nube -tierra fueron el noreste de Chiapas, sureste de Veracruz, suroeste de Tabasco y oeste de Nayarit, con poco más de 4 descargas por kilómetro cuadrado.

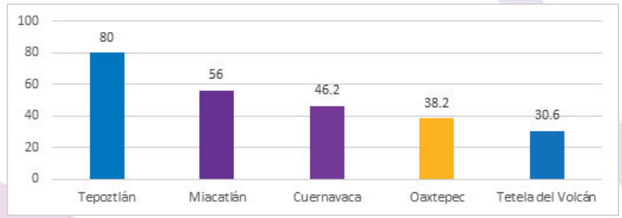
Ilustración 24 Datos de descargas eléctricas nube a tierra, promedio 2016.



Fuente: Atlas Climático Digital de México, UNAM.

Según los datos de las Normales Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional, en el estado de Morelos, específicamente en el municipio de Tepoztlán, se pueden presentar hasta 80 días con tormentas eléctricas al año, seguido por el municipio de Miacatlán con 56, Cuernavaca con 46.2 , Oaxtepec con 48.2 y Tetela del Volcán con 30.6.

Gráfica 6 Municipios con mayor número de tormentas eléctricas al año (periodo 1950-2010).



Fuente: Estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

La siguiente tabla muestra el número de días con presencia de tormentas eléctricas por mes en el periodo de 1950 a 2010 de las 45 estaciones meteorológicas ubicadas dentro del estado de Morelos y su zona de influencia.

Tabla 43 Días con tormenta eléctrica al año por estación meteorológica, periodo 1950-2010.

Clave	Nombre de la estación	Días con tormenta eléctrica al año
9022	KM.39.5 A CUERNAVACA	17.90
9051	TLAHUAC (XOCHIMILCO)	37.00
12167	TEPETLAPA, BUENAVISTA	0.00
12215	DOS BOCAS, PILCAYA	0.50
15173	AHUATENCO, OCUILAN	0.60
17001	ATLATLAHUACAN, ATLATLAH.	6.30
17002	CUERNAVACA A.COL.EMPLEA.	46.20
17003	CUAUTLA, CUAUTLA (SMN)	10.10
17004	CUERNAVACA, CUERNAVACA	16.90
17005	CUAUTLA, CUAUTLA (DGE)	20.80
17006	EL RODEO, MIACATLAN	5.10
17007	HUAJINTLAN, AMACUZAC	11.10
17008	HUAUTLA, TLALQUILTENANGO	5.50
17012	OAXTEPEC, YAUTEPEC	38.20
17013	TEMILPA, TLALTIZAPAN	5.80
17014	TEMIXCO, TEMIXCO	5.10
17015	TEPALCINGO, TEPALCINGO	6.50
17016	TEQUESQUITENGO, JOJUTLA	3.60
17018	TICUMAN, TLALTIZAPAN	4.70
17019	TILZAPOTLA, PUENTE DE I.	6.00
17020	TLACOTEPEC, ZACUALPAN	7.20
17021	TLACUALERA, TLACUALERA	10.50
17022	TRES CUMBRES, HUITZILAC	1.90
17024	YAUTEPEC, YAUTEPEC	28.60
17026	ZACATEPEC A.C.A.E.	5.50
17028	JONACATEPEC, JONACATEPEC	13.40
17029	PALPAN (TANQUE REPOSO)	56.00
17031	JOJUTLA DE JUAREZ (SMN)	4.90
17033	XICATLACOTLA, (CFE)	6.60
17036	LAGUNILLAS DE RAYON, DGE	5.20
17038	NEXPA, TLAQUILTENANGO	6.80
17039	SAN JUAN TLACOTENCO,	80.00
17043	YECAPIXTLA E.T.A. 118,	6.80
17047	HUITZILAC, HUTZILAC	10.30
17048	PUENTE DE OCUITUCO E-5,	9.10
17051	TOTOLAPAN E-10,TOTOLAPAN	5.10
17054	MOYOTEPEC,VILLA DE AYALA	7.10
17056	SAN PABLO HIDALGO,	7.00
17057	EL LIMON, TEPALCINGO	7.30
17058	CUENTEPEC, TEMIXCO	7.80
17060	ALPANOCAN, TETELA DEL V.	30.60
17061	APACINGO,COATLAN DEL RIO	6.90
17071	PROGRESO, JIOTEPEC	11.30
17072	ALPUYECA, XOCHITEPEC	10.00
17076	PUENTE DE IXTLA	6.60

Fuente: Estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

Es preciso señalar que no todos los rayos producidos en las tormentas eléctricas llegan a tierra, por lo que no necesariamente pueden representar algún peligro para la población; además, esta cifra se distribuye a lo largo de la zona de influencia de la estación meteorológica, por lo que existirán zonas donde el número de tormentas será menor que en otras.

En la siguiente tabla se puede observar que los meses donde se presenta con mayor frecuencia este fenómeno corresponden a la temporada de lluvia (abril a octubre), siendo los meses de julio y agosto los que presentan valores más altos. Generalmente las tormentas eléctricas que ocurren en el estado de Morelos se encuentran estrechamente relacionadas con la presencia de fuertes lluvias originadas por la influencia de ciclones tropicales en cualquiera de sus clasificaciones (depresión tropical, tormenta tropical, etc.) así como por el paso de frentes fríos.

Tabla 44 Meses con mayor número de días con tormentas eléctricas por estación.

Clave	Nombre de la estación	Mes con mayor número de días con tormentas eléctricas			
		Junio	Julio	Agosto	Septiembre
17039	SAN JUAN TLACOTENCO				
17029	PALPAN (TANQUE REPOSO)				
17002	CUERNAVACA A.COL.EMPLEA.				
17012	OAXTEPEC, YAUTEPEC				
17060	ALPANOCAN, TETELA DEL V.				
17024	YAUTEPEC, YAUTEPEC				
17005	CUAUTLA, CUAUTLA (DGE)				
17004	CUERNAVACA, CUERNAVACA				
17028	JONACATEPEC, JONACATEPEC				
17071	PROGRESO, JIOTEPEC				
17007	HUAJINTLAN, AMACUZAC				

Clave	Nombre de la estación	Mes con mayor número de días con tormentas eléctricas			
		Junio	Julio	Agosto	Septiembre
17021	TLACUALERA, TLACUALERA				
17047	HUITZILAC, HUTZILAC				
17003	CUAUTLA, CUAUTLA (SMN)				
17072	ALPUYECA, XOCHITEPEC				
17048	PUENTE DE OCUITUCO E-5,				
17058	CUENTEPEC, TEMIXCO				
17057	EL LIMON, TEPALCINGO				
17020	TLACOTEPEC, ZACUALPAN				
17054	MOYOTEPEC,VILLA DE AYALA				
17056	SAN PABLO HIDALGO,				
17061	APACINGO,COATLAN DEL RIO				
17038	NEXPA, TLAQUILTENANGO				
17043	YECAPIXTLA E.T.A. 118,				
17033	XICATLACOTLA, (CFE)				
17076	PUENTE DE IXTLA				
17015	TEPALCINGO, TEPALCINGO				
17001	ATLATLAHUACAN, ATLATLAH.				
17019	TILZAPOTLA, PUENTE DE I.				
17013	TEMILPA, TLALTIZAPAN				
17008	HUAUTLA, TLALQUILTENANGO				
17026	ZACATEPEC A.C.A.E.				
17036	LAGUNILLAS DE RAYON, DGE				
17006	EL RODEO, MIACATLAN				
17014	TEMIXCO, TEMIXCO				
17051	TOTOLAPAN E-10,TOTOLAPAN				
17031	JOJUTLA DE JUAREZ (SMN)				
17018	TICUMAN, TLALTIZAPAN				
17016	TEQUESQUITENGO, JOJUTLA				
17022	TRES CUMBRES, HUITZILAC				

Fuente: Estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

Metodología

Para obtener el mapa de distribución espacial de las tormentas eléctricas se obtuvieron los registros de datos climatológicos de varias décadas del número de días con tormentas eléctricas mensuales de cada una de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio. Con estos datos se trazaron isolíneas con los valores obtenidos, el procedimiento se realizó a través de una interpolación de datos utilizando sistemas de información geográfica. Posteriormente los resultados fueron reclasificados conforme al Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED para obtener el Índice de Peligro por Tormentas Eléctricas (IPTE).

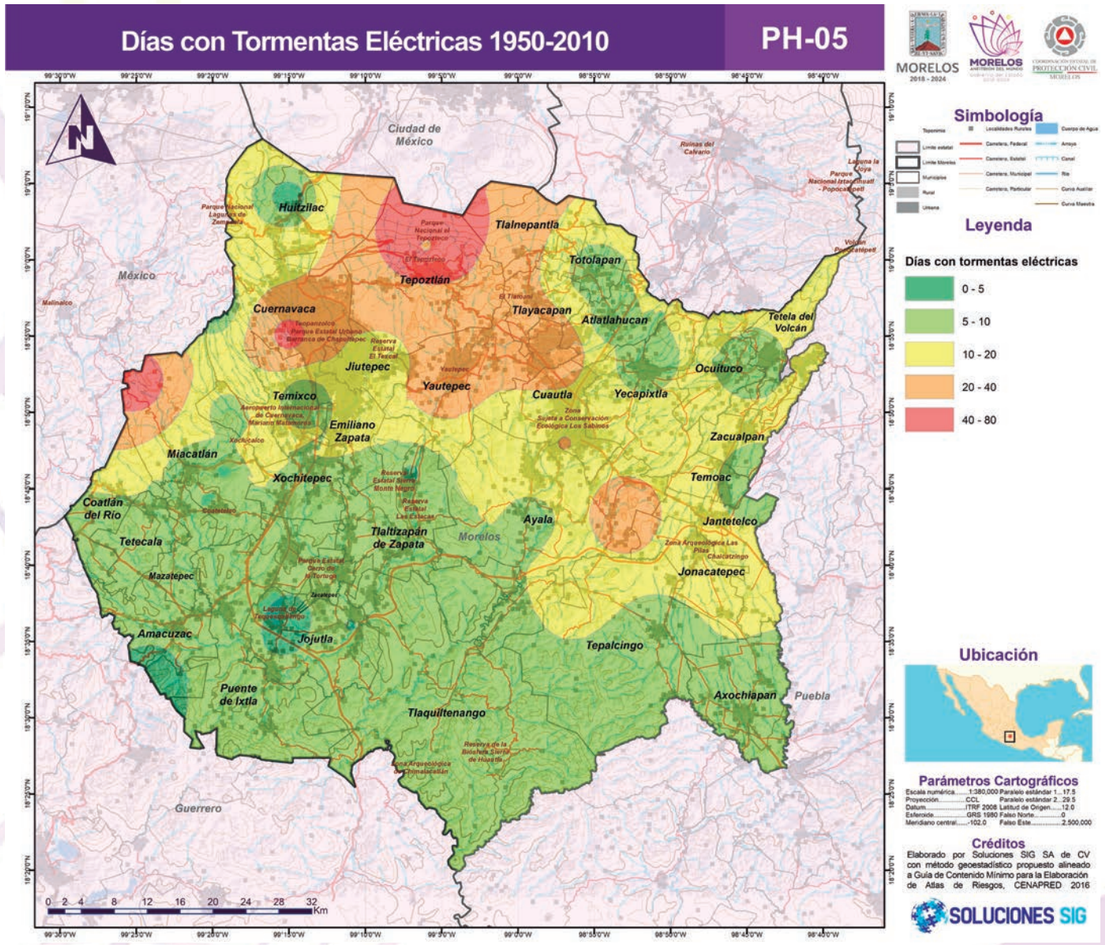
Para conocer las descargas nube-tierra se obtuvieron datos de imágenes satelitales disponibles en la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es preciso señalar que las imágenes disponibles cubren una temporalidad de solamente 10 años (2006-2016) y por el momento y a la fecha de elaboración del presente estudio no se dispone de imágenes y datos más actuales.
Para obtener el mapa de frecuencia de tormentas eléctricas en el estado de Morelos, se realizó una interpolación mediante un sistema de información geográfica de los datos de días con tormentas eléctricas de las estaciones meteorológicas del SMN, los cuales tienen un periodo de datos de aproximadamente 30 años (existen algunos registros de 1951 a 2010). Se localizaron las estaciones ubicadas dentro del Estado y aquellas que por su cercanía tuvieran influencia sobre las condiciones del territorio.

El método geoestadístico utilizado fue el de distancia inversa ponderada (IDW por sus siglas en ingles) el cual estima los valores de las celdas calculando promedios de los valores de los puntos de datos de muestra en la vecindad de cada celda de procesamiento. Cuanto más cerca está un punto del centro de la celda que se está estimando o ponderando, más influencia o peso tendrá en el proceso de cálculo del promedio.

La ponderación es asignada a los puntos de muestreo mediante la utilización de un coeficiente de ponderación que controla cómo la influencia de la ponderación decae mientras la distancia hacia el punto nuevo se incrementa. Mientras más grande sea el coeficiente de ponderación menor será el efecto que los puntos tendrán si están lejos del punto desconocido durante el proceso de interpolación. Conforme el coeficiente se incrementa, el valor de los puntos desconocidos se aproxima al valor del punto de observación más cercano.

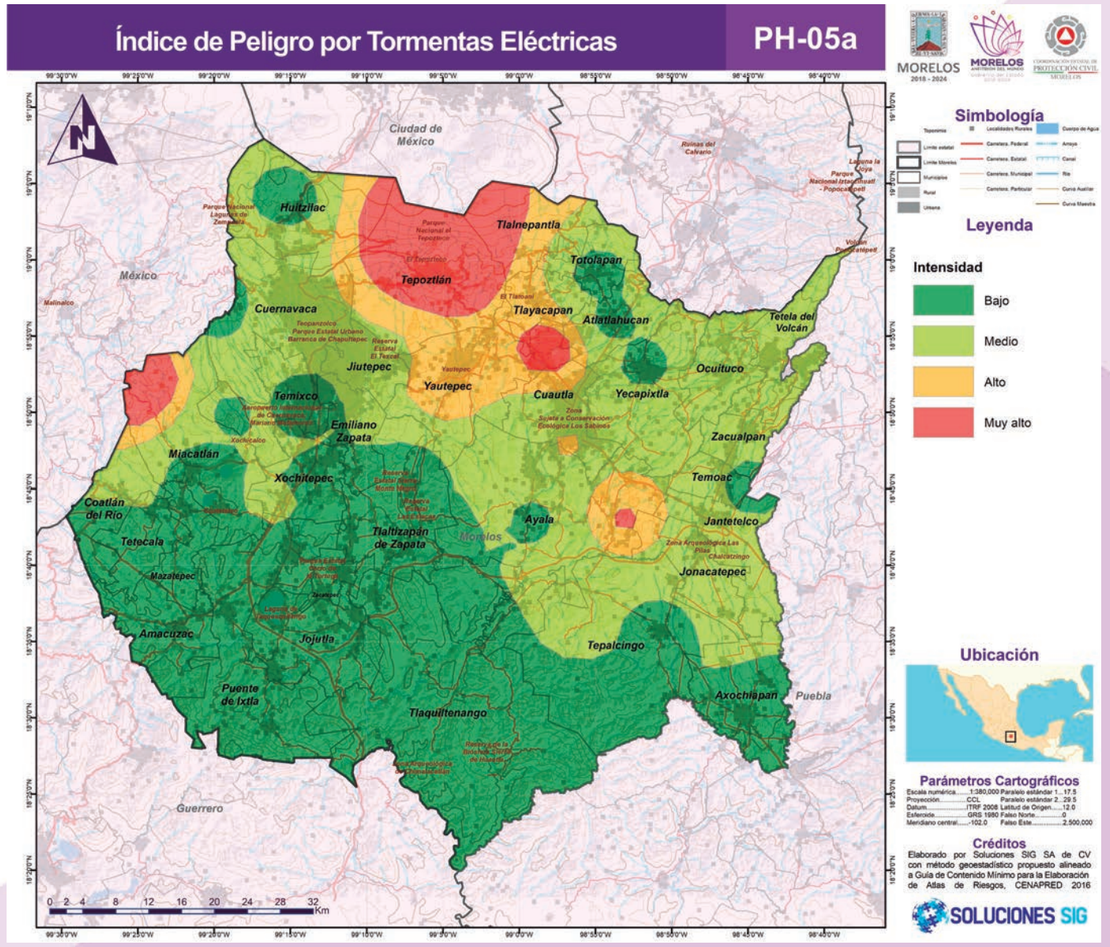
Como resultado de la interpolación anterior se obtuvo el mapa de frecuencias de tormentas eléctricas, el cual fue reclasificado utilizando los criterios propuestos por CENAPRED en el Atlas Nacional de Riesgos, donde se considera que las zonas con 0 días de tormentas presentan un nivel muy bajo de peligro; de 1 a 9 días con nivel bajo, 10 a 19 medio, 20 a 29 alto y más de 30 días con tormentas eléctricas es considerado de muy alto peligro.

Mapa 100 Días con tormentas eléctricas



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

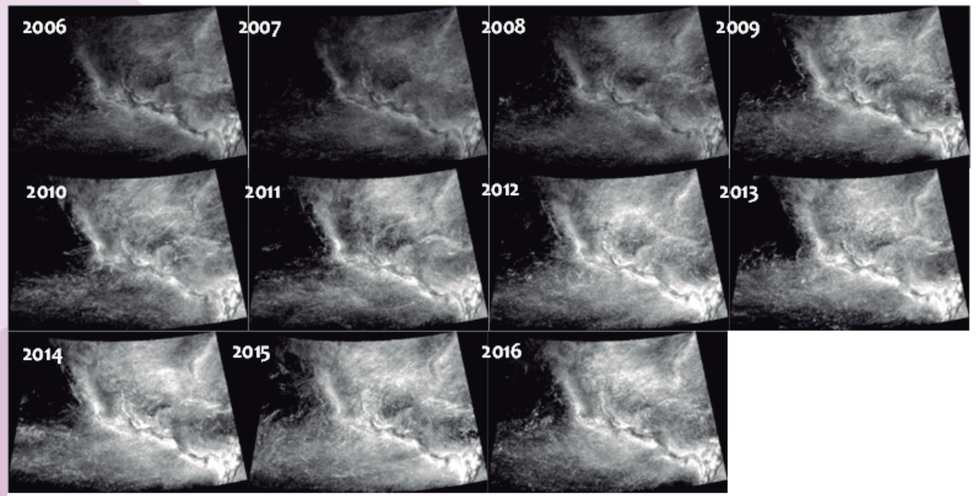
Mapa 101 Índice de peligro por tormentas eléctricas.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Para determinar la cantidad de descargas eléctricas nube a tierra, se consultaron 11 imágenes satelitales de la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS) dependiente del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Dichas imágenes muestran promedios mensuales y anuales de descargas eléctricas nube a tierra para el período 2006-2016 en la República Mexicana.

Ilustración 25. Datos de descargas eléctricas nube – tierra 2006-2016.



Fuente: Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales, UNAM.

Una vez conseguidas las imágenes disponibles de promedios anuales, se calculó el promedio de ese lapso con la herramienta Raster Calculator (incluida en el Sistema de Información Geográfica ArcGis 10.3) la cual permite crear y ejecutar una expresión de álgebra de mapas o imágenes que como producto arroja una nueva imagen con el resultado de la ecuación.

Con la imagen obtenida (promedio 2006 -2016) se obtuvieron los valores de cada pixel para posteriormente interpolarlos en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para alcanzar un mayor detalle en la región donde se localiza el estado de Morelos. El método para realizar la interpolación fue el de Natural Neighbor.

Una vez obtenidos los resultados se reclasificó la imagen mediante cortes naturales para establecer valores más representativos. De igual forma, con el mismo método se obtuvieron los promedios de 2006 – 2016 de los meses donde se registran los mayores valores dentro del Estado (junio – septiembre).

Resultados

En el mapa obtenido de descargas nube – tierra 2006 - 2016 se pueden apreciar valores entre 0.28 y 0.75 descargas por kilómetro cuadrado (Km^2). Estos datos son realmente bajos y contrastan con los obtenidos en las bases de datos de las Normales Climatológicas, donde se pueden observar hasta 80 días con tormentas eléctricas. Es necesario aclarar y recordar que los valores obtenidos en la UNIATMOS reflejan las Descargas Nube Tierra, las cuales son las que pueden ocasionar daño a la población, mientras que las obtenidas en el Sistema Meteorológico Nacional (SMN) muestra los días con registro de tormenta eléctrica.

Se puede observar que las descargas eléctricas son de 0.35 en zonas del suroeste y sureste (Tlaltizapán de Zapata, Jojutla y Puente de Ixtla, Tepalcingo, Jonacatepec y Ayala). Existe una franja en amarillo equivalente a un valor aproximado de 0.50 en localidades de Tepoztlán, Tlayacapan, Atlatlahucan, Yecapixtla, Cuautla, Yautepec, Emiliano Zapata, Xochitepec, Miacatlán, Tetecala, Mazatepec y Amacuzac estos últimos ubicados al oeste del Estado. Como se puede observar, el valor de 0.75 descargas eléctricas por Km^2, se presenta en el territorio de Jiutepec. A partir de este punto disminuyen las descargas en un patrón radial en todo el Estado. Finalmente la cantidad menor (0.28 descargas) se presenta en municipios como Huitzilac, Tlalnepantla, Tetela del Volcán y Axochiapan.

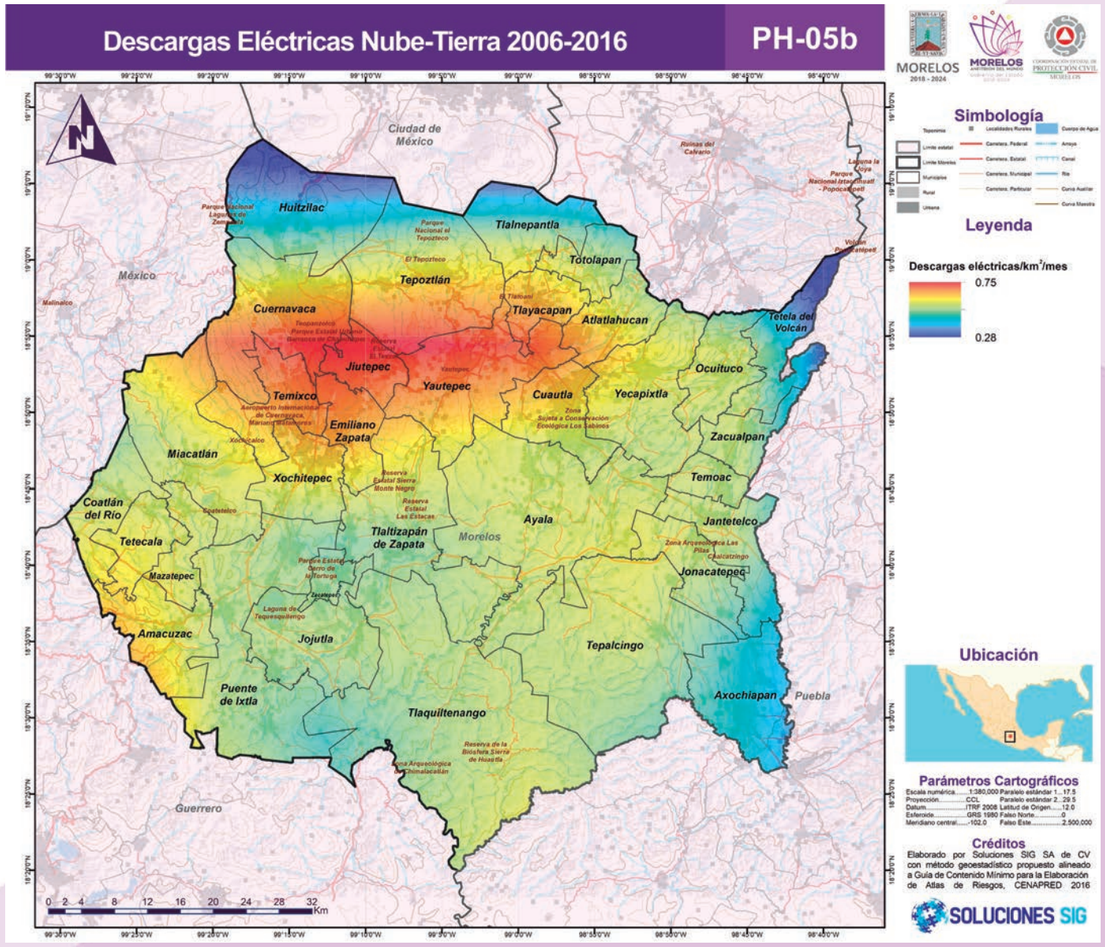
El mes de junio tiene valores con un intervalo entre 0.2 a 1.7 en todo el Estado. El territorio tiene una mayor parte de descargas de 0.2 a .03 en el norte, el cual es una franja que incluye zonas como Huitzilac, Tepoztlán, Tlalnepantla, Totolapan, Tetela del Volcán. Se reconoce un patrón central con valores aproximados de 0.5 para la zona norte de Amacuzac, Puente de Ixtla, Xochitepec, Temixco, Cuautla, Atlatlahucan, finalmente al sur del Estado con Axochiapan y la zona sur de Tlaquiltenango. Este patrón lleva a reconocer las zonas de mayor cantidad cercanas a 1 en las zonas de Tlaquiltenango, Ayala, Yecapixtla, Zacualpan. Finalmente con un valor de 1.7 se encuentran los territorios de Tepalcingo y Jonacatepec.

El mes de julio presenta valores entre 0.2 a 1.3 descargas por Km^2. De manera general se observa una polarización entre los extremos de valores de norte a sur. Gran parte del territorio muestra valores de 0.2 al sur, suroeste y al norte con 1.3 descargas nube tierra por Km^2. Una parte con valores intermedios al sureste (0.65 descargas por Km2). Los territorios con los menores valores son Tlaltizapán de Zapata, Xochitepec, Jojutla, al sureste del estado y una fracción pequeña de Tetela del Volcán, Zacualpan, Temoac, y Jantetelco al este. El territorio de Tepalcingo ubicado al sureste del territorio cuenta en su mayoría con valores de 0.6. Este valor continúa hacia el norte sobre Ayala, el sur de Cuautla, el Oeste de Yecapixtla, Atlatlahucan, Totolapan, Tlalnepantla y Huitzilac. Este patrón rodea a la parte donde la presencia de descargas nube-tierra son mayores durante este mes de julio, con valores de 1.3, que corresponde a las zonas de Tlayacapan en su totalidad, Tepoztlán, Yautepec, Jiutepec y Cuernavaca.

Durante el mes de agosto los valores dentro del territorio son de 0.1 a 1.5. En una sección entre el noreste y el norte se encuentran los valores intermedios de 0.75 descargas nube-tierra por km^2. Los territorios con menor cantidad de descargas son Tetela del Volcán, Zacualpan, Ocuituco, Yecapixtla, la zona sureste de Cuautla, y al sureste del Estado con Jonacatepec, Axochiapan y la zona este de Tepalcingo. La zona sur tiene valores inferiores a 1 en el territorio de Tlaquiltenango. Los valores de 1 se encuentran en la zona Este con Coatlán del Río Tetecala, Mazatepec, Miacatlán, Xochitepec, Jojutla, la zona norte de Puente de Ixtla, Xochitepec, Emiliano Zapata, Yautepec y Tepoztlán. Finalmente, la zona con los mayores valores de 1.5 descargas nube- tierra por Km^2, son Temixco, Jiutepec y Cuernavaca.

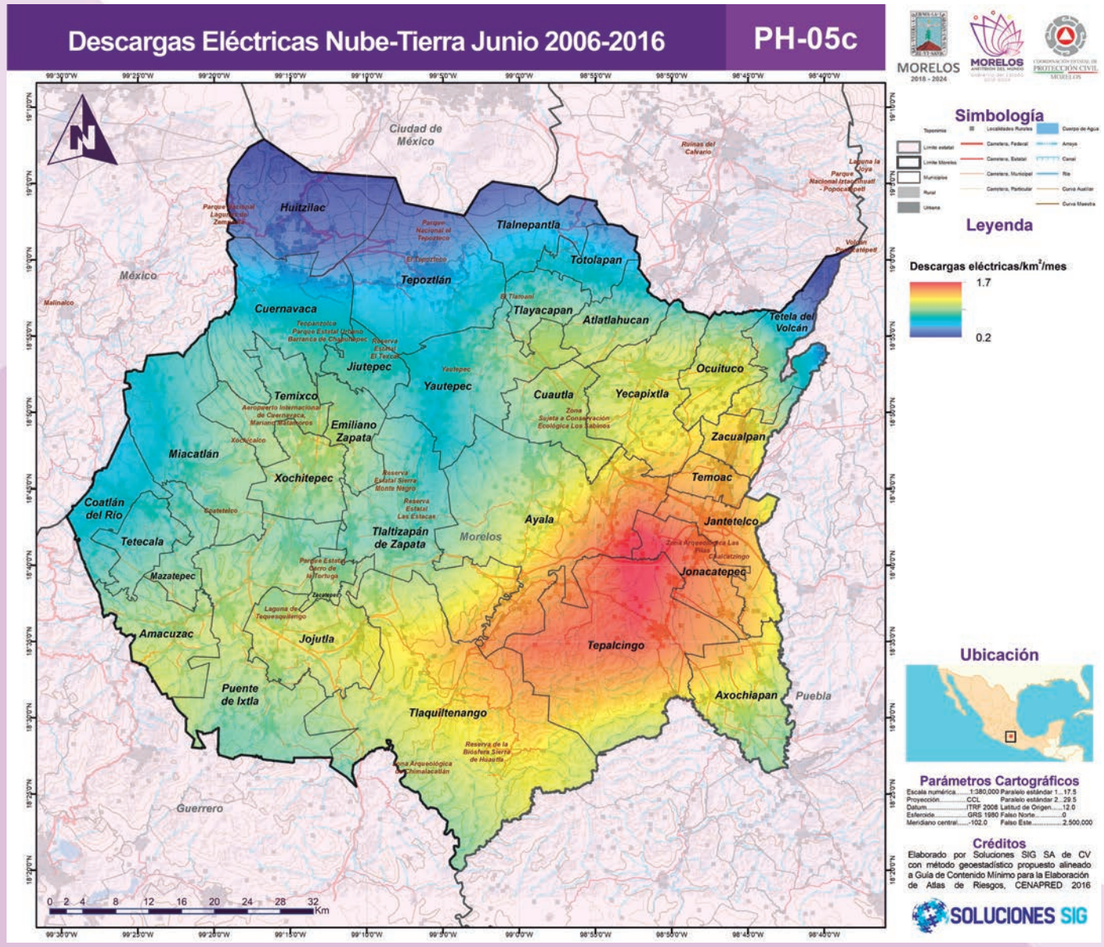
Para el mes de septiembre las descargar nube-tierra tiene valores de 0.2 a 2.1 descargas por Km^2. Los municipios del norte y oriente son los que tienen los valores menores, entre 0.2 y 0.4 desde Huitzilac, el norte de Tepoztlán, Tlalnepantla, Totolapan, la zona noroeste de Atlatlahucan, Yecapixtla, Ocuituco, Tetela del Volcán, Zacualpan, Temoac, Jantetelco, Jonacatepec, Axochiapan y Tenancingo. El territorio con valores de 1 descarga nube-tierra km^2 en Puente de Ixtla Jojutla, Tlaltizapán de Zapata, Ayala, Cuautla. Los territorios con valores cercanos a 2 descargas nube-tierra por km^2 son Miacatlán, Xochitepec, Emiliano Zapata, Yautepec, y la zona sur de Tepoztlán. Finalmente los valores superiores (2.1) se encuentran en Cuernavaca, Temixco y Jiutepec.

Mapa 102 Descargas Nube-Tierra promedio 2006-2016



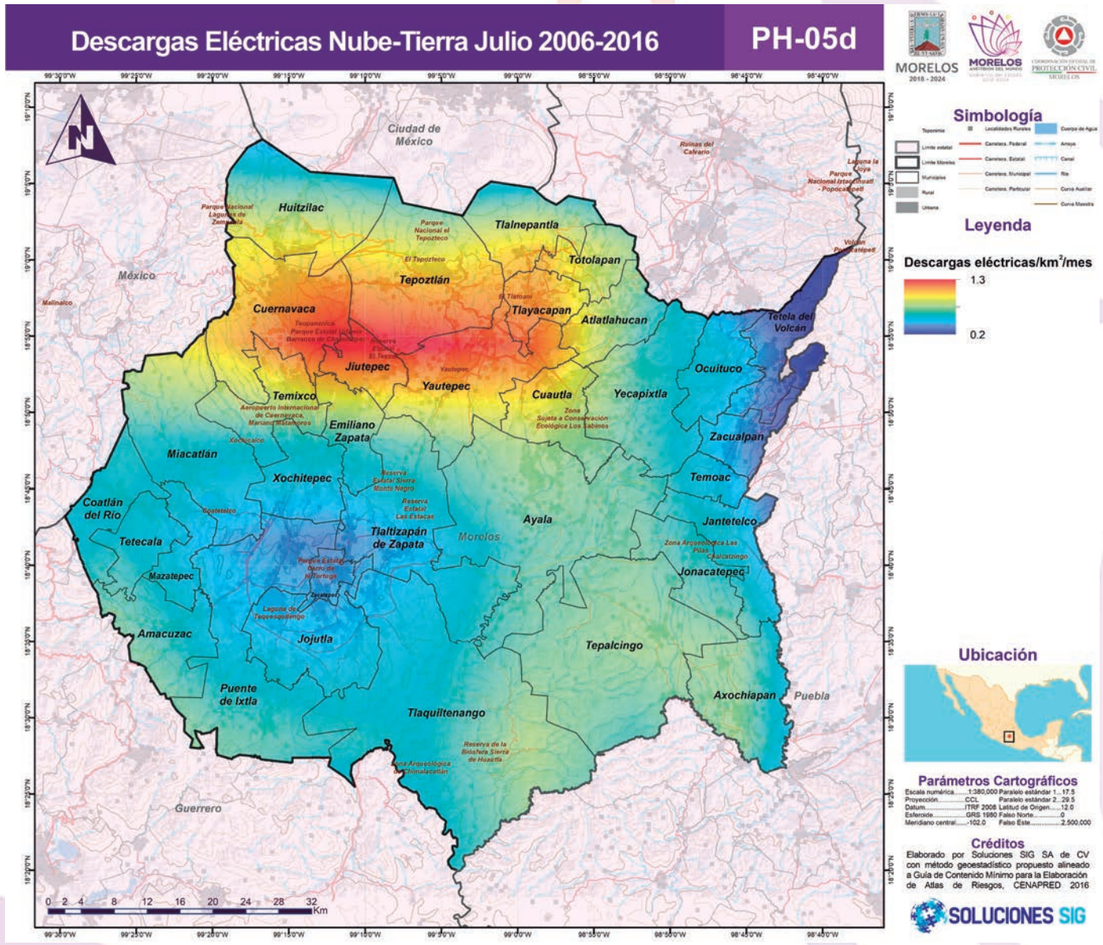
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 103 Descargas Nube-Tierra promedio junio 2006-2016.



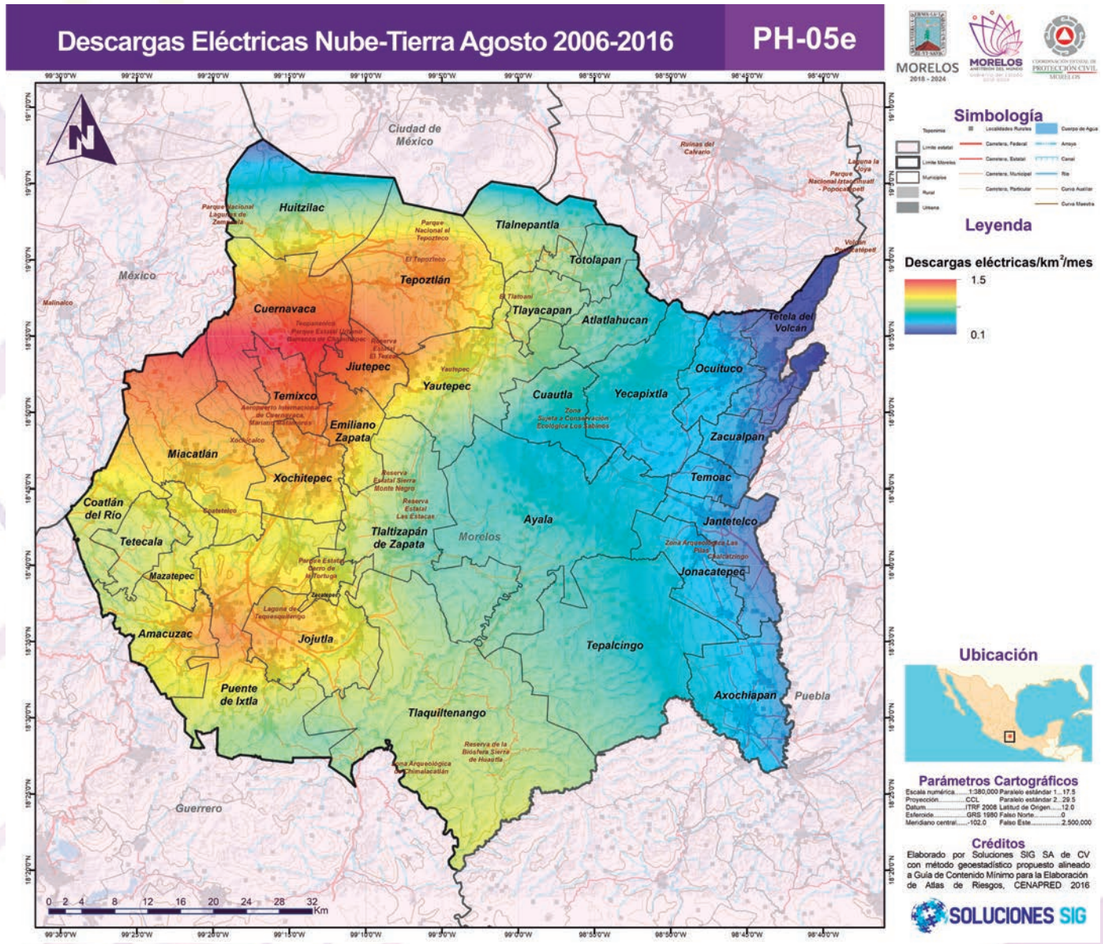
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 104 Descargas Nube-Tierra promedio julio 2006-2016.



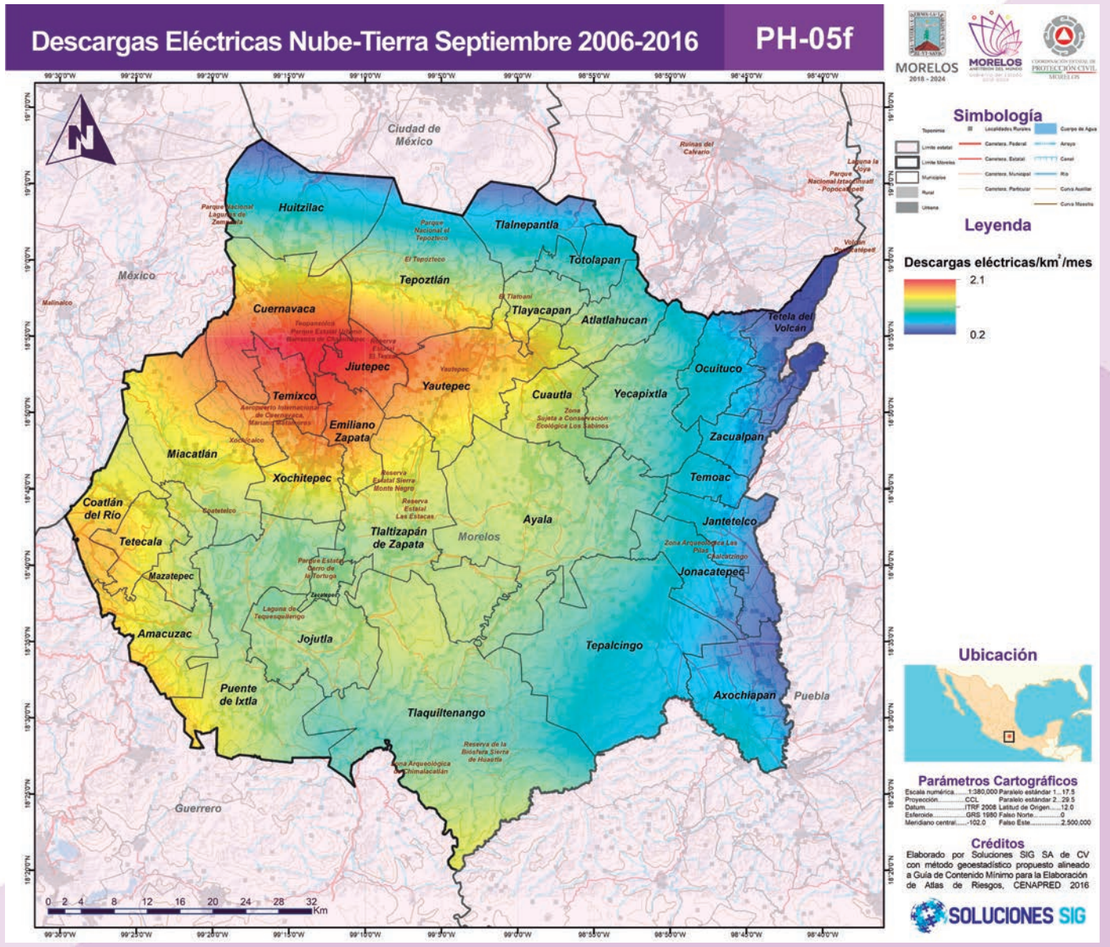
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 105 Descargas Nube-Tierra promedio agosto 2006-2016.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 106 Descargas Nube-Tierra promedio septiembre 2006-2016.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

5. Sequías

Antecedentes

Cuando hay carencia de agua en el suelo debido a la escasez de lluvia por momentos prolongados avivando tiempos secos, se presenta el fenómeno denominado como sequía.

La causa principal de las sequías es la falta de lluvias, sin embargo, varios estudios han demostrado que la sequía no es el resultado de una sola causa, sino de muchas causas. Las actividades humanas como la sobreexplotación de tierras agrícolas, el riego excesivo o la deforestación, por ejemplo, fomentan la erosión y afectan negativamente a la capacidad del suelo para almacenar y retener el agua, contribuyendo a la aparición de una sequía.

Históricamente se ha comprobado que las sequías son el fenómeno meteorológico que mayor daño económico causa a la humanidad (Cody y otros, 1998), ya que ocurren de forma tardía y poco notoria, pueden llegar a tener un gran radio de afectación y perdurar meses e incluso años, causando fuertes pérdidas económicas, prueba de ello, son las grandes extensiones de terreno de cultivo afectadas y la inevitable muerte de ganado provocada. Así como la forzosa disminución en cuanto a la disponibilidad de agua para la producción industrial y el consumo humano en general; según varios especialistas existen tres formas bien definidas de sequía:

Sequía Meteorológica. Es la forma en la que se expresa la desviación de las lluvias con respecto a las que se consideran normales en un período determinado. Esta medición es dependiente del lugar considerado y presumiblemente está basada en el saber que se posea sobre la climatología de la zona analizada.

Sequia Hidrológica. Es cuando el agua falta en los lugares usuales de abastecimiento en la superficie del suelo o en el subsuelo. Para medirlo se consideran el nivel de agua de los lagos, presas, aguas, ríos y lagunas. Para realizar la medición se señala el intervalo de tiempo entre los primeros indicios de sequía y el momento en que tales indicios se convierten en indicios de que las condiciones han cambiado.

Sequía agrícola. Es aquella que se pude identificar con la inexistencia de la humedad en la tierra suficiente para cultivar exitosamente determinado producto en un cierto tiempo. Generalmente la sequía agrícola se presente enseguida de la meteorológica.

Por otro lado, de acuerdo con el Monitor de Sequía de América del Norte (NADM), la Sequía se clasifica en cinco tipos:

Anormalmente Seco (D0): Se trata de una condición de sequedad, no es una categoría de sequía. Se presenta al inicio o al final de un periodo de sequía. Al inicio de un período de sequía: debido a la sequedad de corto plazo puede ocasionar el retraso de la siembra de los cultivos anuales, un limitado crecimiento de los cultivos o pastos y existe el riesgo de incendios. Al final del período de sequía: puede persistir déficit de agua, los pastos o cultivos pueden no recuperarse completamente.

Sequía Moderada (D1): Se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.

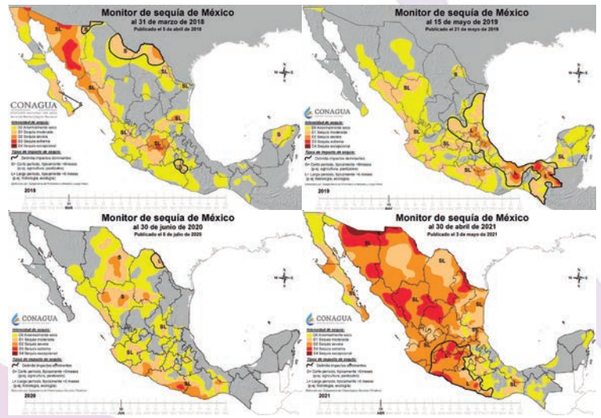
Sequía Severa (D2): Probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios es común la escasez de agua, se deben imponer restricciones en el uso del agua.

Sequía Extrema (D3): Pérdidas mayores en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, se generalizan las restricciones en el uso del agua debido a su escasez.

Sequía Excepcional (D4): Pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, es probable una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.

Así pues, El Monitor de Sequía de México, encargado de describir la evolución de las sequías en magnitud y extensión espacial, en conjunto con sus impactos, publica dos veces al mes las condiciones en las que se encuentra el territorio nacional respecto a estos fenómenos. A continuación, se muestran algunos de los reportes registrados durante los últimos años.

Ilustración 26 Sequía en Morelos de 2018 a 2021



Fuente: Monitor de Sequía de México, Servicio Meteorológico Nacional, CONAGUA.

Se observa que, en marzo de 2018 en el estado de Morelos se presentó una intensidad de sequía D1 (sequía moderada) por un periodo corto de tiempo; poco más de un año después, para mayo de 2019, el estado sufrió bajo condiciones anormalmente secas (D0) y de sequía moderada en la porción sur del estado. Posteriormente, para junio de 2020 y abril de 2021 las condiciones de sequía en el estado se mantuvieron anormalmente secas para la mayoría del territorio con una porción de sequía moderada (D1) en algunos municipios. Es importante mencionar que se ilustran aquí los reportes de los meses más críticos durante los últimos años, por lo cual se observa que Morelos no es un estado catastróficamente afectado por el fenómeno de Sequías.

Metodología

La construcción de los productos obtenidos para este fenómeno surge a partir de la información elaborada por instituciones como el Servicio Meteorológico Nacional y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Como factor detonante del fenómeno de sequía, se mapearon las temperaturas máximas registradas en las normales climatologías del Servicio Meteorológico Nacional durante los meses más cálidos del año y se proyectaron para los periodos de retorno a 5, 10, 20 y 50 años a través del método Gauss Gumble, a continuación se observan los datos obtenidos de dicho análisis:

Tabla 45 Periodos de retorno por estación climatológica.

Clave de la estación	Nombre de la estación	Años con datos	Temperatura Máxima Normal	Desviación estándar	Periodo de retorno a 5 años	Periodo de retorno a 10 años	Periodo de retorno a 20 años	Periodo de retorno a 50 años
9022	Km.39.5 A Cuernavaca	45	26.17	1.71	27.44	28.47	29.46	30.73
17022	Tres Cumbres, Huitzilac	32	23.27	1.91	24.69	25.85	26.95	28.38
17039	San Juan Tlacotenco,	35	26.20	3.85	29.07	31.38	33.60	36.48
9051	Tlahuac (Xochimilco)	40	31.82	3.99	34.79	37.19	39.49	42.47
17047	Huitzilac, Hutzilac	50	24.73	1.79	26.07	27.15	28.18	29.52
17051	Totolapan E-10,Totolapan	32	31.85	2.61	33.79	35.36	36.87	38.81
15173	Ahuatenco, Ocuilan	37	29.12	2.33	30.85	32.25	33.59	35.33
17001	Atlatlahuacan, Atlatlah.	58	33.62	2.20	35.25	36.57	37.84	39.48
17001	Atlatlahuacan, Atlatlah.	58	33.62	2.20	35.25	36.57	37.84	39.48
17004	Cuernavaca, Cuernavaca	56	31.85	2.16	33.46	34.76	36.01	37.63
17002	Cuernavaca A.Col. Emplea.	51	36.42	2.75	38.46	40.11	41.70	43.75
17012	Oaxtepec, Yautepec	40	32.55	2.04	34.07	35.30	36.48	38.01
17048	Puente De Ocuituco E-5,	30	30.42	3.21	32.81	34.74	36.59	38.99
17043	Yecapixtla E.T.A. 118,	34	32.32	3.39	34.85	36.89	38.84	41.38
17071	Progreso, Jiotepec	30	33.38	2.75	35.43	37.09	38.68	40.73
17024	Yautepec, Yautepec	56	35.67	1.74	36.96	38.01	39.01	40.31
17029	Palpan (Tanque Reposo)	43	32.80	2.50	34.67	36.17	37.61	39.48
17014	Temixco, Temixco	54	35.75	2.25	37.43	38.79	40.09	41.77
17058	Cuentepec, Temixco	32	33.95	2.50	35.82	37.32	38.76	40.63
17003	Cuautla, Cuautla (Smn)	56	40.95	0.80	41.55	42.03	42.50	43.10
17005	Cuautla, Cuautla (Dge)	56	33.85	3.14	36.19	38.07	39.88	42.22
17018	Ticuman, Tlaltizapan	56	39.68	0.79	40.27	40.74	41.20	41.79
17006	El Rodeo, Miacatlan	54	36.72	3.53	39.35	41.47	43.51	46.14
17020	Tlacotepec, Zacualpan	55	32.97	3.31	35.43	37.42	39.33	41.79
17072	Alpuyeca, Xochitepec	32	38.45	0.88	39.10	39.63	40.13	40.79
17060	Alpanocan, Tetela Del V.	31	29.68	3.92	32.61	34.97	37.23	40.16
17054	Moyotepec,Villa De Ayala	31	37.58	1.10	38.40	39.07	39.70	40.53
17013	Temilpa, Tlaltizapan	55	43.60	1.79	44.93	46.00	47.03	48.37
17028	Jonacatepec, Jonacatepec	44	40.42	2.41	42.21	43.66	45.05	46.84
17061	Apacingo,Coatlan Del Rio	30	36.73	1.77	38.05	39.12	40.14	41.47
17026	Zacatepec A.C.A.E.	50	36.95	2.92	39.12	40.88	42.56	44.74
12215	Dos Bocas, Pilcaya	30	37.05	3.39	39.57	41.61	43.57	46.09
17021	Tlacualera, Tlacualera	48	28.35	2.21	29.99	31.32	32.59	34.24
17076	Puente De Ixtla	36	39.95	2.73	41.98	43.62	45.20	47.24
17015	Tepalcingo, Tepalcingo	54	36.67	2.06	38.20	39.44	40.63	42.17
17031	Jojutla De Juarez (Smn)	34	38.13	1.87	39.53	40.65	41.73	43.13
17016	Tequesquitengo, Jojutla	42	38.32	2.53	40.20	41.72	43.18	45.07
17056	San Pablo Hidalgo,	32	40.65	3.65	43.37	45.57	47.68	50.41
17033	Xicatlacotla, (Cfe)	46	38.08	3.07	40.37	42.22	43.99	46.29
17007	Huajintlan, Amacuzac	54	40.77	2.78	42.84	44.52	46.12	48.20
12167	Tepetlapa, Buenavista	36	35.83	3.17	38.19	40.10	41.92	44.29
17057	El Limon, Tepalcingo	33	35.50	3.56	38.15	40.29	42.35	45.01
17038	Nexpa, Tlaquiltenango	35	39.95	2.37	41.72	43.14	44.51	46.27
17019	Tilzapotla, Puente De I.	56	39.43	2.50	41.30	42.80	44.25	46.11
17036	Lagunillas De Rayon, Dge	37	37.05	1.13	37.89	38.57	39.22	40.06
17008	Huautla, Tlalquiltenango	47	37.70	1.96	39.16	40.34	41.47	42.93

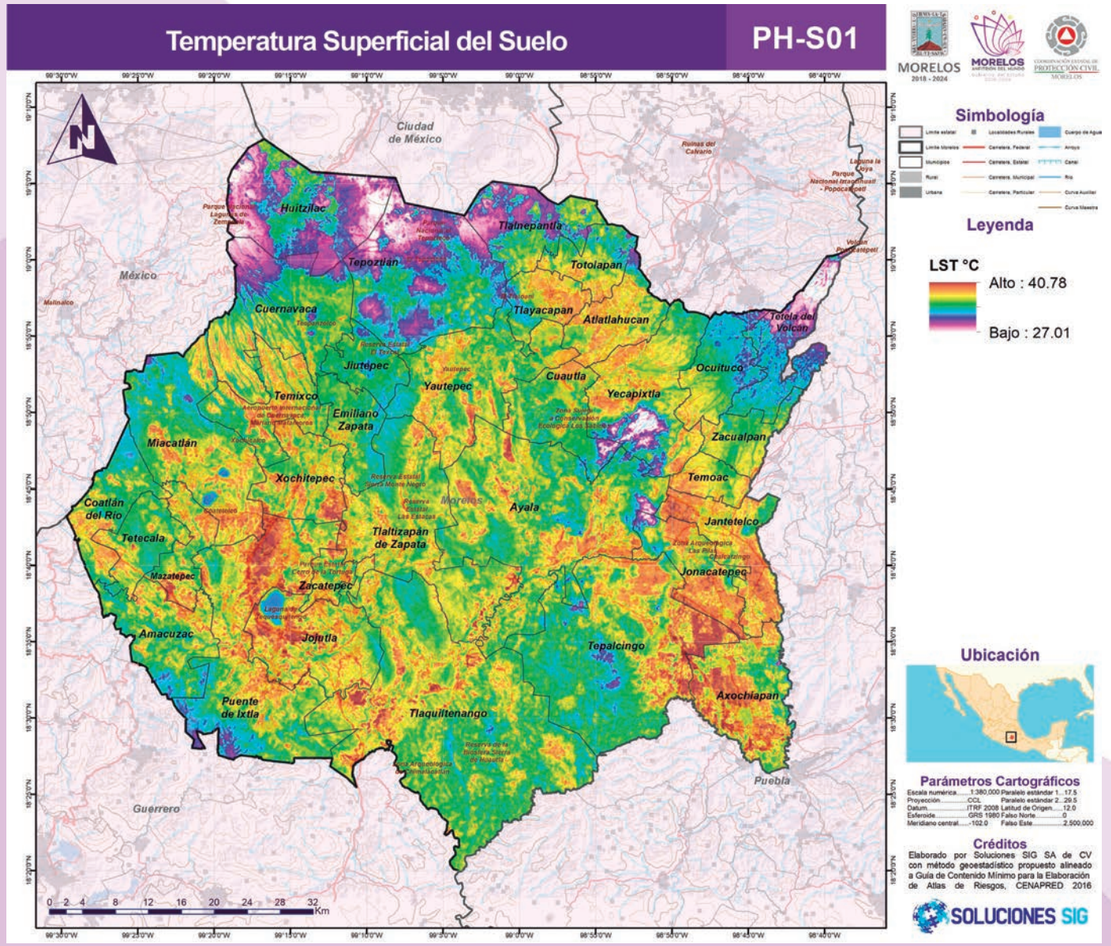
Fuente: Estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

Posteriormente, se promediaron dichos escenarios con la temperatura superficial del suelo o LST por sus siglas en inglés (land surface temperature).

La temperatura superficial del suelo es un producto de la percepción remota, la cual identifica la respuesta de las diferentes coberturas de suelo existentes identificadas por un sensor instalado en un satélite a través de la radiación solar y su emisión radioactiva.

El LST en conjunto con las temperaturas registradas por las normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional permiten generar escenarios prospectivos de mayor precisión, puesto que integra las mediciones del aire y el factor de regulación del uso de suelo presente en el territorio.

Mapa 107 Temperatura Superficial del Suelo



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

El desarrollo metodológico del fenómeno involucra también el mapeo del índice Estandarizado de Precipitación como elemento a definir la propensión a Sequías del territorio y su relación con la humedad del suelo identificada a través del NVDI, índice geoespacial empleado para reconocer la calidad vegetativa, para este caso específico, se emplea para reconocer la vegetación expuesta al déficit de humedad identificado por el índice climatológico en conjunto con las temperaturas máximas registradas en las normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

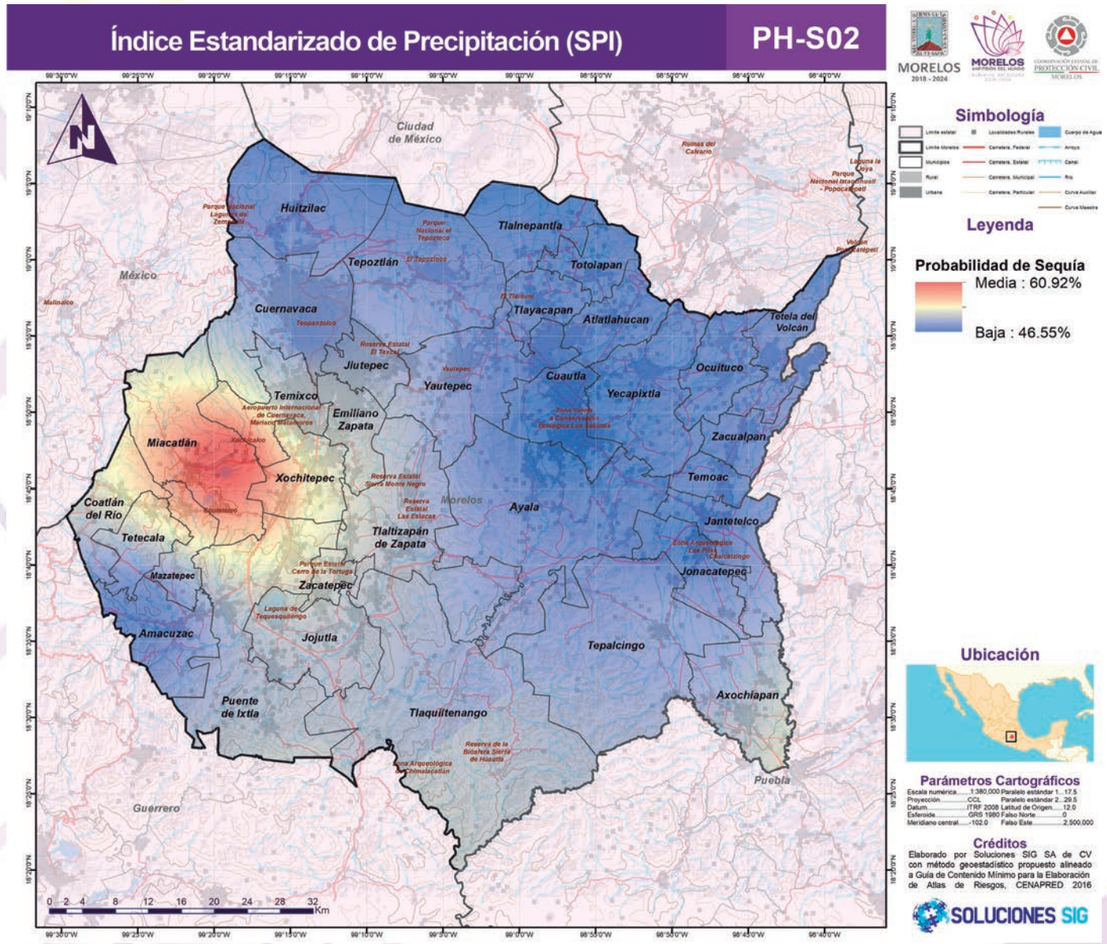
El Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) es el número de desviaciones estándar que la precipitación acumulada se desvía del promedio climatológico (McKee,1993). Esto significa que valores por debajo de un valor -1 representan condiciones de déficit sustanciales, mientras que valores mayores que +1 indican condiciones más húmedas de lo normal.

La información utilizada para la elaboración de la cartografía siguiente se obtuvo de las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), quien lleva un registro con 50 años del SPI por mes para cada estación considerando la precipitación media anual y la desviación existente, siendo ésta positiva se identifica como una zona con precipitación no deficitaria, sino por encima de la media.

Es igual de importante identificar las zonas donde la lluvia ha tenido variaciones significativas, tanto hacia un déficit como un superávit, pues las desviaciones en precipitación, de igual manera que derivan en sequías, pueden derivar en la detonación de procesos de remoción en masa al acelerar los procesos erosivos, si estas fueran hacia valores positivos elevados.

De esta manera, se promedió el Índice de todos los años en la base de datos para establecer el comportamiento de la lluvia en el territorio con relación a la media climatológica y se cruzó, previa normalización, para identificar las zonas actual y mayormente propensas a desecamiento y ausencia de humedad atmosférica. A continuación, se muestra el mapa “Índice Estandarizado de Precipitación”.

Mapa 108 Índice Estandarizado de Precipitación



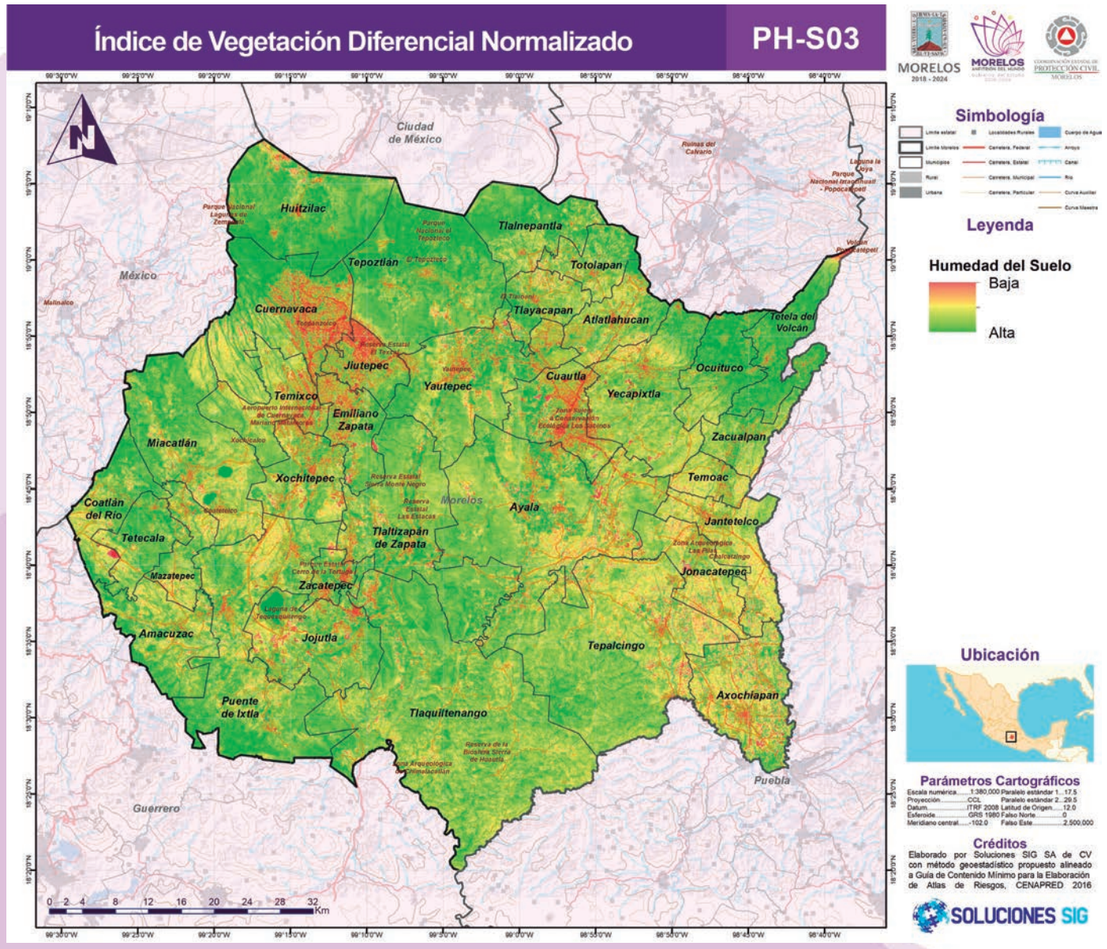
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Finalmente, y como factor de vulnerabilidad al fenómeno se integró el NVDI como reconocimiento de carga de humedad o cuerpos vegetales. El índice de vegetación diferencial normalizado o índice NDVI, responde a uno de los parámetros calculados mediante el juego de bandas para el estudio de cubiertas vegetales. Su fundamento radica en el análisis de los valores de reflectancia de longitudes de onda en diferentes secciones del espectro electromagnético. Más concretamente en la banda visible del rojo y en la banda del infrarrojo cercano.

El fundamento del análisis parte del estudio de las dos bandas multiespectrales en las que la vegetación interacciona de una manera relevante dentro del espectro electromagnético. Por un lado, la parte del espectro visible en el que la vegetación muestra una elevada absorción en la sección del rojo debido a la presencia de clorofila generando imágenes multiespectrales oscuras. Por otro lado, la parte del infrarrojo cercano en el que la vegetación se comporta de manera opuesta generando elevados niveles de reflexión obteniéndose imágenes multiespectrales brillantes (niveles radiométricos bajos Vs niveles radiométricos elevados).

El índice NDVI muestra el estado en el que se encuentra la vegetación, pues un estrés hídrico o vegetación menos joven varía su pigmentación afectando de manera directa a los valores del índice NDVI. Cuanto mayor sea el valor, más frondosa o húmeda será la vegetación hasta adquirir valores próximos a 1. Para la obtención del NDVI se emplearon imágenes LANSAT 8 (EOS,2021).

Mapa 109 Índice de Vegetación Diferencial Normalizado



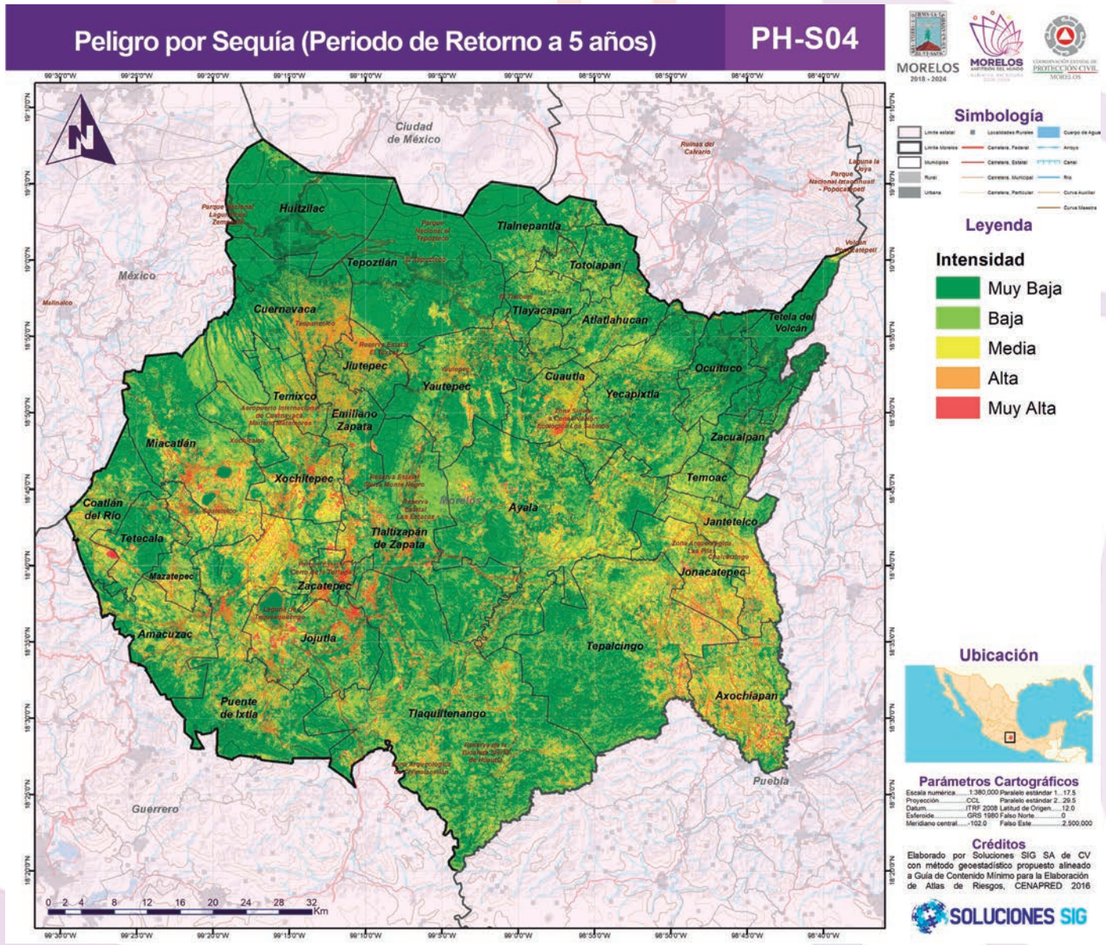
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016

Resultados

La serie de mapas resultantes identifica entonces el nivel de afectación de acuerdo con las temperaturas máximas proyectadas, la temperatura superficial del suelo, el Índice estandarizado de Precipitación (SPI) y el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado.

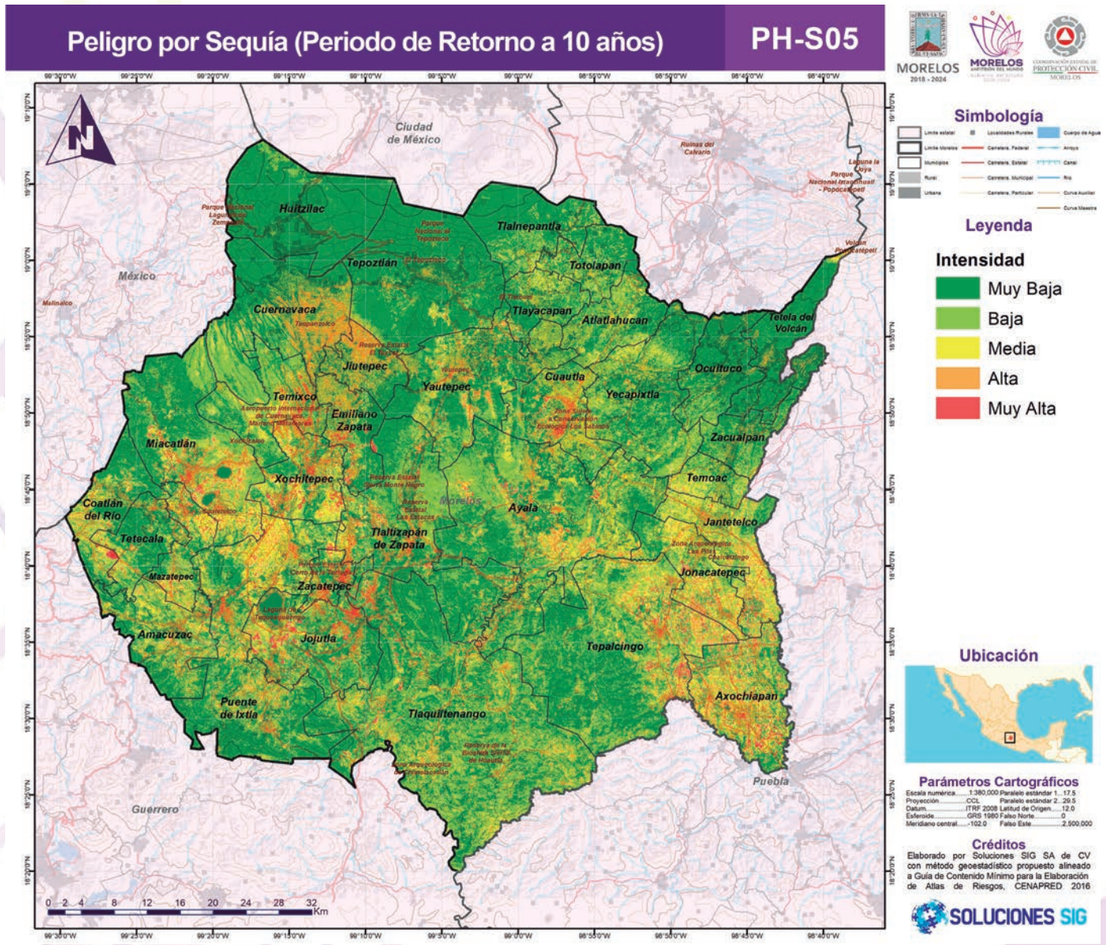
Y se observa que, el fenómeno de isla de calor en el área urbana la vuelve altamente susceptible al desarrollo del fenómeno pese a que los sistemas vulnerables son vegetales. De acuerdo con la siguiente serie de mapas, existe una tendencia en el aumento del peligro hacia las zonas colindantes a la mancha urbana.

Mapa 110 Peligro por Sequías (Periodo de retorno 5 años)



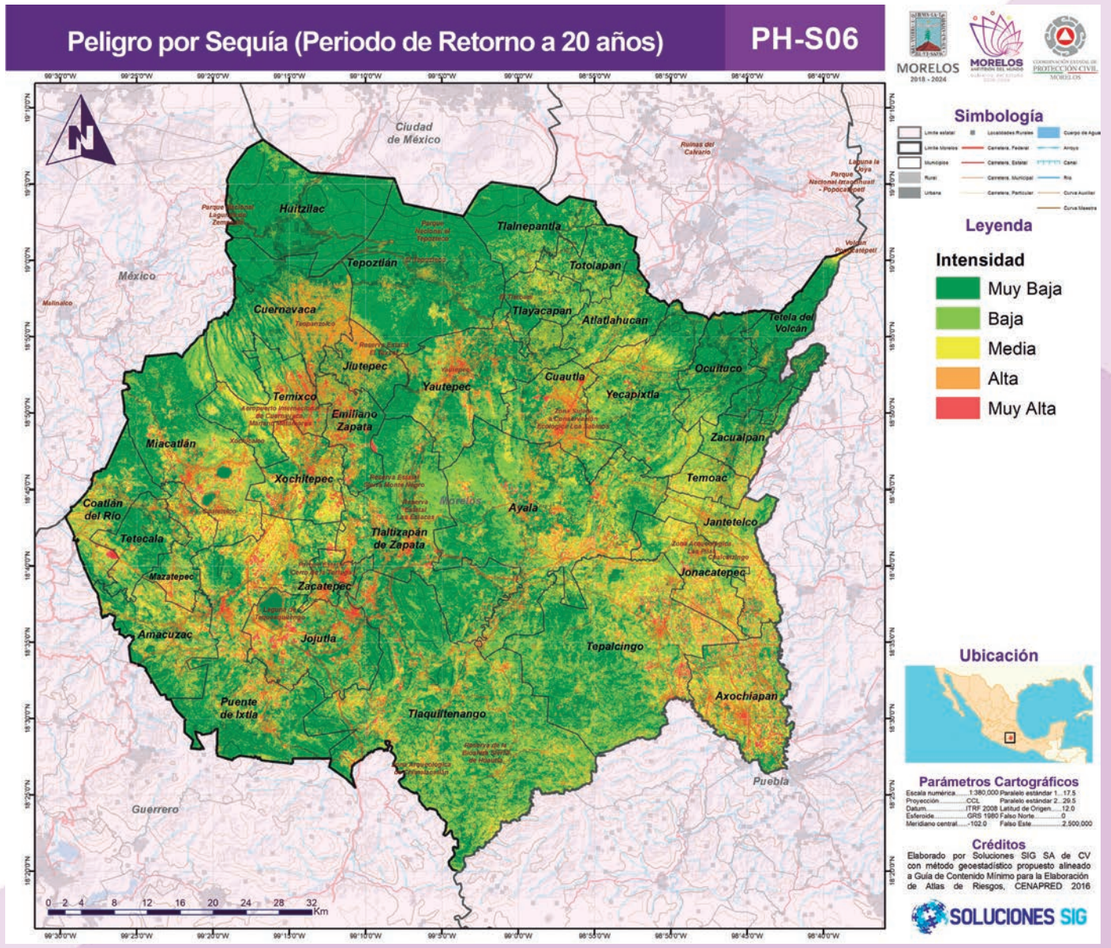
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 111 Peligro por Sequías (Periodo de retorno 10 años)



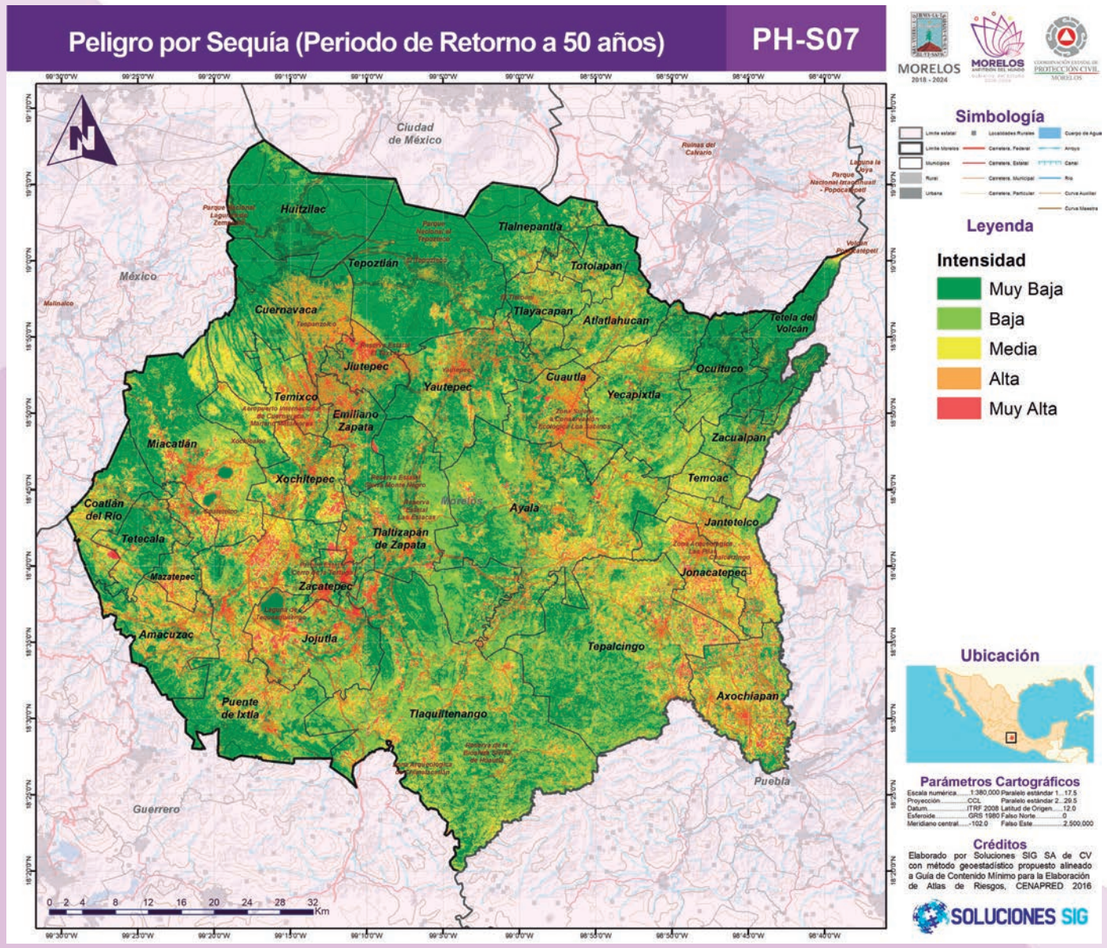
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 112 Peligro por Sequías (Periodo de retorno 20 años)



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 113 Peligro por Sequías (Periodo de retorno 50 años)



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

6. Ondas cálidas

Antecedentes

El Por lo general las temperaturas máximas y mínimas extremas que se presentan en un lugar son consecuencias de sistemas atmosféricos atípicos que se asientan en una región y pueden dar lugar en el verano a ondas de calor (cálidas) y en el invierno a ondas de frío (gélidas). Generalmente las temperaturas que se presentan durante estos eventos son de una magnitud de dos a tres desviaciones estándar, respecto a los valores normales, tanto de temperaturas mínimas, como de temperaturas máximas.

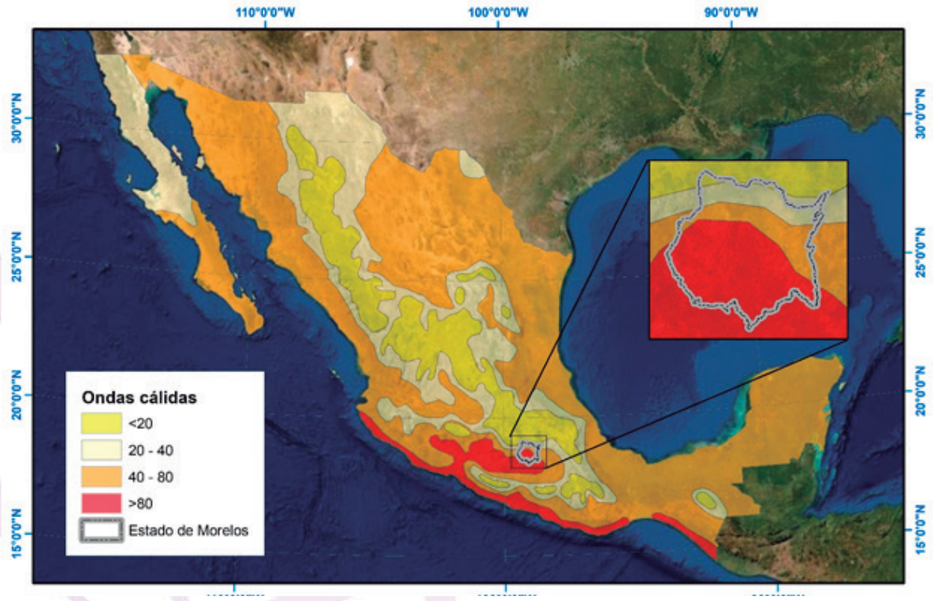
Existen varias definiciones de ondas de calor tanto a nivel internacional como nacional, donde los umbrales de temperatura establecidos, así como la duración del evento varían de acuerdo con las condiciones geográficas de cada lugar.

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (1993), una ola de calor es un calentamiento importante del aire, o invasión de aire muy cálido, sobre una zona extensa que suele durar unos días e, incluso, semanas. En México, la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, establecida por CENAPRED y publicada en el Diario Oficial de la Federación con fecha del 21 de diciembre de 2016 establece que se tiene una onda de calor cuando la temperatura máxima diaria excede más de cinco días a la temperatura máxima media.
Asimismo, Herrera-Alanís (2012) señala que una onda de calor se presenta cuando la temperatura máxima y mínima sobrepasa el percentil 95 en al menos dos días consecutivos.

Las temperaturas máximas que se presentan durante una onda de calor podrían generar un escenario crítico y dar lugar a una mayor incidencia de casos como el golpe de calor, agotamiento, síncope, calambres, enfermedades gastrointestinales, deshidratación, etc. las cuales incrementan la morbilidad, particularmente de los grupos vulnerables como bebés, ancianos y personas en situación de alta marginación; adicionalmente pueden causar la desecación de la vegetación lo que provoca incendios forestales.

Las ondas de calor suelen presentarse en gran parte del territorio nacional, principalmente en los estados del norte y sureste. En el año 2000 el municipio de Mexicali, ubicado en Baja California, registró una onda cálida con duración de 90 días (CENAPRED, 2019)

Ilustración 27 Número de ondas cálidas en México.



Fuente: CENAPRED (2016).

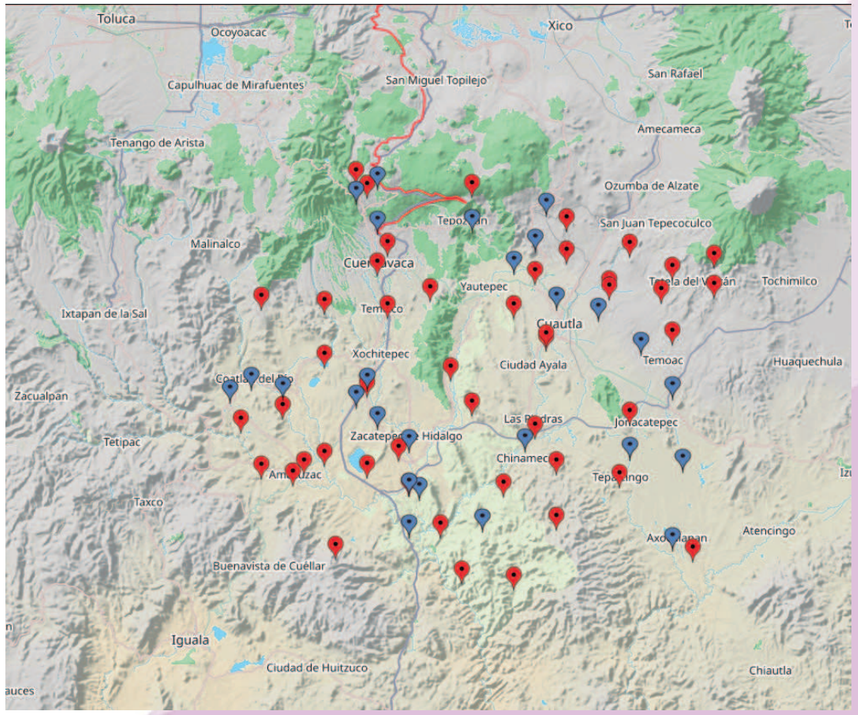
Metodología

Existen diferentes criterios para llevar a cabo el análisis de ondas de calor, los cuales se pueden agrupar en dos umbrales, absoluto y relativo. Los criterios de umbral absoluto asignan un valor fijo y cuando este se iguala o excede por un número de días consecutivos se dice que se presenta una ola de calor. Por otra parte, los criterios de umbral relativo son aquellos que hacen uso de alguna variable estadística para determinar el valor del umbral.

Para el análisis de olas de calor en el presente estudio se utilizó el criterio de umbral relativo sugerido por Herrera-Alanís (2012) donde ocurre una ola de calor cuando las temperaturas máximas y mínimas sobrepasan el percentil 95 en al menos dos días consecutivos. Asimismo, en este criterio se pueden unir dos eventos si el lapso entre ellos no supera las 24 horas (un día) y la temperatura máxima y mínima superan el valor de la temperatura mediana de su serie correspondiente.

Para realizar el análisis y la cartografía de ondas de calor se revisaron los datos disponibles de temperaturas máximas y mínimas diarias de 45 estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la zona de influencia del estado de Morelos. Una de las condiciones que establece la metodología es que las estaciones cuenten con un registro mínimo de 30 años. Los datos de temperaturas diarias se obtuvieron de CLICOM, el cual es un software de manejo de datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas, que significa CLImate COMputing Project, disponible para su consulta y descarga de datos en la página del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).

Ilustración 28 Estaciones meteorológicas por años de datos efectivos .



Fuente: Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).

Una vez verificados que cumplieran con un registro mínimo de 30 años, se realizó el análisis de las temperaturas máximas para cada estación utilizando el percentil 95 (P95) la cual es una medida no central usada en estadística que indica el valor de la variable por debajo del cual se encuentra un porcentaje dado de valores en un grupo de observaciones. En este caso el valor de P95 de cada estación indica que el 95% de los datos registrados se encuentran por debajo de éste, y tan sólo el 5% lo supera. Las temperaturas que se encuentran en este 5% son los casos extraordinarios. La siguiente tabla muestra los valores de temperatura máxima normal, máxima extrema y valor de P95 para cada estación meteorológica ubicada dentro del Estado de Morelos y zonas de influencia.

Tabla 46 Temperaturas máximas normales, máximas extremas, percentil 95 temperaturas máximas y percentil 95 temperaturas mínimas de las estaciones meteorológicas de la región del Estado de Morelos.

Clave	Nombre De La Estación	Municipio	Temp. Máxima Normal (°C)	Temp. Media Normal	Temp. Máxima Extrema (°C)	P95 (°C) Temp. Máxima	P95 (°C) Temp. Mínima
17039	San Juan Tlacotenco	Tepoztlán	21.2	15.8	33	27	13
17029	Palpan	Miacatlan	28.5	21.3	40.5	33.9	18
17002	Colonia Empleado	Cuernavaca	27.9	21.7	45	33.3	19
17012	Oaxtepec	Yautepec	29	22.1	39	34	19
17060	Alponocan	Tetela del Volcán	23.6	16.8	38.5	33	16
17024	Yautepec	Yautepec	30.1	21.5	40	36	18.5
17005	Cuautla (Dge)	Cuautla	28.1	20.7	39	33	17
17004	Cuernavaca	Cuernavaca	26.8	20.9	39.5	32	18.3
17028	Jonacatepec	Jonacatepec	30.8	22.4	45	37.3	19.5
17071	Progreso	Jiutepec	29.1	21.9	38.5	34	18
17007	Huajintlán	Amacuzac	34.5	25.2	48	40	21
17021	Tlacualera	Tepalcingo	18.9	13.4	36	25	12
17047	Huitzilac	Huitzilac	18.3	12.1	29.5	23.5	10
17003	Cuautla (Smn)	Cuautla	30.2	22.7	46	38	20
17072	Alpuyeca	Xochitepec	31.4	23.6	44	37	22
17048	Puente de Ocuituco E-5	Ocuituco	26.3	18.9	39.5	31	15
17058	Cuentepec	Temixco	29.3	21.9	39.5	34.5	18
17057	El Limón	Tepalcingo	30	22.7	42.5	36	19.5
17020	Tlacotepec	Zacualpan	27.5	20	39	33	16
17054	Moyotepec	Villa De Ayala	30.2	23	46.5	36.5	20.5
17056	San Pablo Hidalgo	Tlaltizapan	34.1	25	46	41	21
17061	Apancingo	Coatlán Del Rio	31.4	22.8	45	37	19.5
17038	Nexpa	Tlaquiltenango	33.3	24.8	49	40	22
17043	Yecapixtla E.T.A. 118	Yecapixtla	27.4	20.2	39.5	33	17
17033	Xicatlacotla (Cfe)	Tlaquiltenango	33.8	25	43.5	39.5	21.5
17076	Puente de Ixtla	Puente De Ixtla	32.8	24.6	46	39	25.5
17015	Tepalcingo	Tepalcingo	30.6	22.2	43.5	36	19.5
17001	Atlatlahuacan	Atlatlahuacan	29	20.1	39	32	16
17019	Tilzapotla	Puente De Ixtla	33.5	25.7	46	40	23
17013	Temilpa	Tlaltizapan	32.5	23.6	49	39	20
17026	C.A.E. La Victoria	Zacatepec	32.5	23.7	42	38	20
17036	Lagunillas de Rayón	Axochiapan	31.1	21.6	41	37	18
17006	El Rodeo	Miacatlán	30.5	23.6	42	36.2	20.7
17014	Temixco	Temixco	30.4	23	41	35.5	19.5
17051	Totolapan E-10	Totolapan	26.7	18.6	39.5	33	15
17031	Jojutla (Dge)	Jojutla	33.3	24.2	44	39	20
17018	Ticuman	Tlaltizapan	32.7	23.8	44	38	21
17016	Tequesquitengo	Jojutla	32	24.4	42.5	38	22
17022	Tres Cumbres	Huitzilac	17.3	10.3	32	22.5	9

Fuente: Normales Climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional y CLICOM CICESE

Para generar cartografía de ondas de calor con el percentil 95 así como conocer algunos de sus parámetros básicos como duración, temperatura máxima y frecuencia, se identificaron en las bases de datos de cada estación los días con temperaturas iguales o superiores a este valor (P95); si la temperatura máxima y la mínima superan o igualan a sus percentiles 95 por dos o más días seguidos, entonces se contabiliza una onda de calor (CENAPRED, 2017).

En los datos de temperaturas diarias se pudieron observar varios días consecutivos con temperaturas máximas que sobrepasaban el valor del P95, sin embargo, no fueron considerados como ola de calor debido a que la temperatura mínima de ese día no fue superior a su percentil 95. En la siguiente tabla se puede observar un ejemplo de lo anterior.

Tabla 47 Temperaturas mínimas que no sobrepasaron su P95 (estación 17076 Puente de Ixtla).

Fecha	Temp. Max. en °C	P95 (°C) Temp. Max.	Temp. Min. en °C	P95 (°C) Temp. Min.
01/05/2016	41	39	11	25.5
02/05/2016	42		13	
03/05/2016	41		14	
04/05/2016	40		18	
05/05/2016	39		20	
18/05/2016	40		18	
19/05/2016	40		21	
20/05/2016	41		19	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).

Asimismo, se presentaron casos donde las temperaturas máximas no sobrepasaron el valor del P95, sin embargo, las temperaturas mínimas si excedieron el percentil calculado para las mimas. Estos casos no fueron considerados como ola de calor.

Tabla 48 Temperaturas máximas que no sobrepasaron su P95 (estación 17047 Huitzilac).

Fecha	Temp. Max. en °C	P95 (°C) Temp. Max.	Temp. Min. en °C	P95 (°C) Temp. Min.
05/08/2016	19	23.5	10	10
06/08/2016	15		11.5	
07/08/2016	20		11	
08/08/2016	17		11	
09/08/2016	17.5		11	
10/08/2016	17		10	
02/09/2016	17.5		10	
03/09/2016	19		11	
04/09/2016	14		11.5	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).

Mediante la herramienta de join o unión del software Microsoft Access, el cual es un sistema de gestión de bases de datos, se unieron en una sola hoja de datos aquellas fechas donde las temperaturas máximas y mínimas superaron el valor de P95. Con esto fue posible identificar las fechas con olas de calor, su duración, meses con mayor frecuencia y las temperaturas máximas.

Tabla 49 Ejemplos de ondas cálidas registradas en la estación 17024 Yautepec (P95 temp. Max.=36°, P95 temp. Min.=18.5°)

Fecha	Tem. Max. en °C	Tem. Min. en °C	Duración en días
09/05/2008	37.5	20.5	5
10/05/2008	37.5	19	
11/05/2008	38.5	19.5	
12/05/2008	38	18.5	
13/05/2008	38	19.5	
21/05/2010	39.5	18.5	6
22/05/2010	38.5	20.5	
23/05/2010	38.5	18.5	
24/05/2010	39	18.5	
25/05/2010	39	21	
26/05/2010	37	20	
07/06/2012	38.5	19	3
08/06/2012	38.5	20	
09/06/2012	37.5	19.5	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).

Resultados

Con el cruce de la información filtrada por P95 para ambas temperaturas (máxima y mínima) en las estaciones mencionadas, se pueden determinar los siguientes resultados.

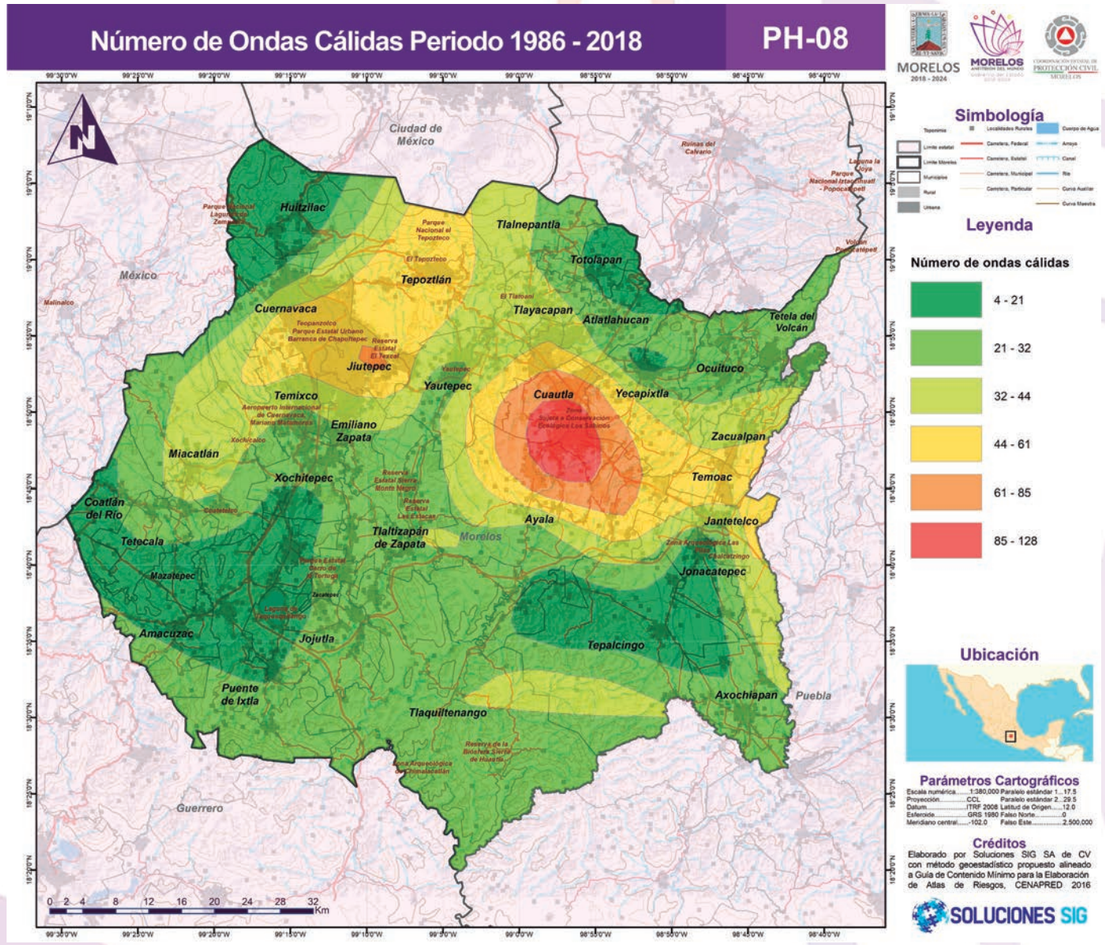
Tabla 50 Principales características de las olas de calor registradas en las estaciones de la zona de influencia del Estado de Morelos periodo 1986 – 2018.

Clave	Nombre de la estación	Municipio	Total, de olas de calor	Días con olas de calor	Duración más frecuente de olas de calor	Máxima duración de una ola de calor (días)	Temperatura máxima registrada	Mes con mayor frecuencia
17039	San Juan Tlacotenco	Tepoztlán	54	239	2	21	33	Mayo
17029	Palpan	Miacatlan	26	89	2	12	40.5	Mayo
17002	Colonia Empleado	Cuernavaca	61	255	2	12	45	Mayo
17012	Oaxtepec	Yautepec	47	174	2	15	37	Mayo
7060	Alponocan	Tetela Del Volcán	59	217	2	15	39	Mayo
024	Yautepec	Yautepec	23	76	2	13	40.5	Mayo
7005	Cuautla (Dge)	Cuautla	129	662	2	42	39	Mayo
17004	Cuernavaca	Cuernavaca	58	206	2	14	38	Abril -mayo
17028	Jonacatepec	Jonacatepec	10	52	2	11	41	Abril- mayo
17071	Progreso	Jiutepec	64	289	2	21	38	Mayo
17007	Huajintlan	Amacuzac	27	145	2	21	46	Mayo -junio
17021	Tlacualera	Tepalcingo	4	58	Sin dato	31	36	Marzo
17047	Huitzilac	Huitzilac	6	12	2	4	28	Mayo
17072	Alpuyeca	Xochitepec	18	91	2	17	42	julio
17048	Puente De Ocuituco E-5	Ocuituco	25	90	2	10	36	Mayo
17058	Cuentepec	Temixco	39	147	2	17	38.5	Abril-mayo
17057	El Limon	Tepalcingo	42	161	2	13	42	Abril -mayo
17020	Tlacotepec	Zacualpan	55	232	2	16	39	Mayo
17054	Moyotepec	Villa De Ayala	33	312	2	46	46.5	Abril-mayo
17056	San Pablo Hidalgo	Tlaltizapan	27	107	2	11	45	Abril-mayo
17061	Apancingo	Coatlan Del Rio	15	50	2	7	41	Mayo
17038	Nexpa	Tlaquiltenango	27	77	2	8	45	Mayo
17043	Yecapixtla E.T.A. 118	Yecapixtla	18	43	2	4	38.5	Mayo
17033	Xicatlacotla (Cfe)	Tlaquiltenango	27	107	2	11	43.5	Mayo-junio
17076	Puente De Ixtla	Puente De Ixtla	6	17	2	6	40	Mayo
17015	Tepalcingo	Tepalcingo	11	33	2	7	39.5	Abril
17001	Atlatlahuacan	Atlatlahuacan	24	90	2	8	37	Mayo

Clave	Nombre de la estación	Municipio	Total, de olas de calor	Días con olas de calor	Duración más frecuente de olas de calor	Máxima duración de una ola de calor (días)	Temperatura máxima registrada	Mes con mayor frecuencia
17019	Tilzapotla	Puente De Ixtla	25	122	2	24	44	Mayo
17013	Temilpa	Tlaltizapan	33	133	2	16	48	Junio
17026	C.A.E. La Victoria	Zacatepec	25	85	2	8	42	Mayo
17036	Lagunillas De Rayon	Axochiapan	26	80	2	11	40	Mayo
17006	El Rodeo	Miacatlan	41	173	2	12	42	Mayo
17014	Temixco	Temixco	33	127	3	9	41	Mayo
17051	Totolapan E-10	Totolapan	18	66	2	8	39.5	Abril- mayo
17031	Jojutla (Dge)	Jojutla	24	69	2	6	40.5	Mayo-junio
17018	Ticuman	Tlaltizapan	21	74	2	11	41.5	Mayo-junio
17016	Tequesquitengo	Jojutla	19	85	2	19	42.5	Abril-mayo
17022	Tres Cumbres	Huitzilac	5	26	3	15	28	Marzo

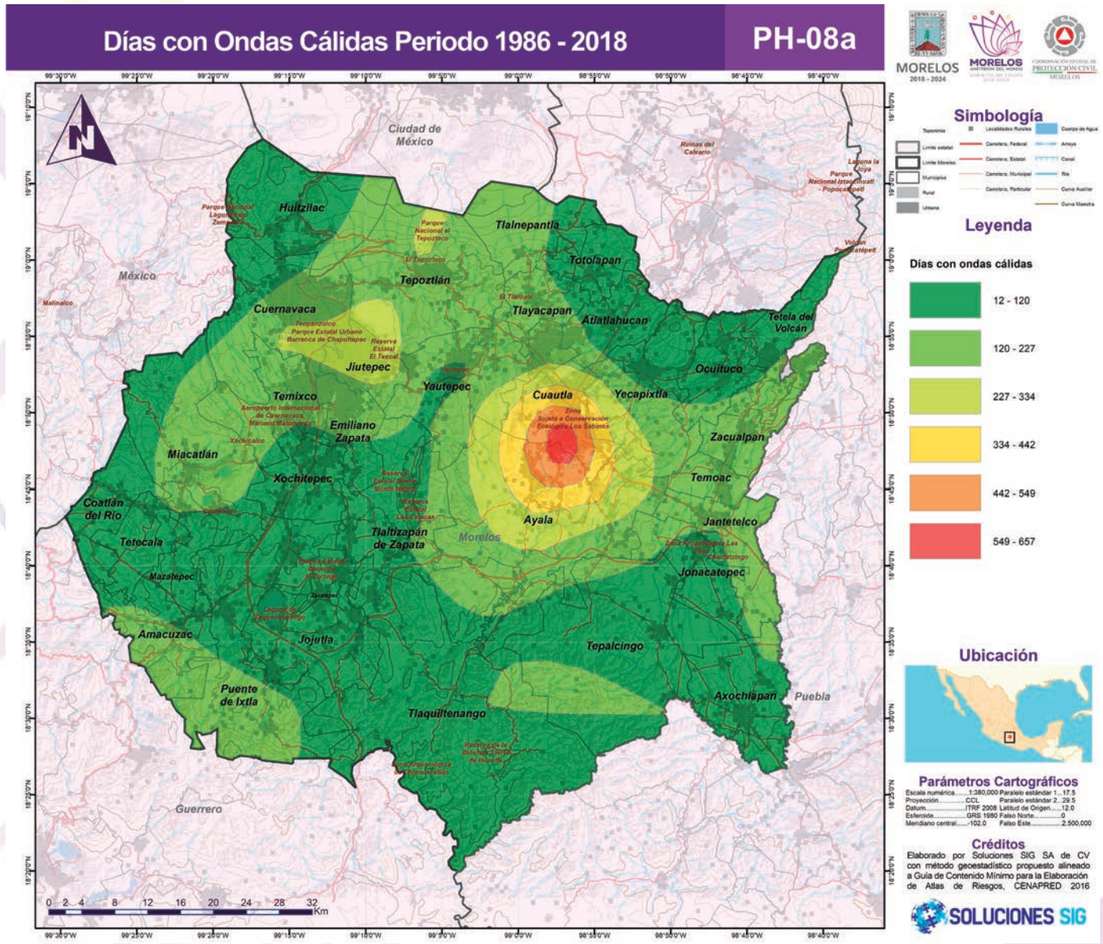
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).

Mapa 114 Número de ondas gélidas periodo 1986 – 2018.



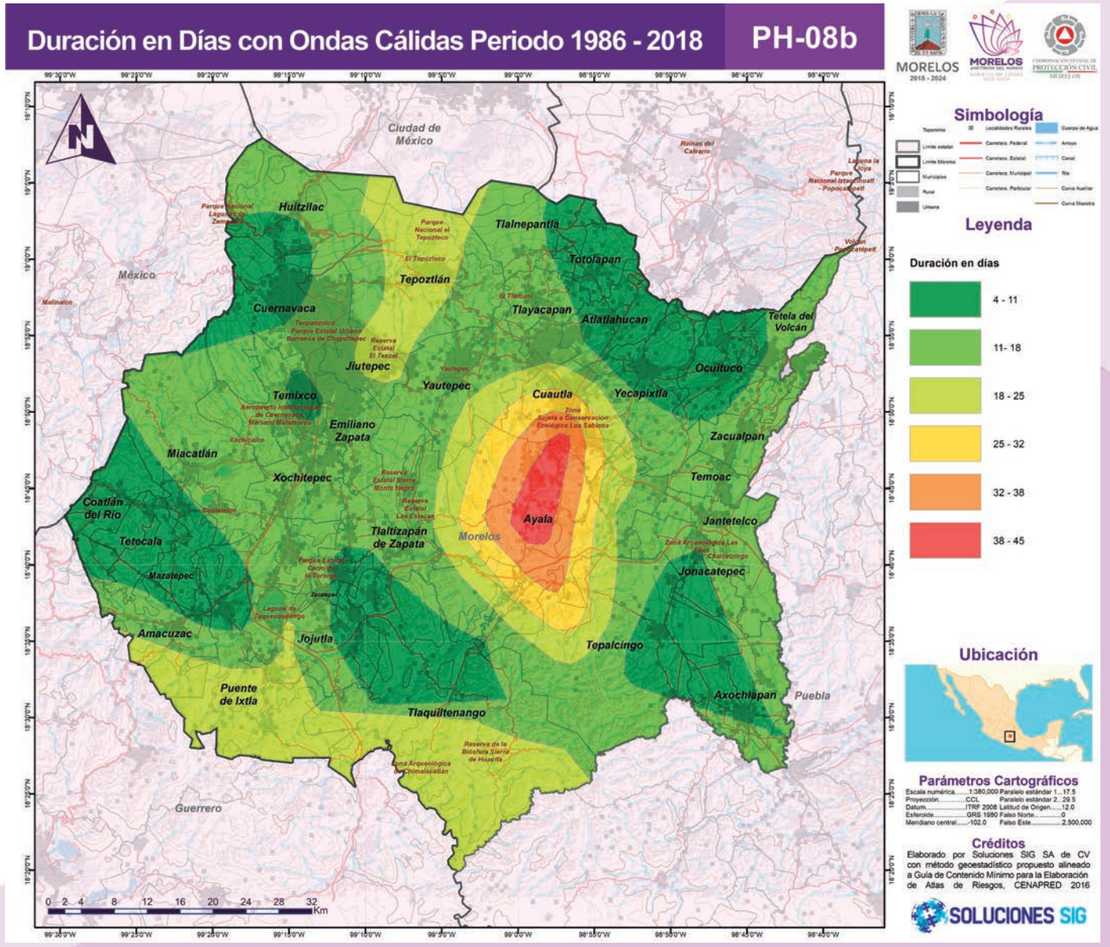
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 115 Días con ondas gélidas periodo 1986 - 2018.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 116 Duración en días de ondas gélidas.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

7. Ondas gélidas

Antecedentes

De igual forma que las olas de calor abordadas en el apartado anterior, las ondas de frío o gélidas pueden determinarse a partir de distintos umbrales establecidos de acuerdo con las condiciones geográficas imperantes en la región de estudio.

Un ejemplo de ello es lo señalado por el Servicio de Banco Nacional de Datos Climatológicos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) de España, quien considera a una “ola de frío” como un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10% de las estaciones consideradas registran temperaturas mínimas por debajo del percentil del 5% de su serie de temperaturas mínimas diarias.

Metodología

Esta metodología es similar a la propuesta por Herrera-Alanís (2012), donde se utiliza un umbral relativo (percentil 90 para el caso de las ondas de calor), para este caso, se consideró utilizar este mismo método, pero con los umbrales relativos sugeridos por la AEMET. Es necesario mencionar que las condiciones geográficas de España no son las mismas que las de la República Mexicana, sin embargo, el umbral establecido por el percentil 5 es, como se mencionó con anterioridad, de tipo relativo, es decir, fue establecido a partir de métodos estadísticos.

De acuerdo con lo mencionado, se calculó el percentil 5 (P5) para las temperaturas mínimas diarias de cada estación meteorológica considerada para este estudio. De igual forma que en el fenómeno de las ondas cálidas, se calculó el mismo percentil para las temperaturas máximas diarias. Cuando ambas temperaturas eran menores o iguales a sus percentiles 5% en por lo menos dos días consecutivos se consideraba una onda de frío o gélida.

Tabla 51 Temperatura mínima normal, mínima extrema y percentil 5 (P5) calculado para temperaturas máximas y mínimas.

Clave	Nombre de la estación	Municipio	Temp. mínima normal (°C)	Temp. Mínima extrema (°C)	P5 (°C) Temp. Max	P5 (°C) Temp. Min
17039	SAN JUAN TLACOTENCO	TEPOZTLÁN	10.4	-3.0	17	7
17029	PALPAN	MIACATLAN	14.1	2.5	26.3	9.9
17002	COLONIA EMPLEADO	CUERNAVACA	15.5	0.6	22	11.2
17012	OAXTEPEC	YAUTEPEC	15.3	0.8	25	11
17060	ALPONOCAN	TETELA DEL VOLCÁN	10	-1.5	23.1	8
17024	YAUTEPEC	YAUTEPEC	12.9	-1	25.5	6
17005	CUAUTLA (DGE)	CUAUTLA	13.4	0	21.5	8
17004	CUERNAVACA	CUERNAVACA	15	3	23	11
17028	JONACATEPEC	JONACATEPEC	14	-1	26	6
17071	PROGRESO	JIUTEPEC	14.6	1.1	25	10
17007	HUAJINTLAN	AMACUZAC	16	1	28	9
17021	TLACUALERA	TEPALCINGO	7.8	-2.5	14.5	3
17047	HUITZILAC	HUITZILAC	6	-6	14	1
17003	CUAUTLA (SMN)	CUAUTLA	15.2	1	24	10
17072	ALPUYECA	XOCHITEPEC	15.9	0	26	9
17048	PUENTE DE OCUITUCO E-5	OCUITUCO	11.6	0	18.5	2
17058	CUENTEPEC	TEMIXCO	14.5	4	25.5	10
17057	EL LIMON	TEPALCINGO	15.4	2.5	25.5	10
17020	TLACOTEPEC	ZACUALPAN	12.5	0.2	23.1	8
17054	MOYOTEPEC	VILLA DE AYALA	15.8	5	23.5	10.5
17056	SAN PABLO HIDALGO	TLALTIZAPAN	15.9	3	29	9
17061	APANCINGO	COATLAN DEL RIO	14.3	0	27	8.5
17038	NEXPA	TLAQUILTENANGO	16.2	-1	27	8
17043	YECAPIXTLA E.T.A. 118	YECAPIXTLA	13	2	23	8
17033	XICATLACOTLA (CFE)	TLAQUILTENANGO	16.3	1	29.5	9
17076	PUENTE DE IXTLA	PUENTE DE IXTLA	16.4	0	28	8
17015	TEPALCINGO	TEPALCINGO	13.7	-3	24.5	6
17001	ATLATLAHUACAN	ATLATLAHUACAN	11.1	0.9	24	8
17019	TILZAPOTLA	PUENTE DE IXTLA	17.8	2	24	12
17013	TEMILPA	TLALTIZAPAN	14.8	2	28	8.5
17026	C.A.E. LA VICTORIA	ZACATEPEC	14.8	0	28	8.5
17036	LAGUNILLAS DE RAYON	AXOCHIAPAN	12.1	-2	26	4
17006	EL RODEO	MIACATLAN	16.7	3	26	12
17014	TEMIXCO	TEMIXCO	15.7	3.5	26	11
17051	TOTOLAPAN E-10	TOTOLAPAN	10.4	0	21	6
17031	JOJUTLA (DGE)	JOJUTLA	15.1	2	29	8
17018	TICUMAN	TLALTIZAPAN	14.9	1	28	8
17016	TEQUESQUITENGO	JOJUTLA	16.9	4	27	10.2
17022	TRES CUMBRES	HUITZILAC	3.4	-6	12	9

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Normales Climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional y CLICOM CICESE.

En los datos de temperaturas diarias de cada estación se pudieron observar varios días consecutivos con temperaturas iguales o inferiores al valor del P5, sin embargo, no fueron considerados como onda gélida debido a que la temperatura máxima más baja de ese día no fue igual o menor a su percentil. En la siguiente tabla se puede observar un ejemplo de lo anterior.

Tabla 52 Temperaturas máximas que no fueron menores o iguales a su P5 en la estación 17015 Tepalcingo.

Fecha	Temp. Max. en °C	P5 (°C) Temp. Max.	Temp. Min. en °C	P5 (°C) Temp. Min.
10/01/2011	30	24.5	2	6
11/01/2011	32		2	
12/01/2011	29.5		5	
13/01/2011	27		4	
14/01/2011	30		5	
15/01/2011	26.5		4	
01/12/2011	29		5	
02/12/2011	31		5	
03/12/2011	31		6	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Normales Climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional y CLICOM CICESE.

De igual forma, se presentaron casos donde las temperaturas máximas fueron iguales o inferiores al valor del P5, sin embargo, las temperaturas mínimas no fueron más bajas a su percentil calculado. Estos casos no fueron considerados como onda gélida.

Tabla 53 Temperaturas mínimas de eventos que no fueron menores o iguales a su P5 en la estación 17001 Atlatlahucan.

Fecha	Temp. Max. en °C	P5 (°C) Temp. Max.	Temp. Min. en °C	P5 (°C) Temp. Min.
21/10/2013	23	24	16	8
22/10/2013	24		17	
23/10/2013	23		17	
24/10/2013	24		17	
25/10/2013	23		16	
26/10/2013	23		16	
11/12/2013	23		12	
12/12/2013	23		13	
13/12/2013	23		13	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Normales Climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional y CLICOM CICESE.

Para contabilizar una onda gélida se buscaron los días donde las temperaturas máximas y mínimas fueron menores a sus valores calculados de P5 durante por lo menos un lapso de 48 horas.

Tabla 54 Ejemplos de ondas gélidas registradas en la estación 17039 Tepoztlán (P5 temp. Max.=17°, P5 temp. Min.=7°)

Fecha	Tem. Max. en °C	Tem. Min. en °C	Duración en días
01/02/1992	10	6	5
02/02/1992	9	4	
03/02/1992	9	4	
04/02/1992	16	4	
05/02/1992	17	4	
19/11/2006	16	7	6
20/11/2006	14	7	
21/11/2006	13	6	
22/11/2006	14	2	
23/11/2006	15	5	
02/01/2008	17	6	
03/01/2008	15	3	3
04/01/2008	16	3	
04/02/2009	17	7	
05/02/2009	17	5	2
18/12/2009	17	7	
19/12/2009	16	7	6
20/12/2009	14	4	
21/12/2009	14	0	
22/12/2009	16	3	
23/12/2009	17	4	
04/11/2010	15	6	
05/11/2010	15	4	7
06/11/2010	15	4	
07/11/2010	15	4	
08/11/2010	16	4	
09/11/2010	16	4	
10/11/2010	17	5	
26/12/2010	16	6	
27/12/2010	17	6	3
28/12/2010	17	6	
03/01/2012	17	6	
04/01/2012	16	5	2
13/01/2016	12	7	
14/01/2016	10	6	4
15/01/2016	14	6	
16/01/2016	15	5	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Normales Climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional y CLICOM CICESE.

Resultados

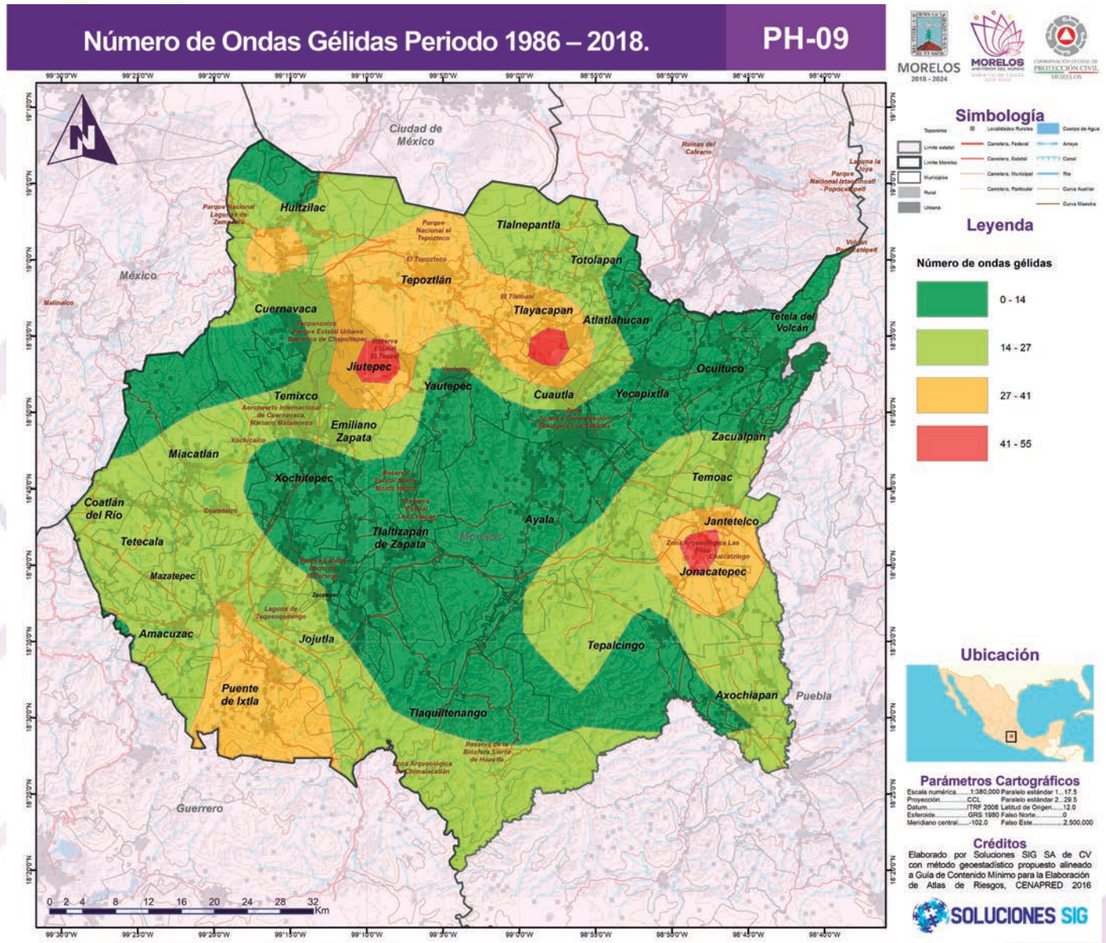
Con el cruce de la información filtrada por P5 para ambas temperaturas (máxima y mínima) en las estaciones mencionadas, se pueden determinar los siguientes resultados.

Tabla 55 Principales características de las ondas gélidas registradas en las estaciones de la zona de influencia del estado de Morelos periodo 1986 – 2018.

Clave	Nombre de la estación	Municipio	Total, de ondas gélidas	Días con ondas gélidas	Duración más frecuente de onda gélida	Máxima duración de una onda gélida (días)	Temperatura mínima registrada	Mes con mayor frecuencia
17039	SAN JUAN TLACOTENCO	TEPOZTLÁN	30	98	2	7	9	Diciembre - enero
17029	PALPAN	MIACATLAN	5	15	2	4	6.5	Enero
17002	COLONIA EMPLEADO	CUERNAVACA	1	3	3	3	9	Febrero
17012	OAXTEPEC	YAUTEPEC	52	169	2	7	6	Diciembre - enero
17060	ALPONOCAN	TETELA DEL VOLCÁN	18	43	2	4	1	Diciembre - enero
17024	YAUTEPEC	YAUTEPEC	2	7	sin dato	5	2.5	Noviembre-diciembre
17005	CUAUTLA (DGE)	CUAUTLA	0	0	0	0	0	Sin dato
17004	CUERNAVACA	CUERNAVACA	33	108	2	7	3	Diciembre-enero
17028	JONACATEPEC	JONACATEPEC	53	277	2	49	-1	Diciembre-enero
17071	PROGRESO	JIUTEPEC	56	239	2	16	4	Diciembre-enero
17007	HUAJINTLAN	AMACUZAC	9	27	2	5	5	Noviembre-diciembre
17021	TLACUALERA	TEPALCINGO	29	87	2	6	-2.5	Diciembre-enero
17047	HUITZILAC	HUITZILAC	39	124	2	15	-3	Diciembre -enero
17072	ALPUYECA	XOCHITEPEC	7	27	2	9	5	Noviembre-diciembre
17048	PUENTE DE OCUITUCO E-5	OCUITUCO	6	17	3	4	-3.5	Enero
17058	CUENTEPEC	TEMIXCO	16	56	2	7	4	Enero
17057	EL LIMON	TEPALCINGO	13	37	2	6	6.5	Diciembre-enero
17020	TLACOTEPEC	ZACUALPAN	19	46	2	4	1	Diciembre
17054	MOYOTEPEC	VILLA DE AYALA	3	11	2	7	5	Noviembre
17056	SAN PABLO HIDALGO	TLALTIZAPÁN	4	8	2	2	6.5	Enero
17061	APANCINGO	COATLÁN DEL RIO	21	167	2	45	0	Diciembre-enero
17038	NEXPA	TLAQUILTENANGO	12	63	2	17	3	Enero
17043	YECAPIXTLA E.T.A. 118	YECAPIXTLA	12	33	2	4	2.5	Enero
17033	XICATLACOTLA (CFE)	TLAQUILTENANGO	18	61	2	11	3.5	Diciembre-enero
17076	PUENTE DE IXTLA	PUENTE DE IXTLA	29	90	2	12	1	Enero
17015	TEPALCINGO	TEPALCINGO	8	27	3	8	-3	Enero
17001	ATLATLAHUACAN	ATLATLAHUACAN	14	66	2	10	3	Diciembre
17019	TILZAPOTLA	PUENTE DE IXTLA	41	323	2	43	7	Diciembre-enero
17013	TEMILPA	TLALTIZAPAN	10	30	2	7	2.5	Diciembre
17026	C.A.E. LA VICTORIA	ZACATEPEC	14	35	2	4	2	Enero
17036	LAGUNILLAS DE RAYON	AXOCHIAPAN	14	55	2	10	0	Diciembre
17006	EL RODEO	MIACATLAN	23	122	2	36	3	Diciembre-enero
17014	TEMIXCO	TEMIXCO	18	60	2	9	2	Enero
17051	TOTOLAPAN E-10	TOTOLAPAN	14	55	2	7	3	Diciembre-enero
17031	JOJUTLA (DGE)	JOJUTLA	8	23	2	4	3	Diciembre
17018	TICUMAN	TLALTIZAPAN	10	67	2	6	4	Enero
17016	TEQUESQUITENGO	JOJUTLA	16	49	2	4	5	Febrero
17022	TRES CUMBRES	HUITZILAC	8	16	2	6	3	Marzo

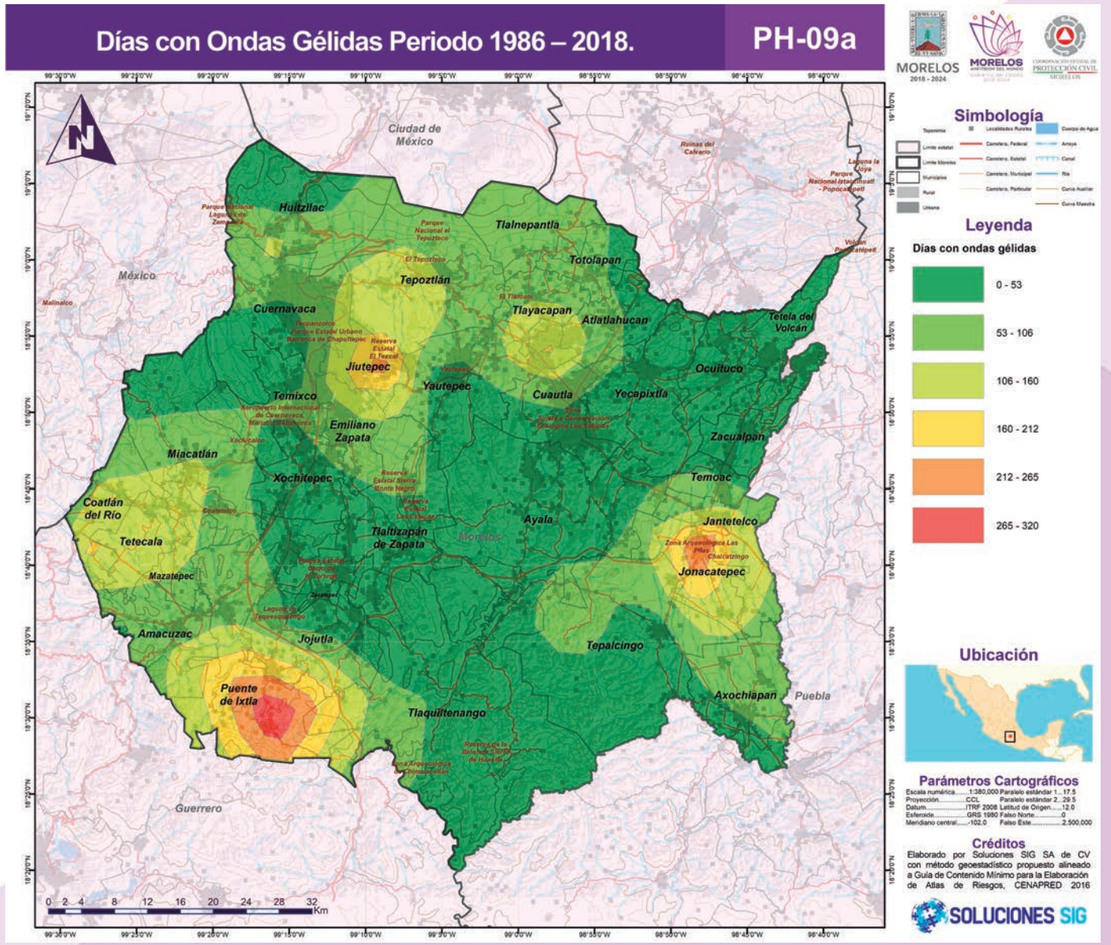
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).

Mapa 117 Número de ondas gélidas periodo 1986 – 2018.



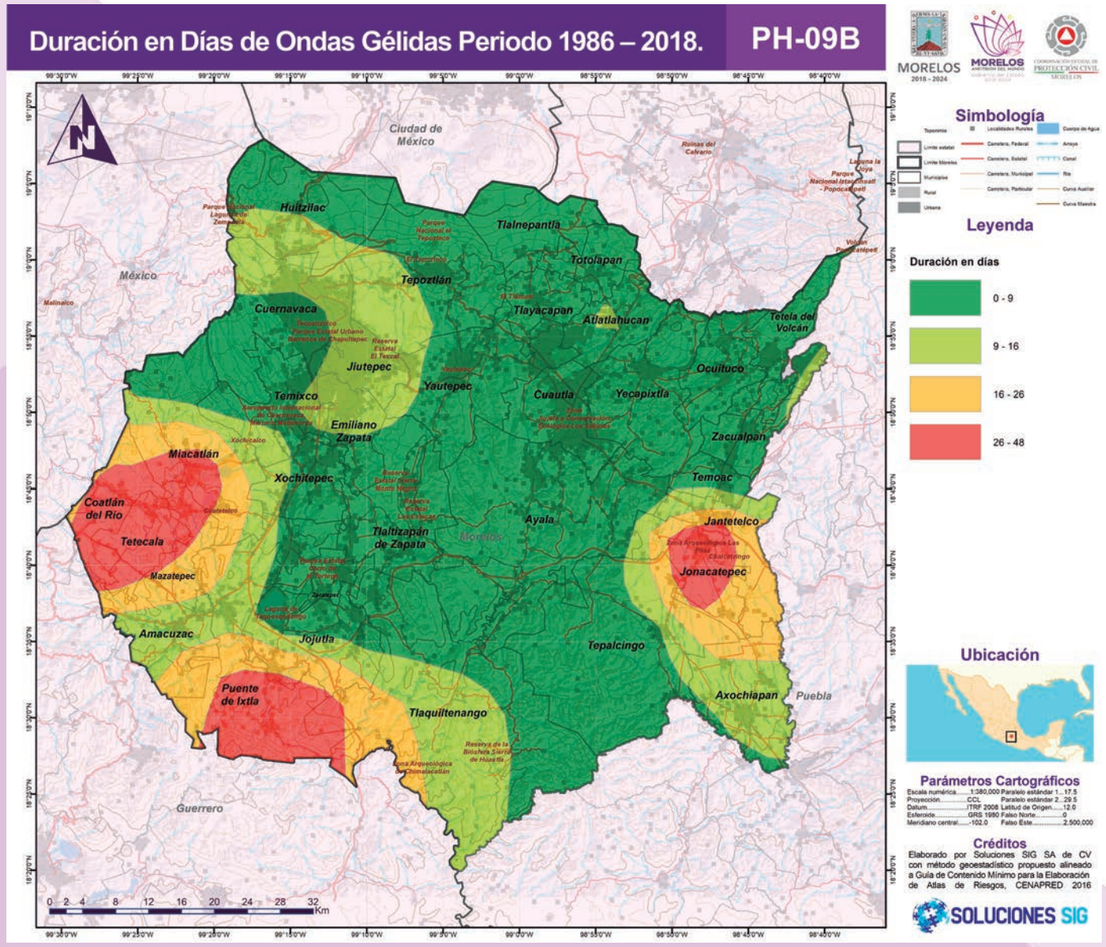
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 118 Días con ondas gélidas periodo 1986 - 2018



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 119 Duración en días de ondas gélidas periodo 1986 – 2018”.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

8. Heladas

Antecedentes

Una helada se define como la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0°C (WMO, 1992). Cuando la temperatura del aire cerca de la superficie del suelo llega a los 0 grados centígrados, o cuando disminuye aún más, durante más de cuatro horas se dice que ha ocurrido una helada.

De acuerdo con el fascículo del CENAPRED para el fenómeno de heladas, los principales elementos meteorológicos que intervienen en la formación de las heladas son el viento, la nubosidad, la humedad atmosférica y la radiación solar. (CENAPRED/SEGOB, 2014a).

Para que una helada sea generada, es fundamental la ausencia de viento, pues cuando hay corrientes de aire, se mezcla el aire frío que se encuentra cercano al suelo, con el más caliente que está en niveles superiores y se regula la temperatura.

Cuando hay poco viento y la temperatura alcanza los 0° C o más, el vapor de agua existente en el aire se condensará; y si la humedad es abundante, se originará una nevada, pero si el contenido de humedad es poco, se formará una la helada, por lo que se puede concluir que una gran presencia de humedad atmosférica reduce la probabilidad de ocurrencia de heladas.

La determinación de las temperaturas más bajas nos ayuda a identificar a los meses más fríos como aquellos en los que la temperatura desciende por debajo de los cero grados centígrados, y cuando esto ocurre, se dice que ha ocurrido una Helada. En México, el fenómeno de helada y las bajas temperaturas que ésta conlleva ocurren generalmente durante los meses de noviembre a marzo, siendo diciembre y enero los de mayor impacto.

Desde el punto de vista agroclimático, es muy importante considerar este fenómeno, dados sus efectos en el sector agrícola (Engelbert, 1997). Sin embargo, es relevante también considerar las afectaciones a la salud de la población que es influenciada por las olas de frío (Eagleman, 1983); sobre todo, de las personas que habitan en casas frágiles o que son indigentes, así como las personas la tercera edad y los niños.

Para el cuerpo humano un clima frío implica varios efectos negativos, como son las enfermedades de tipo circulatorio, las infecciones respiratorias agudas (IRAS), el congelamiento de la piel y la hipotermia (Engelbert, 1997). Cabe mencionar que el nivel de peligro en cuanto a heladas es variado, pues se encuentra sujeto a la

resistencia que los seres vivos poseen ante la disminución de temperaturas. Se dice que, los seres humanos pueden sobrevivir varios días e incluso semanas sin comida o pocos líquidos, pero no sobreviven por mucho tiempo si su temperatura corporal disminuye drásticamente.

En el 2013, el 3 de marzo, se registró una helada de que causó graves afectaciones en los municipios de Tetela del Volcán y Totolapan, lo que provocó que la secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) declarara a los municipios morelenses mencionados zona de desastre. “Según las primeras estimaciones las pérdidas tan sólo de los productores de aguacate de la región alcanzarían los 10 millones de pesos, aproximadamente. En los municipios de Tetela del Volcán, Ocuituco y Tlalnepantla, se perdieron aproximadamente tres mil hectáreas, que equivalen a 8 toneladas de la fruta, con una pérdida superior a las mil toneladas.” (Maya, 2013).

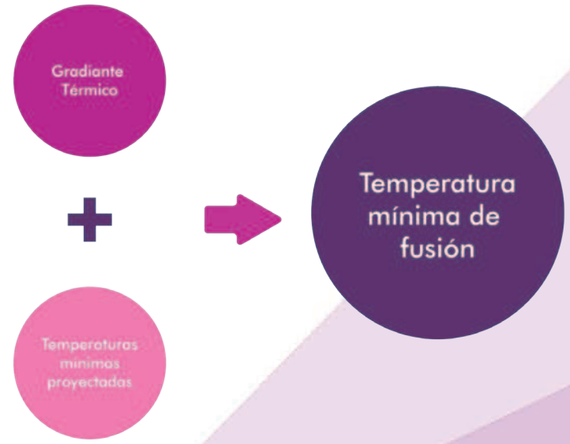
Metodología

Para la elaboración de los mapas mostrados en este apartado se empleó información emitida por instituciones como el Servicio Meteorológico Nacional y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

El mapa de susceptibilidad a heladas es resultado de la generación de un mapa de factores condicionantes del fenómeno llamado “temperaturas mínimas de fusión” y el índice de vegetación diferencial normalizado o índice NDVI como factor detonante del fenómeno.

Así pues, la distribución de las temperaturas mínimas registradas en las normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional dentro del estado de Morelos y el gradiente térmico (término referente a la disminución de la temperatura en vertical con cada elevación de la altitud), componen los mapas de temperaturas mínimas de fusión, cuya finalidad es identificar las zonas donde existe mayor propensión al congelamiento del suelo y la vegetación.

Ilustración 29 Factores condicionantes del fenómeno.

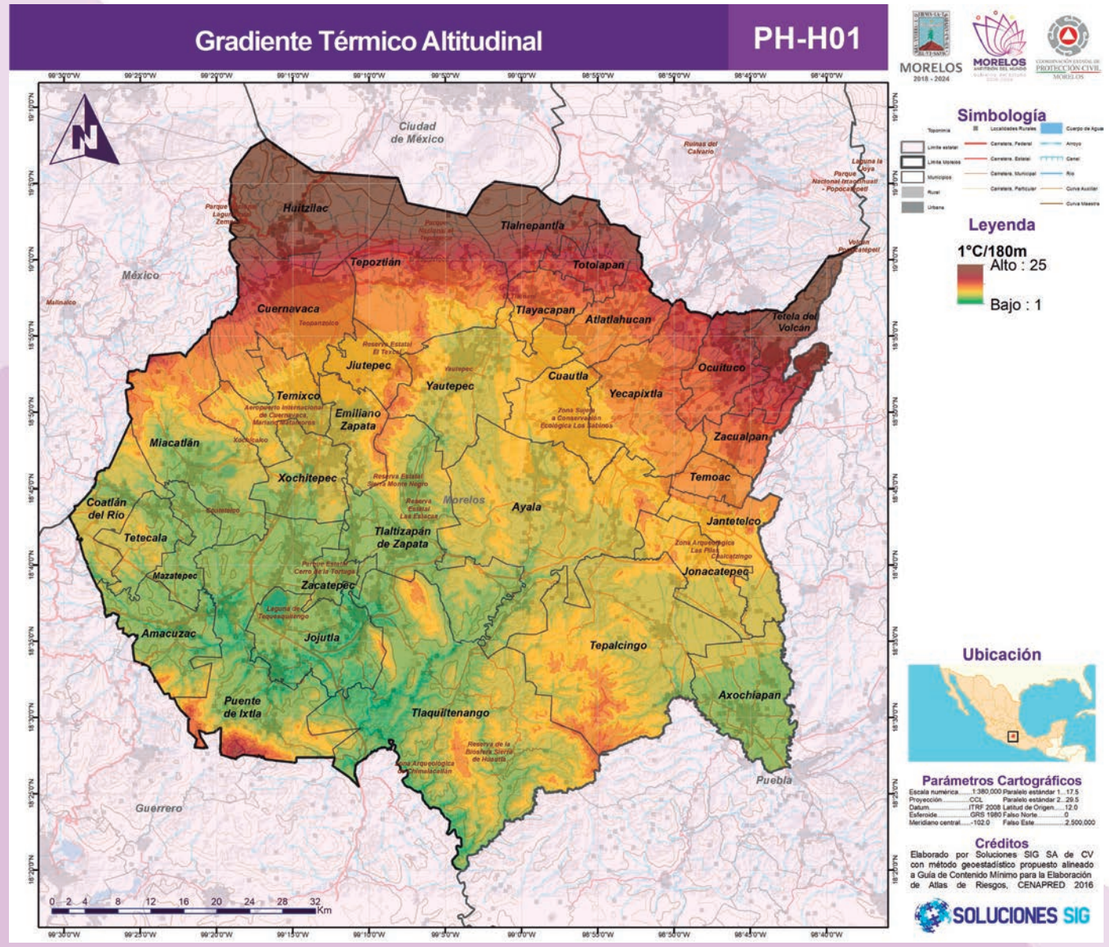


Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

El gradiente térmico, en la zona tropical, es de 1ºC por cada 180m de altitud, debido a la menor insolación que recibe y al menor espesor de la atmósfera. También en estas mismas zonas se producen diferentes variaciones como consecuencia de la orientación del relieve y de la distancia a la que se encuentre de la línea del ecuador, así como de los polos. (Sánchez, 2014).

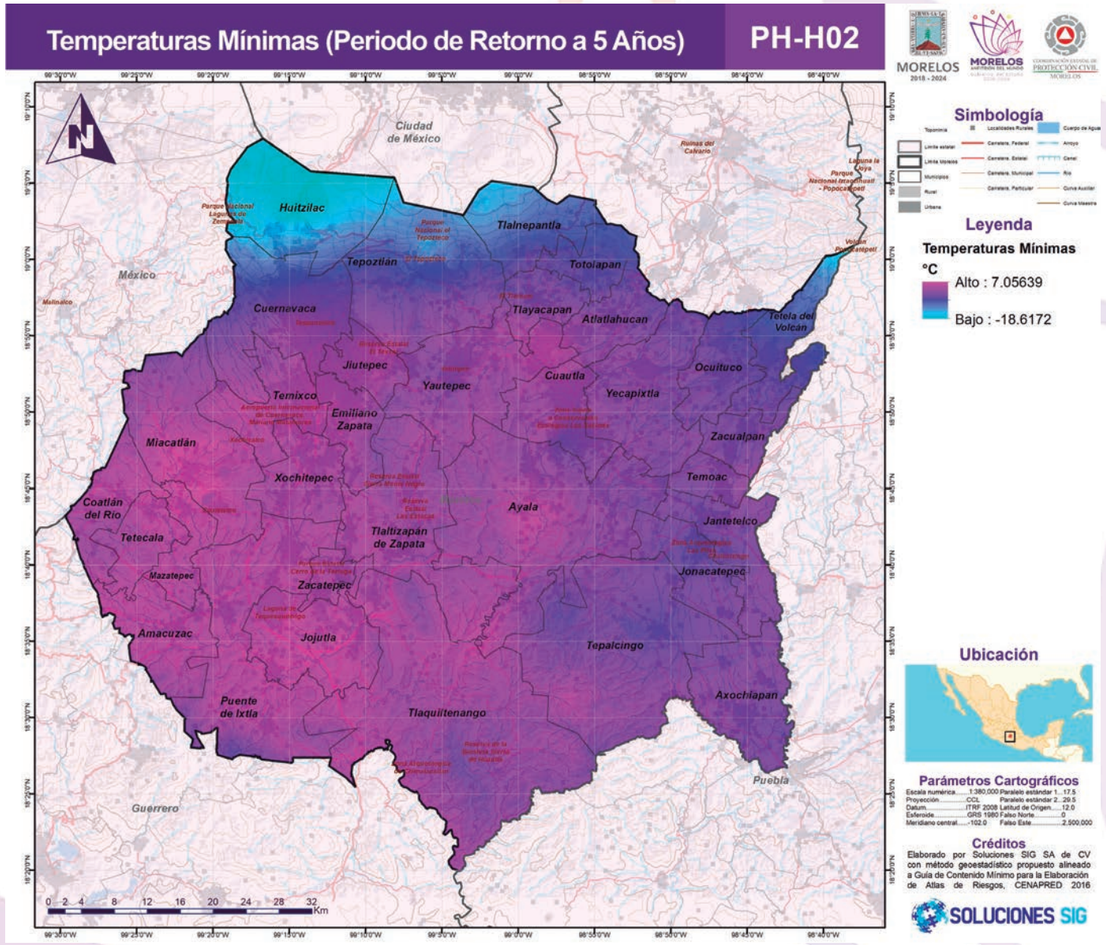
A continuación, se muestran el mapa del Gradiente Térmico Altitudinal y la serie de mapas correspondientes a las de temperaturas mínimas de fusión para los periodos proyectados a 5, 10,20 y 50 años.

Mapa 120 Gradiente térmico altitudinal



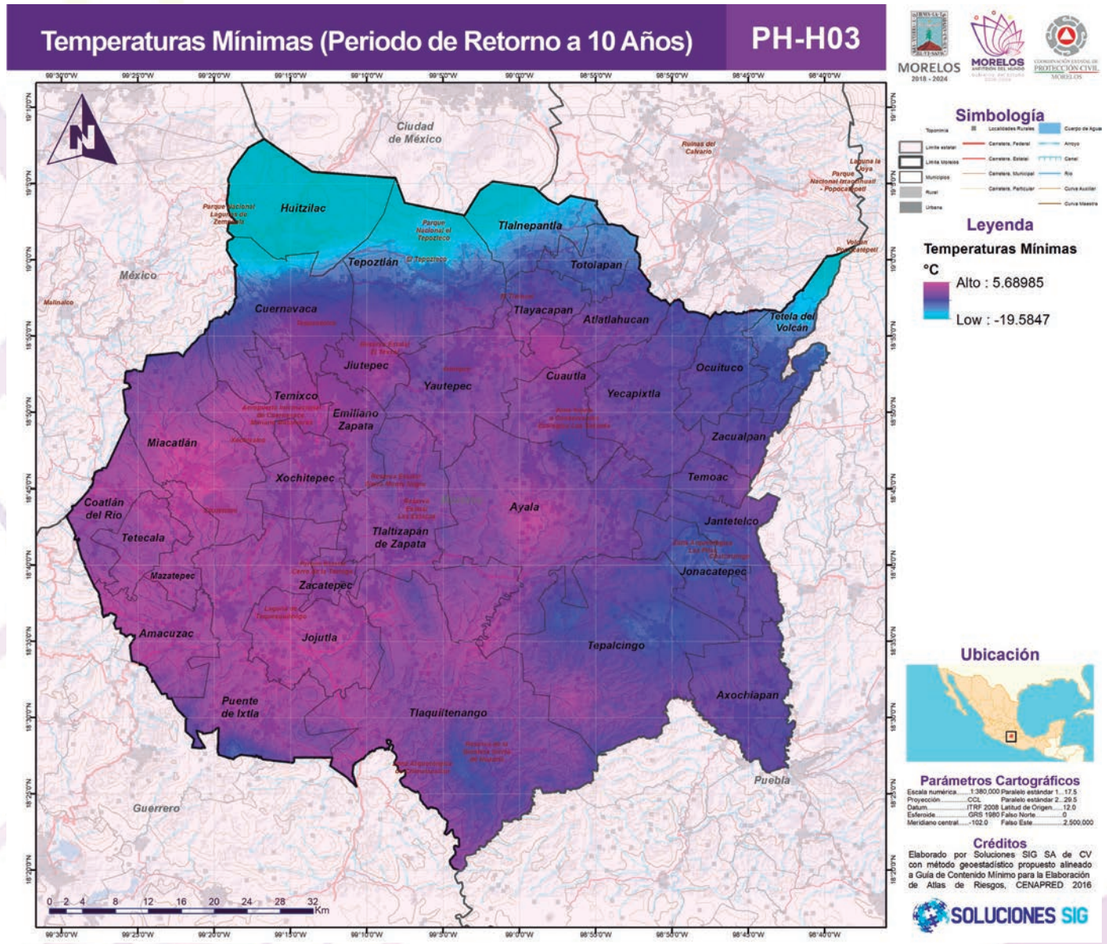
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Continuo de Elevaciones Mexicano CEM

Mapa 121 Temperaturas mínimas de fusión para un periodo de retorno a 5 años



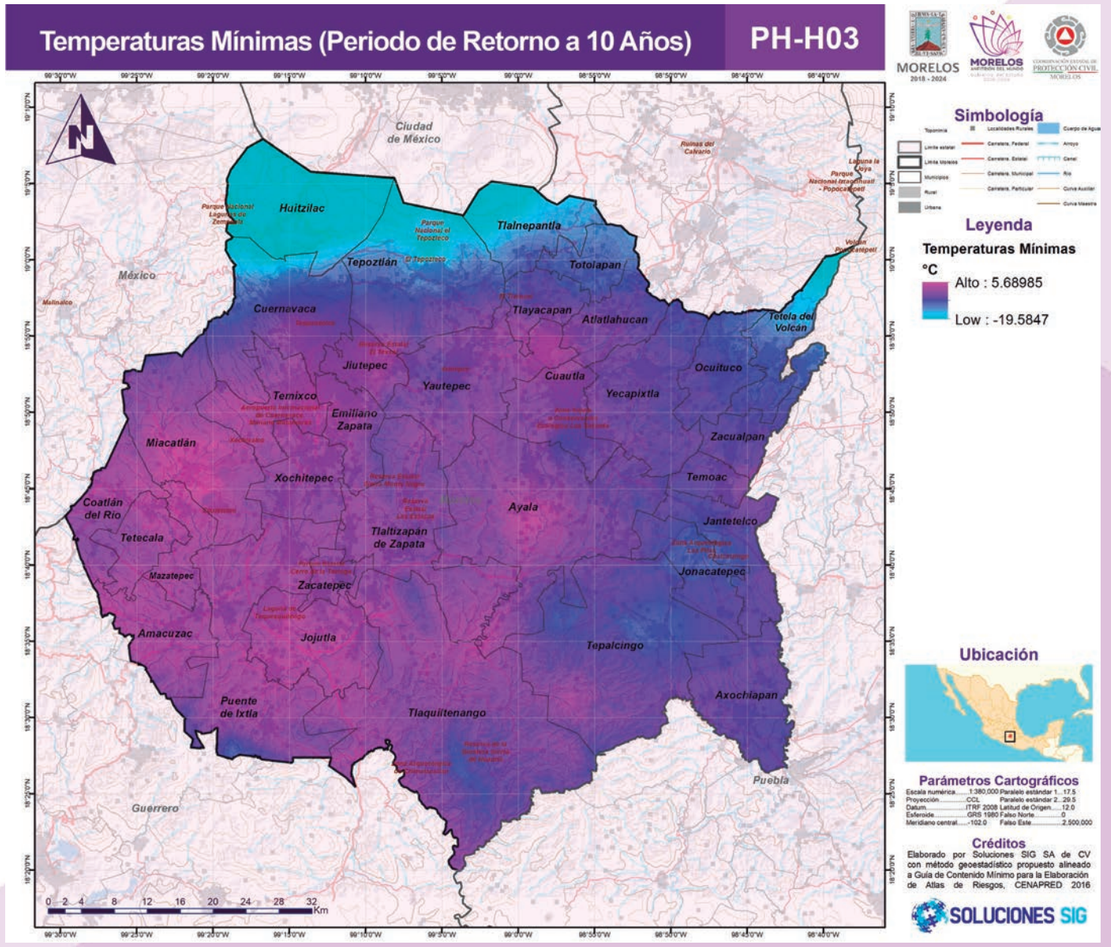
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 122 Temperaturas mínimas de fusión para un periodo de retorno a 10 años



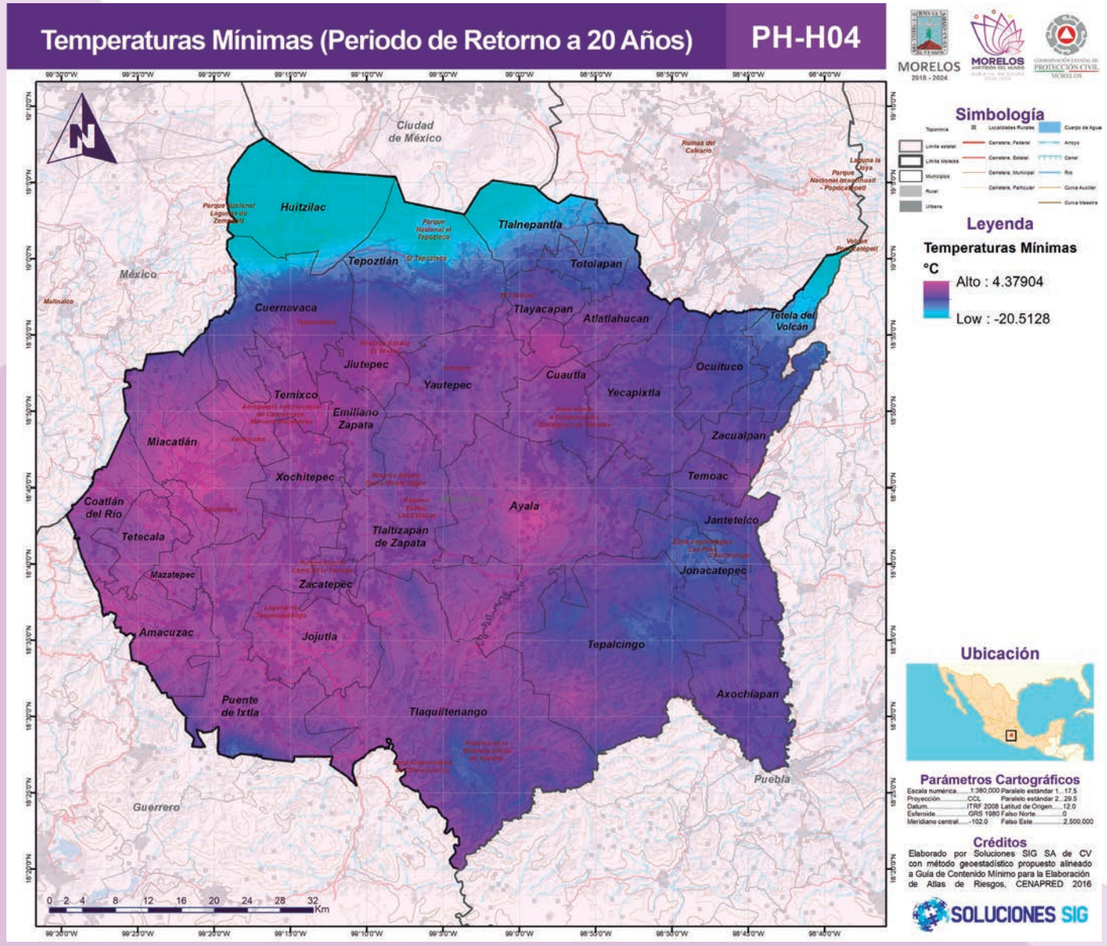
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 123 Temperaturas mínimas de fusión para un periodo de retorno a 20 años



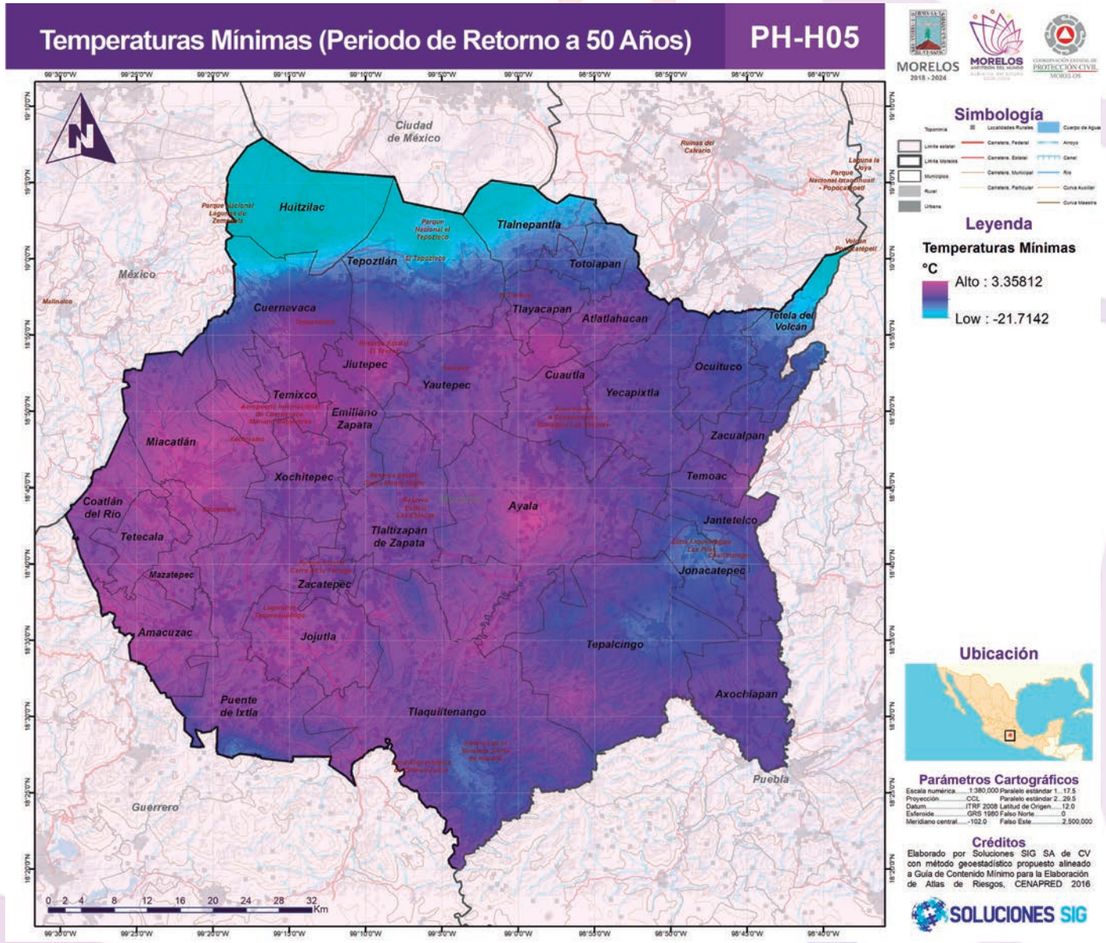
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 124 Temperaturas mínimas de fusión para un periodo de retorno a 50 años



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 125 Temperaturas mínimas de fusión para un periodo de retorno a 20 años



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Como puede observarse, se prevé que en un periodo de 5 años las temperaturas mínimas dentro del estado de Morelos oscilen entre los 7 y -18.6°C, disminuyendo a 5 y -19.5°C para un periodo de 10 años, alcanzando los 4 y -20.5°C en un periodo de 20 años y finalmente alcanzando los 3 a -21.7°C transcurridos los 50 años.

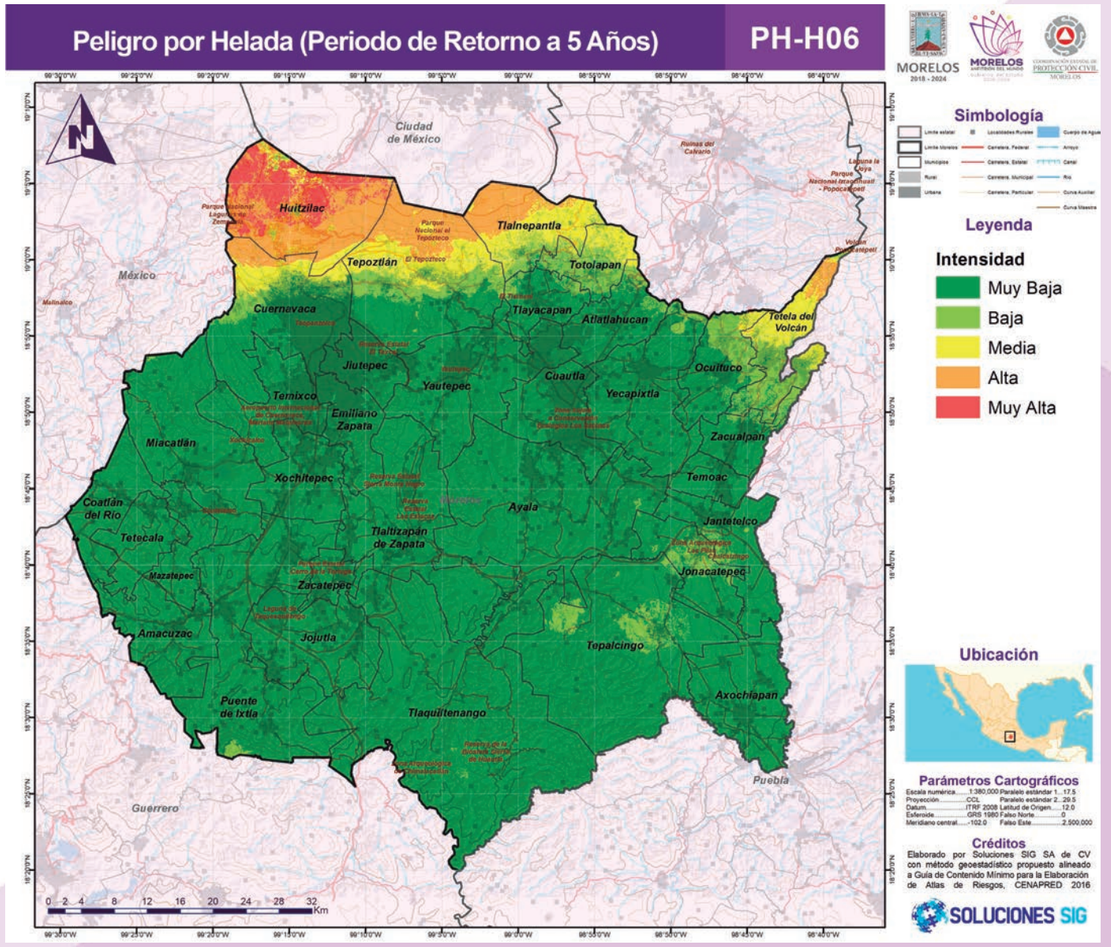
Resultados

Para la proyección de las heladas en los diferentes periodos de retorno, se integraron las temperaturas mínimas de fusión a 5, 10, 20 y 50 años con el sistema afectable identificado por el NVDI. Puesto que es importante considerar que el principal sistema expuesto a las heladas es la producción agrícola, es necesario identificar el estado actual de la vegetación e integrarlo a la modelación para definir las zonas con mayor propensión a ser afectables por el fenómeno.

Es así que, los mapas resultantes identifican las zonas donde las temperaturas mínimas junto con el gradiente térmico y el índice de vegetación diferencial normalizado inciden con mayor presencia en el territorio, siendo consecuentemente las de las de mayor susceptibilidad al fenómeno.

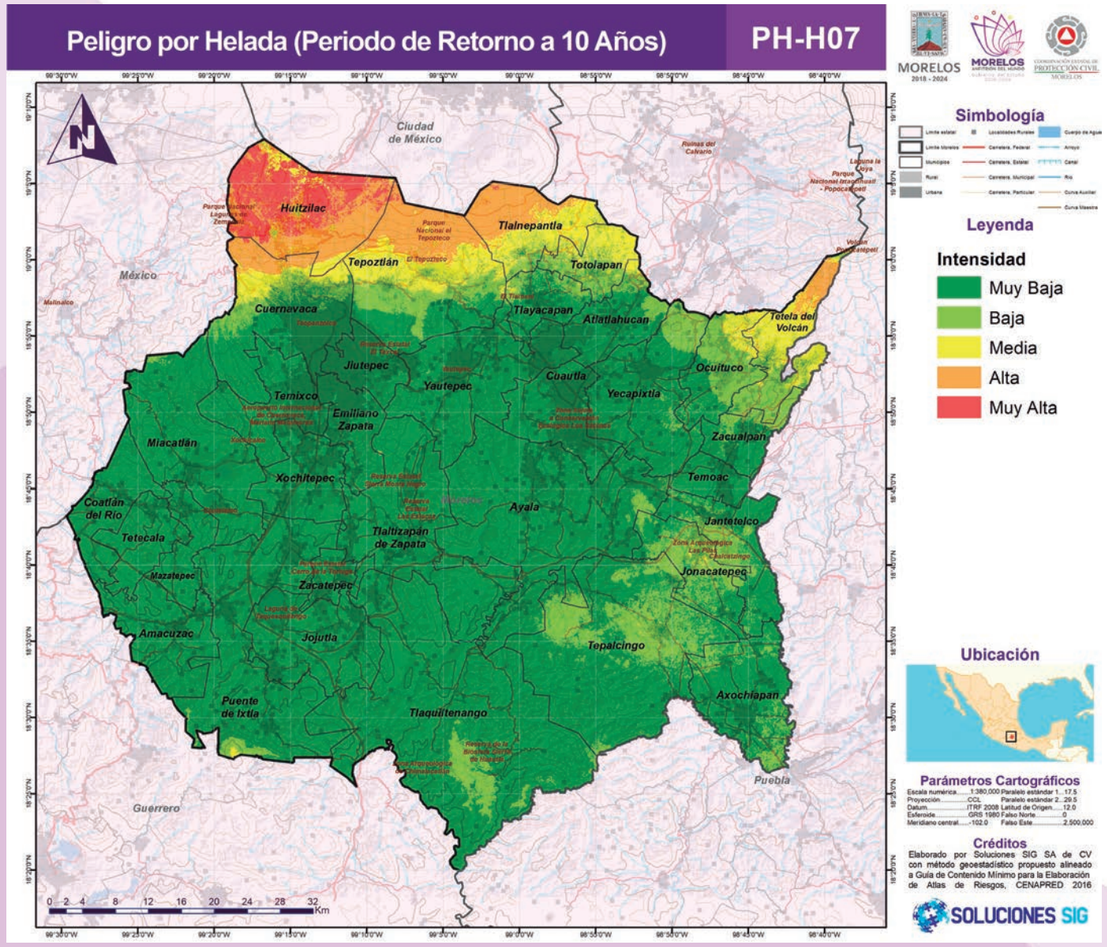
Como puede observarse en la siguiente serie de mapas el peligro por heladas aumenta de norte a sur y de este a oeste conforme incrementa el periodo de retorno estimado. Siendo evidente el nivel de intensidad muy alto en la zona altas del estado de Morelos, hacia el Ajusco, el Tepozteco y el Popocatépetl.

Mapa 126 Peligro por helada para un periodo de retorno a 5 años



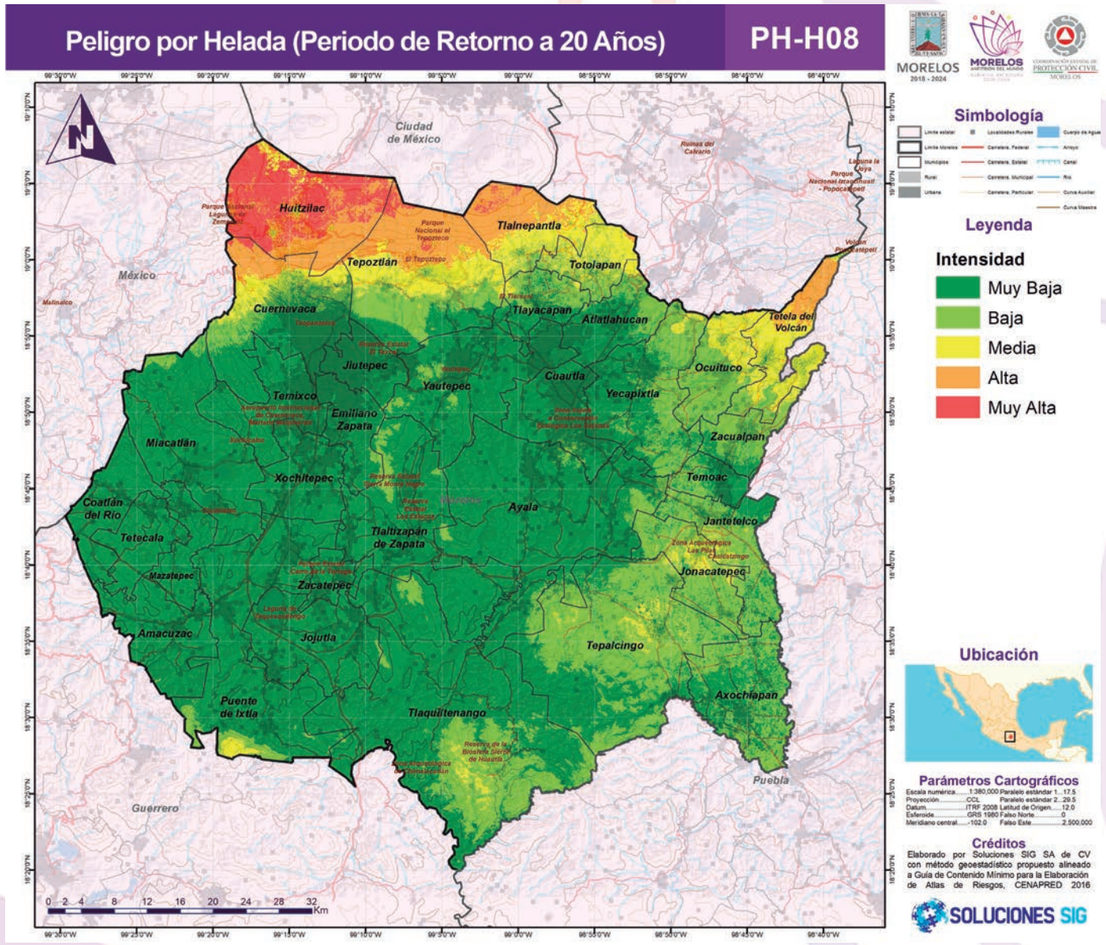
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 127 Peligro por helada para un periodo de retorno a 10 años



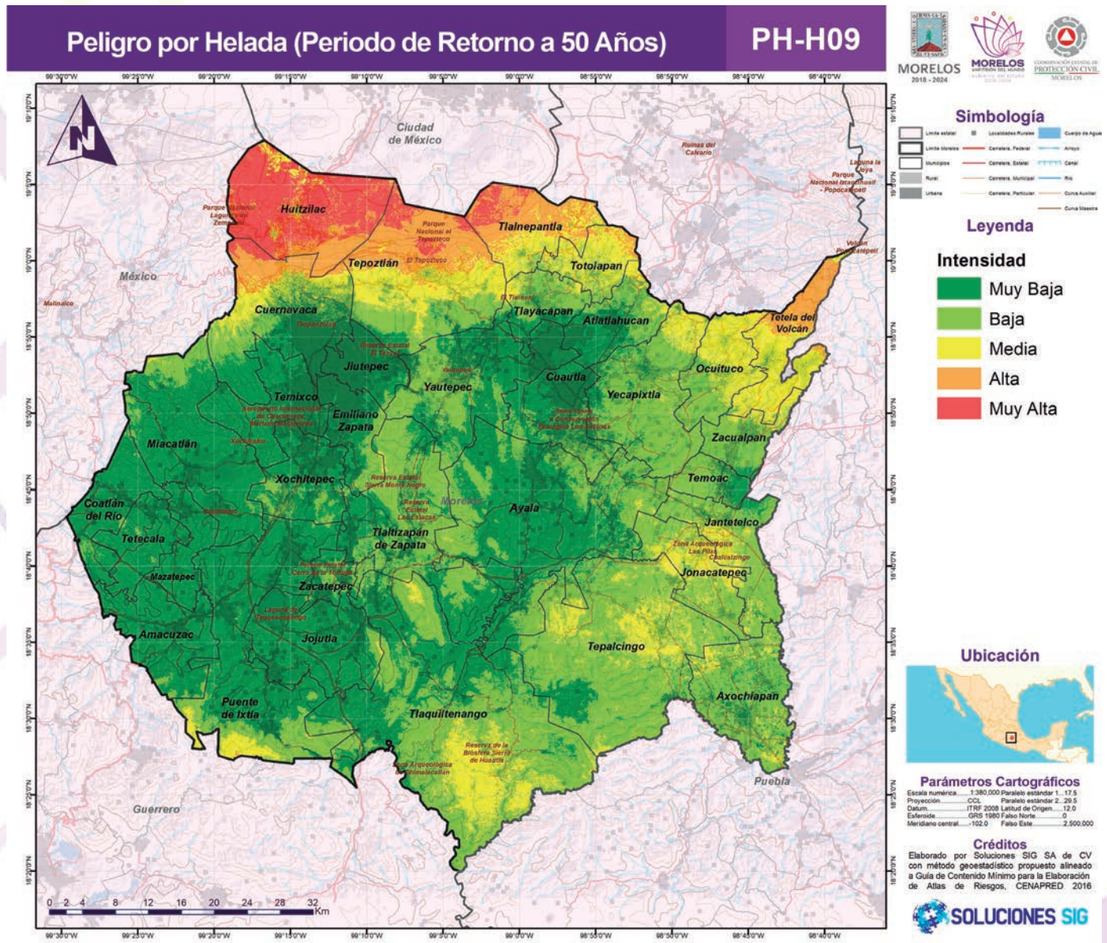
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 128 Peligro por helada para un periodo de retorno a 20 años



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

Mapa 129 Peligro por helada para un periodo de retorno a 50 años



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

9. Tornados y Vientos Fuertes

Antecedentes

El viento es el movimiento de aire presente en la superficie terrestre, cuyo desplazamiento es en su mayoría horizontal, originado por la diferencia de presión entre puntos de determinado territorio, lo que ocasiona una tendencia al equilibrio desplazando las masas de aire para rellenar las zonas de más baja presión. Conforme la diferencia de presión sea mayor la fuerza del viento aumenta. Existen corrientes ascendentes y descendentes, dicho movimiento es una magnitud vectorial con dirección y velocidad. (Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Gobierno de España, 2013)

La Coordinación Nacional de Protección Civil en el año 2017 dentro de las “Tertulias de Prevención de Desastres Cazatornados mexicanos y vientos huracanados” considera a los vientos fuertes como una problemática a atender debido a que dañan las edificaciones y/o viviendas de la población, pueden convertirse en tornados, por lo cual menciona la importancia de implementar acciones y medidas de prevención ante este tipo de fenómenos de origen natural. (Coordinación Nacional de Protección Civil/ CENAPRED, 2017).

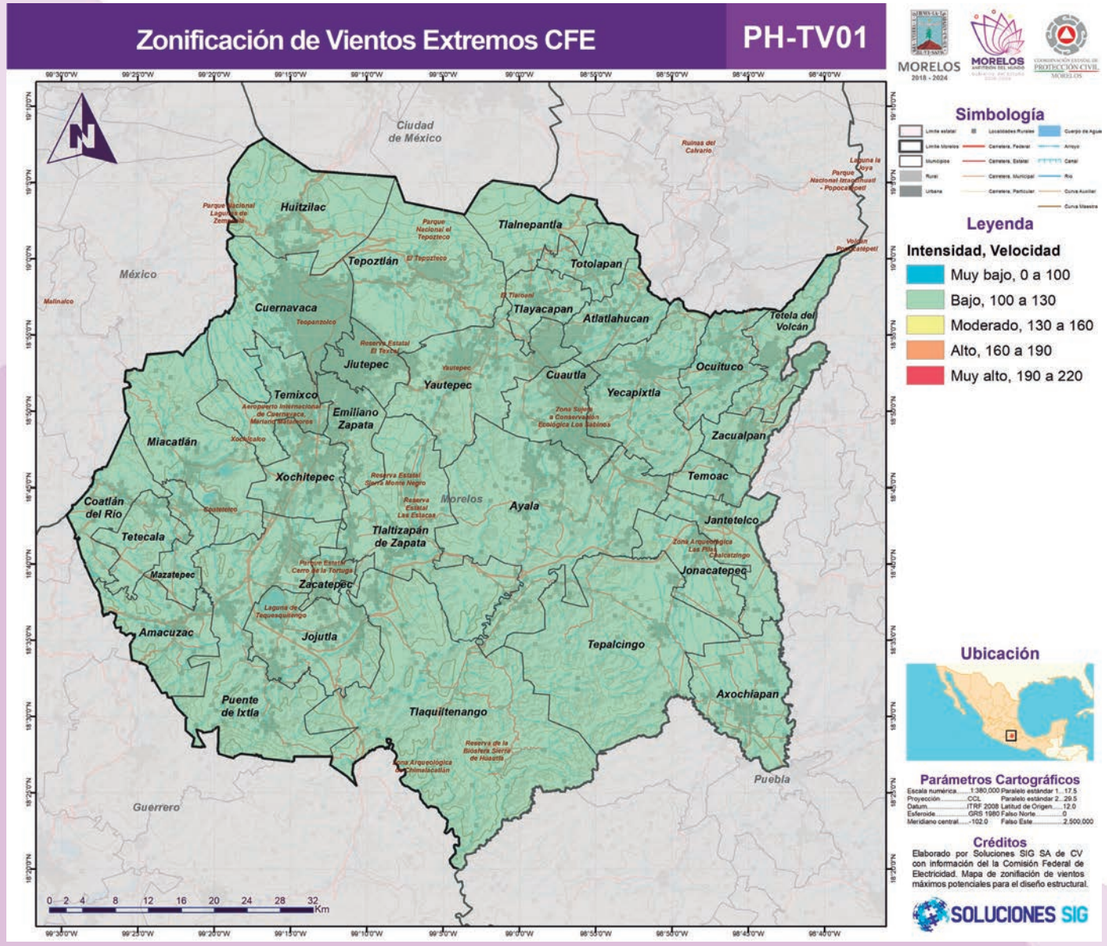
Un tornado es la perturbación atmosférica más violenta en forma de vórtice, el cual aparece en la base de una nube de tipo cumuliforme (CENAPRED, 2021).

Metodología

La cartografía expuesta en este apartado fue elaborada con información tomada de diversas instituciones como son: la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Global Wind Atlas, clasificando e integrando campos.

El mapa de zonificación eólica de la CFE identifica al estado de Morelos en una zona con intensidad de viento baja con una velocidad de viento de 100 a 130 km por hora, conforme a los cálculos elaborados para el diseño estructural. Si bien la intensidad es baja, la escala del mapa no permite la identificación de los efectos de sitio del viento a distintas alturas, un indicador necesario para conocer la intensidad del fenómeno y su acción sobre los sistemas expuestos estructurales.

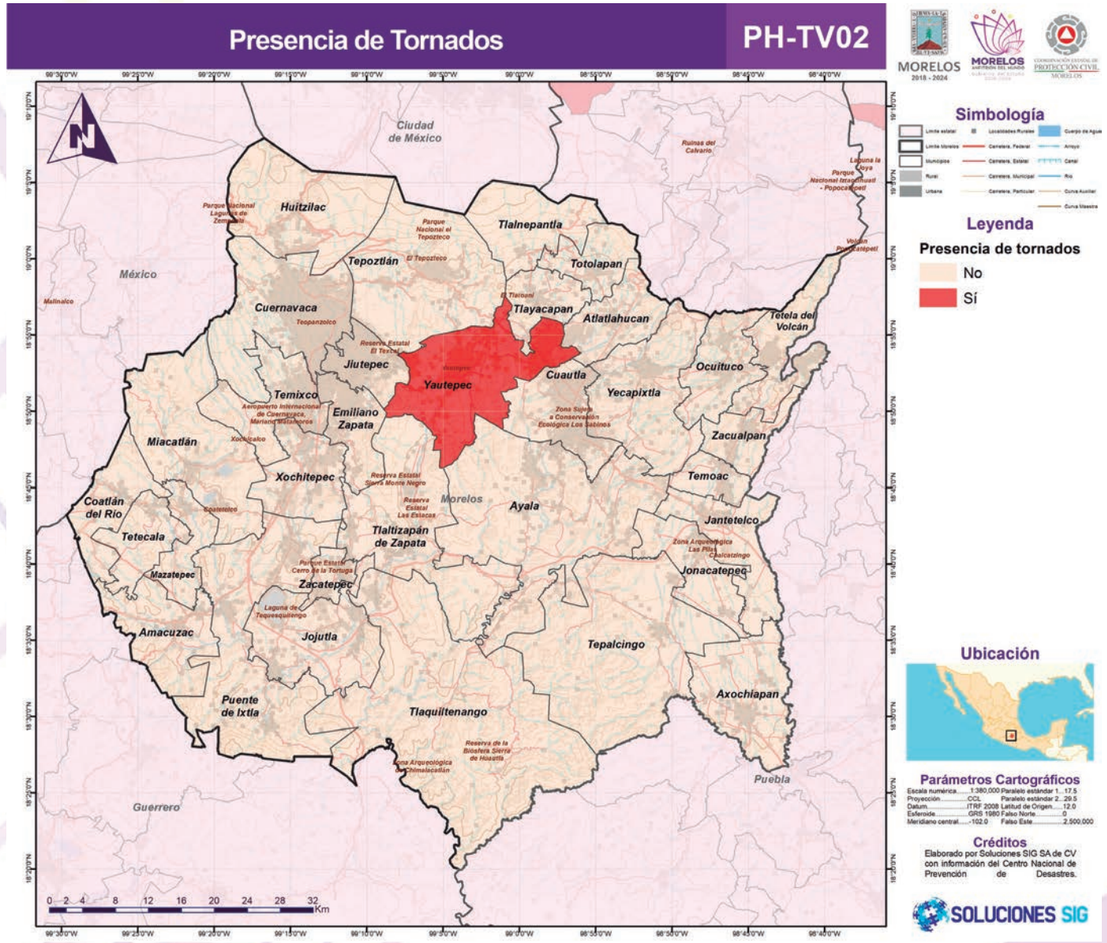
Mapa 130 Zonificación de vientos máximos potenciales para el diseño estructural



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV información de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Para el estado y según la escala de categorización de eventos meteorológicos de Fujita, una velocidad del viento de 64 a 116 km/hr podría desencadenar un tornado ligero, en donde el daño causado a los inmuebles y el medio implicaría algún daño en chimeneas, rotura de ramas en árboles o daños en señalamientos de tránsito y una velocidad de 116 a 180 km/hr implicaría un tornado moderado, causante de desprendimiento de la superficie de techos, desprendimiento de cimientos en edificación ligera y desplazamiento de autos. Acorde con lo anterior se muestra el siguiente mapa, en donde, según datos registrados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres, el estado de Morelos ha presenciado tornados con dichas características solo en el municipio de Yautepec.

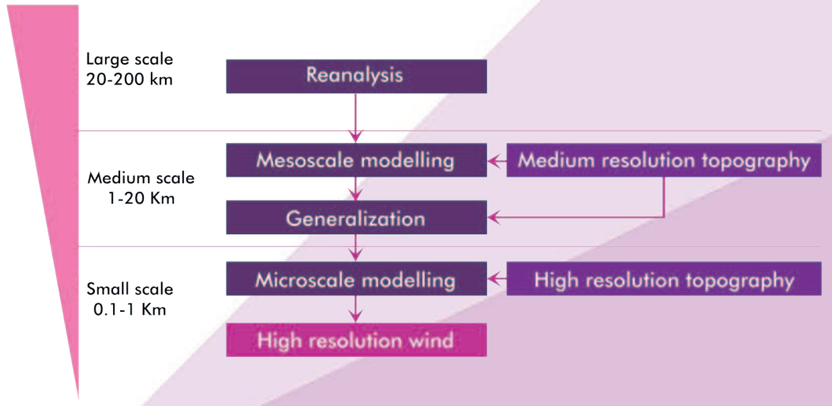
Mapa 131 Presencia de tornados



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV información del Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Posteriormente, para la identificación de los vientos observados a diferentes alturas se empleó la información del Global Wind Atlas, portal a nivel internacional gestionado por el gobierno danés y que se ha encargado de replicar su metodología para todo el mundo, generando información sobre velocidad del viento que se retroalimenta constantemente para la generación de mapas de velocidades medias en todo el mundo empleando datos históricos para 10 años y a través de un método de rescalamiento de la información que les permite llegar a un gran detalle considerando la topografía de cada territorio, considerando a la topografía como un factor definitorio en la generación de mapas de velocidades de viento en escalas pequeñas o inferiores.

Ilustración 30 Esquema metodológico de Global Wind Atlas.

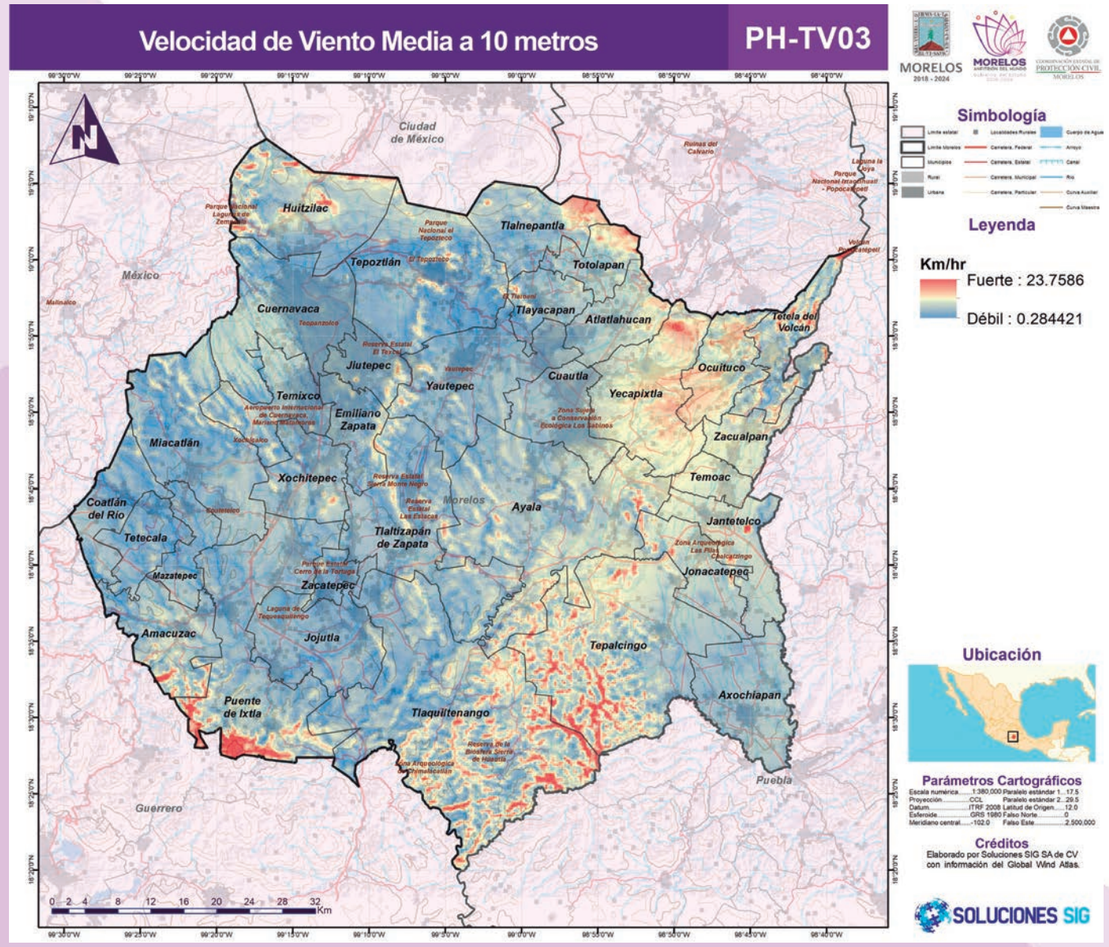


Fuente: Global Wind Atlas.

Resultados

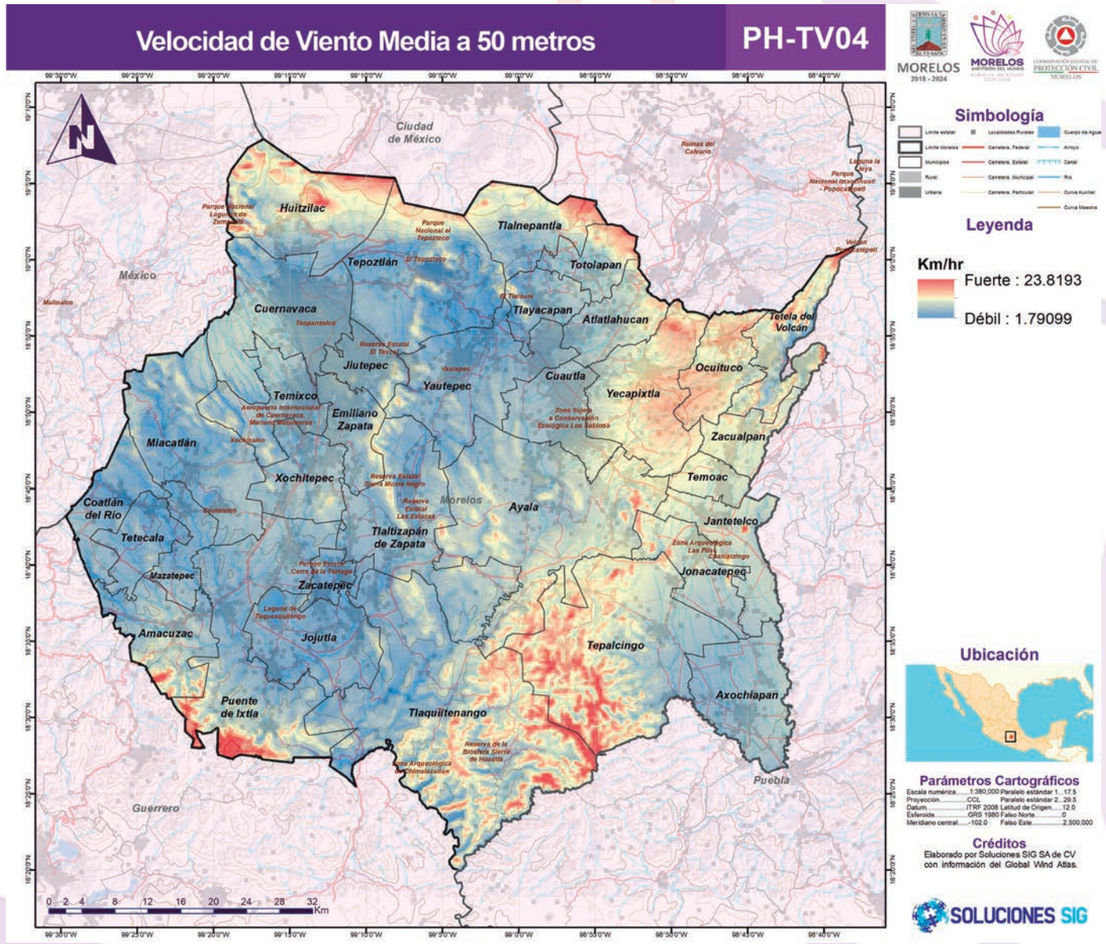
Los mapas de Velocidad de viento a 10, 50 y 100 metros identifican las mayores intensidades del viento en los municipios de Huitzilac, Tepoztlán, Tlalnepantla, Totolapan, Atlatlahucan, Tetela del Volcán, Ocuituco, Tepalcingo, Tlaquiltenango, Puente de Ixtla y Amacuzac. Estas velocidades de viento tienen diferente intensidad conforme a la altura en que son analizadas, siendo la velocidad de viento a 10 metros, el valor de intensidad que mayor relevancia tiene respecto a la planeación y supervisión de infraestructuras expuestas; según el mapa, es en este caso donde la velocidad del viento alcanza los 23.75 kilómetros por hora.

Mapa 132 Velocidad del Viento a 10 m



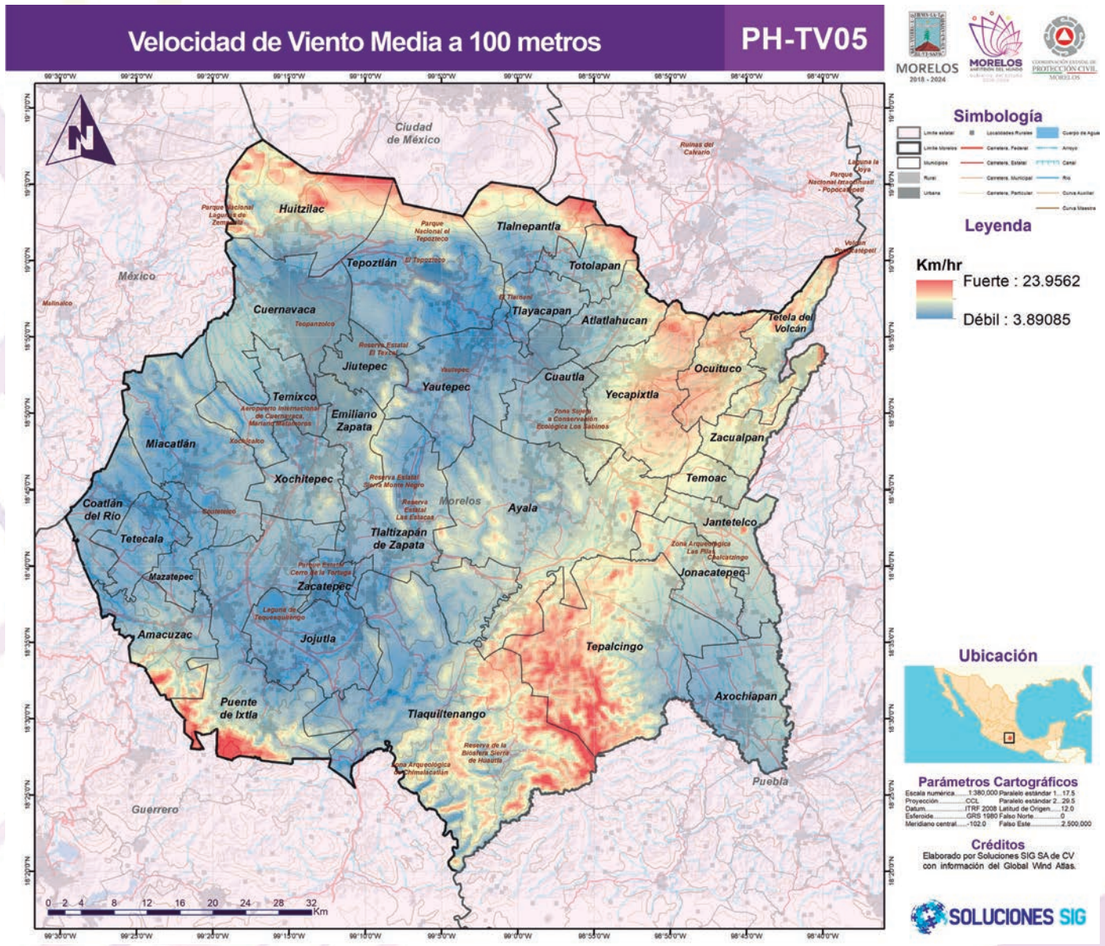
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Global Wind Atlas.

Mapa 133 Velocidad del Viento a 50 m



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Global Wind Atlas.

Mapa 134 Velocidad del Viento a 100 m



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Global Wind Atlas.

C. QUÍMICO-TECNOLÓGICO

De acuerdo con el Sistema Nacional de Protección Civil, se consideran dentro de los Químico – Tecnológicos, los agentes perturbadores que se generan por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear, los fenómenos son diversos y destructivos tales como: incendios, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames.

Por sus características son de gran relevancia, ya que tienen un amplio potencial de causar daños y el costo ambiental, social y económico es elevado, pero afortunadamente, su incidencia es baja. Cabe destacar que la prevención para estos fenómenos resulta clave.

Tomando en cuenta lo anterior, en los siguientes apartados analizaremos la vulnerabilidad, peligro y riesgo de los sistemas expuestos en el estado, en las modalidades de Almacenamiento de sustancias peligrosas, Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas y Transporte por ductos.

Debido a la complejidad de su manejo, distintos organismos oficiales regulan a las sustancias químicas peligrosas. La NOM-018-STPS-2000 Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas es el cuerpo jurídico que clasifica que sustancias químicas se consideran peligrosas. Asimismo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), ha expedido dos listados donde se relacionan actividades económicas con el manejo de sustancias peligrosas denominadas: Listados de actividades altamente riesgosas, que en su mayoría se tratan de actividades relacionadas con procesos industriales.

Ya en tema de prevención, se denomina cantidad de reporte a la cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o en total, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes. El CENAPRED ha generado los sistemas de información: Programas para la Prevención de Accidentes (PPAs) y los Estudios de Riesgo (ERAs) presentados por las industrias consideradas de alto riesgo para integrar la base de datos de Materiales Químicos (MAQUIM). De acuerdo a estos sistemas de información, el 90.5% pertenecen a la industria química, farmacéutica y gasera mientras que el restante está dedicado a la industria petrolera y petroquímica, de energía y de transporte aéreo (Arcos e Izcapa, 2003).

Por último, el CENAPRED en conjunto con la Coordinación Nacional de Protección Civil de México, determinaron las actividades e instalaciones que deberán incluirse en los Atlas de Peligro y Riesgo, destacando algunas normativas (principalmente en materia de hidrocarburos) tales como la Norma Oficial Mexicana NOM-013-SECRE-2012

“Terminales de almacenamiento de gas natural licuado” y actividades de instalación con uso de suelo correspondiente a comercio e industria, consideradas zonas de riesgo medio y alto, debido a la presencia de sustancias y materiales peligrosos que se encuentren indicadas en las disposiciones legales emitidas por los estados y municipios correspondientes.
Los fenómenos químico-tecnológicos tienen su origen en la actividad humana relacionada con las sustancias químicas peligrosas, por lo cual pertenecen a los llamados fenómenos antropogénicos; son eventos que se generan por la reacción violenta de diferentes sustancias químicas, que pasan a ser muy inestables por su interacción molecular o nuclear. Estos tipos de fenómenos se encuentran íntimamente ligados al desarrollo industrial tecnológico, el uso de diversas formas de energía y al complejo manejo, utilización y control de las mismas.

Por otro lado de acuerdo a la fracción XXV del artículo 2º de la Ley General de Protección Civil (LGPC) un fenómeno Químico-Tecnológico es un: “Agente perturbador que se genera por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Comprende fenómenos destructivos tales como: incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames” (LGPC, 2014).

1. Almacenamiento de sustancias peligrosas

Antecedentes

Con el proceso de industrialización en todos los países, el almacenamiento, distribución y manejo de grandes volúmenes de diferentes sustancias químicas (algunas de ellas demasiado peligrosas), han estado presentes en los grandes desastres tecnológicos; en su gran mayoría por la falta de mantenimiento de los equipos utilizados o por una serie de errores humanos, por lo que existe el riesgo potencial de que ocurra algún accidente; y como consecuencia una liberación no controlada o la presencia de un incendio o explosión que pueda dañar a la población, al ambiente o a las propiedades del lugar (CENAPRED, 2007).

El transporte de sustancias químicas en México se lleva a cabo por vía carretera, ferroviaria y marítima, este proceso implica riesgos tanto para quien realiza el transporte como para la población y ambientes colindantes. Dentro del marco legal que regula el transporte terrestre y ductos para materiales y residuos peligrosos existen diversas disposiciones para disminuir el peligro y los riesgos en la realización de esta actividad.

En el Estado de Morelos específicamente han ocurrido fenómenos químico-tecnológicos relacionados al almacenamiento, transporte, uso y manejo de sustancias químicas.

Así pues, debido a la peligrosidad en el manejo de las sustancias químicas, es necesario adoptar una serie de precauciones básicas al diseñar el área de almacenamiento y manejo de las mismas, para evitar que se produzcan incendios, fugas, explosiones, las mismas que la industria lleva a cabo para operar de manera segura y eficiente.

Los municipios que están expuestos a mayores peligros por la cantidad de sustancias químicas que en ellos se almacenan y transportan, y que a su vez tienen una alta probabilidad de la presencia de algún fenómeno químico-tecnológico.

Metodología

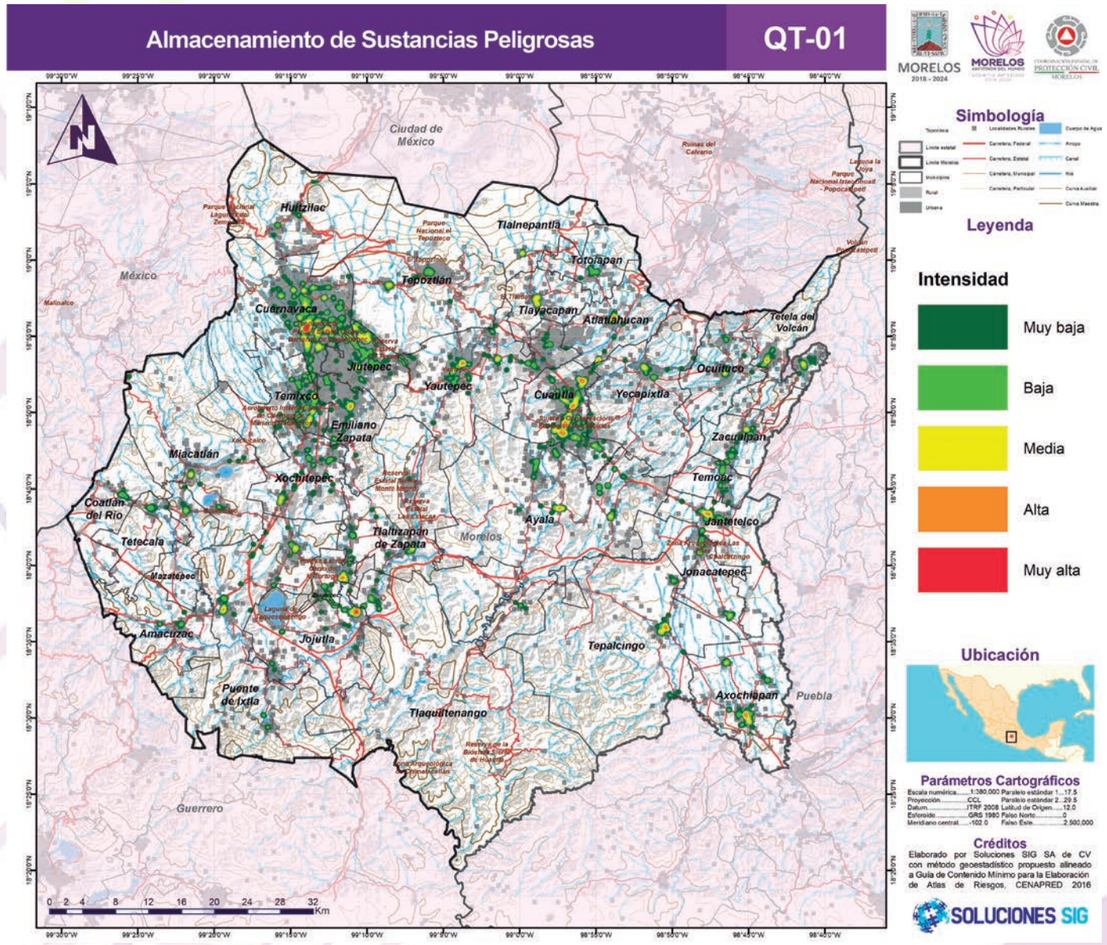
Para la evaluación del fenómeno de almacenamiento de sustancias peligrosas con respecto al Estado de Morelos se trabajará el nivel de análisis 2, en cual indica la identificación y ubicación de las instalaciones actuales dentro del estado, así como zonificación de peligro conforme a las características del material. Esto conforme a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas Nacional de Riesgos, publicado por el Diario Oficial de la Federación de fecha 8 de noviembre de 2016.

1. Con base en el listado elaborado por el CENAPRED fueron consideradas las actividades industriales y comerciales con presencia de sustancias peligrosas y su nivel de exposición. Cabe mencionarse que, la identificación cartográfica de las Estaciones de Servicio y Estaciones de Carburación actuales (gasolineras y gaseras) y/o en proceso constructivo; así como la identificación de capacidad de almacenamiento. se realizó mediante información del directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) y recorridos de campo.

2. Utilización del software ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) de modelación1 de la EPA (Envirornen tal Protection Agency de los Estados Unidos), el cual tiene integrado un modelo gaussiano para predecir la dispersión de la sustancia objeto de estudio, que describe el transporte y la mezcla de las sustancias en el aire y es la aproximación computarizada más aceptada para calcular la concentración de contaminantes en un punto determinado, para que estas modelaciones den como resultado los radios máximos de afectación probable, creando un escenario crítico de las situaciones de riesgo.

Al identificar qué tipo de actividades se desarrollan, su ubicación y lo más importante, la distancia entre cada una de ellas es posible determinar las zonas con mayor probabilidad de presentar un accidente por almacenamiento de sustancias peligrosas. Para identificar la proximidad entre dichos giros se empleó la herramienta de distancia euclidiana, la cual realiza un cálculo entre nodos de distancias ordinarias por medio del Teorema de Pitágoras; el resultado implica que a menor distancia entre cada giro el riego será mayor. Es importante mencionar que, para el presente estudio se tomaron en cuenta las gasolineras y gaseras existentes dentro del área de estudio, puesto que son los principales y más comunes centros de almacenaje de sustancias peligrosas (específicamente hidrocarburos).

Mapa 135 Almacenamiento de Sustancias Peligrosas



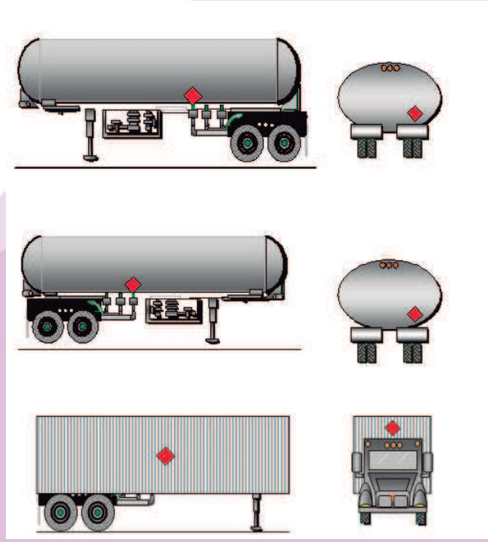
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016

2. Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas

Antecedentes

Como resultado de los trabajos derivados del Tratado de Libre Comercio entre México, Estados Unidos y Canadá, se destacó que cada una de las partes utilizaría como base para sus propias medidas, relativas a normalización, las Normas Internacionales pertinentes o de adopción inminente. En lo que a transporte de materiales peligrosos se refiere, se tomó como fundamento las recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) u otras Normas que las partes acuerden. En el caso particular de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SCT-2008 “Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos” la misma se basó en la Regulación Modelo para el Transporte de Mercancías Peligrosas, la cual es actualizada periódicamente por el Comité de Expertos de Transporte de Mercancías Peligrosas de dicha Organización, así como el Sistema Mundialmente Armonizado para la Clasificación y Etiquetado de Químicos (SGA) , lineamientos emitidos también por la ONU (Transportes, 2008).

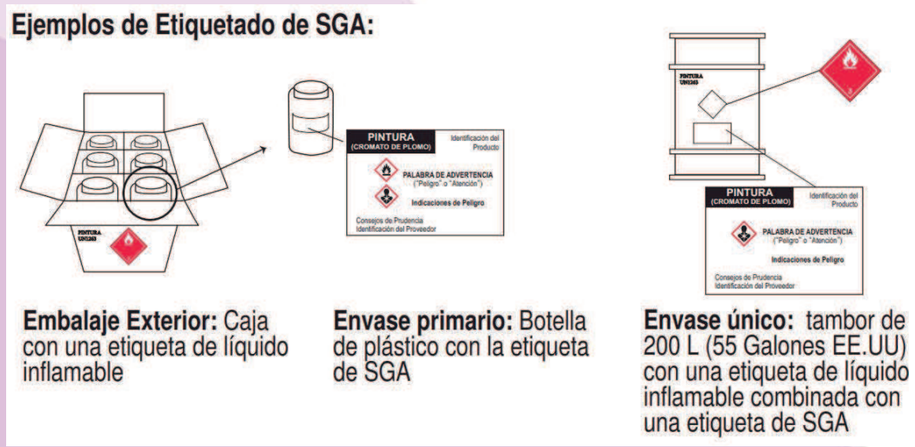
Figura 2. Ubicación del cartel de identificación de sustancias, materiales o residuos peligrosos conforma a la NOM-004-SCT-2008.



Fuente: NOM-004-SCT-2008 Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos”

Cuando se presenta un accidente químico en el que se libera una sustancia peligrosa al ambiente ya sea durante su transporte, el accidente puede manejarse más rápidamente y mejor cuando la sustancia involucrada está debidamente identificada y caracterizada. El contar con un sistema de clasificación de sustancias es importante y necesario, ya que proporciona información de manera inmediata sobre los peligros que representa una sustancia en caso de un accidente, permitiendo reaccionar ante la emergencia de forma adecuada y segura (Arcos Serrano & Izcapa Treviño, 2003).

Ilustración 31. Ejemplos de la ubicación del etiquetado conforma a la SGA para materiales peligrosos.



Fuente: Guía de Respuesta en caso de emergencia, CENAPRED, 2016.

El informante describió un accidente de una unidad de transporte de Hidrógeno en la Carretera 57, sin embargo, no se pudo constatar esto en ninguna fuente hemerográfica.

Metodología

Lineamientos basados en la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Peligros y Riesgos de CENAPRED (2016), donde de acuerdo a la disponibilidad de información del estado se generaron Escenarios de Riesgo de Aislamiento Mínimo, Derrame e Incendios.

Se retoma la información de las Cartas Topográficas de INEGI, serie III, escala 1:50 000 respecto a las vías de comunicación y asentamientos humanos del estado en comento. Asimismo, para determinar la vulnerabilidad de las personas y densidad poblacional e industrial por el transporte de sustancias peligrosas respecto a las vías de comunicación terrestres que cruzan el estado, se ejemplificarán los casos de evacuación ante acción inmediata, derrames e incendios conforme a la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia (2016) del CENAPRED. Para el desarrollo del presente Atlas se determinarán las distancias de transporte de las sustancias relacionadas con combustibles:

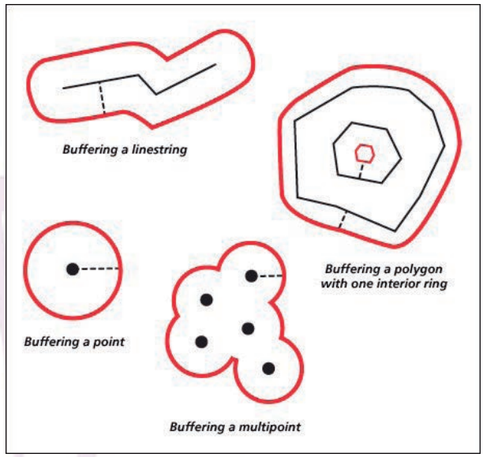
Tabla 56. Distancias de evacuación derivado de derrames e incendios de las sustancias combustibles más comerciales

Combustible	Acción Inmediata de precaución (aislamiento mínimo)	Derrame	Incendio
Gas Natural	100 m	800 m	1,600 m
Gas L.P.	100 m	800 m	1, 600 m
Gasolina	50 m	300 m	800 m
Diésel	50 m	300 m	800 m

Fuente: Guía de Respuesta en Caso de Emergencia (2016) del CENAPRED.

Para la generación cartográfica de estas distancias se calcula por medio de “buffers” o “zonas de influencia” que delimitan perímetros a ciertas distancias alrededor del eje central del trayecto determinado:

Figura 3. Ejemplos para la generación de las zonas de influencia para cada tipo de perímetro.

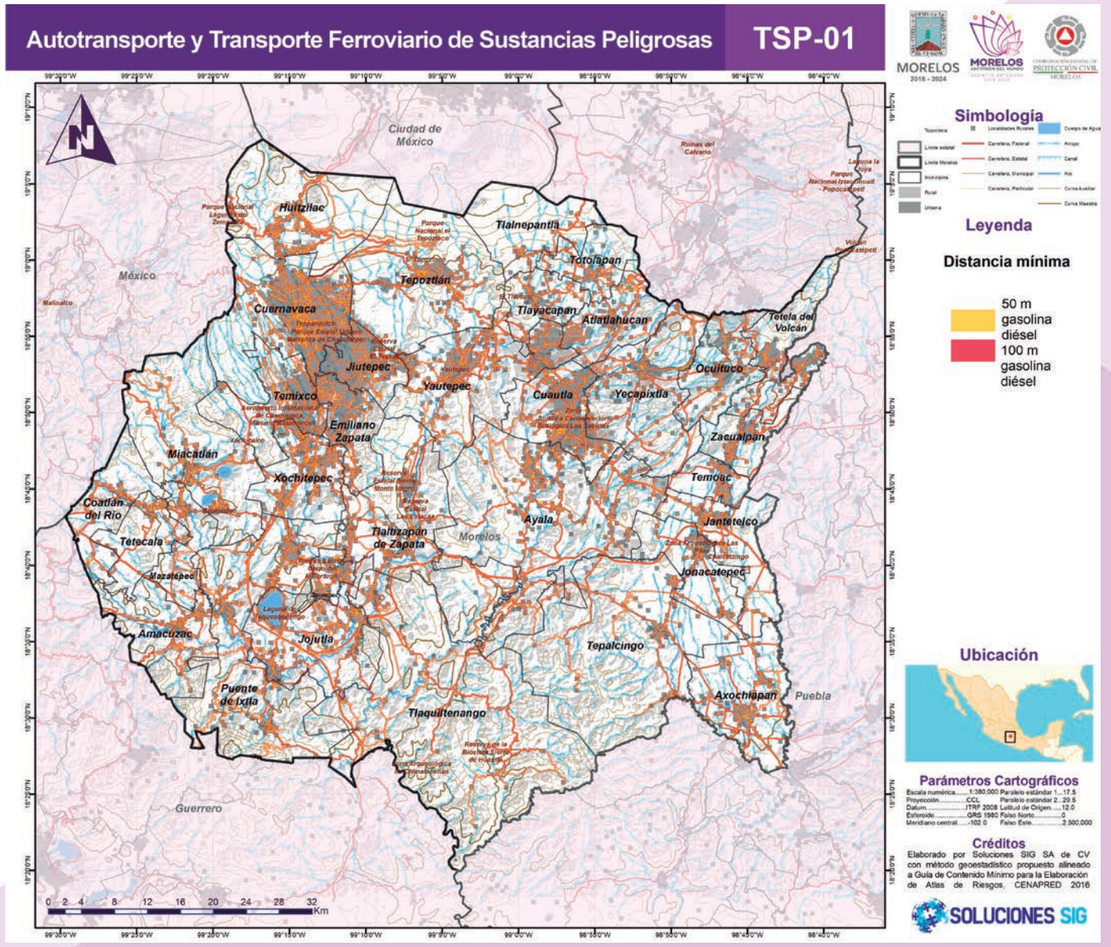


Fuente: Spatial Operations functions for ST Geometry, ArcGis Desktop.

Resultados

Se realizó cartografía para los tres escenarios posibles conforme a la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia (2016) del CENAPRED para transporte de Gas Natural, Gas L.P., Gasolina y Diesel los cuales son: Acción inmediata de precaución, Derrame e Incendio:

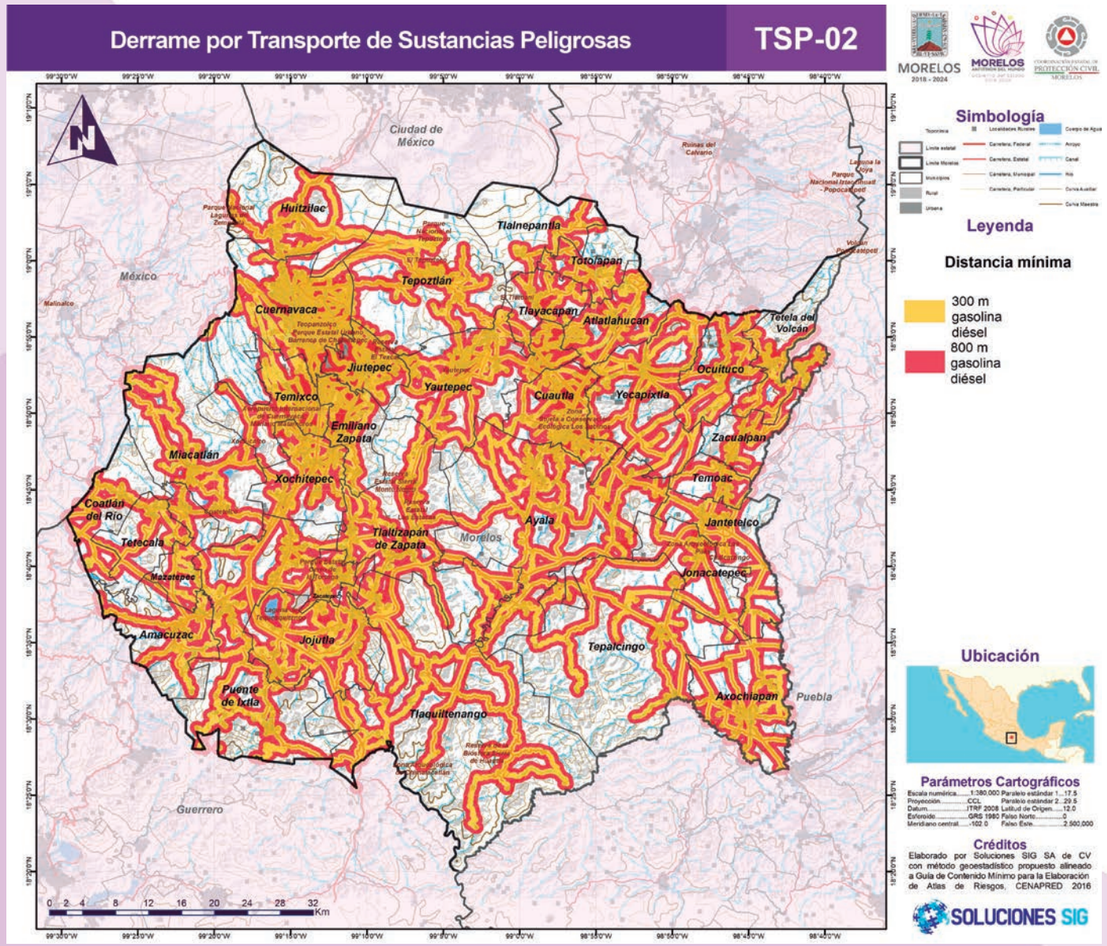
Mapa 136Transporte Ferroviario de Sustancias Peligrosas-Acción Inmediata de Precaución



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016

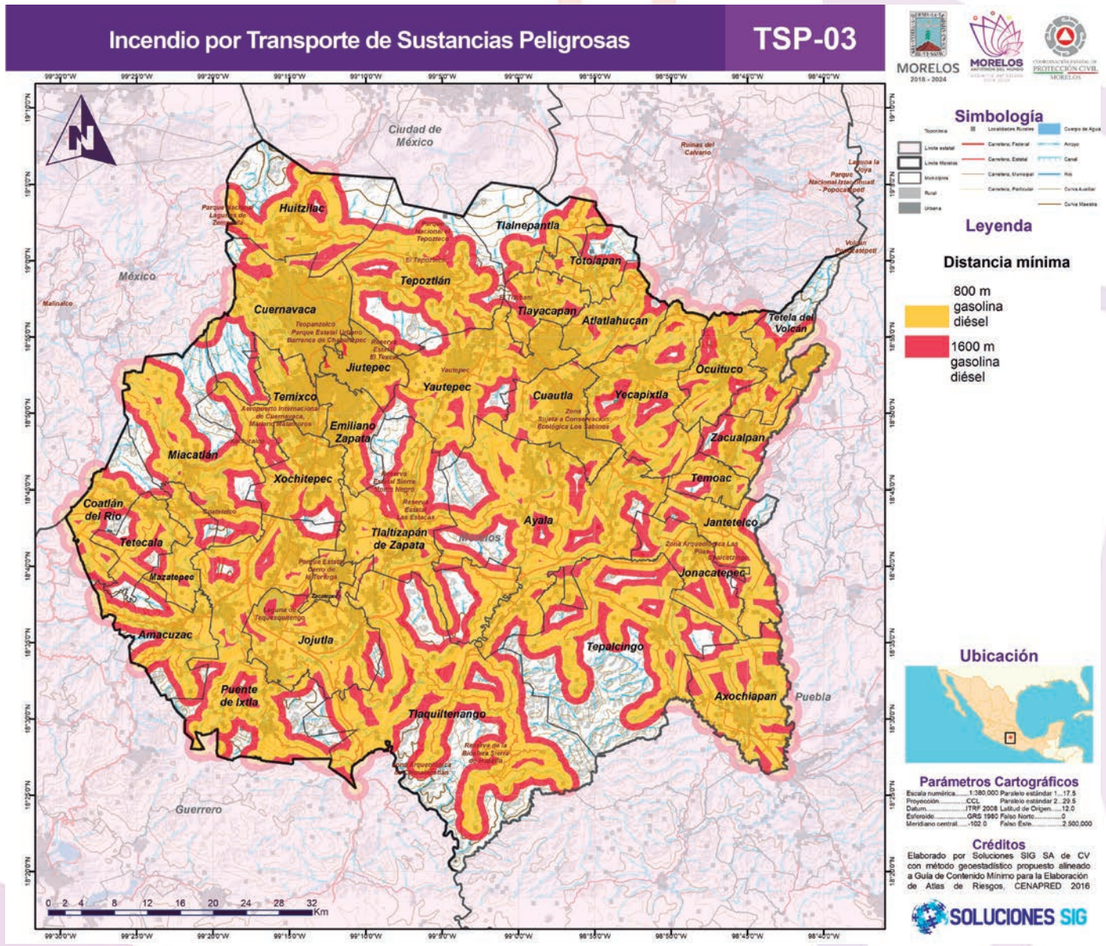
Como se puede destacar los mapas relacionados con las áreas de riesgos por derrames e incendios, las zonas más peligrosas abarcan la mayoría de la superficie total del estado o en caso de incendio, su totalidad, por lo que el manejo de cualquiera de cualquiera de estas sustancias sobre calles, caminos, carreteras o la vía férrea podrían ocasionar daño a toda la población del estado.

Mapa 137 Transporte Ferroviario de Sustancias Peligrosas-Derrame



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016

Mapa 138 Transporte Ferroviario de Sustancias Peligrosas-Incendio



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con método Geoestadístico propuesto alineado a Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016

3. Transporte por ductos

Antecedentes

Se entiende por ductos o tuberías de sustancias peligrosas a los sistemas de transporte y a los sistemas de distribución de hidrocarburos, así como a los ductos de transporten otras sustancias peligrosas. En estos sistemas se transportan sustancias en estado líquido o gaseoso, por ejemplo: gas natural, gas licuado de petróleo, amoniaco, petróleo crudo, combustóleo, entre otras.

El transporte por ductos o tuberías de sustancias peligrosas se realiza de acuerdo con las disposiciones de la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y de la Agencia de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA). En el caso de Petróleos Mexicanos (PEMEX) se aplica adicionalmente normatividad propia. Cabe mencionar que la infraestructura existente de transporte, almacenamiento y distribución es de suma importancia para conectar los puntos de origen con las zonas de consumo final de petrolíferos. En el Sur del territorio se localiza la planta termoeléctrica de ciclo combinado Huexca y una parte del proyecto Gasoducto de Morelos con una capacidad total de 337 MMPCD, 30 pulgadas de diámetro y longitud total de 171 km, con una presión de 94.09 Kilopascales, según datos reportados en campo. Situación que es un eminente riesgo para la población aledaña, donde es recomendable contar con las medidas de seguridad respectivas marcadas en infraestructura de este tipo y de no ser así no desarrollar asentamientos humanos, ya que el conflicto social que la falta de mantenimiento o el mal funcionamiento derivado de ellas puede ocasionar grandes afectaciones a la población y al medio natural.

Metodología

Tal y como lo remarca el Anexo 21 la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, el transporte de hidrocarburos por medio de ductos debe de estar identificado por medio de colores para su seguridad dando cumplimiento a las Normas NRF-009-PEMEX-2012, NRF-030-PEMEX-2009, NOM-003-SECRE-2011, NOM-EM-004-SECRE-2014 y NOM-026-STP-2008. Asimismo, para determinar las distancias de seguridad con respecto al transporte de hidrocarburos por medio ductos se deben cumplir las siguientes distancias:

Tabla 57. Distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos

Diámetro, en pulgadas	Área detrampas de diablos	GASODUCTOS		Oleoductos y gasolinaductos	GASODUCTOS	
		100 > P > 80 kg/cm^2	80 > P > 50 kg/cm^2		50 > P > 15 kg/cm^2	P < 15 kg/cm^2
48	250m	200m	150m	150m	100m	50m
36	250m	200m	150m	150m	100m	50m
30	250m	200m	150m	150m	100m	50m
24	200m	150m	150m	100m	100m	50m
20	200m	150m	100m	100m	100m	50m
18	150m	100m	100m	100m	75m	35m
16	150m	100m	100m	100m	75m	35m
14	150m	100m	75m	75m	75m	35m
12	150m	100m	75m	75m	75m	35m
10	100m	75m	75m	75m	50m	35m
8	100m	75m	75m	50m	50m	35m
6	25m	75m	75m	50m	35m	35m
4	25m	50m	50m	35m	35m	35m
3	50m	35m	35m	35m	35m	35m
2	35m	35m	35m	35m	35m	35m

Fuente: Guía de contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED, 2016.

Conforme las características del gasoducto, según estas distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos marcadas por el CENAPRED, esta infraestructura corresponde a unos 200 m, por lo que 7.4 Km del gasoducto se encuentra sobre la zona de inseguridad del territorio, lo que marca un peligro asociado a los fenómenos Químico-Tecnológicos.

Resultados

La Comisión Nacional recibió diversos escritos de queja con motivo de los hechos señalados por presuntas violaciones a los derechos humanos de pobladores de los estados de Morelos, Puebla y Tlaxcala derivado del Proyecto Integral Morelos (PIM) las relativas que Yecapixtla se suscitaron en Huexca el 24, 26, 29 de octubre, 2, 12 noviembre de 2012 y fueron las siguientes: Inconformidad por construcción del PIM, actos de amedrentamiento y agresiones y el señalar omisiones del Estado de Morelos en relación con los derechos a la participación, información y consulta de las comunidades afectadas por el PIM. En 2015 en otros municipios de San Pedro Apatlaco y de Ayala, Morelos manifiestan inconformidades del Proyecto Integral Morelos y solicitan medidas para garantizar los derechos de la comunidad (CNDH, SEMARNAT, CFE, CDI, 2018).

En este texto digno de mención es que el 14 de octubre de 2011, concluido el plazo de la Evaluación Ambiental, la SEMARNAT emitió el resolutivo de impacto ambiental S.G.P.A./DGIRA/DG/7921, autorizando el proyecto de manera condicionada, identificado con la denominación “264 CC Centro referente a la construcción y operación de las Centrales Termoeléctricas y el Acueducto en el

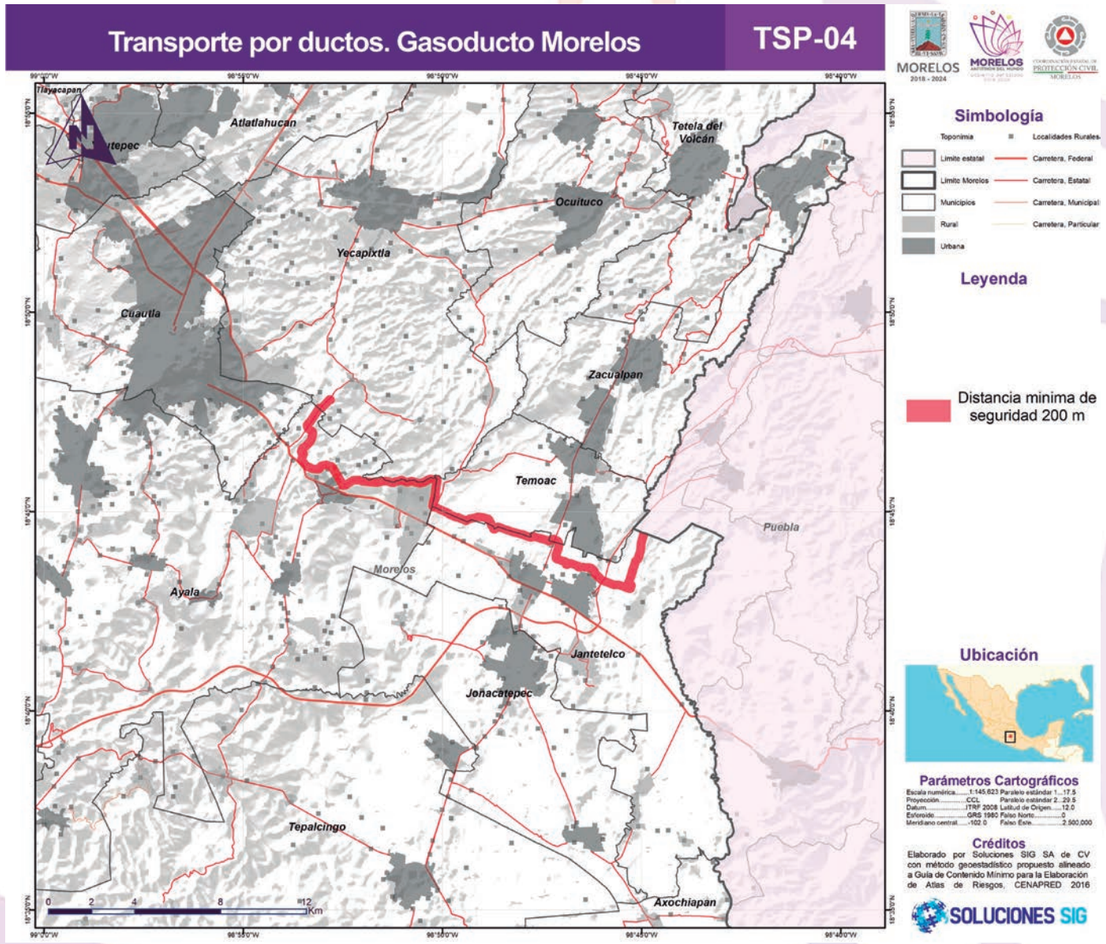
estado de Morelos" concluyendo que, con la aplicación de las medidas propuestas, se prevé que no existirán efectos negativos sobre el ecosistema donde se pretende instalar éste. No obstante el CENAPRED refirió que el trazo del gasoducto incide en zonas de peligro por: Flujos piroclásticos y de lava, se identifica que 23 kilómetros del gasoducto inciden en la zona de peligro moderado y 78 kilómetros dentro de la zona de peligro menor, por lo que el peligro es significativo. La caída de materiales volcánicos, aproximadamente 107 kilómetros del gasoducto quedan dentro de la zona de peligro moderado y 53 kilómetros en zona de peligro menor. Los derrumbes gigantes, se identifica que 57 kilómetros del ducto caen en zona de peligro; aunque es de los fenómenos menos probables, en caso de ocurrir implicaría la destrucción total del ducto en ese sector.

Por otra parte, la Comisión Estatal de Agua y Medio Ambiente del Gobierno del estado de Morelos, así como los municipios de Ayala, Cuautla y Yecapixtla de esa misma entidad, omitieron emitir su opinión respecto del PIM, que les había solicitado la SEMARNAT.

De las constancias que obran en el expediente se advierte que SEMARNAT determinó que los impactos del PIM no fueron significativos en los ecosistemas, toda vez que sus efectos son reversibles, además de que solicitó a las partes involucradas adoptar medidas adicionales de prevención y mitigación, con la finalidad de evitar, atenuar o compensar los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en sus distintas etapas; por otra parte, personal especializado de este Organismo Nacional determinó que tampoco hubo afectaciones en áreas naturales protegidas.

De manera que la debida protección y preservación del medio ambiente al cobrar una relevancia singular, obliga a dictar las medidas necesarias para establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos en la reglamentación y administración no sólo de las áreas protegidas sino también en relación con la conservación de ecosistemas, hábitats, flora y fauna, estas circunstancias han sido objeto de un pronunciamiento general de este Organismo Nacional. De conformidad con las opiniones técnicas emitidas por personal especializado de este Organismo Nacional se reitera que existen circunstancias exógenas al Proyecto Integral Morelos que, con o sin su operación, demandan la adopción de medidas pertinentes para atender cualquier riesgo previsible y futuro, de ahí la importancia de fortalecer la prevención y reducción de riesgos de desastres, sin que ello atenúe la responsabilidad de los servidores públicos involucrados respecto de las omisiones en que incurrieron en relación con los derechos a la consulta previa, libre, informada, de buena fe y culturalmente adecuada a pueblos y comunidades indígenas e información, particularmente, porque a partir de esas opiniones, se identificaron cuatro comunidades con presencia de población indígena en las zonas de alto impacto y amortiguamiento del gasoducto, las cuales no fueron consultadas en los términos del Convenio 169 de la O.I.T. (CNDH, SEMARNAT, CFE, CDI, 2018).

Mapa 139. Fenómenos Químico-Tecnológicos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

4. Incendios forestales

Antecedentes

Se han categorizado tres tipos de incendios determinados por la naturaleza de los combustibles presentes:

Los incendios superficiales, son los más comunes en México. El fuego se propaga en forma horizontal sobre la superficie del terreno, afectando combustibles vivos y muertos; como pastizales, ramas, arbustos o pequeños árboles, troncos, humus, entre otros que se encuentran desde la superficie del suelo y hasta 1.5 metros de altura. Los incendios de copa o aéreos, (menos del 8%) consumen la totalidad de la vegetación, son peligrosos y muy difíciles de controlar. Los incendios subterráneos, inician de forma superficial, bajo el suelo mineral debido a la acumulación y compactación de los combustibles. Por lo general, no producen llama y emiten poco humo. Aunque no son muy comunes (menos de 2%), cuando se presentan son peligrosos y difíciles de controlar.

En México se tiene registro de dos temporadas de incendios forestales: en las zonas centro, Norte, Noreste, Sur y Sureste del país, inicia en enero y concluye en junio. La segunda temporada se registra en el Noroeste del país, inicia en mayo y termina en septiembre (CENAPRED).

Se calcula que las actividades humanas ocasionan el 99% de estos incendios y sólo el resto tiene como causas fenómenos naturales como descargas eléctricas y la erupción de volcanes. De acuerdo con el promedio de los últimos años, casi la mitad de estos incendios se producen por actividades agropecuarias y procesos de urbanización, junto con las acciones intencionadas y los descuidos de personas que no apagan bien sus cigarros o fogatas. También algunas prácticas de los cazadores furtivos y de quienes llevan a cabo cultivos ilícitos pueden causar un siniestro (Comisión Nacional Forestal).

Ilustración 32.Triángulo del fuego en incendios forestales.

Fuente: Guía práctica para comunicadores (CONAFOR, 2014).

Causas principales

- Accidentales: Rupturas de líneas eléctricas, accidentes automovilísticos, ferroviarios y aéreos.
- Negligencias: Quemas agropecuarias no controladas, fogatas de excursionistas, fumadores, quema de basura, limpieza de vías en carreteras y uso del fuego en otras actividades productivas dentro de áreas forestales.
- Intencionales: Quemas por conflictos entre personas o comunidades, tala ilegal o litigios.
- Naturales: Caída de rayos o erupciones volcánicas.

De acuerdo con la Comisión Nacional Forestal existen:

Condiciones permanentes:

- La composición de los combustibles (elemento principal que determina las características del incendio)
- Las especies vegetales
- La topografía

Condiciones transitorias (de tipo meteorológico)

- Temperatura
- Humedad relativa
- Velocidad y dirección del viento
- Precipitación pluvial (lluvias)

Para el estado se tiene antecedentes de incendios provocados por la quema de pastizales que se salen de control, debido a que el combustible pierde fácilmente la humedad interna. Como característica de estos se puede decir que no superan grandes extensiones y todos han sido controlados sin problema por personal de la Dirección de Protección Civil y Bomberos.

Metodología

Análisis 1

Los índices espectrales del satélite Sentinel 2 fungieron como base para realizar el cálculo del Índice de Susceptibilidad de Incendios para el estado de Morelos, este reclasificó mediante Cortes Naturales (Natural Breaks) para obtener los Niveles de Susceptibilidad de Incendios Forestales.

Análisis 2

1. Identificación cartográfica de registro de puntos de calor emitidos mediante sensores térmicos de distintos satélites, y comparar con el tipo de combustible existente en

la zona, para realizar un mapa de zonificación de densidad, para la estimación de sitios con susceptibilidad de incendio.

2. Trazo cartográfico de las zonas con antecedentes de incendios Forestales.

3.- Memoria de Cálculo

El Índice de Susceptibilidad de Incendios se calculó multiplicando cuatro índices normalizados:

ISI=EVI*SPI*FA*P*LST

EVI:
El Índice de Vegetación Mejorado es un índice de vegetación similar al tradicional NDVI pero que reduce ruido de fondo, ruido atmosférico y la saturación (USGS, 2019).

SPI:
Índice de Precipitación Estandarizado es un índice que representa el número de desviaciones estándar de la precipitación caída a lo largo de un periodo de acumulación. El principal objetivo de este es la descripción de déficit de precipitación (AEMET, s.f.)

FA:
El Factor de Antropización es un gradiente de distancia euclidiana de las zonas urbanas a las zonas no urbanizadas, a través de este se interpreta la influencia que puede tener la mancha urbana en el componente natural.

P:
La Pendiente es la tasa de cambio de elevación. Dentro del fenómeno la elevación es un factor que entorpece el abatimiento de incendio en zonas con mucha pendiente.

LST:
Podemos poner temperatura superficial del suelo (consultar apartado de metodología de Sequía)

$$1_N = \frac{X - MIN}{MAX - MIN}$$

IN= (x-MIN)/(MAX-MIN)
IN = Índice Normalizado
x = Variable
MAX = Valor Máximo
MIN = Valor Mínimo

Estos cuatro indicadores se reclasificaron para homologarlos y se multiplicaron entre ellos para obtener el Índice de Susceptibilidad de Incendios.

Análisis 1

Los daños provocados por los incendios forestales de 1998 tuvieron grandes repercusiones en las zonas naturales de México. En respuesta a esta problemática, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), realizó el estudio denominado “Los incendios en México un análisis de su amenaza a la biodiversidad”, derivado de este estudio, se inició un proyecto que monitorea áreas que presentan altos niveles de calor con el fin de detectar zonas que presentan incendios forestales, empleando la técnica denominada puntos de calor.

Un punto de calor es cualquier fuente que puede ser detectada por un sensor (satélite) y que oscila entre los 25ºC y 32ºC. Los puntos de calor pueden ser provocados por incendios, quemas agrícolas, suelos calentados por el sol, grandes chimeneas, llamas de gas en pozos petroleros, volcanes activos, etc. (CONABIO).

Resultados

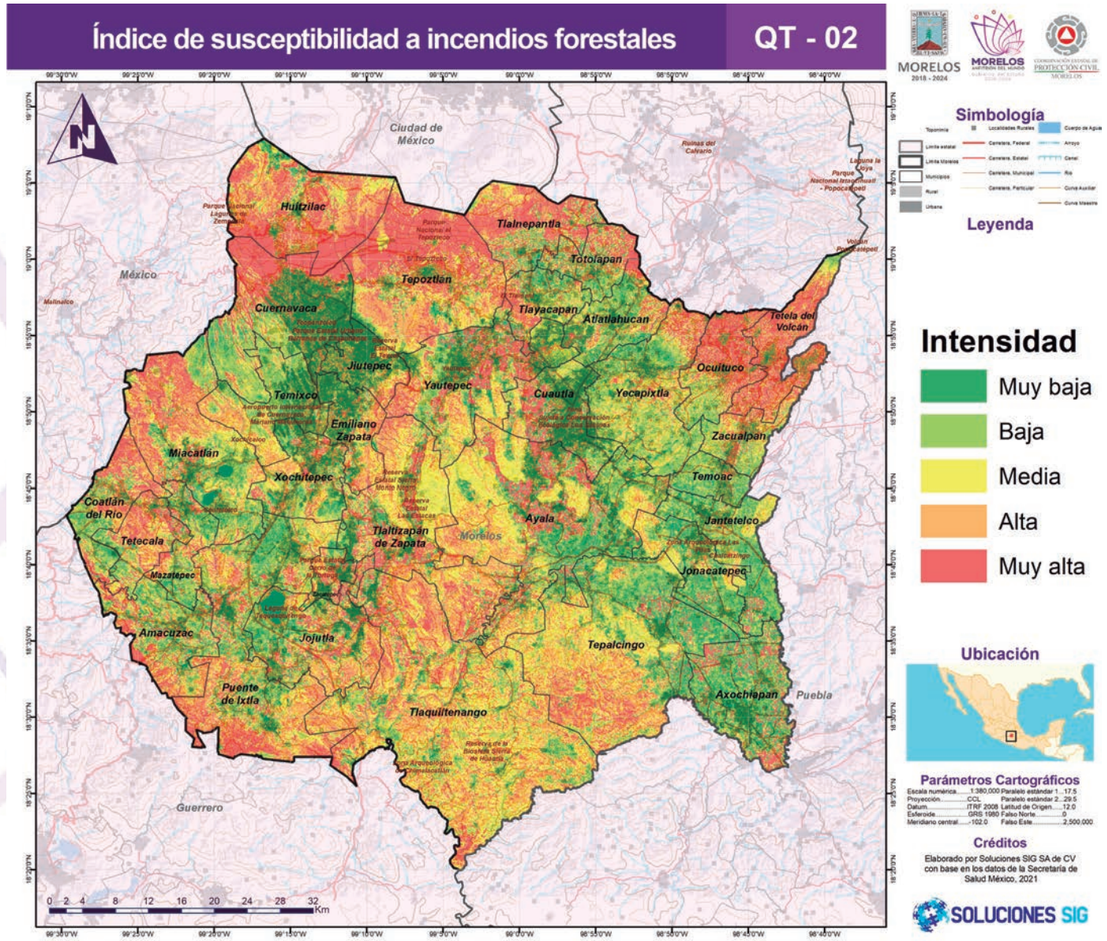
A continuación, se presenta el análisis de los resultados del cruce cartográfico entre los insumos expuestos con anterioridad tomando en cuenta su distribución en el territorio del Estado de Morelos.

Los municipios enlistados en la tabla siguiente presentan en orden decreciente en tanto al valor promedio un mayor Índice de Susceptibilidad a Incendios Forestales (ISIF). Cabe señalar que en la Tabla se incluyó el valor de la extensión en superficie del territorio. Los municipios con mayor extensión categorizados con un elevado valor de ISIF son Tlalquitenango, Tepalcingo, mientras que aquellas entidades municipales con alto grado de ISIF pero de menor extensión son Tetecala, Tetela del volcán, Coatlán del río, Zacualpan, Tlayacapan, Totolapan. Ocuituco y Mazatepec. Estas entidades tras presentar las condiciones físico-geográficas favorables para el desarrollo de una vegetación vigorosa y combustible presentan mayor susceptibilidad a la generación de eventos de incendios forestales.

En la cartografía representada en el Mapa siguiente es posible apreciar que en la zona norte del Estado de Morelos colindando con la Sierra Chichinautzin se identifican intensidades de Alta a Muy Alta al norte del municipio de Tepoztlán, al Sur de Huitzilac, norte de Tlanepantla y norte de Yecapixtla y Totolapan, así como en toda la totalidad del municipio de Tetela del Volcán y de Ocuituco.

La Zona Metropolitana de Cuautla es comprendida en su mayoría por valores de baja intensidad de ISIF a excepción de la zona poniente de Cuautla, Zona noreste y centro de Ayala y extremo noreste y oeste del municipio de Yautepec. Mientras que por su parte, la Zona Metropolitana de Cuernavaca de igual manera en su mayoría prevalecen valores mínimos de intensidad baja de ISIF a excepción de los municipios de Tepoztlán, Huitzilac, y zona limítrofe con el municipio de Cuernavaca, y Tlaltizapán de Zapata La zona occidental del Estado de Morelos, zona fronteriza con el Estado de Morelos que comprende los municipios de Miacatlán, Coatlán del Río, Tetecala, y occidente de Amacuzac presentan un elevado ISIF en la mayoría de su extensión territorial.

Mapa 140. Índice de susceptibilidad a incendios forestales



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con método geoestadístico propuesto alineado a Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos, CENAPRED 2016.

La región Sur del Estado de Morelos, colindante con el estado de Guerrero y Sierra de Huautla cuyos municipios son comprendidos por Tlaquiltenango, Tepalcingo, Puente de Ixtla, Amacuzac y Jojutla dominan aquellos valores de ISIF dentro del orden de intensidad Media a Muy Alta mientras que en los municipios de colindancia con el Estado de Puebla al oriente del Estado de Morelos (Axochiapan, Jantetelco, Temoac) presentan menor Índice de Susceptibilidad a Incendios Forestales a excepción del municipio de Zacualpan que se encuentra dentro de la categoría de aquellos municipios con elevado ISIF.

Tabla 58. Emisión de contaminantes por Total de contaminantes

Posición	MUNICIPIO	PROMEDIO ISIF	Área (km²)
1	Tlaquiltenango	3.28	46,535
2	Tetecala	3.11	5,797
3	Tetela del Volcán	2.98	8,444
4	Puente de Ixtla	2.97	25,468
5	Tepoztlán	2.93	20,795
6	Miacatlán	2.91	18,465
7	Amacuzac	2.86	10,035
8	Tlaltizapán de Zapata	2.86	20,425
9	Huitzilac	2.84	16,231
10	Coatlán del Río	2.81	7,144
11	Tepalcingo	2.76	31,552
12	Yautepec	2.68	16,468
13	Zacualpan	2.68	4,607
14	Tlayacapan	2.6	4,907
15	Totolapan	2.6	5,146
16	Ayala	2.57	32,299
17	Jojutla	2.57	13,134
18	Ocuituco	2.5	7,421
19	Yecapixtla	2.47	15,152
20	Mazatepec	2.46	4,960
21	Tlalnepantla	2.46	9,257
22	Zacatepec	2.38	2,256
23	Atlatlahucan	2.37	6,808
24	Cuautla	2.23	8,326
25	Xochitepec	2.17	7,988
26	Emiliano Zapata	2.14	5,850
27	Axochiapan	2.11	12,108
28	Temixco	1.94	8,809
29	Jantetelco	1.86	8,758
30	Temoac	1.81	3,178
31	Jonacatepec	1.77	7,735
32	Cuernavaca	1.65	17,129
33	Jiutepec	1.54	4,795

Fuente: Sistema de Inventario de Emisiones a la Atmósfera (SINEA, SEMARNAT 2016.)

D. SANITARIO-ECOLÓGICO

En este apartado se analiza el Fenómeno Sanitario-Ecológico, el cual se define en la Ley General de Protección Civil, 2012 como: agente perturbador que se genera por la acción patógena de agentes biológicos que afectan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o la alteración de su salud. Las epidemias y plagas constituyen un desastre sanitario en el sentido estricto del término. En esta clasificación también se ubica la contaminación del aire, agua, suelo y alimentos.

En este contexto se tiene a la contaminación como el cambio en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente natural, y se considera resultado de la ineficiencia de los procesos de producción desarrollados por el hombre. La extracción de materias primas, la fabricación de productos, la energía necesaria para el proceso de fabricación y el producto mismo poseen ineficiencias esenciales que generan desperdicios (contaminación) que ya no son útiles; estos desperdicios deben desecharse, por lo que al ingresar a la naturaleza presentan cambios en el medio ambiente. (CENAPRED, 2016).

El crecimiento poblacional y los patrones de consumo son factores que han propiciado la sobreexplotación de los recursos naturales y la degradación ambiental que, aunados al desarrollo industrial y económico, han ocasionado que se incremente la contaminación ambiental, por lo que ésta se convierte actualmente en un problema más crítico que en épocas pasadas perturbando de manera sistemática a sus entornos.

Actualmente el fenómeno de la Pandemia del virus Sars-COv-2, que genera la enfermedad Covid-19 ha sometido a la humanidad a adaptarse a las nuevas condiciones de vida causadas por la letalidad del virus. Los organismos internacionales y de cada nación han desarrollado estrategias para combatirla, sin embargo, las experiencias a lo largo del año 2020 a 2021 han requerido cambios en las políticas de salud pública de cada Estado y del planeta entero. En este contexto, la Organización Mundial de la Salud tiene la siguiente definición:

Una Emergencia de Salud Pública de Preocupación Internacional es, "un evento extraordinario que se determina que constituye un riesgo para la salud pública de otros Estados a través de la propagación internacional de la enfermedad y que potencialmente requiere una respuesta internacional coordinada".

Esa definición implica una situación que es: grave, repentina, inusual o inesperada; tiene implicaciones para la salud pública más allá de la frontera nacional del Estado afectado; y puede requerir una acción internacional inmediata.

Sólo se han declarado cinco emergencias de este tipo en la década pasada: el virus del H1N1 que causó una pandemia en 2009; la epidemia de casos de polio en 2014 que después de haber estado casi erradicada se consideró como un evento inesperado; la crisis del ébola en el oeste de África en 2014; la epidemia del virus del Zika en 2016; y el brote de ébola en la República Democrática del Congo que comenzó en 2018 y fue declarado emergencia en 2019.
El Comité de Emergencias está compuesto por expertos de todo el mundo que operan bajo el Reglamento Sanitario Internacional, desarrolladas después del brote de Síndrome Agudo Respiratorio Severo SARS en 2002.

El Reglamento Sanitario Internacional representa un acuerdo legal internacional vinculante que involucra a 196 países de todo el mundo, incluidos todos los Estados Miembros de la OMS.

Actualmente el SARS, la viruela, la poliomielitis de tipo salvaje y cualquier nuevo subtipo de gripe humana son automáticamente una emergencia internacional y, por lo tanto, no requieren ser declaradas como tales.

Una emergencia de salud no solo se limita a enfermedades infecciosas, y puede cubrir una emergencia causada por un agente químico o un material nuclear. Se trata de una medida de "llamado a la acción" y "último recurso".

La declaración generalmente está acompañada de medidas específicas en puertos, aeropuertos y cruces terrestres para limitar la propagación de los riesgos para la salud a los países vecinos, y para evitar restricciones injustificadas para que el tráfico y la interrupción del comercio se mantengan al mínimo.

1. Epidemias y plagas

Antecedentes

Las epidemias se relacionan esencialmente con las enfermedades de tipo infeccioso y con la aparición de condiciones particularmente favorables para la transmisión de estas, ya sean condiciones de tipo ambiental o social en una determinada región geográfica del mundo. En términos de Gestión de Riesgos Infecciosos, esta área del conocimiento y trabajo mantiene a los países en la vigilancia, la prevención la preparación y control contra las enfermedades potencialmente epidémicas y pandémicas, a través de la elaboración de estrategias fundamentadas en pruebas con la finalidad de prever, prevenir, detectar y responder a los riesgos infecciosos. Al igual que asegurar la vigilancia regional de las amenazas (OMS Américas, 2021).

Para considerar una epidemia la enfermedad se extiende por una zona concreta durante un determinado tiempo afectando a un gran número de personas.

La pandemia se considera cuando una enfermedad se propaga por todo el mundo, extendiéndose a varios países de diferentes continentes y afectando a un gran número de personas. Es decir, este término no implica una gravedad mayor o menor de la enfermedad, sino una propagación rápida y mundial. La OMS señala que se produce una pandemia cuando aparece un nuevo virus que se propaga por el mundo y la mayor parte de la población no es inmune al mismo.

Durante el año 2020 en el mundo se desarrolló una pandemia provocada por el virus denominado COVID-19, el cual ha afectado a prácticamente todos los países del mundo. Se identificó por primera vez el 1 de diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan, capital de la provincia de Hubei, en la China central, cuando se reportó un grupo de personas con neumonía provocada por causas desconocidas, vinculada principalmente a trabajadores del mercado mayorista de mariscos del Sur de Wuhan.

La enfermedad por coronavirus (COVID-19) es una enfermedad infecciosa causada por un coronavirus recientemente descubierto. La mayoría de las personas infectadas con el virus COVID-19 experimentarán una enfermedad respiratoria leve a moderada y se recuperarán sin requerir un tratamiento especial. Las personas mayores y aquellos con problemas médicos subyacentes como enfermedades cardiovasculares, diabetes, enfermedades respiratorias crónicas y cáncer tienen más probabilidades de desarrollar enfermedades graves.

El virus COVID-19 se propaga principalmente a través de gotas de saliva o secreción de la nariz cuando una persona infectada tose o estornuda, por lo que es importante que se practique la etiqueta respiratoria (por ejemplo, al toser en un codo flexionado).

En la actualidad del mes de Enero de 2022, ya hay vacunas de diversas farmacéuticas para el virus Sars-COV 2 de las cuales tiene disponibles 93 millones 407 mil 915 dosis, que incluye las envasadas en el país y las que han llegado envasadas de otras naciones, de seis farmacéuticas diferentes. El Informe Técnico Diario refiere que el lunes 16 de agosto se aplicaron 525 mil 523 vacunas, para un acumulado de 78 millones 098 mil 989 de dosis suministradas en personas mayores de 18 años.

En México, 61 por ciento de la población adulta ha recibido al menos una dosis, es decir, 54 millones 872 mil 594 personas, de las cuales 29 millones 629 mil 517, que representan 54 por ciento, cuentan con esquema completo, y 25 millones 243 mil 77 tienen medio esquema.

En la semana epidemiológica 31, la situación de COVID-19 en México, se reporta que el número de casos estimados se mantiene sin cambios en comparación con la semana previa.

En el mundo se registran un total estimado de 208, 493, 338 de personas con casos confirmados; 4, 381, 711 personas fallecidas, y 4, 749, 027 personas vacunadas (Jhon Hopkins University,2021). Para el país se tiene registro de primeros casos confirmados el 1 de marzo de 2020 y para principios de abril de 2020 reportes de la secretaria de Salud del Gobierno Federal informa de 2,785 personas confirmadas con el virus, 7,526 casos sospechosos, 15,099 casos negativos y 141 personas fallecidas.

Para enfrentar de mejor manera los efectos de la pandemia, la OMS la divide en 5 fases:

- Fase 1: Importación de casos

En este primer escenario, la enfermedad llega a un país a través de una persona o un número pequeño de personas que adquirieron el virus en el extranjero, por lo que el número de casos se limita a unas cuantas decenas.
Principales restricciones: Evitar el contacto físico, mantener una buena higiene y un lavado de manos constante, así como campañas de concientización respecto al tema.

- Fase 2: Contagios comunitarios

Para esta etapa de la pandemia, comienzan a surgir algunos brotes de la enfermedad en personas sin antecedentes de viaje. Las primeras personas que llegaron al país con la enfermedad contagian a aquellos con los que tuvieron contacto y estos, a su vez, siguen propagando la enfermedad. Los casos confirmados empiezan a superar los cientos y la contención se convierte en un asunto más complicado. Para el caso del COVID-19 en México, la fase 2 fue declarada el martes 24 de marzo por parte de la Secretaría de Salud.
Principales restricciones: Aplicar las medidas de sana distancia, suspensión de eventos masivos y las concentraciones de personas en espacios reducidos, así como optar por el aislamiento voluntario para evitar la propagación.

- Fase 3: Contagio epidémico

Esta es la etapa más crítica en el avance de una epidemia, significa que la enfermedad ya está presente en todo el país y hay un número elevado de brotes comunitarios. Los principales riesgos es que el número de enfermos se dispare de manera exponencial, saturando las instalaciones y los servicios médicos.
Principales restricciones: Mantener un aislamiento voluntario, así como el cierre de espacios públicos y privados donde puedan convergen más de 50 personas. De igual manera, se recomienda la suspensión de clases y la asistencia a los centros laborales.

- Fase 4: Segunda ola

Es probable que, una vez que se reduzcan los contagios de manera local, regresen los casos de importación y surge una segunda ola. Esto puede ocurrir de tres a nueve meses después de que haya concluido la tercera fase.

- Fase 5: Fin de la epidemia

La Organización Mundial de la Salud será la encargada de declarar el final de la pandemia una vez que la gran mayoría de los países se encuentra a salvo y con una situación de contagios controlada. Posteriormente, se valorarán los resultados, consecuencias y se tomarán med Metodología idas a futuro.

Para la evaluación de este fenómeno se siguió la metodología señalada en la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas Nacional de Riesgos, publicado por el Diario Oficial de la Federación con fecha 8 de noviembre de 2016, donde señala la identificación de los casos registrados en el estado.

Es necesario mencionar que, al momento de la elaboración del presente documento, la condición de pandemia mundial y nacional sigue en proceso por lo que los datos utilizados son los disponibles para la primera semana de agosto de 2021.

Metodología

Con el registro generado hasta la fecha de 17 de agosto de 2021, por la Secretaría de Salud de México, se identifica la distribución geográfica del total de casos confirmados en México y se resaltara el caso específico al Estado de Morelos.

Resultados

Conforme a los datos obtenidos por la Secretaría de Salud Federal, del total de casos confirmados en México al momento son: 4,368,3174. Respecto al número de casos confirmados por estado, en primer lugar, se encuentra la Ciudad de México con aproximadamente 850,361casos, seguido por el Estado de México con 317,821 casos. Al 17 de agosto de 2021 El Estado de Morelos presenta un total de casos confirmados de contagio por COVDI-19 de 53,853 personas. El virus COVID-19 provoca enfermedades respiratorias y la mayoría de las personas infectadas desarrollan síntomas leves a moderados y se recuperan sin requerir un tratamiento especial. Las personas que tienen afecciones médicas subyacentes y las personas mayores de 60 años tienen un mayor riesgo de desarrollar enfermedades graves y la muerte.

Los síntomas comunes incluyen:

- Fiebre.
- Cansancio.
- Tos seca.

Las personas con síntomas leves que de otra manera están sanas deben aislarse por sí mismas y comunicarse con su proveedor médico o con una línea de información de COVID-19 para recibir asesoramiento sobre pruebas y derivaciones. Al 17 de enero de 2022 se tiene un Total Acumulado de casos de contagio por entidad federativa mostrado a continuación:

Tabla 59. Registro de casos acumulados confirmados por Entidad Federativa

Entidad Federativa	Casos Positivos Acumulados	Posición
CDMX	850361	1
México	317821	2
Nuevo León	161334	3
Guanajuato	145764	4
Jalisco	120822	5
Tabasco	100223	6
Puebla	98712	7
Sonora	95082	8
Veracruz	92399	9
San Luis Potosí	80834	10
Tamaulipas	79689	11
Querétaro	78730	12
Coahuila	77334	13
Sinaloa	64050	14
Chihuahua	61785	15
Guerrero	61551	16
Oaxaca	60893	17
Michoacán	59783	18
Yucatán	57968	19
Baja California	54577	20
Baja California Sur	51966	21
Quintana Roo	49996	22
Hidalgo	49887	23
Durango	41242	24
Morelos	39907	25
Zacatecas	36198	26
Aguascalientes	29348	27
Nayarit	25477	28
Tlaxcala	23125	29
Colima	21576	30
Chiapas	17743	31
Campeche	17075	32
Nacional	3123252	

Fuente: Soluciones SIG SA de CV con datos de secretaria de Salud México, 2021.

Otros síntomas incluyen:

- falta de aliento.
- achaques.
- dolor de garganta.
- muy pocas personas informarán diarrea, náuseas o secreción nasal.

Tabla 60. Registro de Datos de Casos Acumulados de Covid-19 por Indicador en el Estado de Morelos.

Casos	Acumulados
Tipo	Personas
Positivos	53953
Defunciones	4959
Negativos	208751
Sospechosos	8283
Población Total	2058837

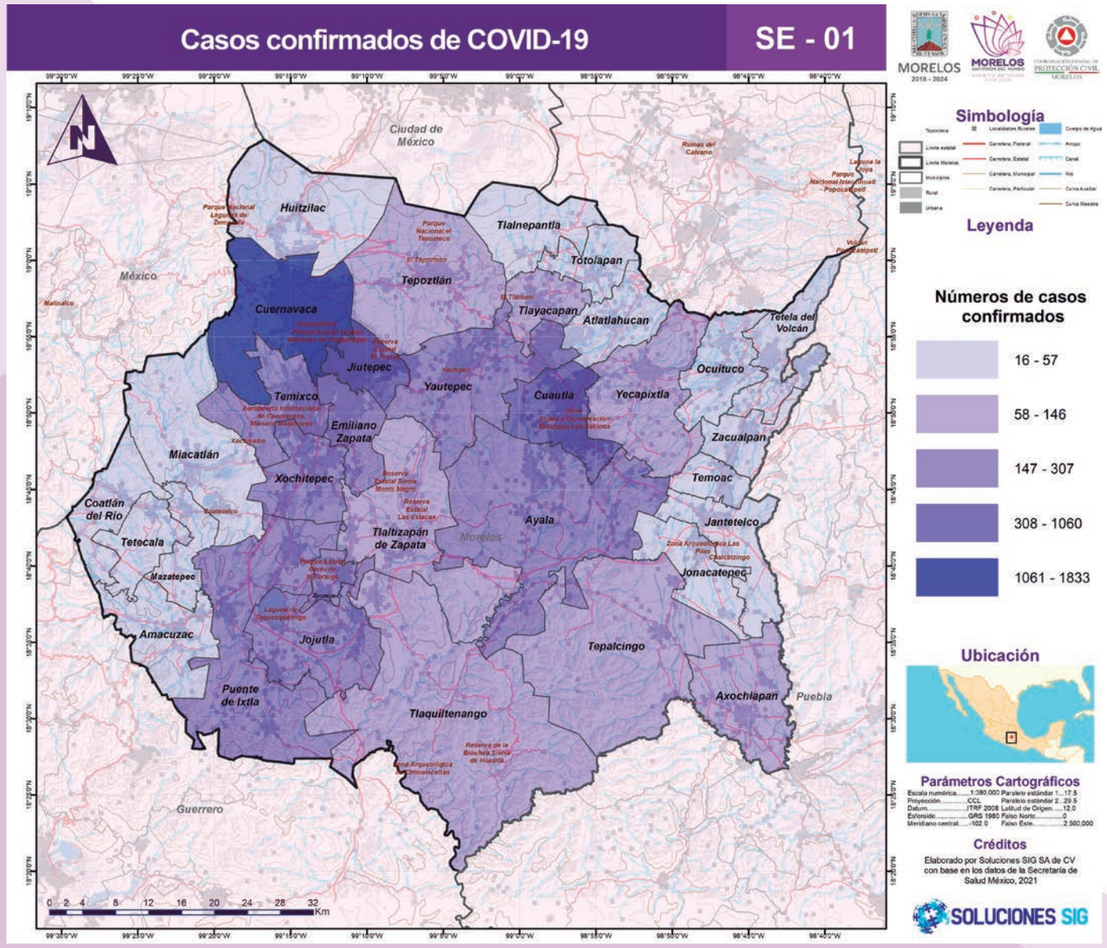
Fuente: Soluciones SIG SA de CV con datos de Secretaria de Salud México, 2021. https://datos.covid-19.conacyt.mx/ Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, "COVID-19 Monitoreo de Casos en México por Municipios", (fecha de consulta 17 de enero de 2022), Disponible en https://ciga-unam.maps.arcgis.com/home/item.html?id=74112045225d4c80906fbb77e8ac7d8d

Tabla 61. Datos COVID-19 en el Estado de Morelos

Municipio	Positivos Acumulado	Defunciones Acumulado	Sospechosos Acumulados	Negativos Acumulados
Amacuzac	327	40	28	3,259
Atlatlahucan	414	43	50	3,204
Axochiapan	410	111	146	1,725
Ayala	1,586	231	270	5,488
Coatetelco	33	6	0	0
Coatlán del Río	206	18	28	1,384
Cuautla	6,466	636	943	19,931
Cuernavaca	16,169	1,167	2,544	47,932
Emiliano Zapata	1,991	173	271	6,935
Huitzilac	474	42	140	1,812
Jantetelco	243	30	81	2,805
Jiutepec	6,962	483	1,161	20,436
Jojutla	1,780	164	144	6,909
Jonacatepec de Leandro Valle	313	55	137	2,115
Mazatepec	197	16	15	2,134
Miacatlán	293	37	31	2,303
Ocuituco	246	38	41	1,366
Puente de Ixtla	1,077	173	170	4,824
Temixco	2,941	246	310	11,620
Temoac	163	28	40	2,125
Tepalcingo	348	73	113	2,098
Tepoztlán	797	61	160	3,875
Tetecala	225	16	12	1,698
Tetela del Volcán	258	33	62	2,484
Tlalnepantla	137	14	30	842
Tlaltizapán de Zapata	1,241	126	109	9,065
Tlaquiltenango	762	82	66	4,294
Tlayacapan	400	69	66	2,300
Totolapan	207	36	32	2,296
Xochitepec	1,534	156	119	6,232
Xoxocotla	137	19	0	26
Yautepec	2,667	255	666	12,120
Yecapixtla	940	120	156	3,442
Zacatepec	1,653	153	104	6,333
Zacualpan de Amilpas	256	9	38	3,339
TOTAL	53,853	4,959	8,283	208,751

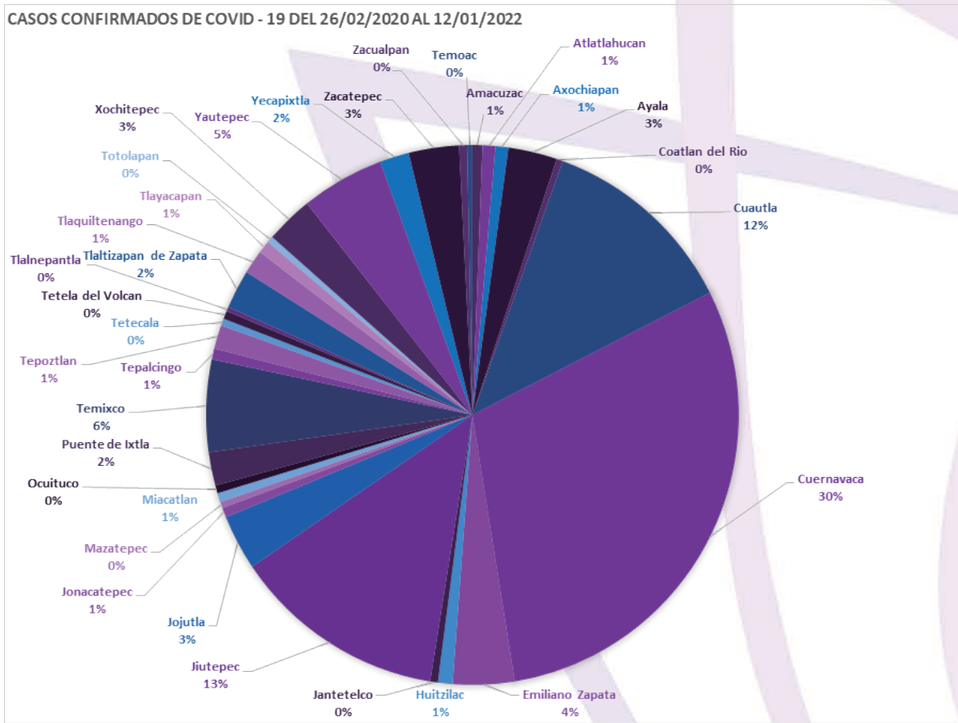
Fuente: Soluciones SIG SA de CV con datos de secretaria de Salud México, 2021. https://datos.covid-19.conacyt.mx/ Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, "COVID-19 Monitoreo de Casos en México por Municipios", (fecha de consulta 17 de enero de 2022), Disponible en https://ciga-unam.maps.arcgis.com/home/item.html?id=74112045225d4c80906fbb77e8ac7d8d

Mapa 141. Mapa de Casos acumulados de Covid-19 por Municipio, Estado de Morelos



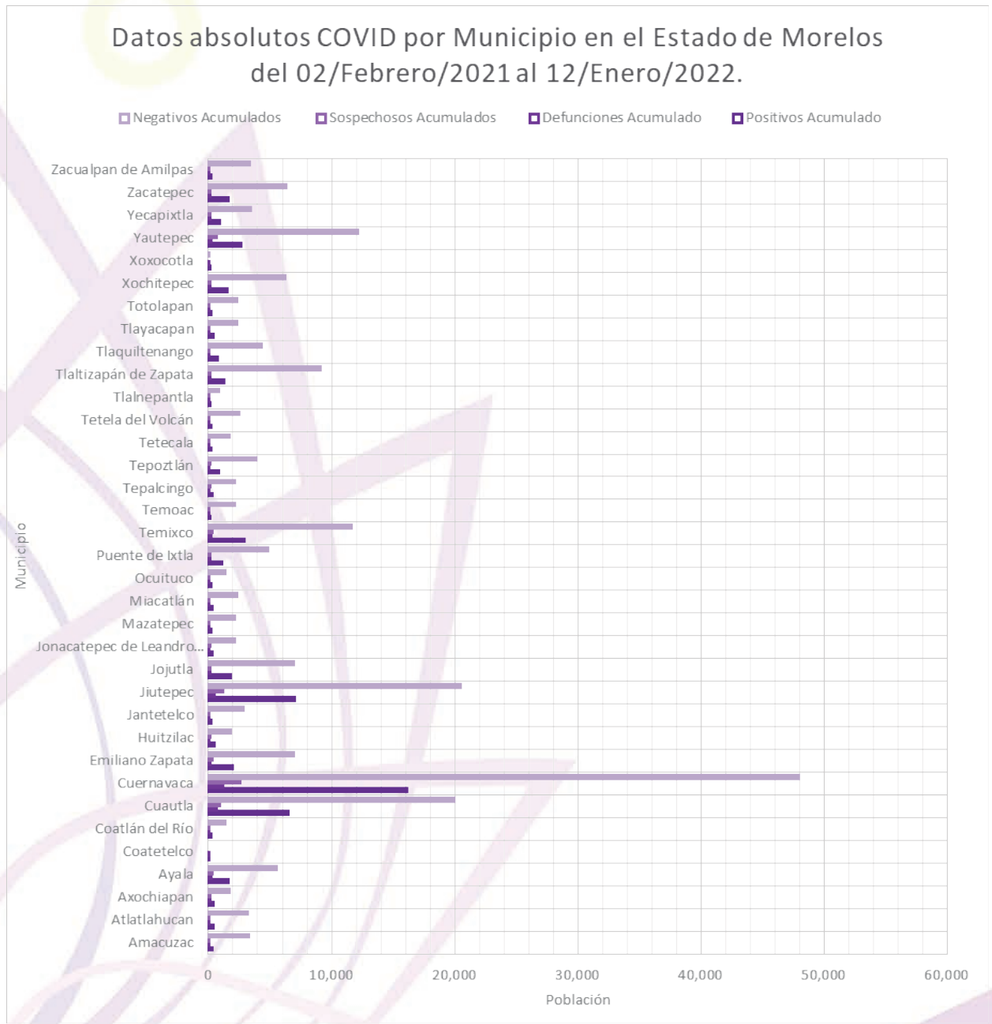
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos de Secretaria de Salud México, 2022.
https://datos.covid-19.conacyt.mx/

Gráfica 7. Distribución Porcentual de Casos confirmados de COVID-19 por Municipio en el Estado de Morelos



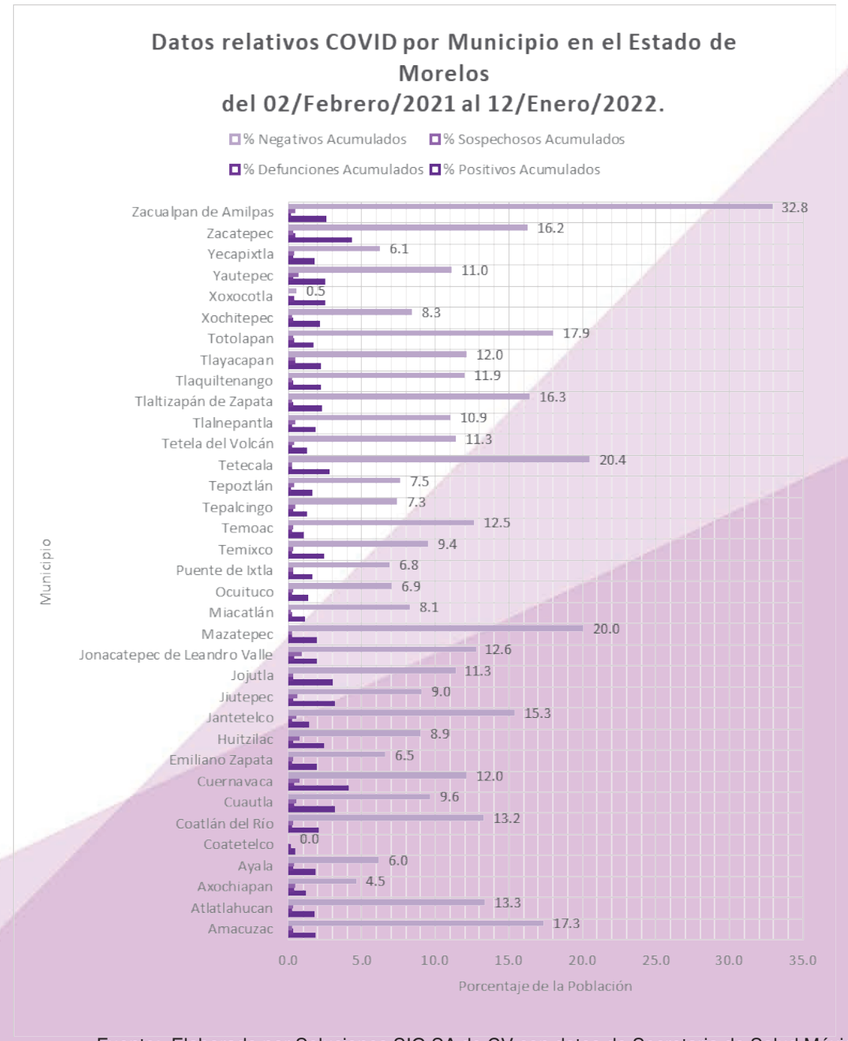
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos de Secretaria de Salud México, 2022.
https://datos.covid-19.conacyt.mx/

Gráfica 8. Datos Absolutos de COVID-19 por Municipio en el Estado de Morelos.



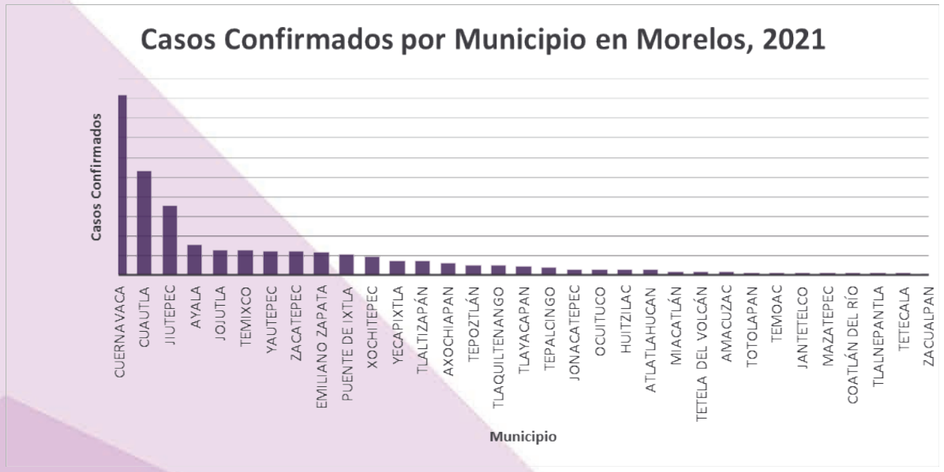
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos de Secretaria de Salud México, 2022. https://datos.covid-19.conacyt.mx/

Gráfica 9. Datos Relativos de COVID-19 por Municipio en el Estado de Morelos.



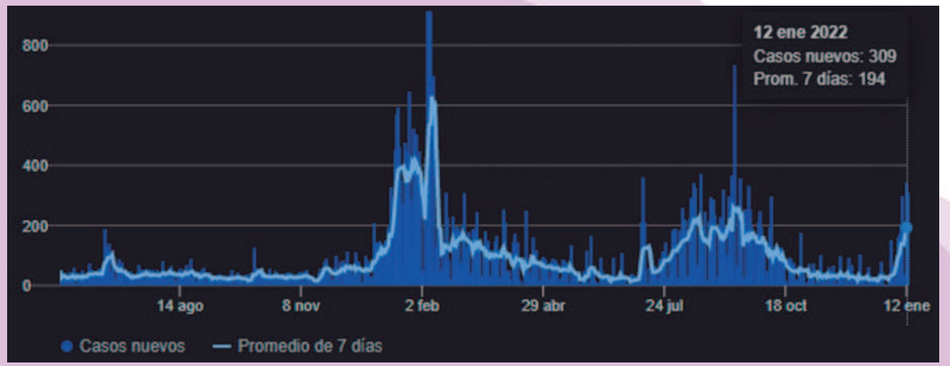
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos de Secretaria de Salud México, 2022. https://datos.covid-19.conacyt.mx/

Gráfica 10. Casos Confirmados por Municipio en Morelos, 2021.



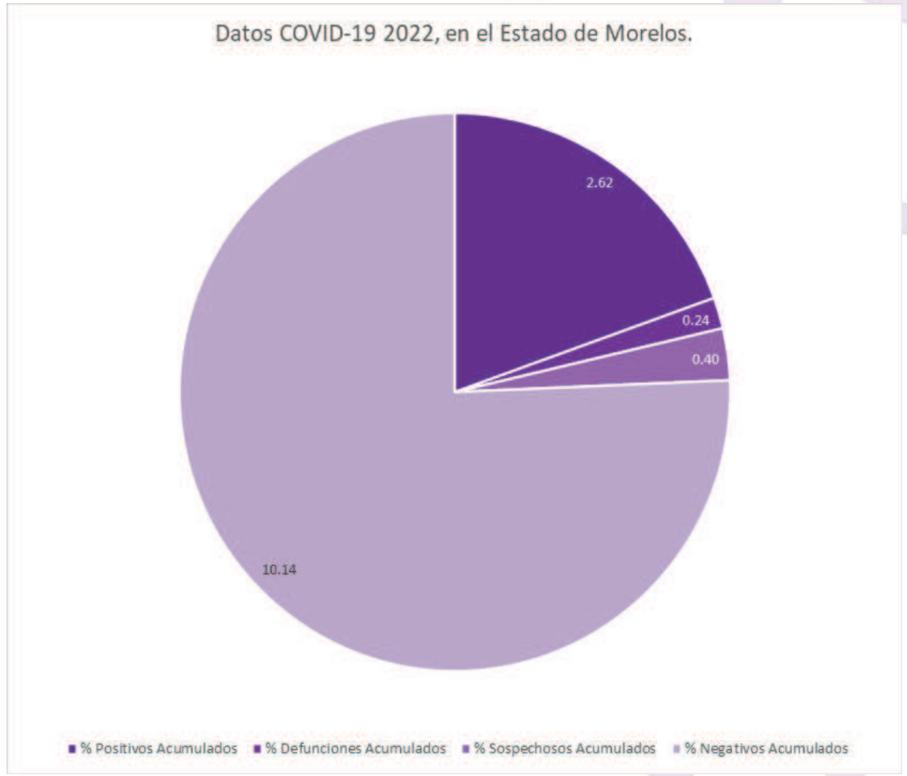
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos de Secretaria de Salud México, 2022.
https://datos.covid-19.conacyt.mx/

Gráfica 11. Gráfica de tendencia temporal de casos nuevos y promedio de últimos 07 días para el 12 de enero del 2022 en el Estado de Morelos .



Fuente: De JHU CSSE COVID-19 Data y Our World in Data

Gráfica 12. Distribución porcentual de datos COVID-19 en el Estado de Morelos.



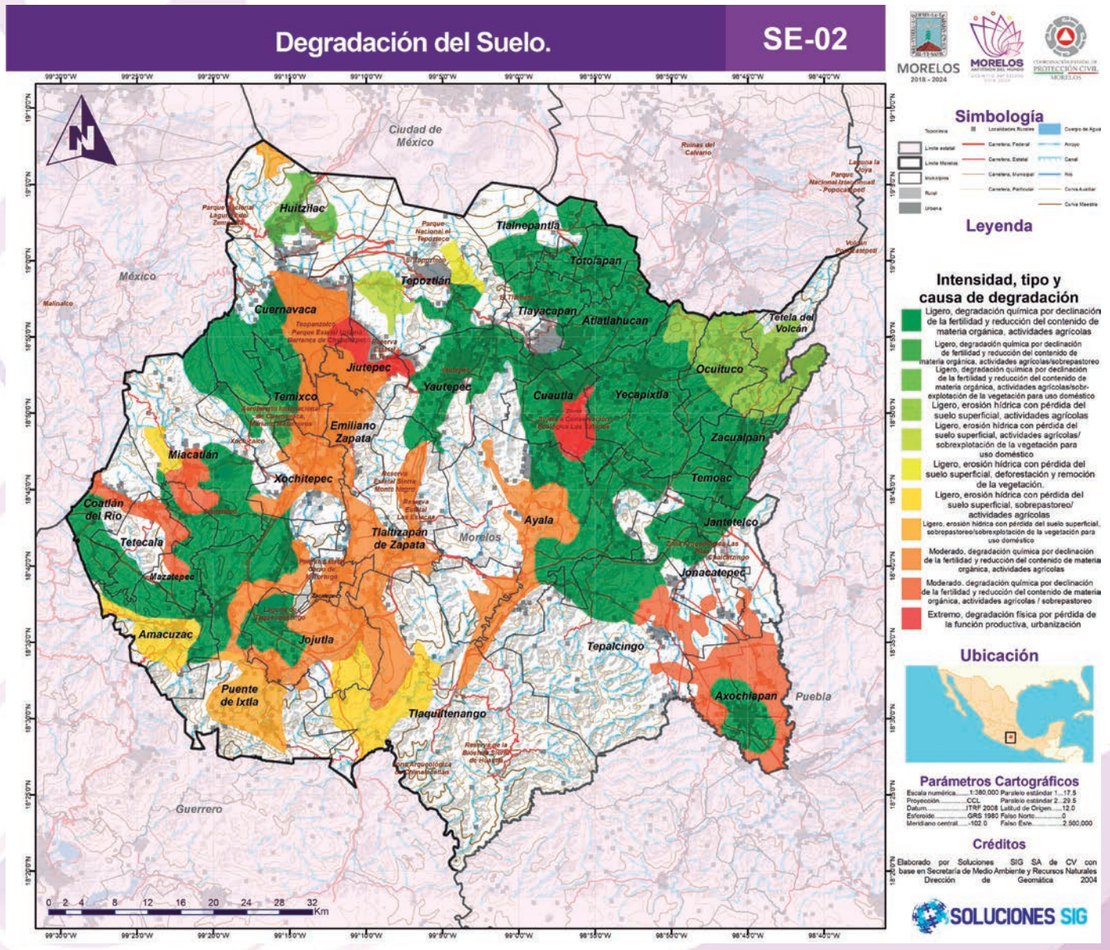
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos de Secretaria de Salud México, 2022. https://datos.covid-19.conacyt.mx/

2. Contaminación del suelo, aire y agua

Contaminación del suelo

El presente mapa muestra la ubicación de los tipos de erosión como son: eólica, déficit de humedad, e hídrica causada por factores de inundación, sedimentación, escurrimiento, entre otros. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través del Inventario Nacional de Suelos, realizó la evaluación de la degradación del suelo, causada por el hombre. Los tipos de degradación química por salinización, contaminación, eutroficación, pérdida de nutrientes.

Mapa 142. Degradación de Suelo en el Estado de Morelos



Fuente: SEMARNAT, Dirección de Geomática, (2004). 'Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000. México, Distrito Federal.

Así como la degradación física que distingue la compactación de la estructura del suelo, encostramiento y sellamiento; hundimiento, disminución de la disponibilidad de agua, y pérdida de la función productiva. De acuerdo con la tendencia internacional para este tipo de estudios se adoptó la metodología propuesta por el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, que considera como mapa base al Levantamiento Fisiográfico a nivel de Sistemas Terrestres con un enfoque paisajista. El mapa fisiográfico se realizó a través de una interpretación visual sobre mosaico de imágenes de escala 1: 250,000. 2) definición de criterios de degradación. Los tipos de degradación se representan codificados con dos letras en una base de datos, una mayúscula que indica el proceso principal y otra minúscula, para el tipo específico. Para el cálculo del presente mapa se utilizó la metodología ASSOD (Van Lyden, 1997) que es una modificación de la denominada GLASOD, propuesta por Oldeman (1998). Esta última adoptada por la FAO a nivel mundial y por el Inventario Nacional de Suelos de la Dirección General de Restauración y Conservación de Suelos (DGRyCS) dependiente de la SEMARNAT.

En esta metodología se reconocen dos grandes causas de degradación por desplazamiento del material del suelo, que tiene como agente causativo a la erosión hídrica o eólica y la degradación resultante de su deterioro interno, que considera en la actualidad a los procesos de la degradación física y química únicamente.

La distribución de las intensidades Ligeras , con degradación química por declinación de la fertilidad debido a actividades agrícolas de degradación de suelo se distribuyen de Norte a Sur a lo largo de los municipios que pertenecen a la Zona Metropolitana de Cuautla a excepción del Sur de la ciudad de Cuautla donde existe una gran extensión de Intensidad extrema, cuya degradación física por perdida de función productiva es a causa de la urbanización. Misma distribución encontramos al oriente de la ciudad de Cuernavaca al Norte ocupando gran extensión al norte del municipio de Jiutepec. Existe también una degradación química moderada debido a las actividades agrícolas a lo largo de la Zona Metropolitana de Cuernavaca especialmente en los municipios de Cuernavaca, Jiutepec, Emiliano Zapata, Sur de Tlaltizapan de Zapata, Zacatepec, oriente de Jojutla y este de Ayala.

Contaminación del aire

Antecedentes

De acuerdo con la definición presentada por SEMARNAT, los contaminantes del aire se definen como cualquier sustancia emitida a la atmósfera que altere la composición natural del aire y pueda ocasionar efectos adversos en seres humanos, animales, vegetación o materiales. Así mismo en este apartado se integra el análisis de

contaminantes atmosféricos, el origen de la actividad que lo emite y agrupados a su vez por fuente emisión de acuerdo con el Sistema de Inventario de Emisiones a la Atmósfera (SINEA, SEMARNAT 2016.). Esto con el fin de identificar, para regular las principales actividades que emiten contaminación a través de la generación de un inventario de contaminantes los cuales se conforman por los siguientes compuestos.

- Partículas de diámetro aerodinámico < 2.5 micras. (Pm 2.5)
- Bióxido de azufre. (SO2)
- Monóxido de carbono. (CO)
- Óxidos de nitrógeno. (NOx)
- Compuestos orgánicos volátiles. (COV)
- Amoniaco. (NH3)

Metodología

El objetivo del sensor TROPOMI, montado en el Satélite Sentinel 5 perteneciente al proyecto Copernicus de la ESA (European Space Agency) es proporcionar observaciones precisas y oportunas de gases atmosféricos clave, para servicios sobre la calidad del aire, el clima y la capa de ozono. Las observaciones globales diarias de TROPOMI se utilizan para mejorar los pronósticos de la calidad del aire, así como para monitorear las concentraciones de componentes atmosféricos. El monitoreo de tendencias es muy importante para verificar la eficacia de las políticas implementadas para reducir las emisiones atmosféricas. Además, TROPOMI contribuye a los servicios sobre cenizas volcánicas para la seguridad aérea, alertas de altos niveles de radiación UV que pueden causar daños en la piel y predicción numérica del tiempo. Los científicos utilizarán los datos de la misión S5P para mejorar nuestro conocimiento de importantes procesos químicos y dinámicos en la atmósfera.

La contaminación del aire, el cambio climático y el agotamiento de la capa de ozono se encuentran interrelacionados ya que son causados por cambios en la composición atmosférica. Las fuentes y los sumideros, la conversión química y el transporte de gases y aerosoles determinan la composición de la atmósfera.

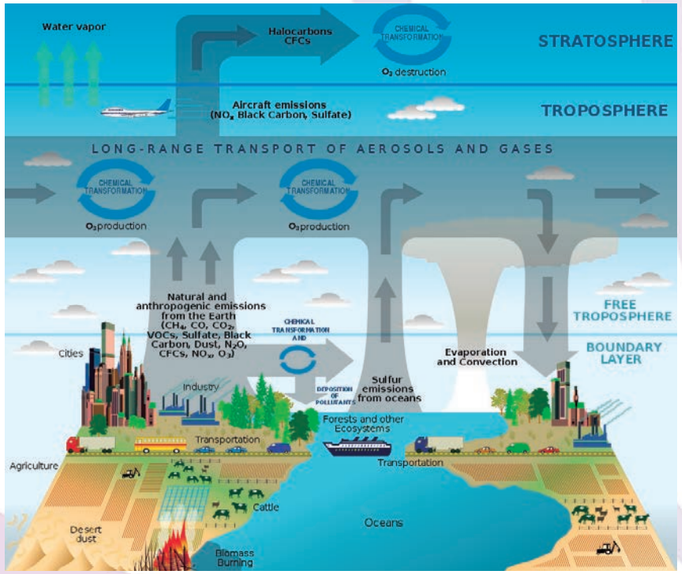
Los productos de los datos derivados del Nivel 2 de TROPOMI que se generan dentro del sistema terrestre de Copernicus se enumeran en la siguiente tabla. Hay tres flujos de datos diferentes: el flujo casi en tiempo real (NRTI), el flujo sin tiempo crítico o fuera de línea (OFFL) y el flujo de reprocesamiento (RPRO). Los datos de NRTI están disponibles dentro de las 3 horas posteriores a la adquisición de datos y están destinados a usuarios que necesitan un acceso rápido a los datos y un procesamiento operativo de uso rápido.

Los productos que contienen información sobre la calidad de los datos para cada píxel de suelo TROPOMI. Es esencial que los usuarios de los datos TROPOMI comprendan y apliquen los indicadores de calidad de la información disponible. En el Manual de usuario del producto (PUM) se proporciona información adicional más detallada sobre todos los campos de calidad y en los metadatos. Se pueden encontrar más detalles sobre los métodos utilizados para los algoritmos de recuperación en el Documento de base teórica del algoritmo (ATBD). Todos los ATBD, PUM y PRF están disponibles en la documentación de S5P.

Así mismo, se formula en el siguiente análisis en tema de contaminación atmosférica a partir de los datos estatales de Morelos extraído del Sistema de Inventarios de Emisiones a la Atmósfera (SINEA) en tema de emisiones a la atmósfera de contaminantes. Así mismo el análisis de las fuentes de emisiones de gases del Sistema de Inventario de Emisiones a la Atmósfera (SINEA, SEMARNAT 2016.) se integra al presente análisis para El Estado de Morelos con el objetivo de identificar las categorías y actividades y sector económico reconocer

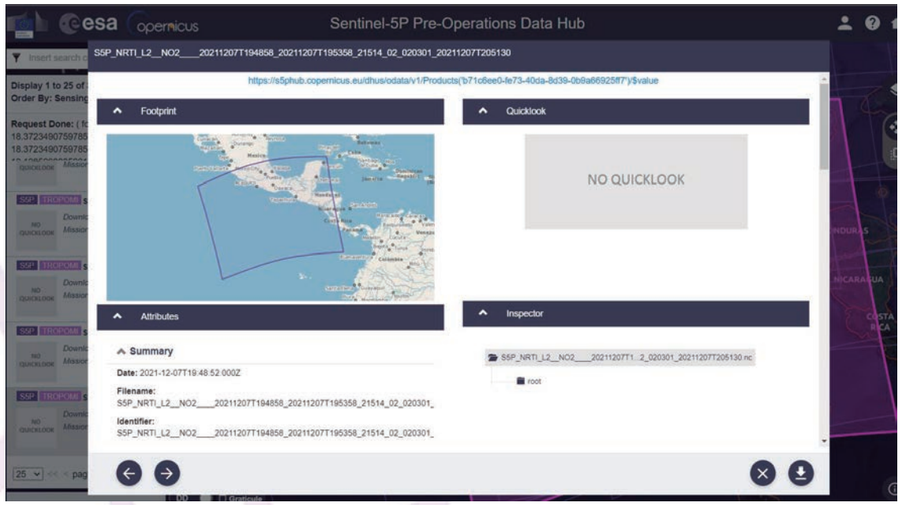
Así como también se integra el análisis técnico para cada producto obtenido en Nivel 2 para el mapeo de contaminantes atmosféricos en el Estado de Morelos.

Ilustración 33. Diagrama de composición que muestra la evolución / ciclos de varios elementos en la atmósfera de la Tierra



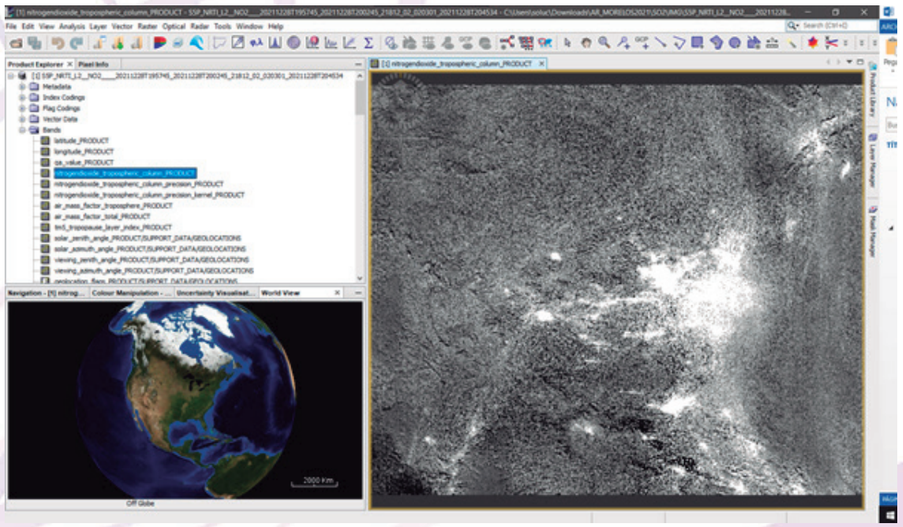
Fuente: Plan Estratégico para el Programa de Ciencias del Cambio Climático de EE. UU.

Ilustración 34. Descarga de las imágenes satelitales de la misión Sentinel 5 desde la plataforma de libre uso Copernicus



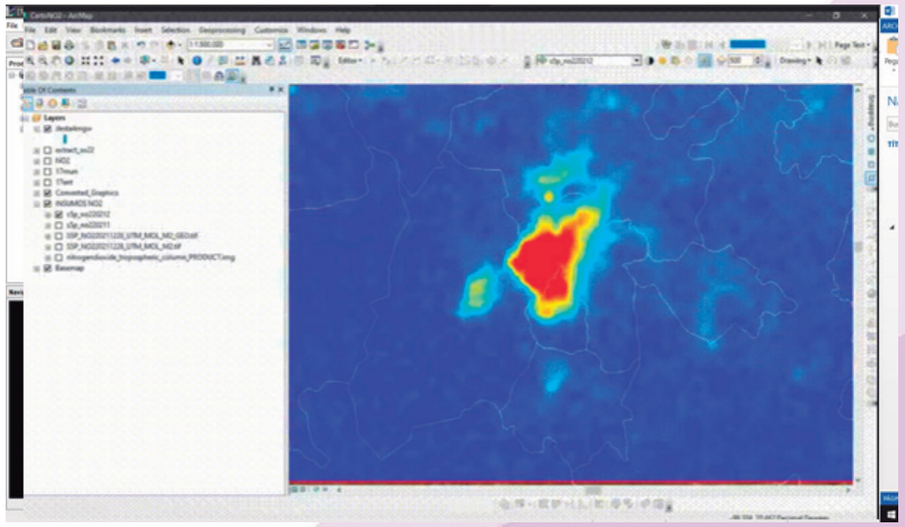
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

Ilustración 35. Procesamiento en el software libre SNAP y su correcta proyección cartográfica.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

Ilustración 36. Despliegue y tratamiento del raster en ArcGIS



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

Resultados

Para el caso del análisis de contaminantes atmosféricos se analiza la distribución porcentual de los principales contaminantes atmosféricos, los cuales se agruparon en fuentes de emisión y a su vez por categoría con el fin de detectar las fuentes de actividad económica y social de mayor emisión de contaminantes atmosféricos, con el fin de establecer acciones alineadas a la NOM 085 en tanto a la regulación de los máximos permisibles para el Estado de Morelos.

Tabla 62. Emisión de contaminantes por Total de contaminantes

Fuente de emisión	Total, por Fuente de Emisión	Porcentaje por fuente de emisión	Categoría	Total	Porcentajes
Fuentes Móviles	135117.1	34.7	Carreteras	128828.3	33.07
			No carreteras	6288.7	1.61
Fuentes Naturales	178744.9	45.9	Fuentes Naturales	178744.9	45.89
Fuentes de área	61653.3	15.8	Agropecuarias	17939.2	4.61
			Almacenamiento y transporte de derivados de petróleo	8250.8	2.12
			Fuentes industriales ligeras y comerciales	565.9	0.15
			Fuentes misceláneas	4765.0	1.22
			Manejo de Residuos	1757.8	0.45
			Quema de combustibles en fuentes estacionarias	17355.2	4.46
			Uso de Solventes	11019.5	2.83
Fuentes Fijas	14003.7	3.6	Estatal	2105.8	0.54
			Federal	11897.8	3.05
TOTALES	389519.0	100.0		389519.0	100

Fuente: Sistema de Inventario de Emisiones a la Atmósfera (SINEA, SEMARNAT 2016.)

Tabla 63. Emisión de contaminantes por gas

Fuentes de Emisión	Categoría	% TOTAL	% PM 2.5	% SO_2	% CO	% NO_2	% COV	% NH_3
Fuentes Móviles	Carreteras	33.07	18.16	48.69	77.69	34.59	4.22	1.41
	No carreteras	1.61	6.24	1.11	2.58	4.25	0.17	0
Fuentes Naturales	No Aplica	45.89	0	0	0	41.64	82.35	0
Fuentes de área	Agropecuarias	4.61	30.39	8.31	5.88	0.71	0.39	74.55
	Almacenamiento y transporte de derivados de petróleo	2.12	0	0	0	0	4.34	0
	Fuentes industriales ligeras y comerciales	0.15	2.7	0	0.24	0.01	0.06	0
	Fuentes misceláneas	1.22	5.98	2.05	1.41	0.11	0.07	23.98
	Manejo de Residuos	0.45	0.14	0.02	0.02	0	0.91	0
	Quema de combustibles en fuentes estacionarias	4.46	19.99	3.01	9.71	1.8	1.43	0.01
	Uso de Solventes	2.83	0	0	0	0	5.8	0
Fuentes Fijas	Estatal	0.54	11.62	21.6	0.36	1.37	0.04	0.01
	Federal	3.05	4.78	15.22	2.11	15.52	0.22	0.04
	TOTALES	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Sistema de Inventario de Emisiones a la Atmósfera (SINEA, SEMARNAT 2016.)

De acuerdo con la definición de fuentes móviles del SINEA (2016), esta incluye prácticamente a todos los vehículos automotores, la NOM para fuentes fijas se refiere básicamente a las emisiones de automóviles y camiones (NOM 44). Los motores de los vehículos son principales responsables de las emisiones de CO, de COV, SO_2 , y NOx, producidos durante el proceso combustión, tal y como puede corroborarse en la tabla correspondiente donde el porcentaje de estos gases presentan valores elevados correspondiente a la categoría de Carreteras.

En tanto a las fuentes Naturales estas se subdividen en fuentes biogénicas las cuales incluyen las emisiones de COV producidas por los bosques o por los cultivos, así como las emisiones de NOx provenientes del suelo. Por su parte, las fuentes geogénicas son de origen geológico: volcanes, géisers, manantiales de aguas sulfurosas y filtraciones de aceite que suelen registrarse en ambientes marinos. Estas presentan los valores máximos total de contaminantes y de NO_2 COV y PM 2.5 debido a la actividad geológica continua a lo largo de la historia de la Tierra.

En conjunto, los gases considerados en las emisiones de hidrocarburos son conocidos como compuestos orgánicos totales (COT). Este concepto incluye a todos los compuestos carbonados excepto los carbonatos, carburos metálicos, monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO_2) y ácido carbónico.

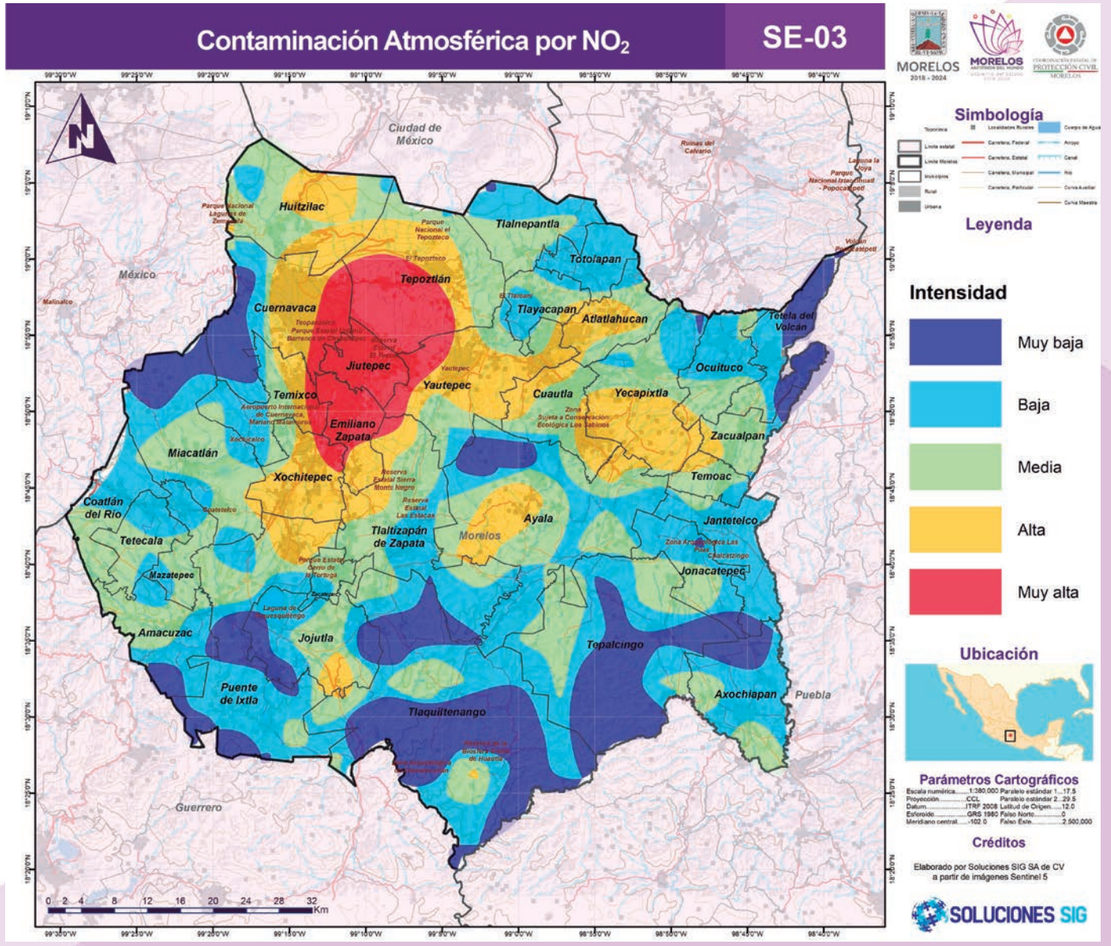
Las fuentes naturales de mayor emisión de gases criterio corresponden a fuentes naturales las cuales a su vez corresponden a fuentes biogénicas con un 45.8 % respecto al total de emisiones, seguido de las fuentes móviles tales como carreteras, las cuales presenta un total de 33.07% del total de la red de carreteras dentro del área de estudio.

Las fuentes de área incluyen aquellas que emiten desde una superficie en el territorio e incluyen la generación de aquellas emisiones inherentes a actividades y procesos tales como el uso de solventes, limpieza de superficies y equipos, recubrimiento de superficies arquitectónicas, industriales, lavado en seco, artes gráficas, panaderías, distribución y almacenamiento de gas LP, principalmente. Esta fuente también incluye las emisiones de actividades como son: el tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, entre otros, estos últimos con valores bajos en la distribución porcentual de gases contaminantes. Sin embargo, este tipo de emisión se encuentra un gran número de contaminantes, de muy variado nivel de impacto en la salud. Las actividades agropecuarias son las principales emisoras de PM 2.5 junto con la Quema de combustibles en fuentes estacionarias. Las fuentes fijas se refiere a toda instalación establecida en un solo lugar, que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera como lo pueden ser establecimientos industriales y de servicios; las emisiones de fuentes fijas de industrias específicas (p.ej., compuestos orgánicos volátiles [COVs] de la manufactura de automóviles y emisiones de partículas derivadas de procesos industriales en general y de plantas de fabricación de cemento, etc.). Entre ellas destacan las emisiones de SO_2 de origen Estatal y Federal, de NO_2 de categoría federal y de %PM 2.5 por categoría Estatal.

Ahora bien para el análisis por contaminante para las partículas %PM 2.5 cabe señalar que las fuentes Agropecuarias, la Quema de combustibles en fuentes estacionarias las carreteras y las fuentes fijas estatales representan el 60% de las emisiones totales del partículas menores a <2.5 micras las carreteras emiten cerca del 48.6 % de Dióxido de azufre (SO_2) mientras que solo las fuentes fijas tanto estatales como municipales emiten cerca del 36% y el resto se lo dividen las actividades agropecuarias, la quema de combustibles y las fuentes misceláneas. En tanto monóxido de Carbono las Carreteras también corresponden al primer lugar, seguido de la quema de combustibles en fuentes estacionarias y actividades agropecuarias. Para dióxido de nitrógeno (NO_2) las principales fuentes de emisión vienen de fuentes naturales seguidas de carreteras, y fuentes fijas federales y estatales. Para Amoniaco (NH_3) son las fuentes agropecuarias son las de mayor emisión seguido de fuentes misceláneas y carreteras.

El término partículas o material particulado (PM) se refiere a cualquier partícula sólida o líquida de hollín, polvo, aerosoles, humos y nieblas. Algunas clasificaciones del PM incluyen partículas totales; partículas primarias y secundarias; Óxido de azufre cap-5-contaminantes.pmd 11/04/2005, 06:18 p.m. 82 Contaminantes considerados en un inventario de emisiones 83 culas suspendidas totales (PST), partículas suspendidas (PS), partículas con diámetro aerodinámico menor que 10 micras (PM10), partículas con diámetro aerodinámico menor que 2.5 micras (PM2.5); así como partículas filtrables y condensables.

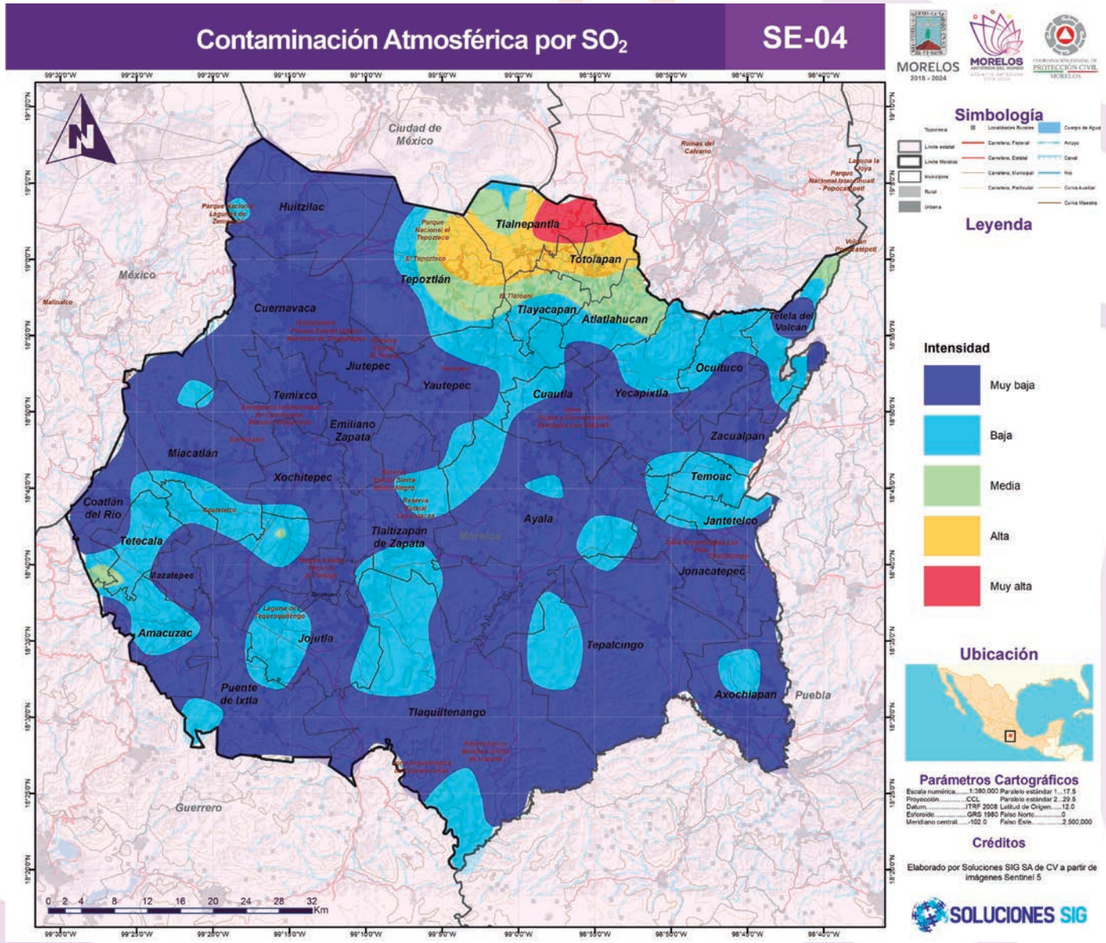
Mapa 143. Contaminación atmosférica por NO_2 en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en Imágenes Satelitales Sentinel 5 y Sensor TROPOMI.

El término óxidos de nitrógeno (NO_2) es un concepto amplio que incluye al monóxido de nitrógeno (NO), al bióxido de nitrógeno (NO_2) y a otros óxidos de nitrógeno menos comunes. En general estos compuestos se forman durante los procesos de combustión, son precursores del ozono, y normalmente son eliminados de la atmósfera por procesos de deposición seca y húmeda. No se considera que el NO cause efectos adversos sobre la salud en concentraciones ambientales; sin embargo, la exposición al NO_2 puede ocasionar irritación del tracto respiratorio y, si la exposición se prolonga, puede provocar disminución en la función pulmonar. La distribución de este gas en cuanto su concentración se posiciona principalmente en la ZM de Cuernavaca sobre los municipios de Jiutepec, Emiliano Zapata Sureste de Tepoztlán y Zona oriente de Cuernavaca. Los valores medios y muy altos circundan la zona metropolitana de Cuernavaca, la región descrita con anterioridad uniéndose con la zona metropolitana de Cuautla a través de los municipios de Xochitepec Yautepec, Atlatlahucan, Yecapixtla y Ayala principalmente, distribuyéndose valores de bajos a muy bajos en las regiones apartadas a las zonas metropolitanas de Morelos.

Mapa 144. Contaminación atmosférica por SO_2 en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en Imágenes Satelitales Sentinel 5 y Sensor TROPOMI.

Para el caso del Dióxido de Sulfuro (SO_2) este gas ingresa a la atmósfera terrestre a través de procesos naturales y antropogénicos. Desempeña un papel en la química a escala local y global y su impacto va desde la contaminación a corto plazo hasta los efectos sobre el clima. Solo alrededor del 30% del SO_2 emitido proviene de fuentes naturales; la mayoría es de origen antropogénico. Las emisiones de SO_2 afectan negativamente a la salud humana y la calidad del aire.

El SO_2 tiene un efecto sobre el clima a través del forzamiento radiativo, a través de la formación de aerosoles de sulfato. Las emisiones volcánicas de SO_2 también pueden representar una amenaza para la aviación, junto con las cenizas volcánicas.

El instrumento a bordo del S5P/TROPOMI toma muestras de la superficie de la Tierra con un tiempo de revisión de un día con una resolución espacial sin precedentes de 3,5 x 5,5 km que permite la resolución de detalles finos, incluida la detección de penachos de SO_2 mucho más pequeños.

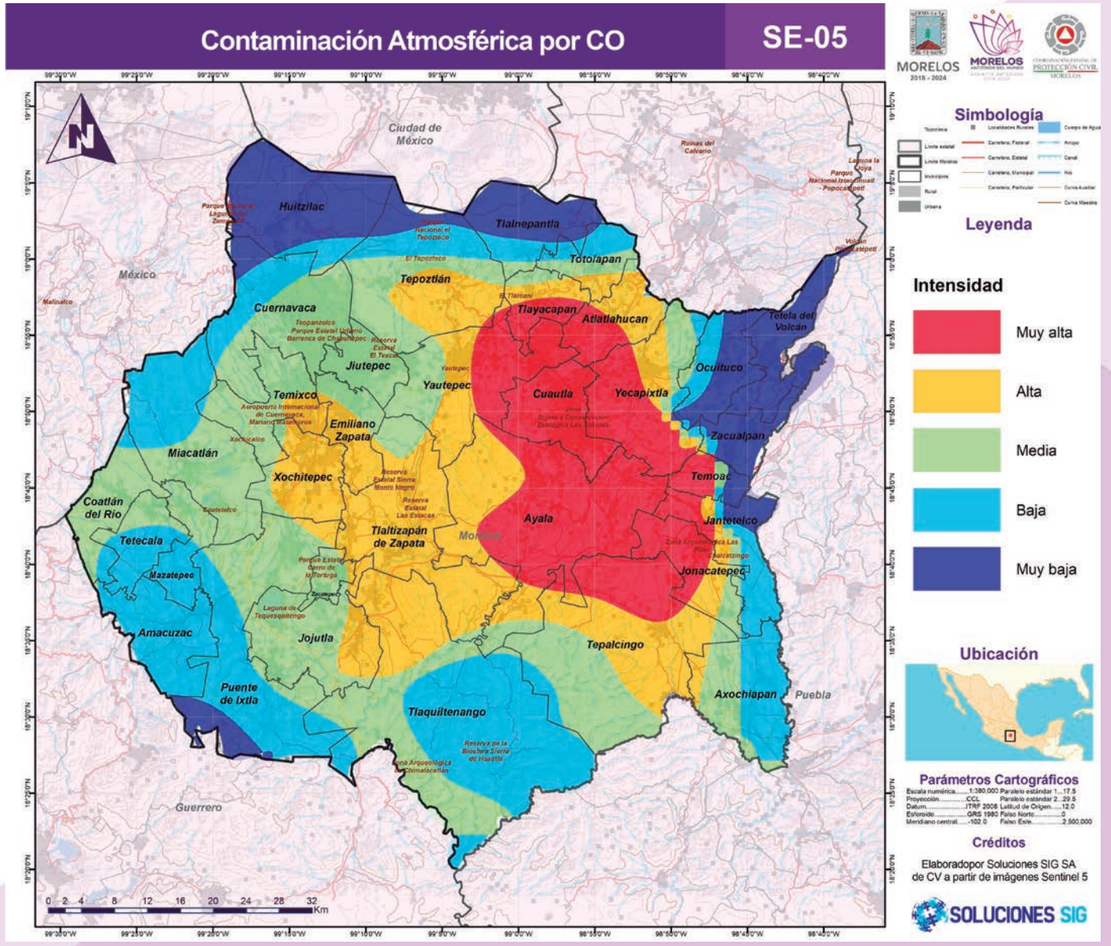
En el Mapa siguiente es posible observar la distribución espacial del SO_2 el cual queda confinado al norte del Estado de Morelos específicamente sobre la zona norte de los municipios de Tlanepantla y Totolapan con los valores elevados, seguidos de Este de Tepoztlán , Tlayacapan y Atlatlahucan.

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro que resulta de la combustión incompleta de combustibles fósiles. La mayor proporción del CO emitido en áreas urbanas es generada por los vehículos automotores. La exposición de individuos no fumadores a niveles de CO menores que 15 a 20 ppm aparentemente no produce efectos adversos en la salud. En niveles superiores a éstos, la carboxihemoglobina en la sangre se eleva, ocasionando alteraciones en los sistemas nervioso y cardiovascular.

Los individuos fumadores tienen una concentración de carboxihemoglobina más elevada y, por lo tanto, pueden experimentar efectos adversos en niveles ambientales menores de CO. Los compuestos orgánicos son emitidos a la atmósfera por diversas fuentes. Sin embargo, en general se considera que los compuestos orgánicos son emitidos, principalmente, por fuentes de combustión o de evaporación.

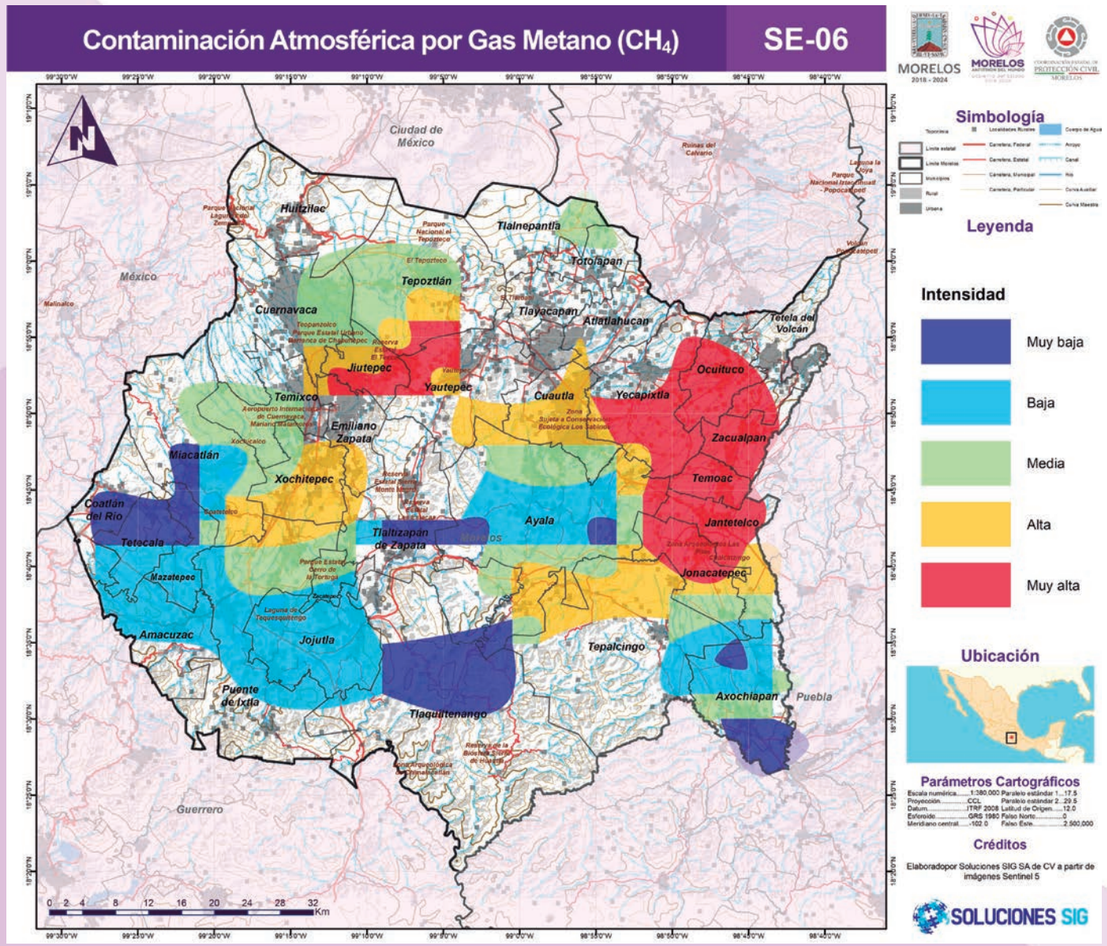
El monóxido de Carbono se distribuye espacialmente con valores altos en los municipios que corresponden a aquellas entidades pertenecientes a la Zona metropolitana de Cuautla; Cuautla, Ayala, Suroeste de Yecapixtla, Noreste de Yautepec, Sur de Tlayacapan y Suroeste de Atlatlahuacan, Oeste de Temoac, Noroeste de Jonacatepec y Norte de Tepalcingo. Los valores Altos se encuentras en los rededores de las Zona Metropolitana de Cuautla conformando los municipios de Tlaltizapan de Zaragoza, Xochitepec, Este de Jojutla y norte de Tlaquitenango mientras que los municipios con valores muy bajos y bajos son aquellos municipios ubicados en los extremos del Estado.

Mapa 145. Contaminación atmosférica por CO en el Estado de Morelos



Fuente: SEMARNAT, Dirección de Geomática, (2004). 'Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000. México, Distrito Federal.

Mapa 146. Contaminación atmosférica por gas metano (CH_4) en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en Imágenes Satelitales Sentinel 5 y Sensor TROPOMI.

El gas metano (CH_4) es, después del dióxido de carbono (CO_2), el contribuyente más importante al efecto invernadero aumentado antropogénicamente. Aproximadamente las tres cuartas partes de las emisiones de metano son antropogénicas y, como tales, es importante continuar con el registro de mediciones satelitales. Donde el instrumentoTROPOMI tiene como objetivo proporcionar con centraciones de columna de CH_4 con alta sensibilidad a la superficie de la Tierra, buena cobertura espaciotemporal y precisión suficiente para facilitar el modelado inverso de fuentes y sumideros. TROPOMI utiliza información de absorción de Oxygen-A Band (760nm) y el rango espectral SWIR para monitorear la abundancia de CH_4 en la atmósfera terrestre.

Los datos del instrumento satelital GOSAT y los instrumentos TCCON basados en tierra se utilizan para la verificación y validación de estos datos. Con la actualización más reciente del algoritmo, el metano, que anteriormente era un producto de datos solo terrestre, ahora incluye píxeles con reflejos solares sobre partes del océano. Los datos de metano están disponibles en el flujo de datos de OFFL. Es posible apreciar en el mapa la Alta presencia de este gas en la zona oriente del Estado sobre el sureste del muniocipio de Yecapixctla, Temoac, Zacualpan, Jantetelco y Jonacatepec, Este de Yautepec y Oeste de Jiutepec. Valores medios y altos sobre los municipios de Tepoztlán, Temixco, Cuautla,m Norte de Tepalcingo, Norte de Puente de Ixtla y centro de Axochipan tal como se puede apreciar en su respectivo mapa.

Las composiciones cartográficas o despliegues de las bases de datos muestran la abundancia de HCHO en la columna vertical atmosférica en moléculas por cm^2.La molécula de HCHO comúnmente se utiliza como trazador de la presencia de compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera, contribuye a la formación de ozono troposférico.

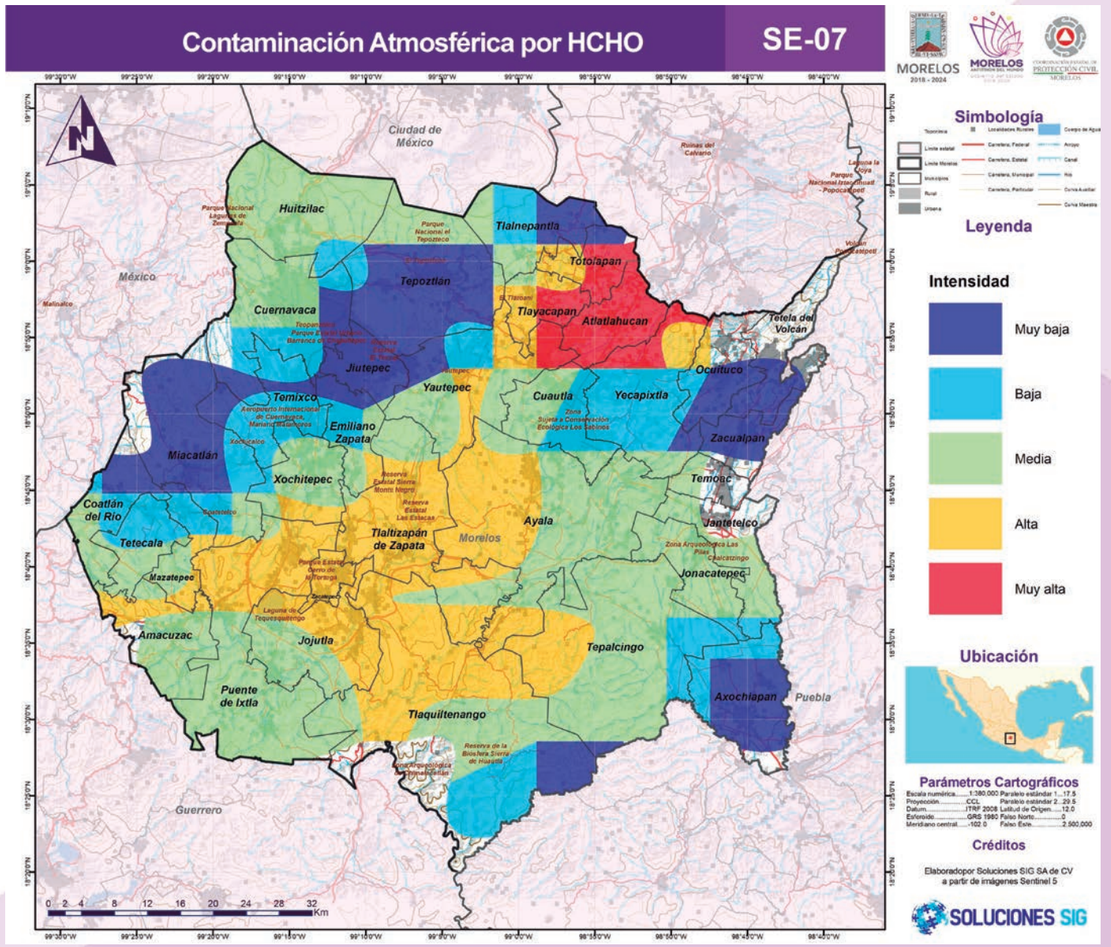
La principal fuente de HCHO en la atmósfera es la oxidación de metano. En la corteza terrestre su presencia es debido a la oxidación de compuestos orgánicos volátiles provenientes de la vegetación, quema de biomasa, origen urbano (tráfico), uso de productos químicos en general (solventes, de limpieza, etc), así como de fuentes industriales. Es muy notable la persistencia de una zona de altos niveles de HCHO en Guatemala, en la que los incendios forestales y agrícolas probablemente juegan un papel importante. Las bases de datos de columnas totales de formaldehído (HCHO) provienen del instrumento Ozone Monitoring Instrument (OMI) que se encuentra a bordo del satélite AURA.

Se presentan mapas de distribución de columnas totales de HCHO en promedios anuales 2005 a 2018 así como un mapa del promedio de octubre de 2004 a diciembre 2018. La columna total de este gas, reportada en moléculas por cm^2, es una unidad común para mediciones de percepción remota y se refiere a una concentración integrada a lo largo de toda la columna atmosférica. Esto se debe a que, en el caso de mediciones llevadas a cabo por instrumentos a bordo de plataformas satelitales, se mide la intensidad espectral de radiación electromagnética que llega al sensor después de interactuar con todo el espesor de la atmósfera.

La columna vertical, que se estima a partir de algoritmos que toman en cuenta procesos de absorción, emisión y esparcimiento en las diferentes altitudes, reporta el número total de moléculas que se encuentran en un volumen que abarca toda la columna atmosférica sobre un área de 1 cm^2.

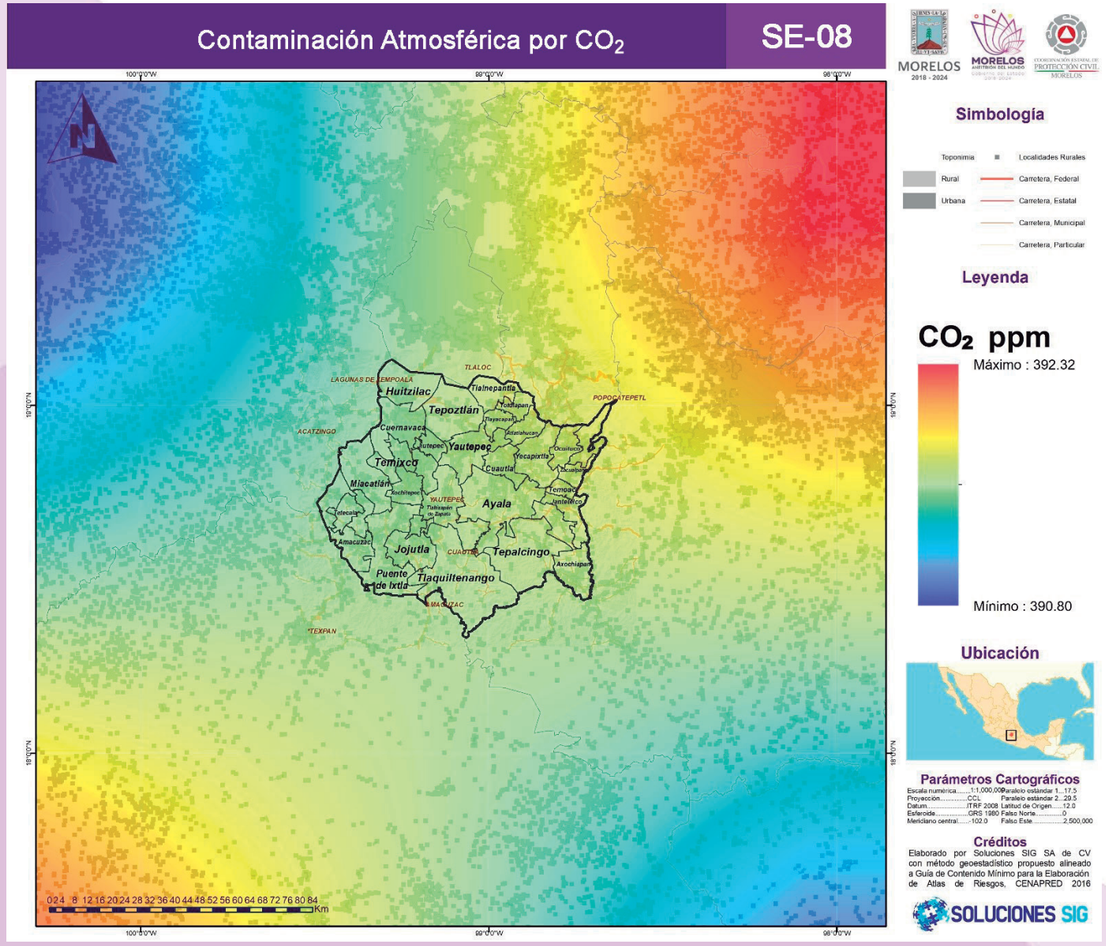
En tanto la distribución espacial de HCHO para el estado de Morelos estos se concentran en altas ´proporciones al NE del estado en los municipios de Atlatlahucan, Este de Tlayacapan y Sureste de Totolpan. Valores de Muy Altos a Medios en la zona centro y Suroeste del estado y valores muy bajos en la zona Oriente del estado y Noroeste a excepción del municipio de Huitzilac y Noroeste de Cuernavaca donde el orden de Intensidad media para este gas impera sobre esta región del Estado de Morelos.

Mapa 147. Contaminación atmosférica por columna de formaldehídos (HCHO) en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en Imágenes Satelitales Sentinel 5 y Sensor TROPOMI.

Mapa 148. Contaminación atmosférica por columna de formaldehídos (HCHO) en el Estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en Imágenes Satelitales Sentinel 5 y Sensor TROPOMI.

Calidad del agua

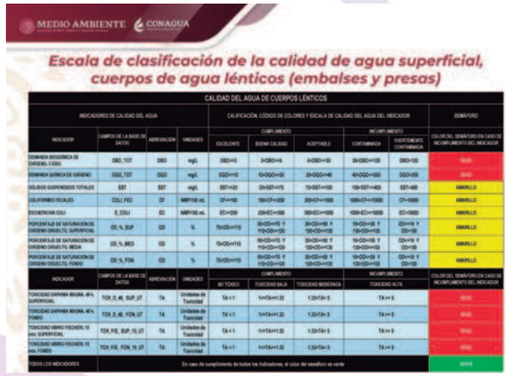
Agua Superficial

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a través del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), establece para todo el territorio mexicano, la calidad del agua tanto superficial como subterránea, realizando anualmente estudios de la calidad de agua para cada uno de los puntos preestablecidos por esta entidad (SINA, 2021). El análisis de la calidad del agua superficial consideró 6 indicadores y la calidad del agua en sitios superficiales también se determinó a través de un semáforo el cual considera 3 colores, verde, amarillo y rojo, y se obtiene integrando los resultados de los 6 indicadores;

- Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5),
- Demanda Química de Oxígeno (DQO),
- Sólidos Suspendidos Totales (SST),
- Coliformes Fecales (CF),
- Escherichia coli, (E_COLI),
- Porcentaje de Saturación de Oxigeno (OD%)

CONAGUA cataloga con color verde cuando los sitios cumplen con los límites aceptables de calidad del agua a nivel superficial para los 8 parámetros analizados, con color amarillo cuando se presenta incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: E_COLI, CF, SST y OD% y con color rojo presentando incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: DBO5, DQO, TOX y ENTEROC. Tales simbologías en las cartografías que integran el análisis de la calidad de las aguas superficiales se representan con simbología punto en el sitio específico del muestreo que integra el semáforo de escala de clasificación de la calidad del agua superficial los 6 indicadores.

Ilustración 37. Escala de Clasificación de la calidad de agua superficial.

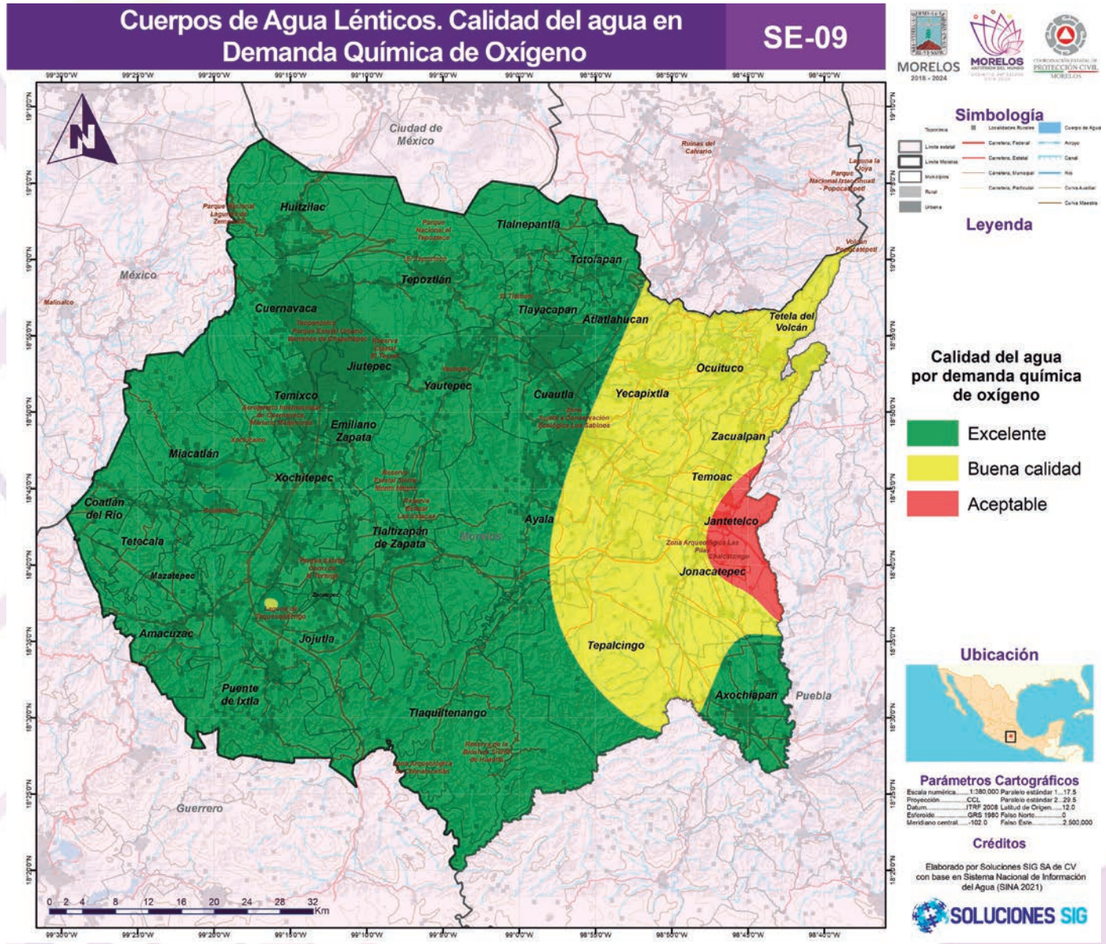


Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

Resultados

Los siguientes mapas representan aquellos valores de calidad del agua por indicador en sitios superficiales indicador considerando cuerpos lóticos y lénticos.

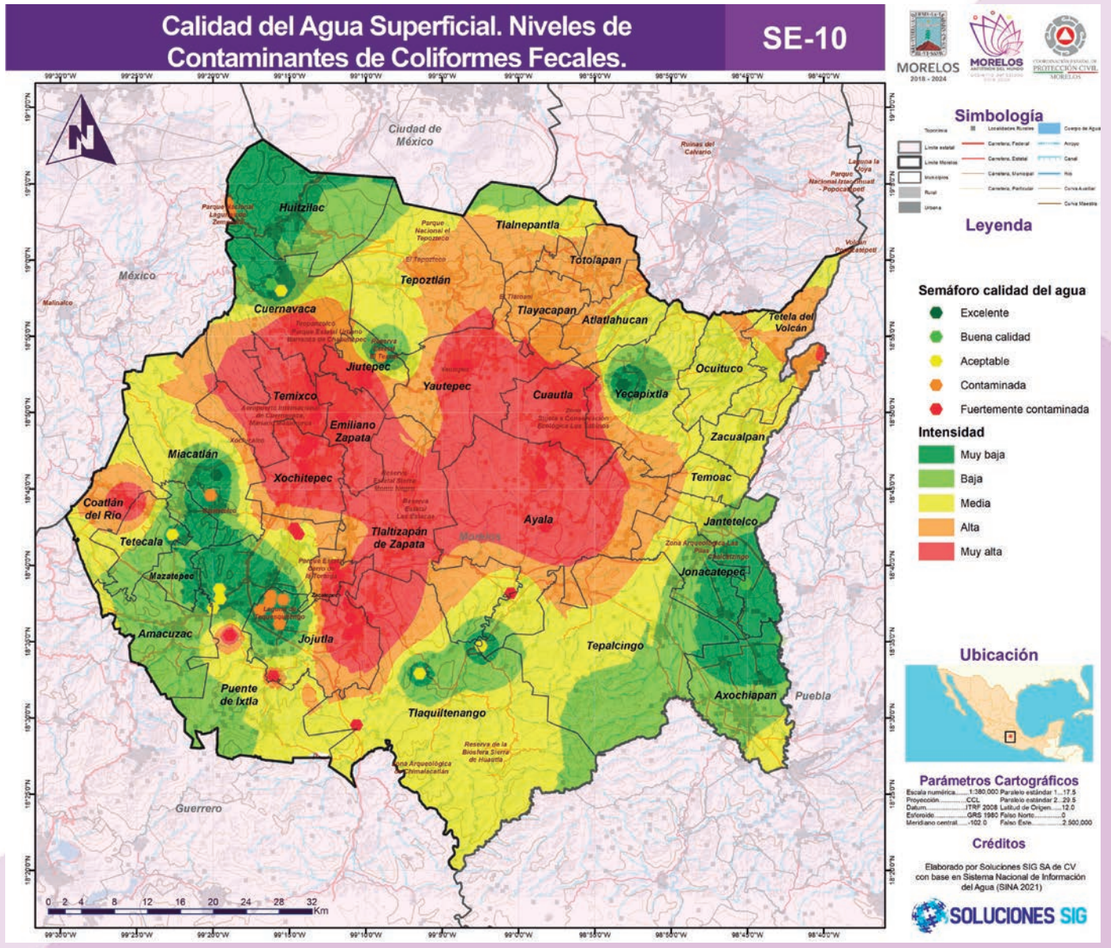
Mapa 149. Contaminación en cuerpos de agua lénticos el Estado de Morelos



Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

Para el caso del mapeo de Demanda Química de Oxígeno de cuerpos de agua lénticos (embalses y presas) el cual se representa en el Mapa siguiente es posible apreciar que en la zona Oeste del Estado de Morelos se encuentran zonas de Calidad Aceptable y de Buena Calidad especialmente al Oriente de la Zona Metropolitana de Cuautla. También se observan valores de presentan para el presente indicador de Calidad Aceptable en la Laguna de Tequesquitengo.

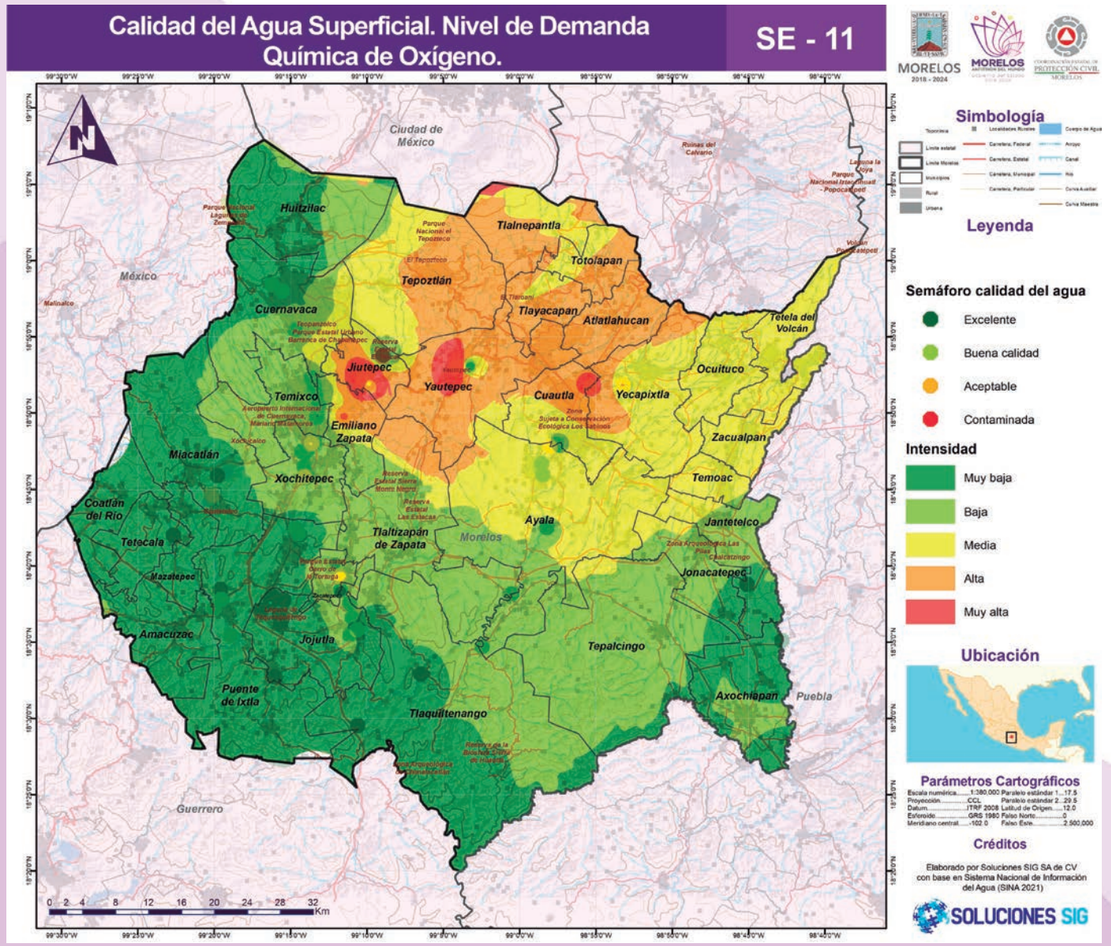
Mapa 150.Contaminación en aguas superficiales. Coliformes Fecales en el Estado de Morelos



Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

En tanto a calidad de Agua Superficial de Coliformes Fecales es posible observar en el Mapa correspondiente que la mayoría de los valores de Muy Alta Intensidad se presentan en la zona centro y sobre las Zonas Metropolitanas del Estado de Morelos, principalmente en los municipios de Cuernavaca, Xochitepec, Jiutepec, Tlaltizapan de Zapata, Ayala, Yautepec y Norte de Jojutla, así como en el municipio de Cuautla. Sobre la región anteriormente descrita se observa que en los sitios de muestreo el semáforo coincide con la categoría de Contaminada.

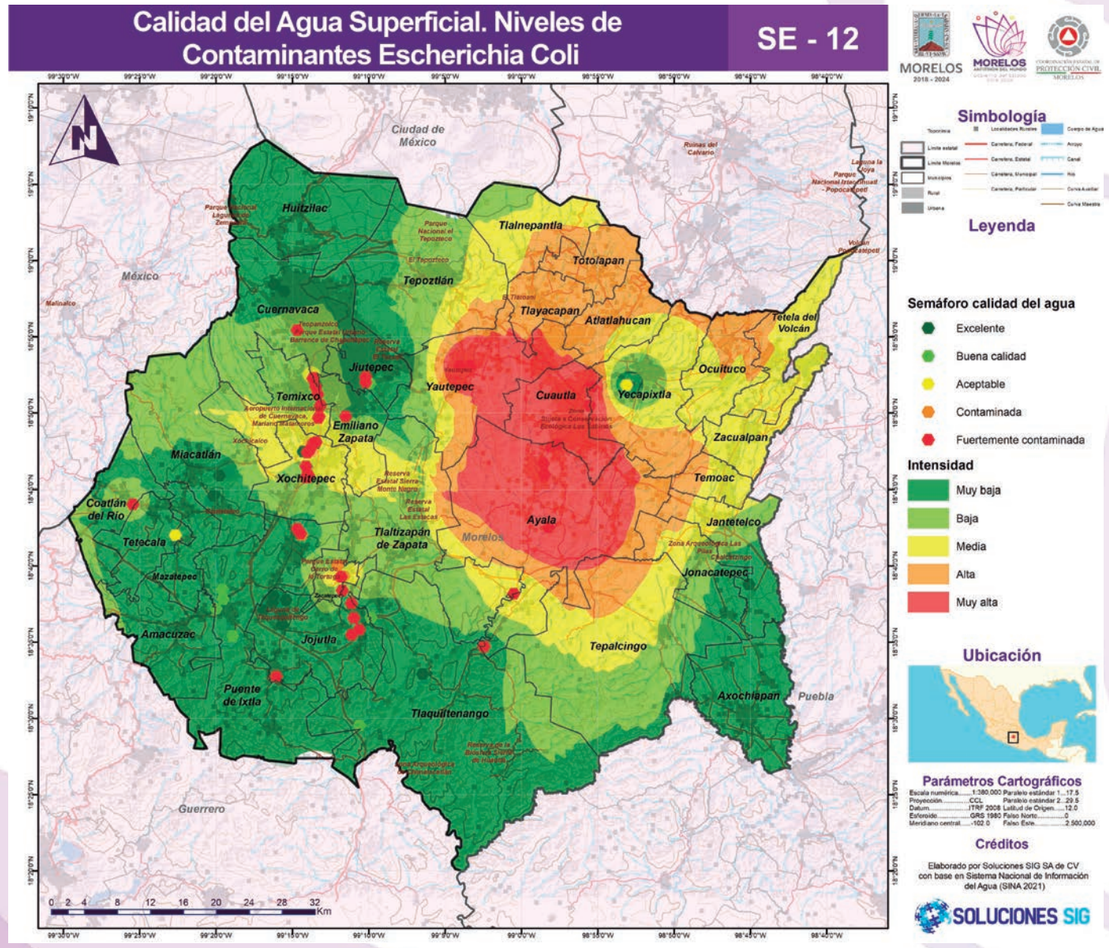
Mapa 151. Contaminación en aguas superficiales. Demanda Química de Oxígeno en el Estado de Morelos



Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

Para el caso de calidad de agua en tanto la variable Demanda Química de Oxígeno las categorías de intensidades muy altas se sitúan puntualmente en Yautepec, Jiutepec, Cuautla, Yecapixtla y Xochitepec. A partir de estos puntos la tendencia de Intensidades decrece a alta toman rumbo a los municipios del Noreste: Atlatlahuacan, Yautepec, Tlayacapan, Tlanepantla y Tepoztlán entre los principales Municipios dentro de esta categoría. Dentro del análisis puntual del semáforo de calidad se observa un corredor de agua Aceptable para la Zona Metropolitana de Cuernavaca en dirección N-S. Los municipios donde se observan mejores categorías de calidad del agua en este indicador son en Huitzilac, Coatlán del Río Amacuzac y Norte de Jiutepec.

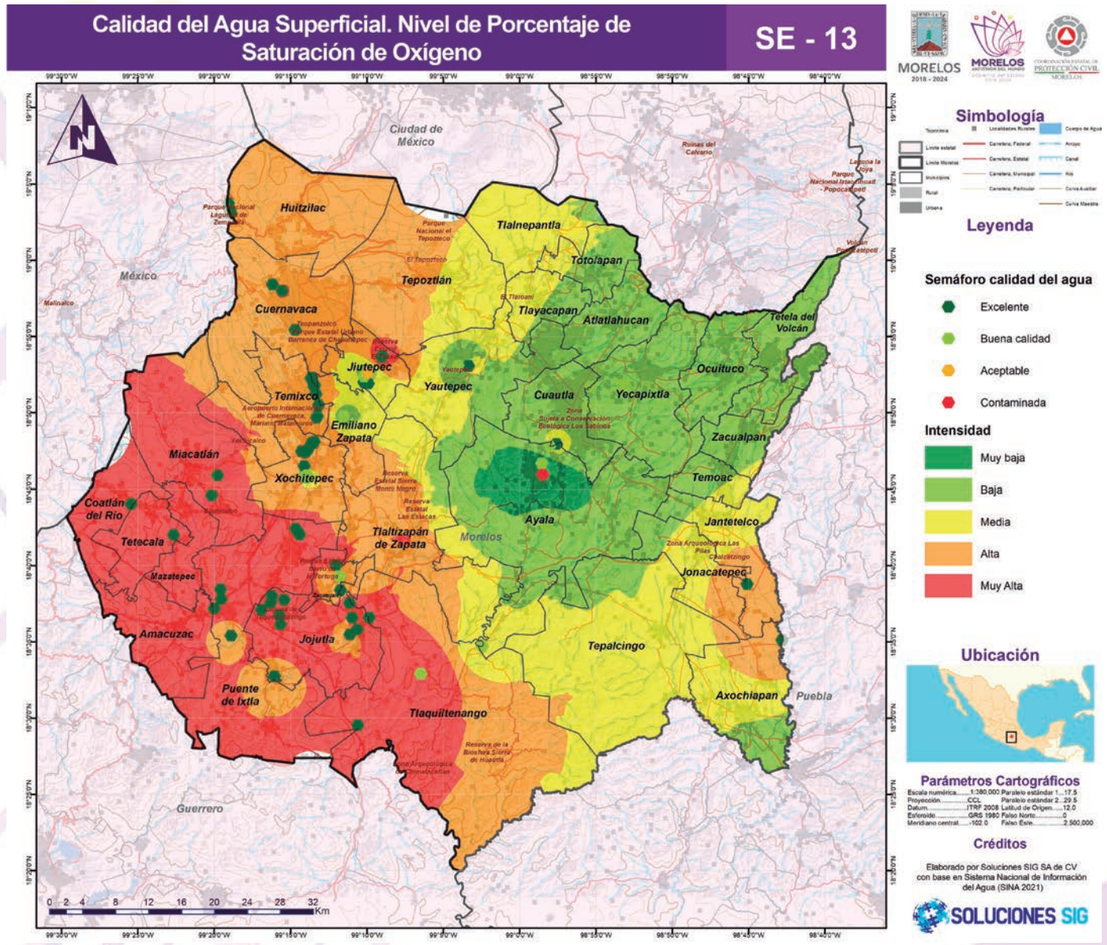
Mapa 152. Contaminación en aguas superficiales. Escherichia Coli en el Estado de Morelos



Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

También es de señalar que en el Mapa correspondiente Contaminación en aguas superficiales de Escherichia Coli se presentan las categorías con alta intensidad y en semáforo rojo que representa Fuertemente Contaminado sobre la Zona Metropolitana de Cuautla, Yautepec y el corredor de sitios de muestreo de la Zona Metropolitana de Cuernavaca.

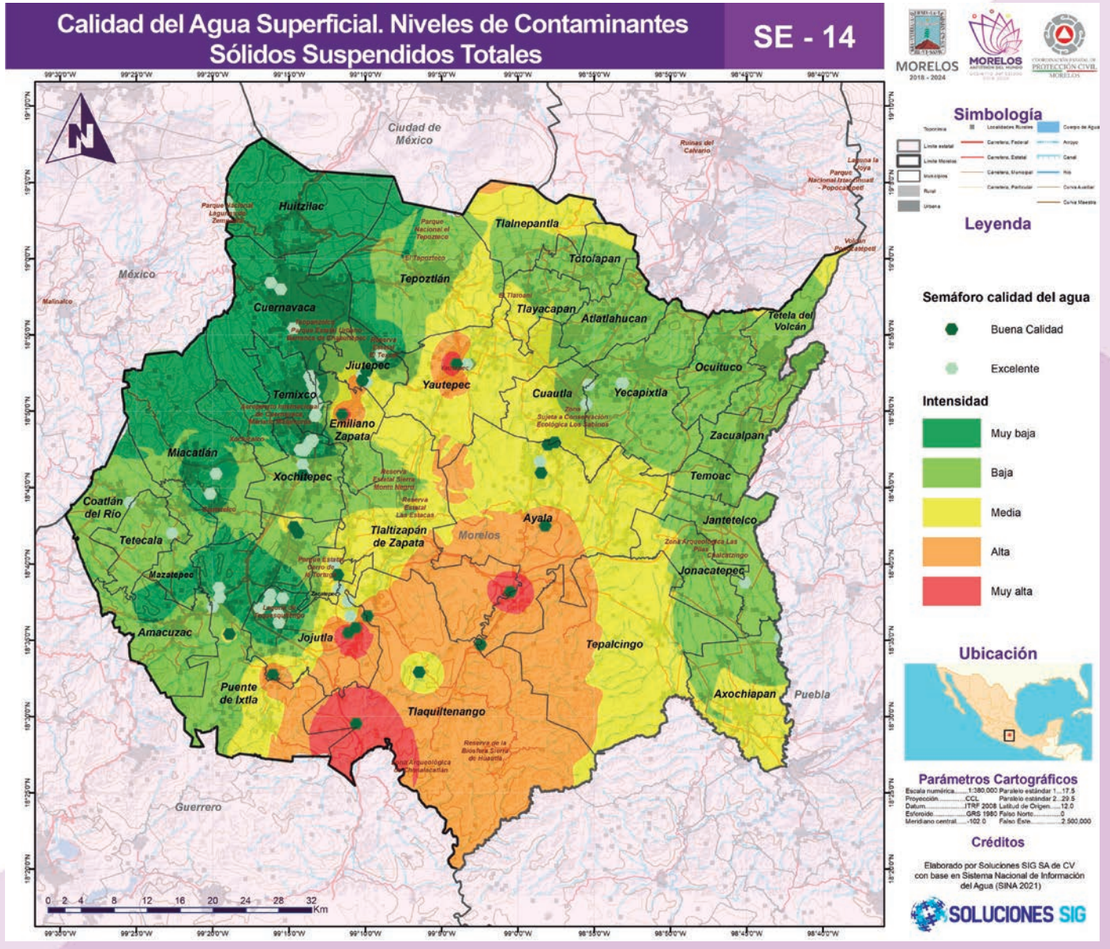
Mapa 153. Contaminación en aguas superficiales. Porcentaje de Saturación de Oxígeno en el Estado de Morelos



Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

En el mapa siguiente es posible observar el municipio de Ayala presenta baja intensidad elevándose drásticamente hacia el Oeste del Estado y levemente hacia el norponiente de este. En tanto al semáforo de calidad del agua de Porcentaje de Saturación de Oxígeno se presenta dentro de la categoría de Excelente en el corredor de muestreo de la Zona Metropolitana de Cuernavaca.

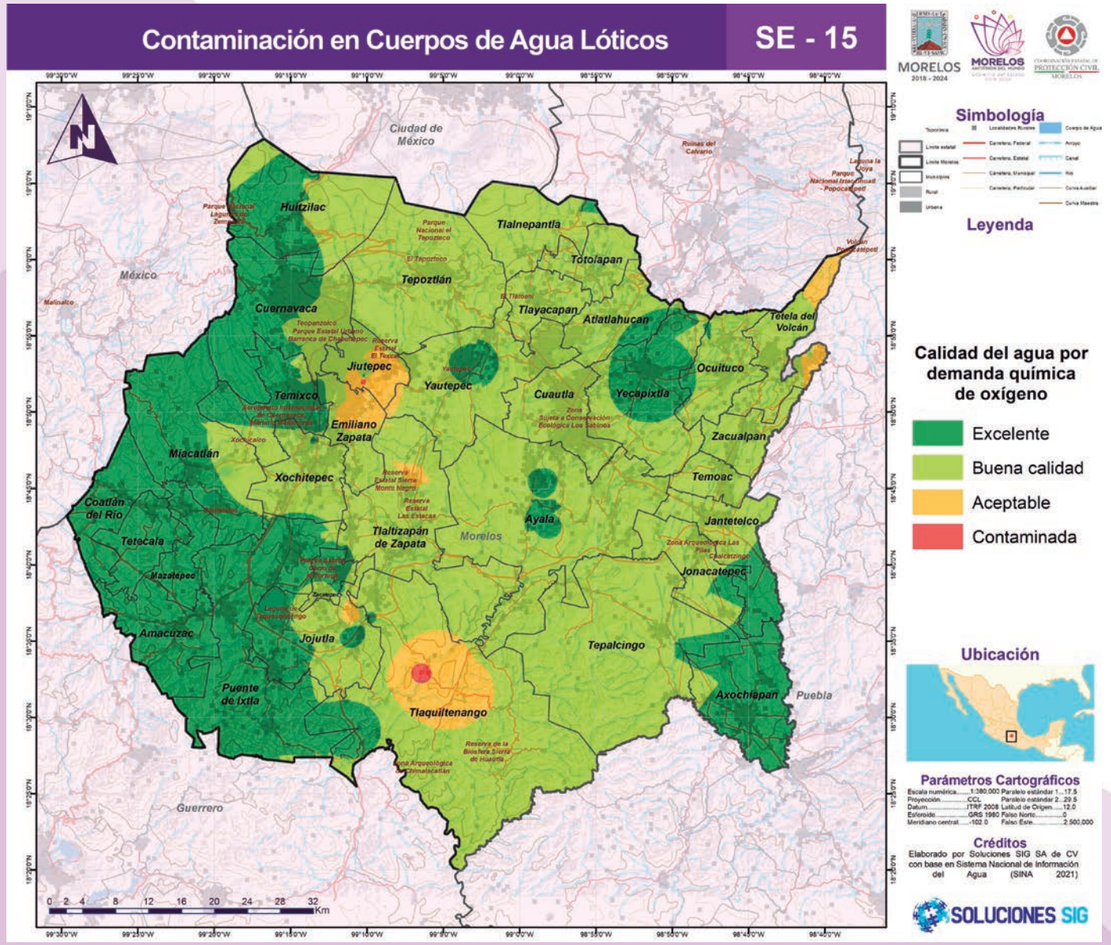
Mapa 154. Contaminación en cuerpos de agua lóticos el Estado de Morelos



Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

Para el caso de la calidad del agua superficial en materia de sólidos suspendidos totales en el municipio de Tlaquitenango se focalizan las mayores intensidades junto con Yautepec, Ayala y Emiliano Zapata. Específicamente entre Tlaquitenango, y Ayala se presentan altas intensidades y decrecen con tendencia hacia la región Norte Y centro conservándose entre Altas y Muy altas al sur de la Zona Metropolitana de Cuernavaca, dando lugar a la distribución de mejor calidad de agua para este indicador sobre los extremos norte del Estado de Morelos.

Mapa 155. Calidad del agua Subterránea. Contaminación en cuerpos de Agua Lóticos presentes en el Estado de Morelos



Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

En el caso de la representación para cuerpos de agua lóticos (ríos) de acuerdo al indicador Demanda Biológica de Oxígeno los valores en General son Buena Calidad y Excelente en la mayoría de los municipios del Estado, a excepción de Tlaquitenango y al Sur de la Zona Metropolitana de Cuernavaca, municipio de Jiutepec donde se distribuye las categorías de calidad del agua Aceptable y Contaminada. Los municipios que mejor Calidad del Agua presentan son los posicionados en el límite Poniente del Estado como Oeste de Huitzilac, Temixco, Miacatlán, Coatlán del Río,Tetecala, Mazatepec, Amacuzac, Zacatepec y Puente de Ixtla.

Ilustración 38. Escala de Clasificación de la calidad de agua superficial.

MEDIO AMBIENTE CONAGUA

Escala de clasificación de la calidad de agua superficial, cuerpos de agua lóticos (ríos, arroyos y corrientes)

CALIDAD DEL AGUA DE CUERPOS LÓTICOS									
INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA				CALIFICACIÓN, CÓDIGO DE COLORES Y ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA DEL INDICADOR					SEMÁFORO
				CUMPLIMIENTO			INCUMPLIMIENTO		
INDICADOR	CAMPOS DE LA BASE DE DATOS	ABREVIACIÓN	UNIDADES	EXCELENTE	BUENA CALIDAD	ACEPTABLE	CONTAMINADA	FUERTEMENTE CONTAMINADA	COLOR DEL SEMÁFORO EN CASO DE INCUMPLIMIENTO DEL INDICADOR
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, 5 DÍAS	DBO_TOT	DBO	mg/L	DBO<=3	3<DBO<=6	6<DBO<=30	30<DBO<=120	DBO>120	ROJO
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO_TOT	DQO	mg/L	DQO<=10	10<DQO<=20	20<DQO<=40	40<DQO<=200	DQO>200	ROJO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SST	SST	mg/L	SST<=25	25<SST<=75	75<SST<=150	150<SST<=400	SST>400	AMARILLO
COLIFORMES FECALES	COLI_FEC	CF	NMP/100 mL	CF<=100	100<CF<=200	200<CF<=1000	1000<CF<=10000	CF>10000	AMARILLO
ESCHERICHIA COLI	E_COLI	EC	NMP/100 mL	EC<=250	250<EC<=500	500<EC<=1000	1000<EC<=10000	EC>10000	AMARILLO
PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO	OD_%	OD	%	70<OD<=110	50<OD<=70 Y 110<OD<=120	30<OD<=50 Y 120<OD<=130	10<OD<=30 Y 130<OD<=150	OD<=10 Y OD>150	AMARILLO
INDICADOR	CAMPOS DE LA BASE DE DATOS	ABREVIACIÓN	UNIDADES	CUMPLIMIENTO			INCUMPLIMIENTO		COLOR DEL SEMÁFORO EN CASO DE INCUMPLIMIENTO DEL INDICADOR
				NO TÓXICO	TOXICIDAD BAJA	TOXICIDAD MODERADA	TOXICIDAD ALTA		
TOXICIDAD DAPHNIA MAGNA, 48 h	TOX_D_48_UT	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1<=TA<=1,33	1,33<TA< 5	TA >= 5		ROJO
TOXICIDAD VIBRIO FISCHERI, 15 min	TOX_V_15_UT	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1<=TA<=1,33	1,33<TA< 5	TA >= 5		ROJO
TODOS LOS INDICADORES	En caso de cumplimiento de todos los Indicadores, el color del semáforo es verde								VERDE

Se considera como incumplimiento cuando se califica el sitio como contaminado o fuertemente contaminado

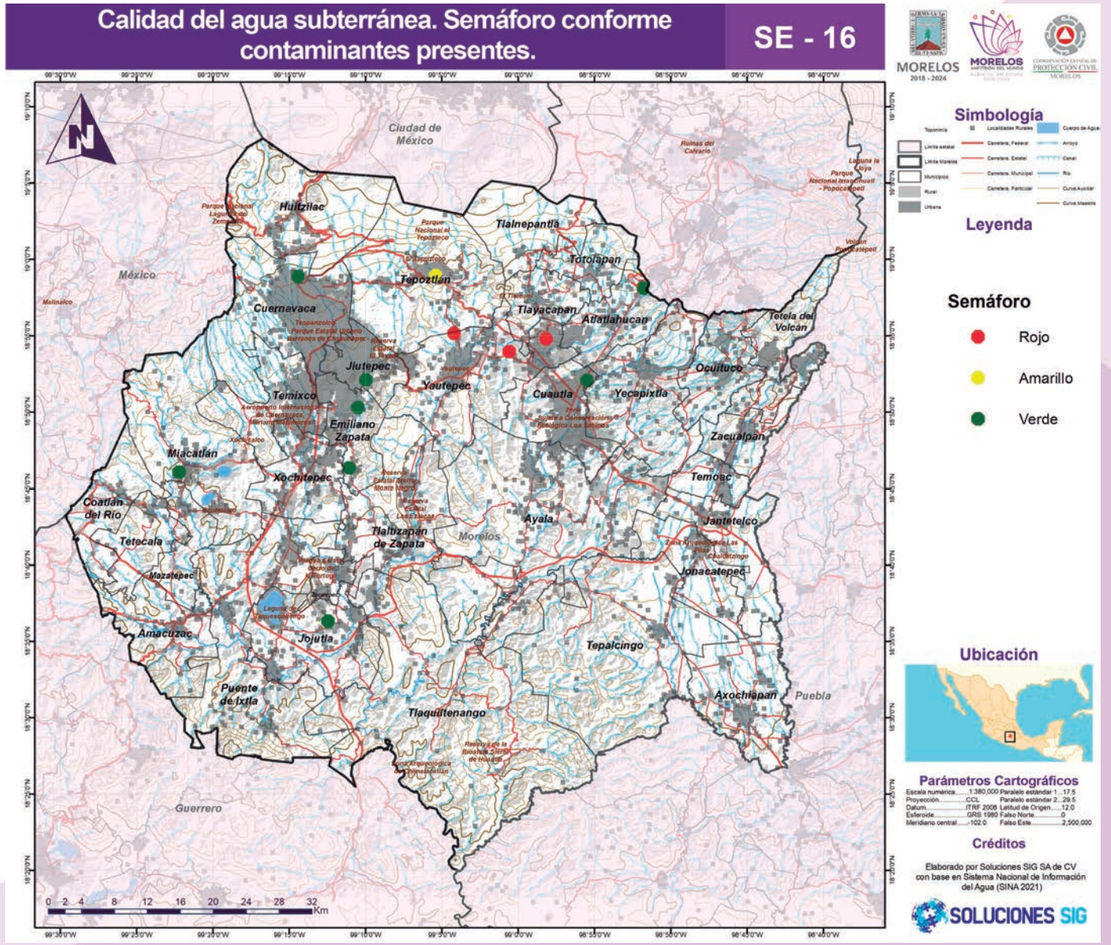
Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

Agua Subterránea

La medición de la calidad del agua subterránea se realiza empleando como referencia los estándares nacionales e internacionales para el agua de consumo. Sin embargo, la calidad del agua se mide en la fuente de abastecimiento, es decir, en su condición natural, sin tratamiento o potabilización. Por lo anterior, la metodología que se ocupará para el presente Atlas corresponde a la simbología de acuerdo con la Ilustración de la escala de clasificación de Calidad de Agua Subterránea, determinada por esta entidad gubernamental oficial con los datos correspondientes al año 2021 para el Estado de Morelos.

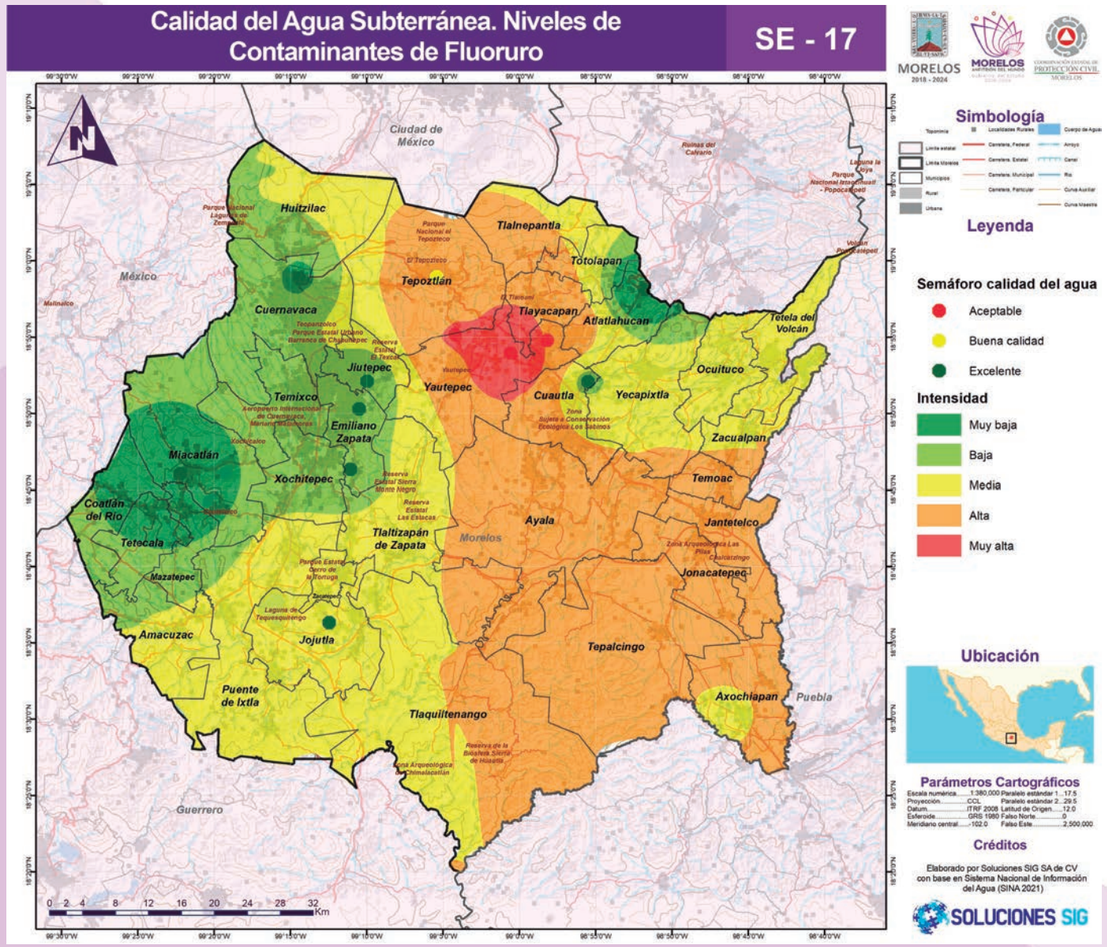
En tanto el indicador de Fluoruro se presenta intensidades asociadas a niveles Muy Altos en la localidad de Yautepec y al Noreste de su municipio con rumbo a la Zona Metropolitana de Cuernavaca. En Tepoztlán se observa en tanto al Semáforo Indicador de Calidad de Agua subterránea en Amarillo correspondiendo una intensidad alta para este indicador en dicho municipio, así como Tlacayapan, Tlanepantla, Cuautla, Ayala, Tepalcingo oeste de Tlaquitenango y Axochipan En intensidades medias tenemos al Municipío de Yecapixtla, Ocuituco, Tetela del Volcán, Tlaltizapan de Zapata, Zacatepec, Jojutla, Puente de Ixtla, Amacuzac y Poniente de Tlaquitenango. Para intensidades bajas y muy bajas se enlistan los municipios de Emiliano Zapata, Xochitepec, Temixco, Mazatepec, Coatlán del Ríoy Cuernavaca tal como puede observarse en el Mapa siguiente.

Mapa 156. Calidad del agua Subterránea. Semáforo de acuerdo con los contaminantes presentes en el Estado de Morelos.



Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

Mapa 157. Calidad del agua Niveles de Fluoruros presentes en el Estado de Morelos.



Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

Ilustración 39. Escala de Clasificación de la calidad de agua subterránea.

MEDIO AMBIENTE CONAGUA

Escala de clasificación de calidad de agua subterránea

CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA							
INDICADOR	UNIDADES	CUMPLIMIENTO			INCUMPLIMIENTO		COLOR DEL SEMÁFORO EN CASO DE INCUMPLIMIENTO DEL INDICADOR
Fluoruros (F-)	mg/L	0.7<=FLUO<1.5 Potable - Óptima	0.4<=FLUO<0.7 Media	0 >=FLUO<0.4 Baja	FLUO>=1.5 Alta		Rojo
Coliformes Fecales	NMP/100mL	CF<1.1 Potable - Excelente	1.1<=CF<=200 Buena calidad	200<CF<=1000 Aceptable	1000<CF<=10000 Contaminada	CF>10000 Fuertemente contaminada	Rojo
Nitrógeno de Nitratos (N-NO3)	mg/L	N_NO3<=5 Potable - Excelente	5<N_NO3<=11 Potable - Buena calidad		N_NO3>11 No apta como FAAP		Rojo
Arsénico Total	mg/L	AS<=0.01 Potable - Excelente	0.01<AS<=0.025 Apta como FAAP		AS>0.025 No apta como FAAP		Rojo
Cadmio Total	mg/L	CD<=0.003 Potable - Excelente	0.003<CD<=0.005 Apta como FAAP		CD>0.005 No apta como FAAP		Rojo
Cromo Total	mg/L	CR<=0.05 Potable - Excelente			CR>0.05 No apta como FAAP		Rojo
Mercurio Total	mg/L	HG<=0.006 Potable - Excelente			HG>0.006 No apta como FAAP		Rojo
Plomo Total	mg/L	PB<=0.01 Potable - Excelente			PB>0.01 No apta como FAAP		Rojo
Alcalinidad (CaCO3)	mg/L	20>=ALC<75 Baja	75>=ALC<=150 Media	150>ALC<=400 Alta	ALC <20 Indeseable	ALC>400 Indeseable como FAAP	Amarillo
Conductividad	mS/cm^2	CONDUC<=250 Excelente para riego	250<CONDUC<=750 Buena para riego	750<CONDUC<=2000 Permisible para riego	2000<CONDUC<=3000 Dudosa para riego	CONDUC>3000 Indeseable para riego	Amarillo
Dureza (CaCO3)	mg/L	DUR<=60 Potable - Suave	60<DUR<=120 Potable - Moderadamente suave	120<DUR<=500 Potable - Dura	DUR>500 Muy dura e indeseable usos industrial y doméstico		Amarillo
Sólidos Disueltos Totales - Riego Agrícola	mg/L	SDT <=500 Excelente para riego	500<SDT<=1000 Cultivos sensibles	1000<SDT<=2000 Cultivos con manejo especial	2000>SDT<=5000 Cultivos tolerantes		Amarillo
Sólidos Disueltos Totales - Salinización	mg/L	SDT<=1000 Potable - Dulce	1000<SDT<=2000 Ligeramente salobres		2000>SDT<=10000 Salobres	SDT>10000 Salinas	Amarillo
Manganeso Total	mg/L	MN<=0.15 Potable - Excelente			0.15>MN<=0.4 Sin efectos en la salud - Puede dar color al agua	MN>0.4 Puede afectar la salud	Amarillo
Hierro Total	mg/L	FE<=0.3 Potable - Excelente			FE>0.3 Sin efectos en la salud - Puede dar color al agua		Amarillo
Todos los Indicadores	En caso de cumplimiento de todos los Indicadores, el color del semáforo es verde						Verde

Fuente: CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA, 2021).

E. SOCIO-ORGANIZATIVOS

El Decreto Presidencial del 6 de mayo de 1986 determinó las bases para el establecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil, define a los fenómenos socio-organizativos como aquellos producto de la dinámica social, al interactuar bajo la influencia de factores de tipo demográfico, económico, político y social, integrándose por los accidentes de transporte, que arrojen como resultado grandes pérdidas humanas o materiales; la interrupción o desperfecto en el suministro o la operación de servicios públicos que provoquen desorganización en las estructuras sociales, y las concentraciones de población que tengan como característica fundamental la de ser masivas. No obstante, al no existir bases actualizadas de esta información en todos los municipios del estado se recomienda el uso de la versión digital del Atlas de riesgos para configurar la base de datos actualizada de este tipo de siniestros. A continuación, se identifican de manera general uno de los principales problemas en el entorno social del estado la violencia, enmarcada por los Feminicidios, homicidios y violencia familiar.

1. Feminicidios, homicidios y violencia familiar.

Antecedentes

De acuerdo con el Sistema Penal Mexicano el feminicidio es la muerte violenta de las mujeres por razones de género, es la forma más extrema de violencia contra la mujer y una de las manifestaciones más graves de la discriminación hacia ellas.

En el Código Penal Federal el feminicidio se encuentra tipificado en el artículo 325, el cual establece lo siguiente:

“Comete el delito de feminicidio quien prive de la vida a una mujer por razones de género. Se considera que existen razones de género cuando concurra alguna de las siguientes circunstancias:

1. La victima presente signos de violencia sexual de cualquier tipo;
2. A la víctima se le hayan infligido lesiones o mutilaciones infamantes o degradantes, previas o posteriores a la privación de la vida o actos de necrofilia;
3. Existan antecedentes o datos de cualquier tipo de violencia en el ámbito familiar, laboral o escolar, del sujeto activo en contra de la víctima;
4. Haya existido entre el activo y la victima una relación sentimental, afectiva o de confianza;
5. Existan datos que establezcan que hubo amenazas relacionadas con el hecho delictuoso, acoso o lesiones del sujeto activo en contra de la víctima;
6. La victima haya sido incomunicada, cualquiera que sea el tiempo previo a la privación de la vida
7. El cuerpo de la víctima sea expuesto o exhibido en un lugar público.”

En septiembre de 2011, el Congreso del Estado de Morelos aprobó por unanimidad la adhesión del artículo 213 del Código Penal, mediante el cual se tipifica el feminicidio como un delito grave, que tendrá una sanción de hasta 70 años de cárcel, mientras el homicidio genérico sólo tiene una pena de 20 años. (Excelsior, 2011).

De acuerdo con esto, comete feminicidio quien, por razones de género, prive de la vida a una mujer. Este odio a las mujeres se podrá establecer cuando haya una relación de parentesco, matrimonio, concubinato o noviazgo o cualquier otra relación de hecho, entre la víctima y el agresor.

Por otra parte, el artículo 302 del Código Penal Federal especifica que comete el delito de homicidio quien priva de la vida a otro.

El homicidio tiene cinco clasificaciones generales atendiendo el elemento subjetivo del agente:

- **Homicidio doloso:** Cuando exista la intención positiva de inferir la muerte a la víctima. Es decir, que el sujeto activo tiene la capacidad de querer y entender las consecuencias de su conducta y producir el resultado de muerte.
- **Homicidio involuntario, También llamado homicidio culposo o negligente:** cuando se conoce el posible resultado de muerte y sin embargo se cree poder evitarlo, pero falla y esta se produce. También se presenta cuando definitivamente se ignora dicho resultado, pero de igual forma se mata.
- **Homicidio preterintencional:** Hace mención al desbordamiento de las intenciones del causante, en las que primitivamente se quiso dañar, pero que desafortunadamente resultó matándola. Por ejemplo, si se desea simplemente golpear a alguien para causarle unas magulladuras, y se termina matándolo. Se ha afirmado que el homicidio preterintencional es un punto medio entre el dolo y la culpa; dolo frente a la acción y culpa frente al resultado.
- **Homicidio simple:** Aquel que se comete a falta de las cuatro agravantes, que son premeditación, alevosía, ventaja y traición.
- **Homicidio calificado:** Es un delito cuya acción está constituida por la muerte que una persona causa a otra de manera intencional, realizado bajo ciertas circunstancias específicas, relacionadas con el medio empleado o el modo de perpetración.

Otro tipo de delito que se hace presente y es de suma relevancia en el estado es la violencia familiar la cual es un problema social, que afecta a un alto porcentaje de familias morelenses de cualquier comunidad, en todos los niveles económicos y culturales. Se trata de relaciones que implican un abuso de poder de parte de quien ejerce maltrato. La violencia familiar puede ser emocional, física sexual, financiera o socioambiental.

Estos delitos mencionados han tenido relevancia en el estado de Morelos en los últimos años, esto debido a varios factores, los cuales no son materia de estudio en el presente documento, sin embargo, vale la pena mostrar la distribución espacial del fenómeno para poder distinguir patrones y puntos de calor o concentración.

Metodología

Se revisaron y filtraron las estadísticas proporcionadas por el Secretariado Ejecutivo del Sistema Estatal de Seguridad Pública del año 2019 para mostrar la distribución geográfica de los delitos mencionados.

Resultados

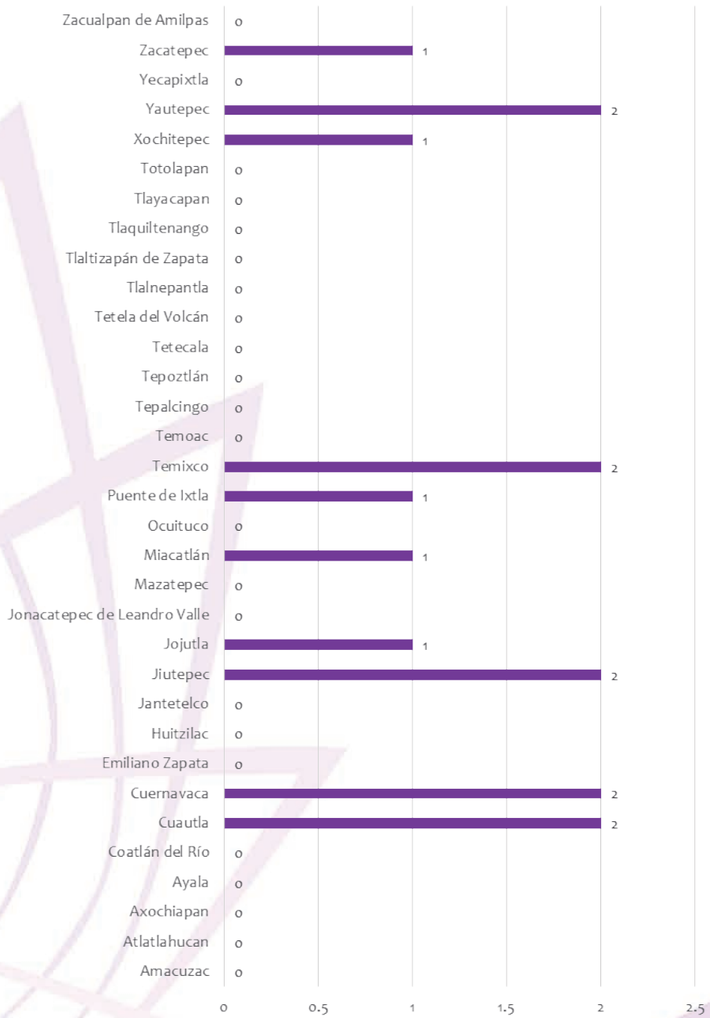
En al año 2019 se presentaron un total de 15 feminicidios distribuidos en 10 municipios del Estado, siendo Cuautla, Cuernavaca, Jiutepec, Temixco y Yautepec los que presentaron un mayor número (2 casos). Las mayores cifras de homicidios se dieron en Cuernavaca y Cuautla con 199 y 106 respectivamente. En cuanto a violencia familiar ambos municipios encabezan las cifras con 1,367 y 496 casos.

Tabla 64 Distribución por municipio de feminicidios, homicidios y violencia familiar en 2019 en el estado de Morelos.

Municipio	Tipo de delito			Total
	Feminicidio	Homicidio	Violencia familiar	
Amacuzac	0	9	10	19
Atlatlahucan	0	15	16	31
Axochiapan	0	15	36	51
Ayala	0	19	105	124
Coatlán del Río	0	4	12	16
Cuautla	2	106	496	604
Cuernavaca	2	199	1367	1568
Emiliano Zapata	0	23	193	216
Huitzilac	0	26	25	51
Jantetelco	0	2	12	14
Jiutepec	2	38	434	474
Jojutla	1	38	162	201
Jonacatepec de Leandro Valle	0	9	14	23
Mazatepec	0	5	4	9
Miacatlán	1	12	32	45
Ocuituco	0	3	11	14
Puente de Ixtla	1	42	97	140
Temixco	2	52	201	255
Temoac	0	5	13	18
Tepalcingo	0	5	15	20
Tepoztlán	0	24	70	94
Tetecala	0	4	23	27
Tetela del Volcán	0	3	3	6
Tlalnepantla	0	1	1	2
Tlaltizapán de Zapata	0	25	78	103
Tlaquiltenango	0	12	47	59
Tlayacapan	0	8	17	25
Totolapan	0	4	3	7
Xochitepec	1	36	126	163
Yautepec	2	59	274	335
Yecapixtla	0	28	67	95
Zacatepec	1	20	68	89
Zacualpan de Amilpas	0	0	2	2
Total general	15	851	4034	4900

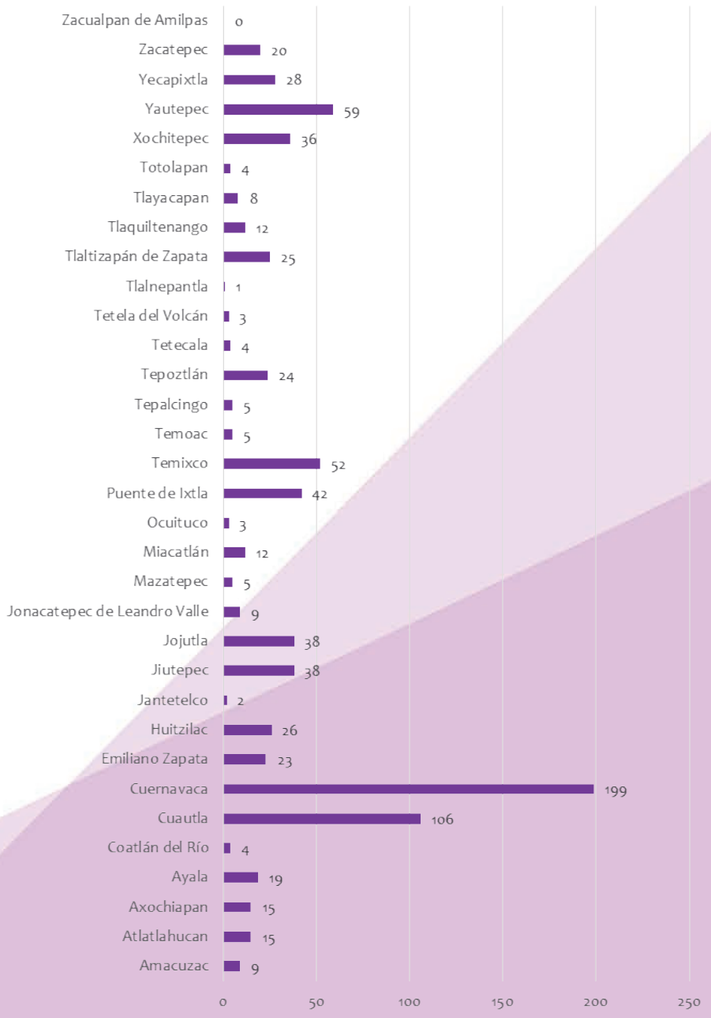
Fuente: Secretariado Ejecutivo del Sistema Estatal de Seguridad Pública, 2019.

Gráfica 13 Total de feminicidios ocurridos en el Estado de Morelos en 2019.



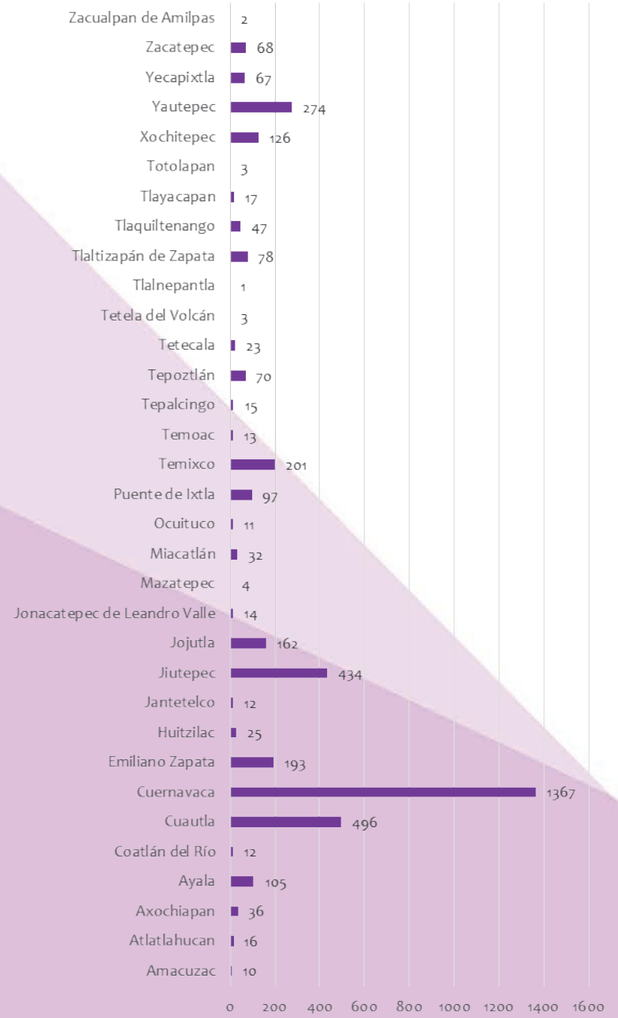
Fuente: Secretariado Ejecutivo del Sistema Estatal de Seguridad Pública, 2019.

Gráfica 14 Total de homicidios ocurridos en el Estado de Morelos en 2019.



Fuente: Secretariado Ejecutivo del Sistema Estatal de Seguridad Pública, 2019.

Gráfica 15 Total de denuncias de violencia familiar en el Estado de Morelos en 2019



Fuente: Secretariado Ejecutivo del Sistema Estatal de Seguridad Pública, 2019.

FASE III

SISTEMAS EXPUESTOS Y VULNERABILIDAD

© Foto: Lic. Moises Daniel López Morales, CEPCM

El grado de afectación de la ocurrencia de un fenómeno perturbador, es decir la magnitud de un desastre, depende en gran medida de la vulnerabilidad que presenta una población. Distintas condiciones sociales, físicas, económicas y políticas contribuyen a generar las afectaciones que provocan vulnerabilidad en una población. (Wilches-Chaux, 1993; Cardona, 2003). El análisis de Vulnerabilidad se elabora en tres dimensiones: Vulnerabilidad Social, Física y Global.

A. INVENTARIO DE BIENES EXPUESTOS

La información de sistemas expuestos tiene por objetivo identificar la ubicación y concentración de los elementos existentes en el territorio, mismos que son propensos a daños o afectaciones en caso de que ocurra algún fenómeno perturbador, su reconocimiento consiste, en primera instancia como método para reconocer los activos productivos o que prestan servicios en el área de análisis, así como el reconocimiento de las zonas con mayor exposición y bienes expuestos.

Con el objetivo de identificar la magnitud de los siniestros o desastres en relación al equipamiento e infraestructura en el estado de Morelos, se elaboró un inventario de sistemas expuestos, el cual además de facilitar la obtención de costos por reposición de infraestructura y equipamientos expuestos a daños, posibilita la generación de una Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN) agilizando la respuesta ante la emergencia al mismo tiempo que, reconoce los recursos necesarios para atenderlos.

La exposición se refiere a la cantidad de personas, bienes o sistemas que se encuentran en una zona de estudio y que son susceptibles a ser dañados. El inventario de bienes expuestos, para su mayor aprovechamiento requiere integrarse a una base de datos georreferenciados, alineados a los sectores con cobertura en el FONDEN en caso de siniestros o desastres.

Para la identificación del equipamiento referente al sector educativo, el sector salud y el deportivo; se recopilaron las siguientes variables de acuerdo con cada tipo de activo:

Tabla 65. Consideración de Variables

Variable	Descripción
Datos de ubicación	Coordenadas geográficas: longitud y latitud
Tipo estructural y diseño original	Número de pisos Sistema estructural (p. e. muros de mampostería confinada, marcos de concreto reforzado, marcos de acero, construcción de tipo industrial con cubierta ligera, etc.)
Costo de reposición	Valor de reconstrucción del edificio o estructura Uso del equipamiento

Fuente: Lineamientos de Operación específicos del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN). DOF, 2011.

A continuación, se mencionan de manera general las diversas actividades llevadas a cabo para obtener las variables de la infraestructura considerada para sector educativo, de salud y deportivo en el desarrollo del presente análisis.

- Consulta de fuentes públicas de información estadística y geográfica relacionada con la infraestructura estatal y municipal tanto de fuentes indirectas federales como de registros estatales actualizados.
- Solicitud y recopilación de información por medio de los representantes de las dependencias encargadas de los activos o en su defecto integración de bases de datos provistas por el personal adscrito a las diferentes direcciones y secretarías del estado.
- Inspecciones de campo requeridas, con el fin de corroborar la existencia y ubicación del inmueble, así como la evaluación y registro de información mediante la observación directa de evidencias para identificar las características estructurales del activo.
- Obtención de características espaciales con apoyo de herramientas satelitales para medición de terrenos y superficies construidas.
- Determinación del valor de reposición de la totalidad de la infraestructura pública, con fines de estimación de riesgos, mediante:

1. Análisis de los valores disponibles en fuentes públicas de información.
2. Implementación de metodologías basadas en los costos unitarios disponibles, las cuales a partir del conocimiento de tipología y su área constructiva (metros cuadrados), se extrapolarán a costos asociados de infraestructura similar en el mismo sector.
3. Obtención, bajo criterio de posibilidad, de avalúos de la infraestructura considerada, de acuerdo con su ubicación, valor probable o experiencia siniestral, a efecto de que sea posible parametrizar el valor de reposición asegurable.

Sector Educativo

El sector educativo se compone de inmuebles destinados a la educación básica, educación media superior y educación superior bajo la jurisdicción del gobierno estatal y municipal. Según la información recopilada en este estudio, el estado de Morelos cuenta con un total de 1,444 inmuebles de carácter educativo.

Se empleó como fuente principal de insumos el Sistema de Información y Gestión Educativa (SIGED) perteneciente a la SEP, órgano dependiente encargado de gestionar toda la estadística relativa al sector educativo a nivel nacional; se filtró y trabajó la base de datos obtenida para identificar las edificaciones y las principales características de los equipamientos educativos.

Posteriormente, se realizó un levantamiento digital, acompañado de un proceso de verificación en campo para aquellos casos donde no fuera suficiente el método de percepción remota para cada tipo de equipamiento identificado en la base de datos y se generó la siguiente serie de variables encaminadas a la creación de un presupuesto de costo por reposición que permitiera la integración de la misma a esquemas actuariales de cúmulo y cuantificación de riesgos.

Tabla 66. Variables que integran la base de datos del sector educativo.

Campo	Descripción
CLAVE_CT	Clave del Centro de Trabajo
CVE_TURN	Clave del Turno
NOM_TURN	Nombre del estado de acuerdo con INEGI
NOM_CT	Nombre del Centro de Trabajo
TIPO_EDU	Tipo Educativo
NIVEL_EDU	Nivel Educativo
SER_EDU	Servicio Educativo
NOM_CTL	Nombre del Control
TIPO_SOST	Tipo de sostenimiento
CLV_EDO	Clave de la Entidad Federativa
NOM_EDO	Nombre del Estado
CLV_MUN	Clave del Municipio
NOM_MUN	Nombre del Municipio
CLV_LOC	Clave de la Localidad
NOM_LOC	Nombre de la Localidad
COD_POST	Código Postal
ALUM_M	Alumnos Masculinos
ALUM_F	Alumnos Femeninas
ALUM_T	Alumnos Totales
DOC_T	Docentes Totales
AULAS_USO	Aulas en uso
LOC_U_R	Localidad Urbana o Rural
LATITUD	Coordenada sobre el Meridiano de Greenwich
ALTITUD	Coordenada sobre el Meridiano de Greenwich
SUP_CONS	Superficie construida total
VALFIS	Valor monetario de reposición
AREA	Área del predio del inmueble

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

De acuerdo al análisis realizado, se observa que las primarias representan el 40.4% de la superficie total construida en cuanto a centros educativos en el Estado de Morelos y los municipios que poseen el mayor número de superficie de construcción son Cuernavaca, Cuautla, Jiutepec, Ayala, Yautepec y Emiliano Zapata, los cuales representan el 49.5% de la superficie total de construcción de centros educativos en el Estado.

Sector deportivo

En el presente apartado se contempla una base de datos con 83 unidades deportivas, misma que comprende todo tipo de unidad o instalación deportiva administrada por el estado con fines de recreación y adaptación social, catalogadas por tipo de actividad.

Para este sector, se consultó el Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE, 2016) como insumo para identificar las instalaciones deportivas en el estado, y se analizó la ubicación, así como el estado de conservación del inmueble para ser valorado y tomado en cuenta.

Para cada giro fue necesario obtener la siguiente serie de variables encaminadas a la generación de un costo de reposición que permita la integración de la base en esquemas actuariales de cúmulo y cuantificación de riesgos.

Tabla 67. Variables que integran la base de datos del sector deportivo.

Campo	Descripción
CLAVE_DEPE	Clave Única de la unidad deportiva
CVE_GEO	Clave del estado, municipio, localidad y manzana
NOMBRE	Nombre de la unidad deportiva
TIPO	Tipo de deportes que se realizan
SUPERFICIE	Tipo de superficie
VALFIS	Valor monetario de reposición
CONSIDERACIÓN	Característica adicional

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

Con el objetivo de obtener los datos relativos a la superficie de cada unidad deportiva, así como la clasificación funcional por espacio dentro de los predios marcados, se realizó un levantamiento digital acompañado de una posterior verificación en campo.

Cabe mencionar que, además de los datos registrados en el SCINCE, se agregaron otras unidades deportivas que fueron encontradas mientras se verificaba la ubicación de los datos de dicha fuente. El propósito de este procedimiento es la ampliación de la información. Principalmente las unidades reconocidas mediante Google Maps fueron canchas de futbol soccer.

De acuerdo con los datos obtenidos, se observa que las canchas de futbol son el tipo de infraestructura deportiva con mayor área de cobertura a lo largo del estado, con un aproximado del 74.6% de la superficie total construida de infraestructura deportiva y los municipios que tienen el mayor número de superficie de construcción son Cuernavaca, Jojutla, Jiutepec y Yautepec, pues representan el 53.7% de la superficie total de construcción de infraestructura deportiva, lo que equivale al 50.0% del valor total de reposición de este sector en el Estado.

Sector Salud

En la actualidad el estado de Morelos posee registro de un total de 207 unidades médicas, entre las cuales se distinguen clínicas, hospitales y centros de salud administrados por el gobierno.

Para la obtención y verificación de los datos de cada unidad médica, se consultó la última versión (2021) del Censo de Unidades Médicas de la Secretaría de Salud, Clave Única de Establecimientos

de Salud (CLUES), generado por la Dirección General de Información en Salud DGIS, Órgano dependiente que se encarga de elaborar y operar todas las estadísticas relativas al sector salud a nivel nacional.

De esta manera, se mapearon las unidades médicas mediante las coordenadas existentes en la base de datos del catálogo CLUES. Posteriormente, con el objetivo de obtener los datos relativos a la estructura de los inmuebles, así como la clasificación funcional de cada predio y construcción se realizó un levantamiento digital con verificación en campo por medio de un muestreo aleatorio simple. Es importante mencionar que, para cada equipamiento identificado se obtuvo la siguiente serie de variables encaminadas a la generación de un costo de reposición.

Tabla 68. Variables que integran la base de datos del sector salud.

Campo	Descripción
CLAVE_DEPE	Clave Única de la Entidad de Salud
CVE_ENT	Clave del estado
NOM_ENT	Nombre del estado de acuerdo con INEGI
CVE_MUN	Clave del municipio
NOM_MUN	Nombre del municipio de acuerdo con INEGI
NOMBRE	Nombre de la Unidad Médica
DOMICILIO	Domicilio de la Unidad Médica
CP	Código postal
TIPO	Tipo de Unidad Médica
TIPOLOGÍA	Tipología de la Unidad Médica
INSTITUCIÓN	Tipo de Institución
ADMON	Tipo de Administración
PISOS	Número de pisos
SUP_CONS	Superficie construida total
VALFIS	Valor monetario de reposición
NIVELES	Niveles del inmueble
AREA	Área total en m2 del bien inmueble
OBSERV	Observaciones para considerar del inmueble

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

De acuerdo con los datos obtenidos, se puede observar que los Hospitales generales, Hospitales especializados y las Unidades de especialidades médicas (UNEMES) representan el 51.4% de la superficie total de los centros de salud del Estado y los municipios que tienen el mayor número de superficie de construcción son Cuernavaca, Emiliano Zapata, Yautepec, Jojutla y Cuautla, los cuales representan el 53.2% de la superficie total de construcción de centros de salud en el Estado.

Sector Carretero y urbano vial

De acuerdo con la información del Instituto Mexicano del Transporte (IMT, 2018), se obtiene la siguiente tabla para el sector carretero del estado de Morelos.

Tabla 69. Distribución de la Red Carretera por tipo de: tramo, pavimento y terreno de ubicación.

Tramo, Pavimento / Terreno	Lomerío	Montaña	Plano	Longitud (km)
Camino	518	253	649	1,420
Block	3	1	5	8
Grava	27	17	39	83
Tierra	488	236	605	1,329
Carretera	363	177	632	1,172
Asfalto	345	170	577	1,091
Concreto	18	7	55	81
Longitud (km)	881	430	1,281	2,592

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) (2018), a septiembre de 2019.

Al analizar la Red Carretera por tipo de tramo y por pavimento, podemos observar que los caminos rurales de tierra acumulan 1,329 km (51.27% del total), seguido por las carreteras de asfalto con 1,091 km (42.09% del total). Es importante mencionar que, para cada segmento carretero identificado se obtuvo la siguiente serie de variables encaminadas a la generación de un costo de reposición.

Tabla 70. Variables que integran la base de datos del sector carretero.

Campo	Descripción
CLAVE_DEPE	Clave única de carretera
CVE_ENT	Clave del estado (17)
NOM_ENT	Nombre del Estado de acuerdo a INEGI
CLV_MUN	Clave del Municipio
NOM_MUN	Nombre del Municipio
NOMBRE	Nombre del tramo carretero
TIPO	Tipo de carretera: carretera o camino
TRANSITO	Tipo de tránsito: libre o cuota
NIVEL	Nivel de servicio
ADMON	Tipo de administración: Estatal o municipal
CARRILES	Número de carriles
LONGITUD	Longitud del tramo carretero
ANCHO	Ancho del tramo carretero: carriles*ancho de diseño (3.5m)
PAVIMENTO	Tipo de pavimentación: Grava o concreto/block, terracería o asfalto

Campo	Descripción
TERRENO	Tipo de terreno: plano, lomerío o montaña
VALFIS	Valor monetario de reposición
VALHUM	Valor humano: 0 personas
OBSERV	Observaciones para considerar del inmueble

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) (2018), a septiembre de 2019.

Asimismo, se identificó que existen 85 puentes a cargo del estado, con un área construida de 25,402 m2; el 99.15% son de concreto y sólo un 0.85%, de metal.

Por otro lado, en cuanto a vías urbanas se observa que las calles son las que mayor presencia tienen con un total aproximado de 6,740,049.74 m, lo que representa el 88.01% de la longitud total de vialidades en el Estado. Los datos obtenidos para el análisis del sector urbano vial fueron retomados del Marco Geoestadístico Nacional 2018 y la Red Nacional de Caminos 2018.

Tabla 71. Distribución de las vialidades urbanas por tipo, longitud y valor de reposición.

Tipología	Longitud (m)
Avenida	714,030.93
Boulevard	69,855.64
Calle	6,740,049.74
Calzada	16,140.03
Circuito	103,678.38
Circunvalación	277.23
Prolongación	67,051.85
Total general	7,711,083.80

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Marco Geoestadístico Nacional 2018 y Red Nacional de Caminos 2018.

De igual manera, para cada segmento vial urbano identificado se obtuvo la siguiente serie de variables encaminadas a la generación de un costo de reposición.

Tabla 72. Variables que integran la base de datos del sector urbano vial.

Campo	Descripción
CLAVE_DEPE	Clave única de vialidad
CVE_ENT	Clave del estado (17)
NOM_ENT	Nombre del Estado de acuerdo a INEGI
CLV_MUN	Clave del Municipio
NOM_MUN	Nombre del Municipio
NOMBRE	Nombre de la vialidad
TIPO	Tipo de vialidad: Ampliación, avenida, boulevard, calle, callejón, calzada, cerrada, circuito, continuación, diagonal, pasaje, peatonal, privada, prolongación o retorno
ORDEN	Categoría de la vialidad: principales o primarias (vías arteriales y expresas) secundarias (vías colectoras) y locales
ADMON	Tipo de administración: Estatal o Municipal
LONGITUD	Longitud de la vialidad
ANCHO	Ancho de la vialidad
CARRILES	Número de carriles
VEL	Velocidad máxima permitida
PAVIMENTO	Tipo de pavimentación: Concreto, empedrado/adoquín, terracería o asfalto
TERRENO	Tipo de terreno
VALFIS	Valor monetario de reposición
VALHUM	Valor humano: 0 personas

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Marco Geoestadístico Nacional 2018 y Red Nacional de Caminos 2018.

De manera que, los municipios que concentran la mayor longitud de vialidades urbanas son Cuernavaca, Cuautla, Yautepec, Jiutepec, Temixco, Ayala y Emiliano Zapata, con el 52.19% de la longitud total de vialidades urbanas en el Estado de Morelos.

Análisis de hot spots (puntos calientes) para sistemas expuestos

La herramienta “Análisis de puntos calientes” identifica grupos espaciales estadísticamente significativos de valores altos (puntos calientes) y bajos (puntos fríos).

De manera más clara, el análisis “hot spot” identifica cuáles son las zonas de mayor prestación de servicio de la infraestructura en el Estado y aquellas con muy baja oferta de infraestructura para todos los sectores.

Los puntos calientes, en rojo, son aquellos donde se tiene una mayor concentración de infraestructura y dotación de todos los sectores analizados en el Estado que, claramente, define zonas prioritarias en caso de afectación por fenómenos perturbadores. A nivel exposición, identifica las zonas de mayor potencial de afectación en caso de un fenómeno perturbador desastroso, que en este caso, se concentra en las zonas metropolitanas de Cuernavaca y Cuautla mayormente.

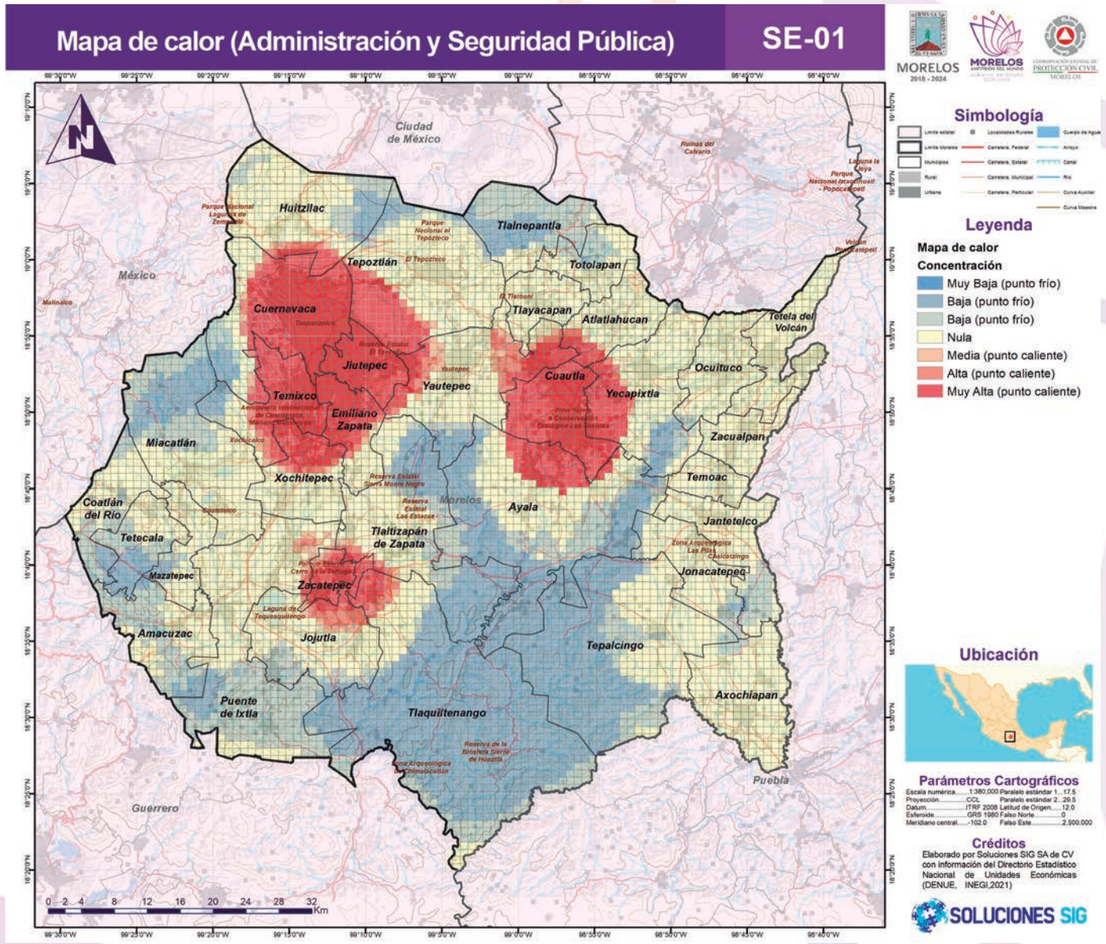
En el presente apartado se describe brevemente la dinámica de concentración de giros económicos de acuerdo al Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). A continuación se presenta el análisis “hot spot” por categoría de sistema expuesto identificado.

1. Administración

Este sector comprende unidades económicas dedicadas a las Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales, también comprende los Organismos internacionales y extraterritoriales. Para la realización del análisis cartográfico correspondiente al sector “Administración” se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia.
- Órganos legislativos.
- Administración pública en general.
- Regulación y fomento del desarrollo económico.
- Impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y el orden público.
- Regulación y fomento de actividades para mejorar y preservar el medio ambiente.
- Actividades administrativas de instituciones de bienestar social.
- Relaciones exteriores.
- Actividades de seguridad nacional.
- Organismos internacionales y extraterritoriales.

Mapa 158 Administración y Seguridad Pública



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2020.

2. Comercio al por mayor

Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la compra-venta (sin transformación) de bienes de capital, materias primas y suministros utilizados en la producción, y de otros bienes para ser revendidos a otros comerciantes, distribuidores, fabricantes y productores de bienes y servicios. Comprende también unidades económicas dedicadas solamente a la compra o la venta, por ejemplo, unidades que compran las mercancías, aunque no las venden ellas directamente, sino que las distribuyen para su reventa a otras unidades económicas con las cuales comparten la misma razón social, así como a las que reciben esas mercancías y las venden sin haberlas comprado.

También se incluyen en este sector las unidades económicas dedicadas principalmente a actuar como intermediarias entre negocios en la compra o venta de productos, ya sea a través de métodos tradicionales o exclusivamente a través de internet y otros medios electrónicos.

Los comercios al por mayor que venden bienes de su propiedad son conocidos como distribuidores importadores-exportadores, distribuidores de fábrica, abastecedores de mercancías, entre otras denominaciones, mientras que los que promueven la compra-venta de bienes propiedad de otros a cambio de una comisión o pago, son conocidos como agentes de ventas, corredores de mercancías, comisionistas, intermediarios de comercio o agentes importadores y exportadores.

Los comercios al por mayor pueden proporcionar servicios adicionales a la venta de los bienes, como clasificación, inventariado, embalaje, empacado y etiquetado.

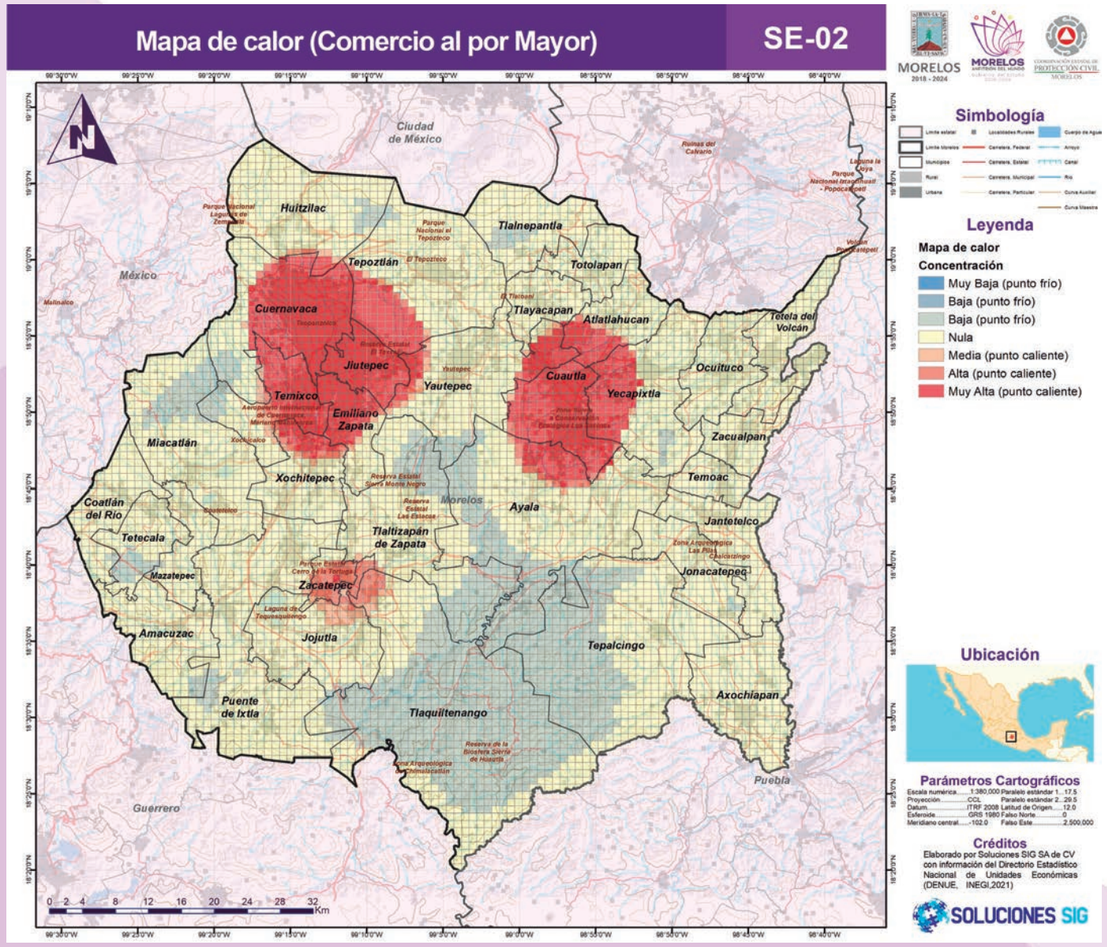
La construcción de este sector se basó en el análisis de tres componentes en conjunto, éstos son: tipo de bien que se comercializa (bienes de capital, materias primas y suministros utilizados en la producción, y otros bienes para ser revendidos); tipo de cliente (otros comerciantes, distribuidores, fabricantes o productores de bienes y servicios), y el preponderante, que es la forma de comercializar (las unidades operan desde una bodega u oficina de ventas, tienen poca o nula exhibición de mercancías, atraen clientes generalmente por vía telefónica, mercadeo personalizado o por medio de publicidad especializada a través de medios electrónicos, ferias y exposiciones; ni el diseño ni la ubicación de las unidades económicas tienen el propósito de proporcionar acceso al público en general).

En este sector se clasifican siempre, independientemente de la forma en que comercializan, las unidades económicas que tienen como actividad principal el comercio de: cueros y pieles, materias primas para el curtido y para la elaboración de los productos de cuero y piel; fertilizantes, plaguicidas y semillas para siembra; medicamentos veterinarios y alimentos para animales (excepto para mascotas); ganado y aves en pie; productos químicos para la industria farmacéutica y para otro uso industrial; envases en general, papel y cartón para la industria; equipo y material eléctrico; materiales de desecho; maquinaria y equipo (agropecuario, forestal, para la pesca, construcción, minería, industria manufacturera); mobiliario, equipo e instrumental médico y de laboratorio; mobiliario y equipo de oficina; maquinaria y equipo para otros servicios y para actividades comerciales; camiones; madera para la construcción y la industria; materiales metálicos para la manufactura y la construcción; comercio especializado de material para la construcción, como cemento, tabique, grava, productos de asfalto, láminas de cartón, asbesto o acrílico, aislantes térmicos, tablarroca; comercio especializado de artículos y accesorios para diseño y pintura artística.

Para la realización del análisis cartográfico correspondiente al tema “comercio al por mayor” se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Comercio al por mayor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco.
- Comercio al por mayor de productos textiles y calzado.
- Comercio al por mayor de productos farmacéuticos, de perfumería, artículos para el esparcimiento, electrodomésticos menores y aparatos de línea blanca.
- Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales, para la industria, y materiales de desecho.
- Comercio al por mayor de maquinaria, equipo y mobiliario para actividades agropecuarias, industriales, de servicios y comerciales, y de otra maquinaria y equipo de uso general.
- Comercio al por mayor de camiones y de partes y refacciones nuevas para automóviles, camionetas y camiones.

Mapa 159. Comercio al por Mayor



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2020.

3. Comercio al por menor

Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la compra-venta (sin transformación) de bienes para el uso personal o para el hogar para ser vendidos a personas y hogares, aunque en algunas ocasiones esos productos también se comercializan a negocios, como el comercio de gasolina o de automóviles. Comprende también unidades económicas dedicadas a revender mercancías sin haberlas comprado, es decir, las reciben de otras unidades económicas con las cuales comparten la misma razón social.

También se clasifican en este sector las unidades económicas dedicadas principalmente al comercio al por menor de productos propios exclusivamente a través de internet de negocios a consumidores; a actuar como intermediarias de negocios a consumidores y entre consumidores en la compra o venta de productos exclusivamente a través de internet; a la venta por televisión, y al comercio al por menor mediante la utilización de alguno de los siguientes métodos:

- Comercio puerta por puerta, comercio por catálogo, comercio multinivel, comercio con demostración de productos en hogares, comercio de productos a través de máquinas expendedoras;
- Telemercadeo con ventas vía telefónica.
- Los comercios al por menor son conocidos como tiendas, farmacias, supermercados, minisupers, ferreterías, tlapalerías, o derivan su nombre de los productos que comercializan.
- Los comercios al por menor pueden proporcionar servicios adicionales a la venta de los bienes, como empacado, envasado y entrega a domicilio.

La construcción de este sector se basó en el análisis de tres componentes en conjunto, éstos son: tipo de bien que se comercializa (bienes para el uso personal o para el hogar); tipo de cliente (personas y hogares), y el preponderante, que es la forma de comercializar [“lucen como tiendas”, es decir, tienen acceso al público en general (se trata de lugares de venta abiertos al público) y extensa exhibición de mercancías para facilitar a los clientes la selección de las mismas (mercancías disponibles a través de dependientes, mercancías presentadas en aparadores, salas de exhibición, unidades económicas con pasillos que permiten al cliente transitar para elegir su mercancía), atraen clientes por la ubicación y diseño del establecimiento, hacen publicidad masiva por medio de volantes, prensa, radio, televisión, etcétera].

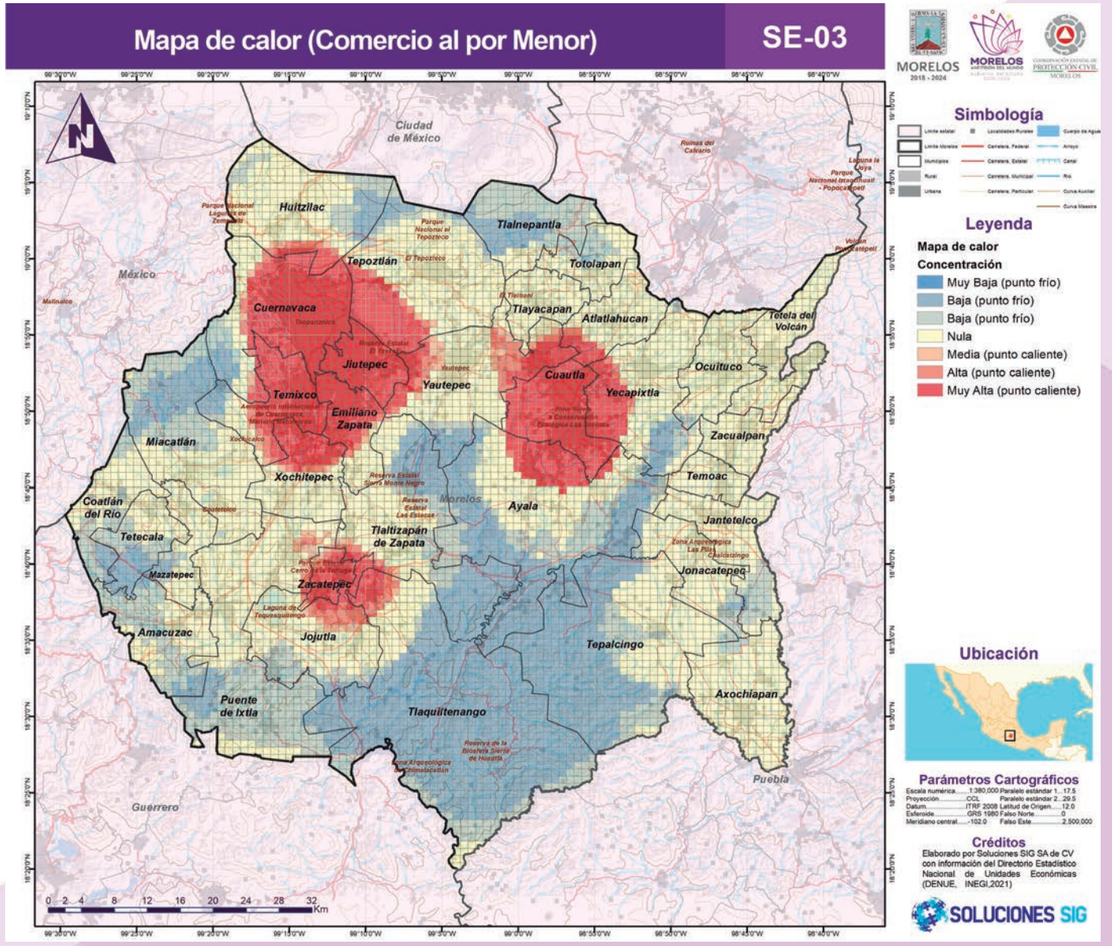
En este sector se clasifican siempre, independientemente de la forma en que comercializan, las unidades económicas que tienen como actividad principal el comercio de lentes; artículos ortopédicos; instrumentos musicales; mascotas; regalos;

artículos religiosos; artesanías; ataúdes; pañales desechables; muebles para el hogar; muebles para jardín; cristalería, loza y utensilios de cocina; artículos para la decoración de interiores (alfombras, tapices y similares; plantas y flores naturales; antigüedades y obras de arte; lámparas ornamentales y candiles); artículos para la limpieza (excepto papel higiénico, detergentes y jabones); artículos para albercas; artículos usados; automóviles y camionetas; partes y refacciones usadas para automóviles, camionetas y camiones; llantas y cámaras para automóviles, camionetas y camiones; motocicletas y otros vehículos de motor; gas L.P. en cilindros, para tanques estacionarios y en estaciones de carburación; gas natural vehicular en estaciones de gas natural vehicular; el comercio en farmacias, supermercados, minisupers, tiendas departamentales, ferreterías y tlapalerías, y materiales para la construcción en tiendas de autoservicio.

Para la realización del análisis cartográfico correspondiente al tema “comercio al por menor” se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco.
- Comercio al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales.
- Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado.
- Comercio al por menor de artículos para el cuidado de la salud.
- Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal.
- Comercio al por menor de enseres domésticos, computadoras, artículos para la decoración de interiores y artículos usados.
- Comercio al por menor de artículos de ferretería, tlapalería y vidrios.
- Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes.
- Comercio al por menor exclusivamente a través de internet, y catálogos impresos, televisión y similares.

Mapa 160 Comercio al por menor



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2020.

4. Industria Manufacturera

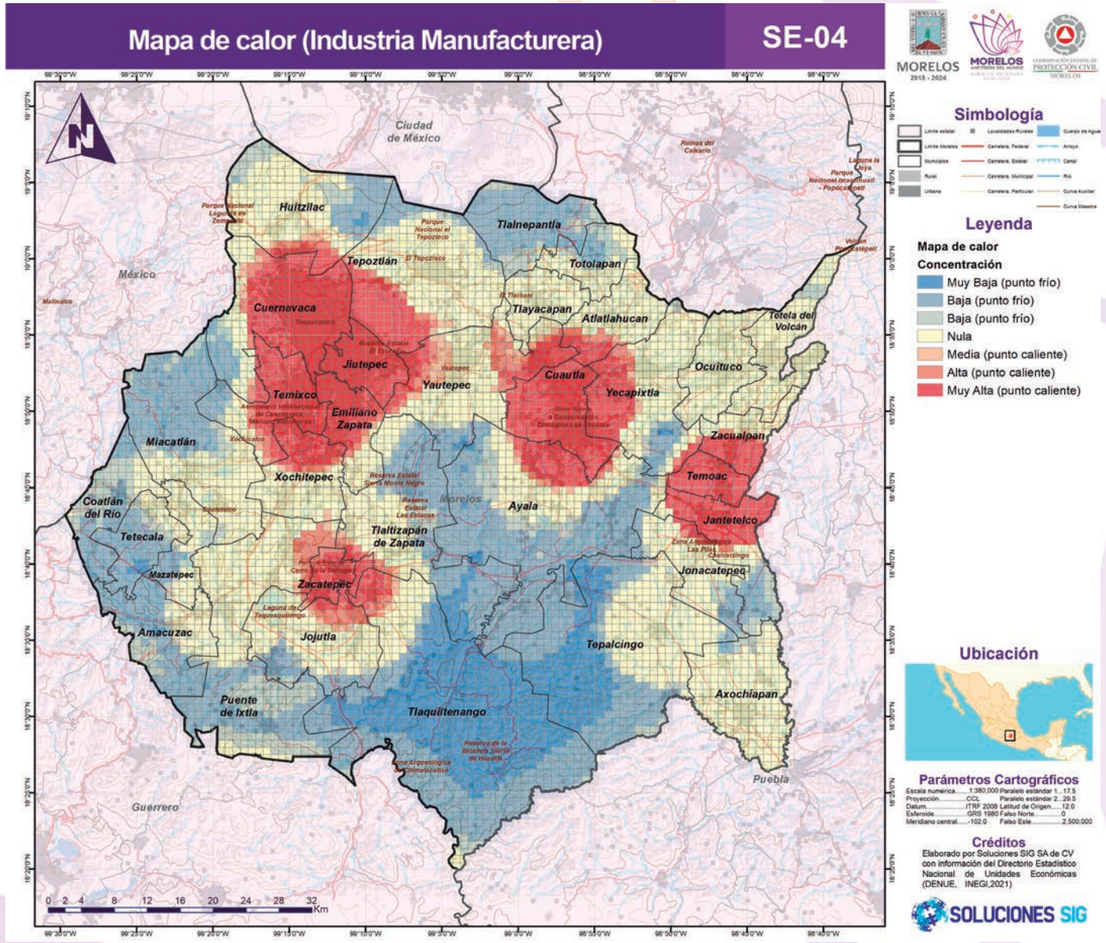
Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias con el fin de obtener productos nuevos. Asimismo, se incluye la mezcla de productos para obtener otros diferentes, como aceites, lubricantes, resinas plásticas y fertilizantes.

Estas unidades económicas usan, generalmente, máquinas accionadas por energía y equipo manual para su funcionamiento; sitios como plantas, fábricas, talleres, maquiladoras, entre otros, entran dentro de esta categoría.

Para la realización del análisis cartográfico correspondiente al sector “industria” se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Industrias manufactureras.
- Industria alimentaria.
- Industria de las bebidas y del tabaco.
- Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles.
- Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir.
- Fabricación de prendas de vestir.
- Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos.
- Industria de la madera.
- Industria del papel.
- Impresión e industrias conexas.
- Industria del plástico y del hule.
- Fabricación de productos a base de minerales no metálicos.
- Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos.
- Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica
- Fabricación de muebles, colchones y persianas
- Otras industrias manufactureras.
- Fabricación de equipo no electrónico y material desechable de uso médico, dental y para laboratorio, y artículos oftálmicos.
- Metalistería y joyería.
- Fabricación de artículos deportivos.
- Fabricación de juguetes.
- Fabricación de artículos y accesorios para escritura, pintura, dibujo y actividades de oficina.
- Fabricación de anuncios y señalamientos.

Mapa 161 Industria Manufacturera



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2020.

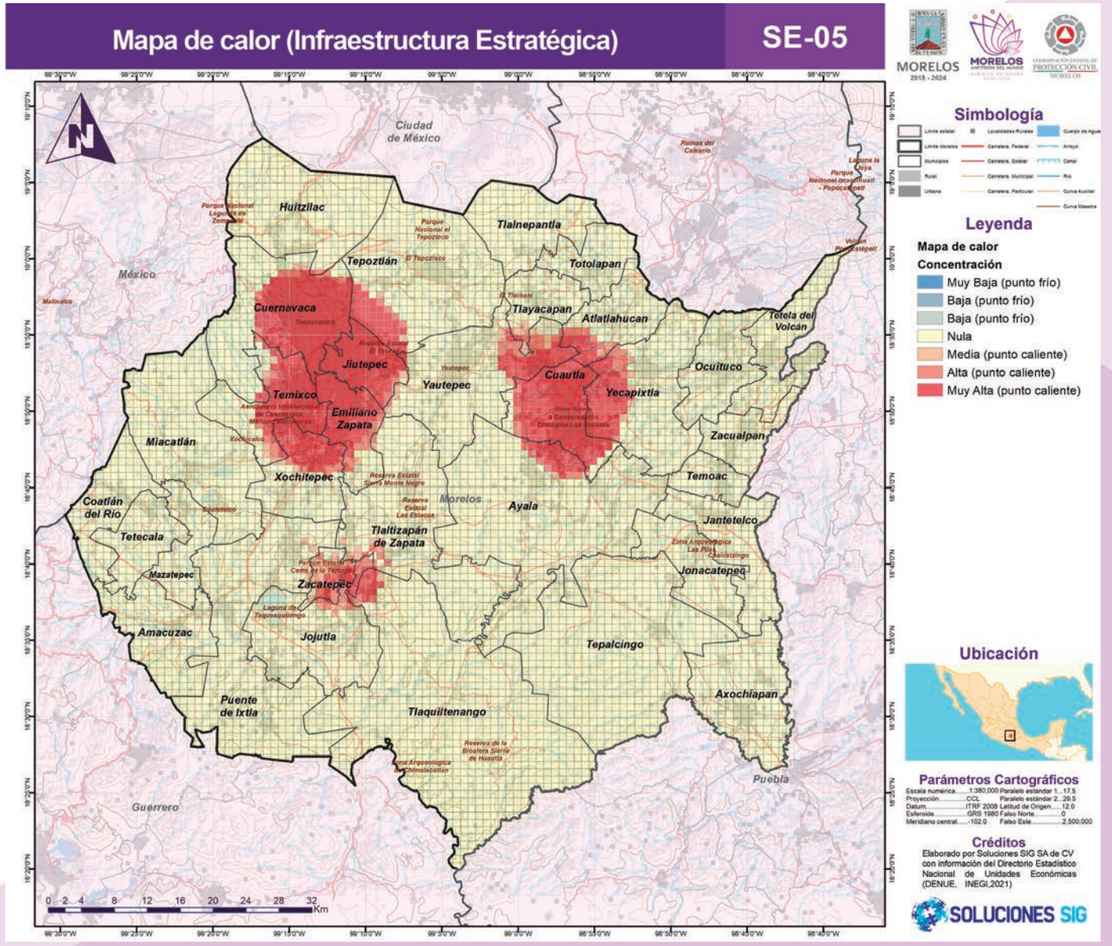
5. Infraestructura Estratégica

Este sector comprende unidades económicas dedicadas a la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final.

Para la realización del análisis cartográfico correspondiente al sector “Servicios urbanos” se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.
- Generación de energía eléctrica .
- Transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.
- Suministro de gas natural por ductos al consumidor final.
- Captación, tratamiento y suministro de agua.

Mapa 162 Infraestructura estratégica



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2020.

6. Salud y Asistencia Social

Este sector comprende unidades económicas dedicadas a proporcionar servicios de cuidados de la salud y asistencia social.

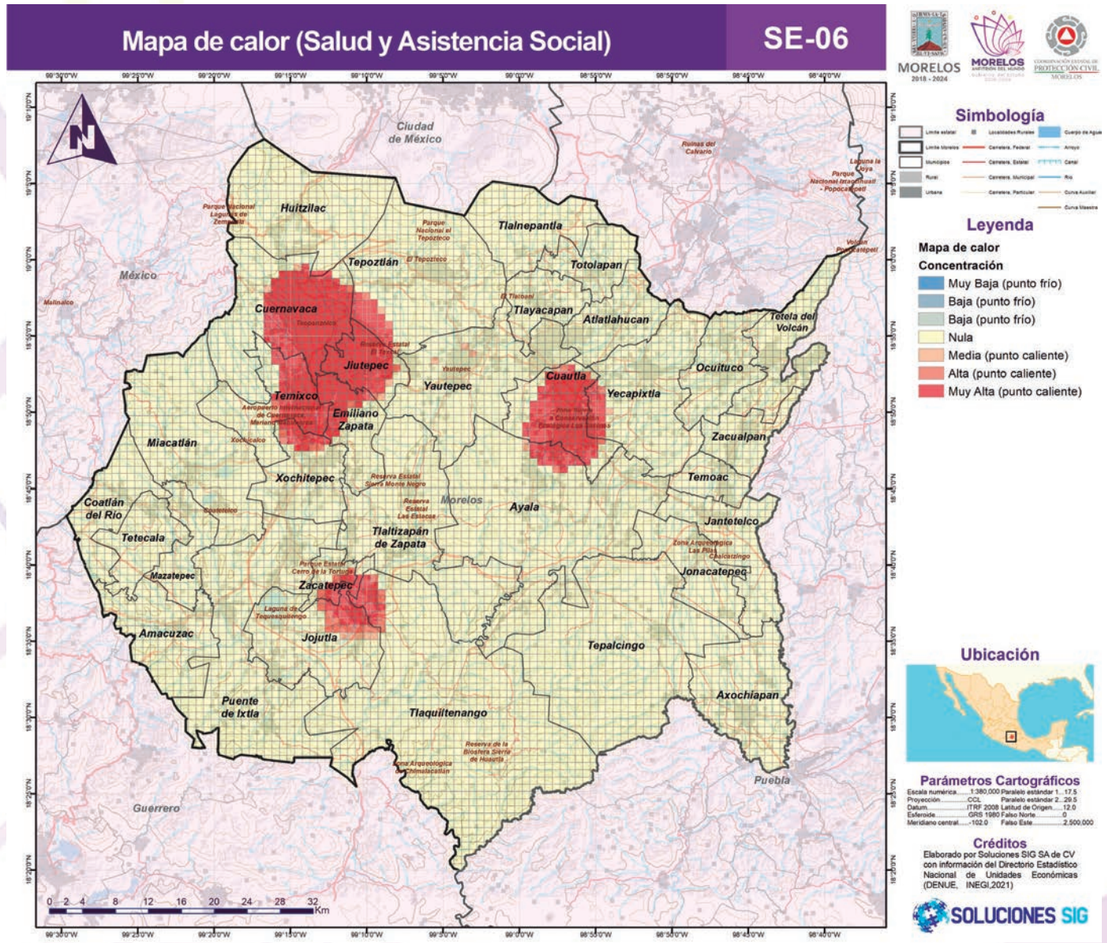
La función de producción de las actividades económicas incluidas en este sector tiene como componente muy importante el capital humano: una característica común a todas las actividades de este sector es el requisito de conocimientos y experiencia por parte de quienes las desarrollan. Muchas de las actividades económicas de este sector fueron definidas con base en el nivel de estudios del personal que lleva a cabo tales actividades. Otro componente importante de la función de producción son las instalaciones y el equipo con que deben contar las unidades económicas.

Los servicios de salud y de asistencia social se conjuntan en un solo sector debido a que es difícil distinguir los límites entre el cuidado de la salud y la asistencia social.

Para la realización del análisis cartográfico correspondiente al tema “salud y asistencia social” se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Servicios de salud y de asistencia social.
- Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados.
- Consultorios médicos.
- Consultorios de medicina general del sector privado.
- Consultorios de medicina general del sector público.
- Consultorios de medicina especializada del sector privado.
- Consultorios de medicina especializada del sector público.
- Clínicas de consultorios médicos del sector privado.
- Clínicas de consultorios médicos del sector público.
- Consultorios dentales.
- Consultorios dentales del sector privado.
- Consultorios dentales del sector público.
- Otros consultorios para el cuidado de la salud.
- Consultorios de quiropráctica.
- Consultorios de optometría.
- Consultorios de psicología.
- Consultorios de audiología y de terapia ocupacional, física y del lenguaje.
- Consultorios de nutriólogos y dietistas.
- Centros para la atención de pacientes que no requieren hospitalización.
- Centros de planificación familiar.
- Centros de atención médica externa para enfermos mentales y adictos.
- Otros centros para la atención de pacientes que no requieren hospitalización.
- Laboratorios médicos y de diagnóstico.
- Servicios de enfermería a domicilio.
- Servicios de ambulancias, de bancos de órganos y otros servicios auxiliares al tratamiento médico.
- Hospitales.
- Hospitales generales.
- Hospitales psiquiátricos y para el tratamiento por adicción.
- Hospitales de otras especialidades médicas.
- Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud.
- Residencias con cuidados de enfermeras para enfermos convalecientes, en rehabilitación, incurables y terminales.
- Residencias para el cuidado de personas con problemas de retardo mental, trastorno mental y adicciones.
- Asilos y otras residencias para el cuidado de ancianos.
- Orfanatos y otras residencias de asistencia social.
- Otros servicios de asistencia social.
- Servicios de orientación y trabajo social.
- Servicios de orientación y trabajo social para la niñez y la juventud.
- Centros de atención y cuidado diurno de ancianos y personas con discapacidad.
- Otros servicios de orientación y trabajo social.
- Agrupaciones de autoayuda para alcohólicos y personas con otras adicciones.
- Otros servicios de orientación y trabajo social prestados por el sector privado.
- Otros servicios de orientación y trabajo social prestados por el sector público.
- Servicios comunitarios de alimentación, refugio y emergencia.
- Servicios de alimentación comunitarios.
- Refugios temporales comunitarios.
- Servicios de emergencia comunitarios.
- Servicios de capacitación para el trabajo para personas desempleadas, subempleadas o con discapacidad.
- Guarderías del sector privado .
- Guarderías del sector público.

Mapa 163 Servicios de Salud y Asistencia social



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2020.

7. Servicios Educativos

Este sector comprende unidades económicas dedicadas a ofrecer servicios de enseñanza y capacitación en una gran variedad de materias. Estas unidades económicas (como escuelas, colegios, universidades, academias, centros de entrenamiento o capacitación) pueden ser privadas o públicas, y pueden ofrecer también servicios de alimentación o alojamiento para sus alumnos.

Los lugares donde se ofrece la instrucción son diversos y van desde las instituciones educativas y centros de entrenamiento hasta el hogar, a través de correspondencia, televisión u otros medios. Todas las categorías definidas en este sector tienen algo en común en cuanto a sus procesos de producción: capital humano —maestros e instructores— con conocimiento sobre una materia determinada y con aptitudes para la enseñanza.

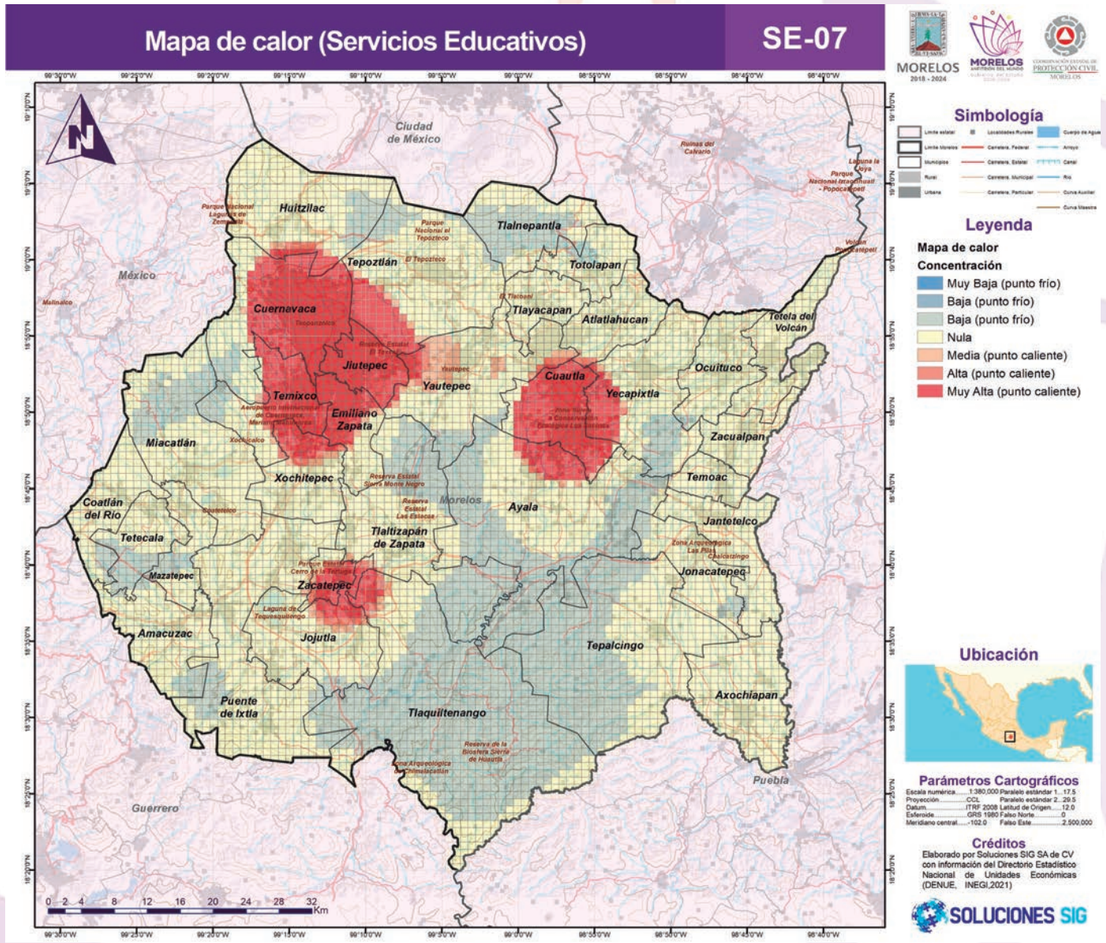
Para estructurar este sector se consideraron los siguientes criterios: el nivel de enseñanza y el tipo de servicios educativos. De acuerdo con el nivel de enseñanza se encuentran las escuelas de educación preescolar, primaria, secundaria, media, técnica superior y superior, que corresponden a niveles educativos seriados entre sí, reconocidos formalmente mediante certificados, títulos, diplomas y grados. El resto de las categorías se basan en el tipo de instrucción o entrenamiento ofrecido y los niveles no siempre se hallan formalmente definidos. Los establecimientos están a menudo altamente especializados, algunos en un número muy limitado de materias, como puede ser la instrucción de un paquete de software para computadora. Dentro del sector, el nivel y los tipos de entrenamiento que se requieren para los instructores y maestros varían dependiendo de la instrucción que se quiera impartir.

Por educación formal se entiende la enseñanza impartida en instituciones educativas que constituyen una “escalera” de enseñanza de tiempo completo para niños y jóvenes, mientras que la educación no formal se puede impartir dentro o fuera de una unidad económica docente y está destinada a personas de cualquier edad. Los programas de educación no formal no siguen necesariamente el sistema de “escalera” y su duración es variable.

Para la realización del análisis cartográfico correspondiente al tema “educación” se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Servicios educativos.
- Escuelas de educación básica, media y para necesidades especiales.
- Escuelas de educación preescolar.
- Escuelas de educación primaria.
- Escuelas de educación secundaria general.
- Escuelas de educación secundaria técnica.
- Escuelas de educación media técnica terminal.
- Escuelas de educación media superior.
- Escuelas que combinan diversos niveles de educación.
- Escuelas de educación para necesidades especiales.
- Escuelas de educación técnica superior.
- Escuelas de educación técnica superior del sector privado.
- Escuelas de educación técnica superior del sector público.
- Escuelas de educación superior.
- Escuelas de educación superior del sector privado.
- Escuelas de educación superior del sector público.
- Escuelas comerciales, de computación y de capacitación para ejecutivos.
- Escuelas comerciales y secretariales.
- Escuelas de computación.
- Escuelas para la capacitación de ejecutivos.
- Escuelas de oficios.
- Escuelas del sector privado dedicadas a la enseñanza de oficios.
- Escuelas del sector público dedicadas a la enseñanza de oficios.
- Otros servicios educativos.
- Escuelas de arte.
- Escuelas de deporte.
- Escuelas de idiomas.
- Servicios de profesores particulares.
- Otros servicios educativos proporcionados por el sector privado.
- Otros servicios educativos proporcionados por el sector público.
- Servicios de apoyo a la educación.

Mapa 164 Servicios educativos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2020.

8. Servicios especializados

Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a producir, administrar, explotar o distribuir productos protegidos por la ley de derechos de autor. En él se distinguen tres tipos de unidades económicas:

1. Las dedicadas a la producción, manejo y distribución de información y productos culturales (que son aquellos que expresan directamente actitudes, opiniones, ideas, valores y creatividad artística; proporcionan entretenimiento e información).
2. Las que proporcionan los medios para transmitir o distribuir estos productos, la información o las comunicaciones.
3. Las que procesan información.

También comprende las unidades económicas dedicadas a proporcionar servicios de apoyo a los negocios, son servicios que por lo regular son parte integral de las actividades de las unidades económicas que se encuentran en todos los sectores de la economía, como: administración de negocios, contratación y colocación de personal, preparación de documentos, fotocopiado, fax, acceso a computadoras y afines, recepción de llamadas telefónicas, cobranza, organización de viajes, vigilancia y seguridad, limpieza de inmuebles, y empacado y etiquetado de bienes propiedad de terceros. Estas unidades económicas se especializan en una o más de las actividades de apoyo y pueden, por lo tanto, proporcionar servicios a clientes de todos los sectores económicos y, en algunos casos, a hogares.

De igual forma se agruparon en este las unidades económicas dedicadas principalmente a la regulación de la emisión y circulación de la moneda (Banca central); a la intermediación crediticia y financiera no bursátil; a las actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera; a la emisión de pólizas de seguros y suscripción de pólizas de fianzas; a proporcionar servicios relacionados con los seguros y fianzas; a la administración de fondos para el retiro, y sociedades de inversión especializadas en fondos para el retiro y fondos de inversión.

Las unidades económicas dedicadas principalmente a los servicios inmobiliarios, al alquiler de bienes muebles y al alquiler de bienes intangibles, se consideraron en este apartado.

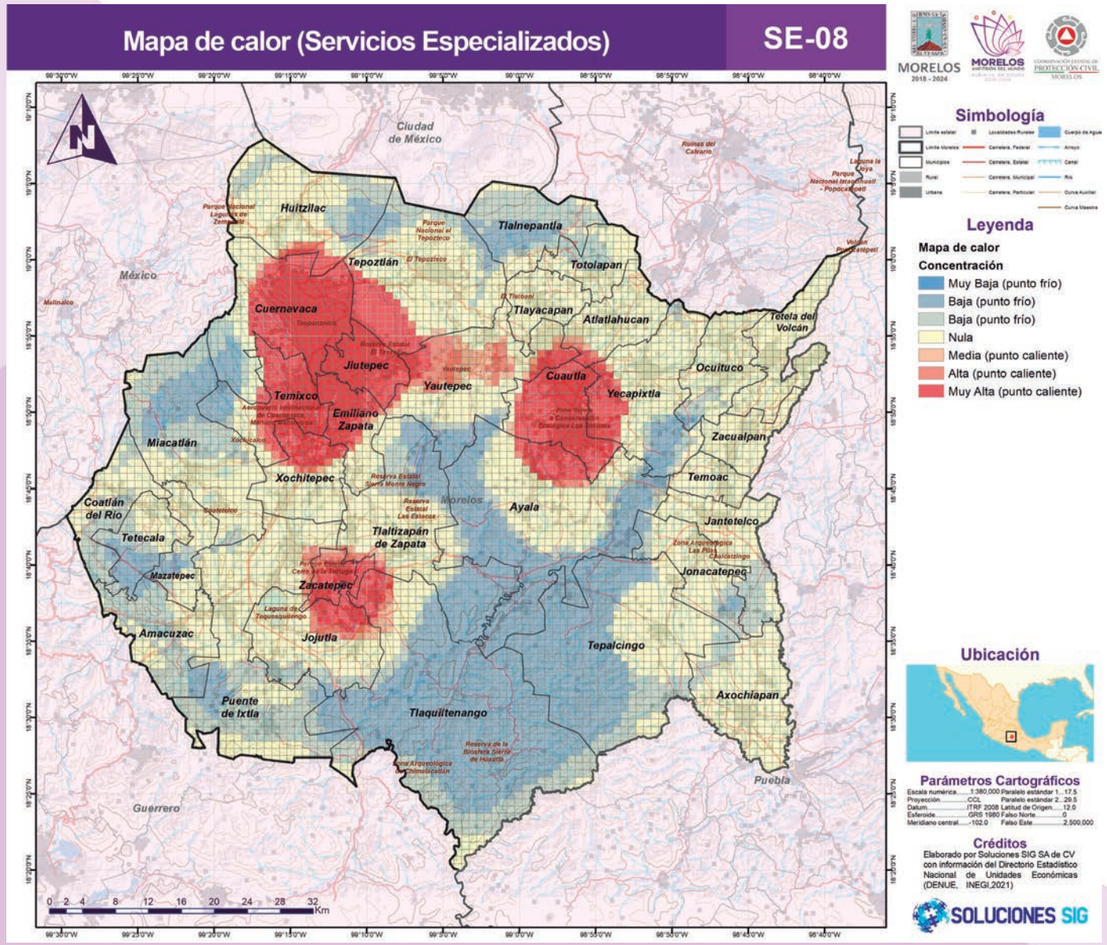
Finalmente, este sector comprende también las unidades económicas cuya actividad consiste en prestar servicios profesionales, científicos y técnicos. Estos servicios requieren conocimientos y habilidades especializados, por lo que el principal componente de la función de producción de las unidades económicas que forman este sector es, precisamente, el capital humano.

Las unidades económicas incluidas en este sector se dedican principalmente a proporcionar servicios legales, de contabilidad y auditoría, arquitectura e ingeniería, diseño especializado, diseño de sistemas de cómputo, consultoría administrativa, científica y técnica, investigación científica y desarrollo, publicidad, investigación de mercados y encuestas de opinión pública, fotografía y videograbación, traducción e interpretación, servicios veterinarios, y otros servicios profesionales, científicos y técnicos.

Para la realización del análisis cartográfico correspondiente al tema “servicios especializados” se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Servicios profesionales, científicos y técnicos.
- Servicios legales.
- Servicios de contabilidad, auditoría y servicios relacionados.
- Servicios de arquitectura, ingeniería y actividades relacionadas.
- Diseño especializado.
- Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados.
- Servicios de consultoría administrativa, científica y técnica.
- Servicios de investigación científica y desarrollo.
- Servicios de publicidad y actividades relacionadas.
- Otros servicios profesionales, científicos y técnicos.
- Servicios de fotografía y videograbación.
- Servicios de traducción e interpretación.
- Servicios veterinarios.
- Otros servicios excepto actividades gubernamentales.
- Servicios de reparación y mantenimiento.
- Reparación y mantenimiento de automóviles y camiones.
- Reparación y mantenimiento de equipo electrónico y de equipo de precisión.
- Reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo agropecuario, industrial, comercial y de servicios.
- Reparación y mantenimiento de artículos para el hogar y personales.
- Servicios personales.
- Salones y clínicas de belleza, baños públicos y bolerías.
- Lavanderías y tintorerías.
- Servicios funerarios y administración de cementerios.
- Estacionamientos y pensiones para vehículos automotores.
- Servicios de revelado e impresión de fotografías y otros servicios personales.

Mapa 165 Servicios Especializados



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2020.

9. Servicios Recreativos y deportivos

Este sector comprende tres subsectores, con unidades económicas dedicadas principalmente a los servicios de esparcimiento culturales y deportivos y otros servicios recreativos.

Las unidades económicas que se clasifican en el subsector servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros servicios relacionados se dedican principalmente a la producción, promoción y presentación de espectáculos artísticos, culturales, deportivos y similares; a la representación y administración de artistas, deportistas y similares, y a la creación y producción, por cuenta propia, de trabajos artísticos y culturales o a proveer la experiencia técnica necesaria para realizar dichos trabajos.

El subsector Museos, sitios históricos, zoológicos y similares agrupa unidades económicas que se dedican principalmente a exhibir colecciones de carácter artístico, científico, histórico y en general de valor cultural; a exhibir plantas y animales salvajes vivos; a hacer posible el acceso del público a edificios históricos, zonas arqueológicas y otros lugares de interés histórico, y a hacer posible el acceso del público a zonas naturales y otros sitios del patrimonio cultural de la nación.

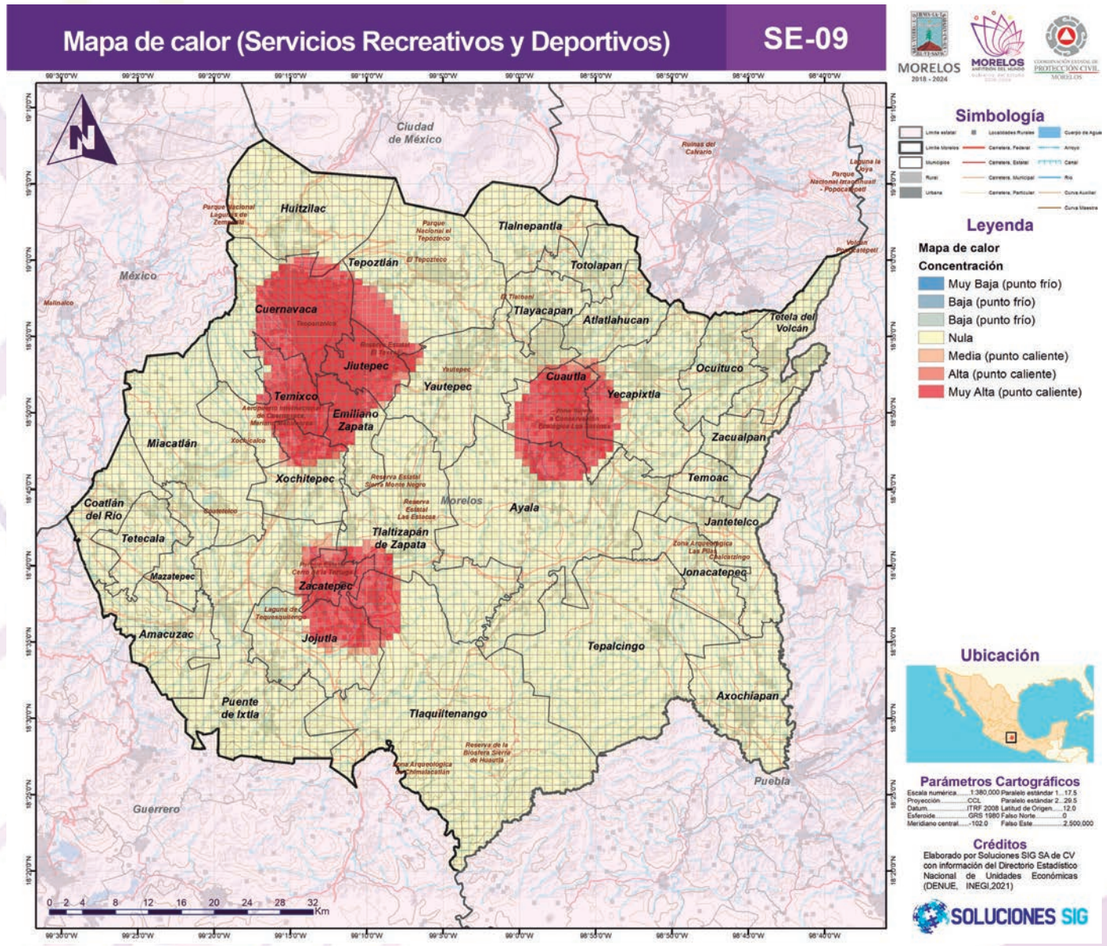
En el subsector Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos se clasifican las unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios de entretenimiento en instalaciones equipadas para la práctica de actividades deportivas y otras de tipo recreativo.

Para la realización del analisis cartográfico correspondiente al sector “Recreación y deporte” se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos.
- Servicios artísticos, culturales, deportivos y otros servicios relacionados.
- Compañías y grupos de espectáculos artísticos y culturales.
- Promotores de espectáculos artísticos, culturales, deportivos y similares.
- Artistas, escritores y técnicos independientes.
- Museos, sitios históricos, zoológicos y similares.
- Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos.
- Parques con instalaciones recreativas y casas de juegos electrónicos.
- Casinos, loterías y otros juegos de azar.
- Parques naturales y otros sitios del patrimonio cultural de la nación.
- Clubes deportivos y centros de acondicionamiento físico.
- Billares, otros servicios recreativos prestados por el sector privado.
- Otros servicios excepto actividades gubernamentales.
- Asociaciones y organizaciones.

- Asociaciones y organizaciones religiosas, políticas y civiles.
- Asociaciones y organizaciones religiosas.
- Asociaciones y organizaciones civiles.

Mapa 166 Recreación y deporte



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2020.

10. Servicios Turísticos

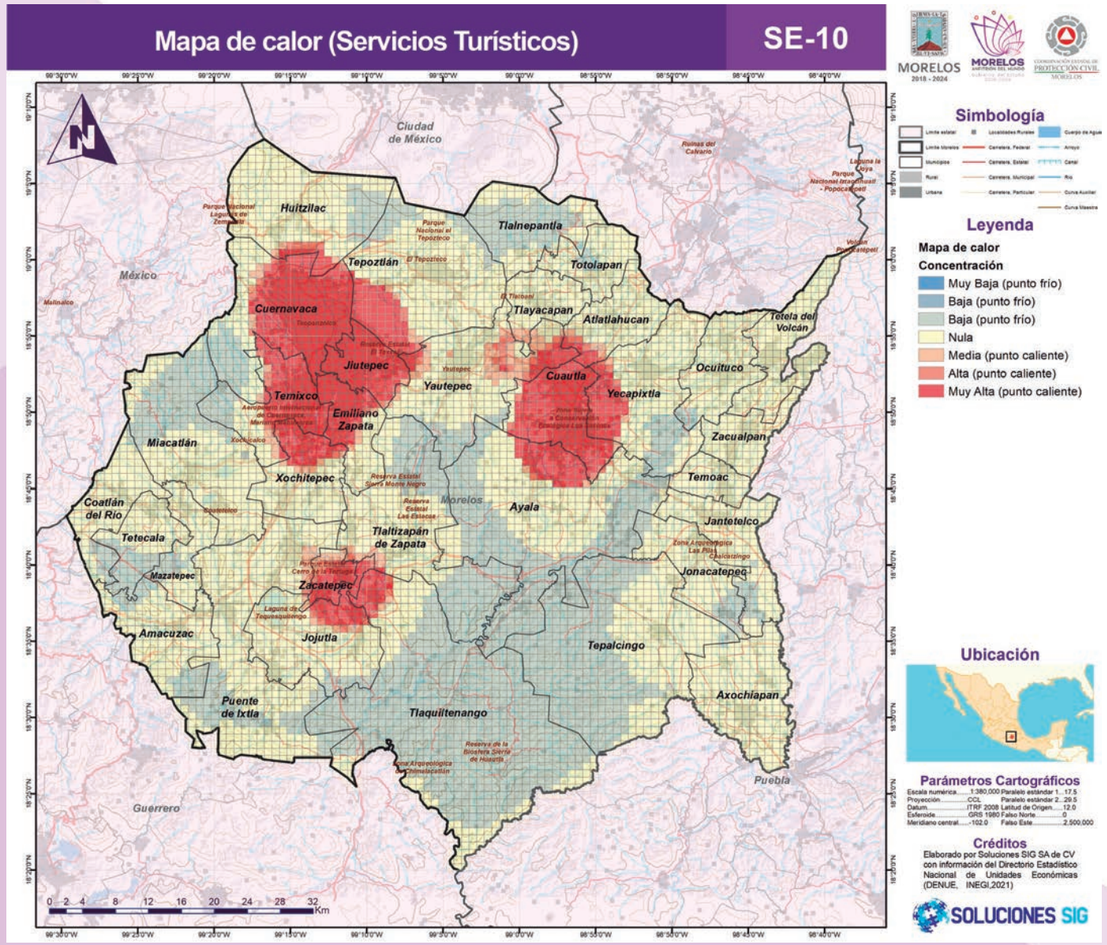
Este sector comprende dos subsectores, con unidades económicas dedicadas a servicios alojamiento temporal y actividades enfocadas a la preparación de alimentos y bebidas.

Se consideran "servicios de alojamiento" aquellos que se prestan en establecimientos de uso público, en forma habitual o temporaria, por una tarifa y un período determinado, al que pueden sumarse otros servicios complementarios, siempre que las personas alojadas no constituyan domicilio permanente en ellos.

Específicamente, para la realización del análisis cartográfico correspondiente al sector “Servicios Turísticos” se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Hoteles con otros servicios integrados.
- Hoteles sin otros servicios integrados.
- Moteles.
- Hoteles con casino.
- Campamentos y albergues recreativos.
- Cabañas, villas y similares.
- Pensiones y casas de huéspedes.
- Departamentos y casas amueblados con servicios de hotelería.
- Servicios de preparación de alimentos por encargo.
- Centros nocturnos, discotecas y similares.
- Bares, cantinas y similares.
- Servicios de preparación de alimentos y bebidas alcohólicas y no alcohólicas.
- Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida.
- Restaurantes con servicio de preparación de pescados y mariscos.
- Restaurantes con servicio de preparación de antojitos.
- Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas.
- Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares.
- Restaurantes con servicio de preparación de pizzas, hamburguesas, hot dogs y pollos rostizados para llevar.
- Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar.
- Servicios de preparación de otros alimentos para consumo inmediato.

Mapa 167 Servicios Turísticos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2020.

11. Transporte y Movilidad Urbana

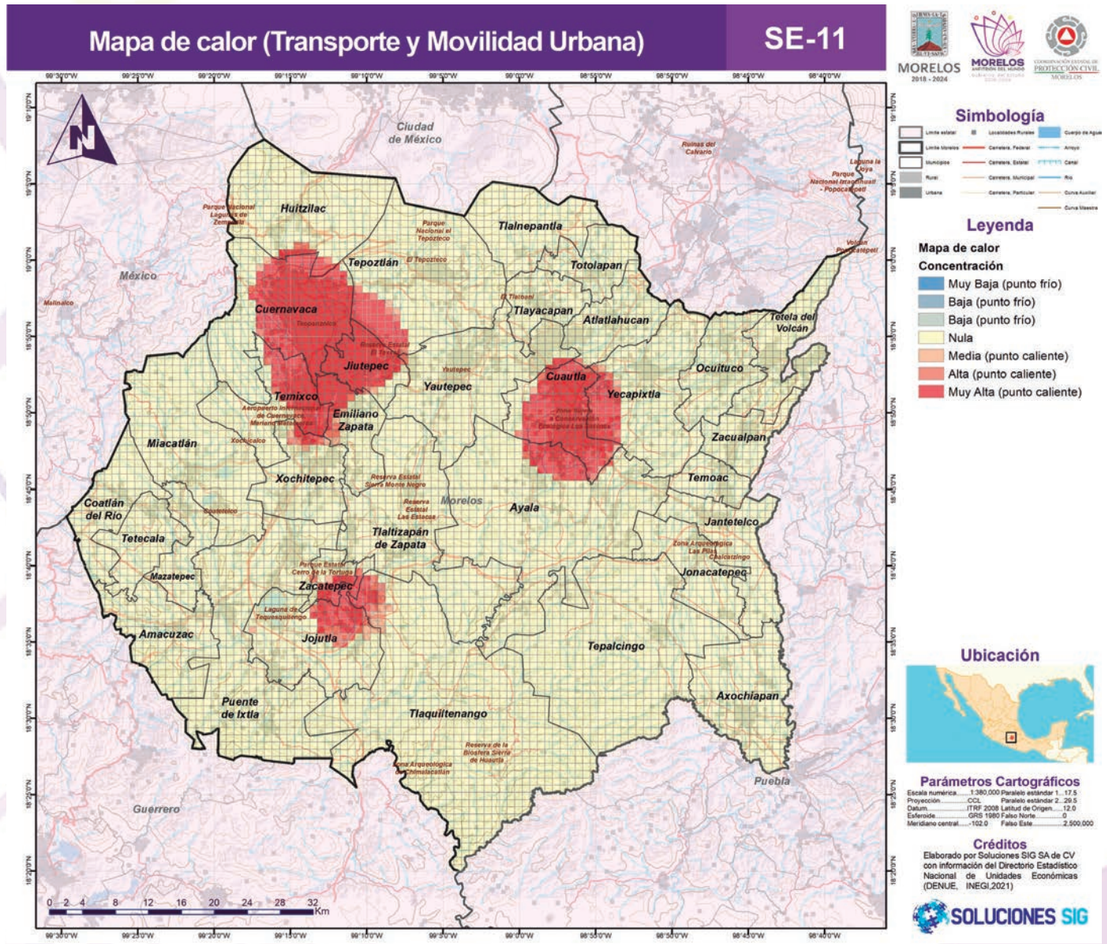
Este sector comprende unidades referentes a la movilidad y el transporte, correos y almacenamiento. En virtud de que las actividades de las oficinas postales y de las mensajerías consisten en transportar bienes, también fueron clasificadas en este sector.

Para la realización del análisis cartográfico correspondiente al sector “Transporte y movilidad urbana” se consideraron las actividades económicas siguientes:

- Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.
- Generación de energía eléctrica.
- Transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.
- Suministro de gas natural por ductos al consumidor final.
- Captación, tratamiento y suministro de agua.
- Transporte aéreo regular.
- Transporte aéreo no regula.
- Transporte por ferrocarril.
- Transporte marítimo.
- Transporte por aguas interiores.
- Autotransporte de carga general.
- Autotransporte de carga especializado.
- Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril.
- Transporte colectivo urbano y suburbano de pasajeros de ruta fija.
- Transporte colectivo foráneo de pasajeros de ruta fija.
- Servicio de taxis y limusinas.
- Transporte escolar y de personal.
- Alquiler de autobuses con chofer.
- Otro transporte terrestre de pasajeros.
- Transporte por ductos.
- Transporte de petróleo crudo por ductos.
- Transporte de gas natural por ductos.
- Transporte por ductos de otros productos.
- Transporte turístico.
- Transporte turístico por tierra.
- Transporte turístico por agua.
- Otro transporte turístico.
- Servicios relacionados con el transporte.
- Servicios relacionados con el transporte aéreo.
- Servicios relacionados con el transporte por ferrocarril.
- Servicios relacionados con el transporte por agua.
- Servicios relacionados con el transporte por carretera.
- Servicios de intermediación para el transporte de carga.

- Otros servicios relacionados con el transporte.
- Servicios postales, servicios de mensajería y paquetería foránea.
- Servicios de mensajería y paquetería local.
- Servicios de almacenamiento.

Mapa 168 Transporte y Movilidad Urbana



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2020.

B. VULNERABILIDAD

La magnitud de un desastre está condicionada por la vulnerabilidad del contexto sobre el que incide un fenómeno perturbador. Diversas son las condiciones sociales, económicas, políticas y físicas que se combinan a un tiempo para generar las afectaciones que provocan vulnerabilidad en una población. (Wilches-Chaux, 1993; Cardona, 2003). La Vulnerabilidad se analiza en tres dimensiones: Vulnerabilidad Social, Física y Global.

1. Vulnerabilidad Social

La Vulnerabilidad Social es definida por el CENAPRED como el "conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad; en conjunto con la capacidad de prevención y respuesta de la misma frente a un fenómeno" (SEGOB/CENAPRED, 2014f).

El análisis de la Vulnerabilidad Social del estado de Morelos se basa en la metodología propuesta por el CENAPRED (SEGOB/CENAPRED, 2014f), al examinar las condiciones sociales y económicas de su población a través de cinco temáticas de indicadores (componentes de Vulnerabilidad) y enumerar las capacidades de respuesta y prevención sobre cuestiones relativas al riesgo ante desastres que presentan las autoridades gubernamentales (específicamente el papel de Protección Civil) de las demarcaciones del estado.

El análisis para las condiciones socioeconómicas estima Indicadores de Salud, Educación, Vivienda, Población y Empleo e Ingresos, desarrollado a distintas escalas. La escala con el valor estatal, de acuerdo con la metodología propuesta por el CENAPRED, la escala a nivel municipal y su interior a nivel localidad y manzana urbana donde se detalla información del interior del territorio, a fin de otorgar mayor resolución espacial para facilitar la toma de decisiones.

Condiciones socioeconómicas por componentes de Vulnerabilidad

Las condiciones socioeconómicas se analizan a través de cinco componentes temáticos: Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingresos y Población, constituidos por 18 indicadores socioeconómicos, de acuerdo con la metodología del CENAPRED (SEGOB/CENAPRED, 2014f). Dichos indicadores se elaboraron a nivel estatal, municipal, localidad y manzana urbana con los datos estadísticos disponibles de la información del Censo de Población y Vivienda de INEGI 2020.

Los cinco componentes representan el 15% del índice de Vulnerabilidad Social, es decir un 75%. El 25% restante de la valoración se conforma con la información obtenida por las capacidades de respuesta y prevención de las autoridades gubernamentales.

Las tablas con la información de los componentes de vulnerabilidad se presentan con el valor estatal, donde el grado de vulnerabilidad se clasifica de acuerdo con los valores establecidos en la metodología del CENAPRED (SEGOB/CENAPRED, 2014f).

La representación espacial de los indicadores se puede apreciar en la cartografía de la caracterización social antes presentada, la cual se encuentra clasificada a partir del comportamiento de cada indicador en el territorio, con el proceso estadístico de cortes naturales.
Los indicadores socioeconómicos de una misma temática se integran en una sola cobertura para conformar la cartografía de cada componente de vulnerabilidad.

El valor de vulnerabilidad se clasifica en cinco categorías; muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo grado de vulnerabilidad, donde un alto grado representa peores condiciones socioeconómicas y un bajo grado mejores condiciones. Es otras palabras, cada indicador, con su pertinente cobertura, representa las características y áreas menos vulnerables con vulnerabilidad muy baja y con vulnerabilidad muy alta las particularidades y superficies más vulnerables.

Clasificar la vulnerabilidad local se realiza para conocer el contexto dentro de los municipios y de esa forma determinar las regiones con menor o mayor vulnerabilidad en el estado, el panorama representado en la calificación de un solo valor municipal al no ser identificado interiormente hace más difícil tomar decisiones. Al utilizar la vulnerabilidad a nivel local se mantiene la precisión de la información incorporada para medir la vulnerabilidad social pues se limita la homogenización y pérdida de datos de las diferentes condiciones en la escala. Cabe aclarar que, dados los indicadores disponibles a escala estatal y municipal, no resulto posible utilizar la clasificación mencionada anteriormente para los indicadores de: Médicos por cada 1,000 habitantes, Tasa de Mortalidad Infantil, Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón, Déficit de Vivienda, Porcentaje de la PEA que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos y, por tanto, se usó un grado de vulnerabilidad realizado con base en los niveles que las fuentes oficiales otorgaron.

Por lo anterior, las regiones con mayor susceptibilidad de sufrir grandes impactos (por sus condiciones socioeconómicas) que pueden desencadenar catástrofes en el territorio son mostradas por cada cobertura temática. Tales regiones con altos grados de vulnerabilidad son las que necesitan concentrar la mayor atención para reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de los habitantes de las comunidades en lo referente a programas sociales, infraestructura, etc. Además, centrar recursos de gestión y planeación para mejorar la prevención en lo referente a la acción civil y gubernamental.

Vulnerabilidad social por temática

A continuación, se presentan los valores de los indicadores que integran cada componente del estado de Morelos, con su respectiva calificación de vulnerabilidad.

Componente Salud

El componente salud en una determinada comunidad es reflejo de su desarrollo socioeconómico y de su grado de vulnerabilidad. Por tanto, se requiere conocer el acceso y la capacidad de atención a servicios básicos de salud que la población tiene.

Son tres los indicadores de salud: 1) Médicos por cada mil habitantes (Cobertura de servicios de salud). 2) Porcentaje de derechohabientes. 3) Tasa de mortalidad. En la siguiente Tabla se pueden observar los valores de los indicadores con su calificación de vulnerabilidad y la clasificación de cada factor en el sector salud.

Tabla 73. Indicadores del componente Salud del estado de Morelos 2020.

Campo	Descripción	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Rangos del Estado de Morelos	Calificación de Vulnerabilidad
Salud	Cobertura de servicios de salud (Médicos por cada 1,000 habitantes)	De 0.20 a 0.39 Médicos por cada 1,000 habitantes	Muy Alto	1		
		De 0.4 a 0.59 Médicos por cada 1,000 habitantes	Alto	0.75		
		De 0.6 a 0.79 Médicos por cada 1,000 habitantes	Medio	0.50	1.5	0
		De 0.8 a 0.99 Médicos por cada 1,000 habitantes	Bajo	0.25		
		Uno o más Médicos por cada mil habitantes	Muy Bajo	0		
	Tasa de Mortalidad Infantil	De 17.2 a 27.1	Muy Bajo	0		
		De 27.2 a 37.0	Bajo	0.25		
		De 37.1 a 47.0	Medio	0.50	0.96	0
		De 47.1 a 56.9	Alto	0.75		
		57.0 ó más	Muy Alto	1		
	Porcentaje de la población no derechohabiente	De 17.63 a 34.10	Muy Bajo	0		
		población no	Bajo	0.25		
		derechohabiente	Medio	0.50	28.007	0
		De 67.05 a 83.51	Alto	0.75		
		83.52 ó más	Muy Alto	1		
Total					0.0	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014f) e información del diagnóstico estatal de salud Morelos, 2020, Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.

Componente de educación

En el bienestar personal de la población y en la adaptación de acciones reactivas y preventivas frente a riegos influye en gran medida el componente educación en una comunidad. Por ello, la educación también es un componente de la vulnerabilidad social. Los tres indicadores por considerar son:

1. Población de 14 años o más que va al colegio.
2. Promedio de grado escolar.
3. Porcentaje de analfabetas.

Tabla 74. Indicadores del componente Educación del estado de Morelos 2020.

Campo	Descripción	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Rangos del Estado de Morelos	Calificación de Vulnerabilidad
Educación	Porcentaje de analfabetismo	De 1.07 a 15.85	Muy Bajo	0		
		De 15.86 a 30.63	Bajo	0.25		
		De 30.64 a 45.41	Medio	0.50	4.44	0
		De 45.42 a 60.19	Alto	0.75		
		60.20 ó más	Muy Alto	1		
	Porcentaje de la demanda en educación básica (Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela)	De 42.72 a 54.17	Muy Alto	1		
		De 54.18 a 65.62	Alto	0.75		
		De 65.63 a 77.07	Medio	0.50	86.28	0.25
		De 77.08 a 88.52	Bajo	0.25		
		88.53 ó más	Muy Bajo	0		
	Grado Promedio de Escolaridad	De 1 a 3.2	Muy Alto	1		
		De 3.3 a 5.4	Alto	0.75		
		De 5.5 a 7.6	Medio	0.50	9.8	0.25
		De 7.7 a 9.8	Bajo	0.25		
		De 9.9 ó más	Muy Bajo	0		
Total					0.50	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en el formato de (SEGOB/ CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.

Componente Vivienda

Las características de la vivienda ayudan a vislumbrar la calidad de vida y el grado de exposición de determinada población. El componente Vivienda se integra de seis indicadores: Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada, Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje, Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad, porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón, porcentaje de viviendas con piso de tierra y déficit de vivienda.

Tabla 75. Indicadores del componente Vivienda del estado de Morelos 2020.

Campo	Descripción	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Rangos del Estado de Morelos	Calificación de Vulnerabilidad
Vivienda	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	De 0 a 19.96	Muy Bajo	0		
		De 19.97 a 39.92	Bajo	0.25		
		De 39.93 a 59.88	Medio	0.50	4.03	0
		De 59.89 a 79.84	Alto	0.75		
		79.85 ó más	Muy Alto	1		
	Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje	De 1.21 a 20.96	Muy Bajo	0		
		De 20.97 a 40.71	Bajo	0.25		
		De 40.72 a 60.46	Medio	0.50	1.8	0
		De 60.47 a 80.21	Alto	0.75		
		80.22 ó más	Muy Alto	1		
	Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad	De 0 a 19.76	Muy Bajo	0		
		De 19.77 a 39.52	Bajo	0.25		
		De 39.53 a 59.28	Medio	0.50	0.43	0
		De 59.29 a 79.04	Alto	0.75		
		79.05 ó más	Muy Alto	1		
	Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón	De 3.85 a 7.68	Bajo	0.25		
		De 7.69 a 11.52	Medio	0.50	3.84	0
		De 11.53 a 15.36	Alto	0.75		
		15.37 ó Más	Muy Alto	1		
		De 1.52 a 20.82	Muy Bajo	0		
	Con piso de tierra	De 20.83 a 40.12	Bajo	0.25		
		De 40.13 a 59.42	Medio	0.50	3.84	0
		De 59.43 a 78.72	Alto	0.75		
		78.73 ó más	Muy Alto	1		
	Déficit de Vivienda	De 1.63 a 13.72	Muy Bajo	0		
		De 13.73 a 25.81	Bajo	0.25		
		De 25.82 a 37.90	Medio	0.50	7.68	0
		De 37.91 a 49.99	Alto	0.75		
		De 50 ó más	Muy Alto	1		
Total Vivieda					0.0	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en el formato de (SEGOB/ CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.

Componente Empleo e Ingresos

La calidad de vida de una población en términos de ingresos y poder adquisitivo refleja la vulnerabilidad ante una catástrofe. El componente Empleo e Ingresos se integra por los indicadores de: Porcentaje de la población Económicamente activa que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos, Razón de Dependencia y Tasa de desempleo abierto.

Tabla 76. Indicadores del componente Empleo e Ingresos del estado de Morelos 2020.

Campo	Descripción	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Rangos del Estado de Morelos	Calificación de Vulnerabilidad
Empleos e Ingresos	Porcentaje de la población económicamente activa que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos	De 18.41 a 34.50	Muy Bajo	0		
		De 34.51 a 50.59	Bajo	0.25		
		De 50.60 a 66.68	Medio	0.50	40.17	0.25
		De 66.69 a 82.77	Alto	0.75		
		82.78 ó más	Muy Alto	1		
	Razón de Dependencia	De 37.72 a 57.69	Muy Bajo	0		
		De 57.70 a 77.66	Bajo	0.25		
		De 77.67 a 97.63	Medio	0.50	50.13	0
		De 97.64 a 117.60	Alto	0.75		
		117.61 ó más	Muy Alto	1		
	Tasa de desempleo Abierto	De 0 a 3.09	Muy Bajo	0		
		De 3.10 a 6.18	Bajo	0.25		
		De 6.19 a 9.27	Medio	0.50	2.14	0
		De 9.28 a 12.36	Alto	0.75		
		12.37 ó más	Muy Alto	1		
Total Empleos e Ingresos					0.25	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.

Componente Población

Ser susceptible a afectaciones en caso de catástrofe depende en buena medida de las características de una comunidad, de allí la importancia, para la planeación territorial, de saber cómo se concentra y dispersa una población. El componente de Población se constituye por tres indicadores: Densidad de Población, Porcentaje de población de habla indígena y Dispersión poblacional.

Tabla 77. Indicadores del componente Población del estado de Morelos 2020.

Campo	Descripción	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Rangos del Estado de Morelos	Calificación de Vulnerabilidad
Población	Densidad de población	De 1 a 99 Habitantes por km²	Muy Bajo	0		
		De 100 a 499 Habitantes por km²	Bajo	0.25		
		De 500 a 999 Habitantes por km²	Medio	0.50	404.091 Habitantes por km²	0.25
		De 1,000 a 4,999 Habitantes por km²	Alto	0.75		
		Más de 5,000 Habitantes por km²	Muy Alto	1		
	Porcentaje de población de habla indígena	Menos del 40% de la población	Predominante-mente no indígena	0	2.058	0
		Más del 40% de la población	Predominante-mente indígena	1		
	Dispersión poblacional	De 0 a 9.9	Muy Bajo	0		
		De 10 a 19.9	Bajo	0.25		
		De 20 a 29.9	Medio	0.50	18.15	0.25
		De 30 a 39.9	Alto	0.75		
		40 ó más	Muy Alto	1		
TotalPoblación					0.50	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.

Calificación de las características socioeconómicas del Estado de Morelos

Con la calificación de vulnerabilidad de cada componente temático, elaborado de acuerdo con la metodología del CENAPRED, se obtuvieron los siguientes resultados en la calificación de las características socioeconómicas del Estado de Morelos:

Tabla 78. Calificación de las características socioeconómicas del Estado de Morelos, 2020.

Rubro	Número deindicadores	Calificación	Promedio
Salud	3	0.00	0
Educación	3	0.50	0.166
Vivienda	6	0.00	0
Empleo e ingresos	3	0.25	0.083
Población	3	0.50	0.166
Calificación final de las características socioeconómicas del Estado de Morelos			**0.498**

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en el formato de (SEGOB/ CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.

La siguiente tabla identifica la calificación de vulnerabilidad, realizada con base en la metodología del CENAPRED, de los componentes temáticos para cada municipio de Morelos.

Tabla 79. Calificación de los componentes socioeconómicos por municipio del Estado de Morelos, 2020.

Municipio	CVEGEO	Componente Salud	Componente Educación	Componente Vivienda	Componente Empleo e ingresos	Componente Población
Amacuzac	17001	0.50	0.50	0.00	0.75	0.50
Atlatlahucan	17002	0.75	0.5	0.00	0.50	0.50
Axochiapan	17003	0.00	0.75	0.00	1.00	0.5
Ayala	17004	0.50	0.5	0.00	0.75	0.5
Coatlán del Río	17005	0.00	0.75	0.00	1.00	0.5
Cuautla	17006	0.00	0.5	0.00	0.50	1
Cuernavaca	17007	0.00	0	0.00	0.25	1
Emiliano Zapata	17008	0.00	0.5	0.00	0.50	1
Huitzilac	17009	0.50	0.25	0.25	0.25	0.5
Jantetelco	17010	0.50	0.5	0.00	0.75	0.5
Jiutepec	17011	0.75	0.00	0.00	0.50	1
Jojutla	17012	0.00	0.5	0.00	0.50	0.5
Jonacatepec	17013	0.00	0.5	0.00	0.50	0.5
Mazatepec	17014	0.75	0.5	0.00	0.75	0.5
Miacatlán	17015	0.25	0.75	0.00	0.75	0.5
Ocuituco	17016	0.00	0.5	0.00	1.25	0.5
Puente de Ixtla	17017	0.75	0.50	0.00	0.50	0.5
Temixco	17018	0.25	0.5	0.00	0.50	1
Tepalcingo	17019	0.25	0.5	0.00	0.75	0.25
Tepoztlán	17020	0.50	0.5	0.25	0.50	0.5
Tetecala	17021	0.00	0.50	0.00	0.50	0.5
Tetela del Volcán	17022	0.25	0.75	0.00	1.00	0.5
Tlalnepantla	17023	0.25	0.5	0.50	0.75	0.25
Tlaltizapán	17024	0.50	0.5	0.00	0.50	0.5
Tlaquiltenango	17025	0.25	0.50	0.00	0.75	0.25
Tlayacapan	17026	0.00	0.5	0.00	0.50	0.5
Totolapan	17027	0.50	0.5	0.25	1.00	0.5
Xochitepec	17028	0.75	0.5	0.00	0.50	0.75
Yautepec	17029	0.00	0.5	0.00	0.50	0.75
Yecapixtla	17030	0.25	0.5	0.00	0.50	0.5
Zacatepec	17031	0.00	0	0.00	0.50	1
Zacualpan	17032	0.25	0.25	0.00	1.00	0.5
Temoac	17033	0.75	0.50	0.00	0.75	0.5

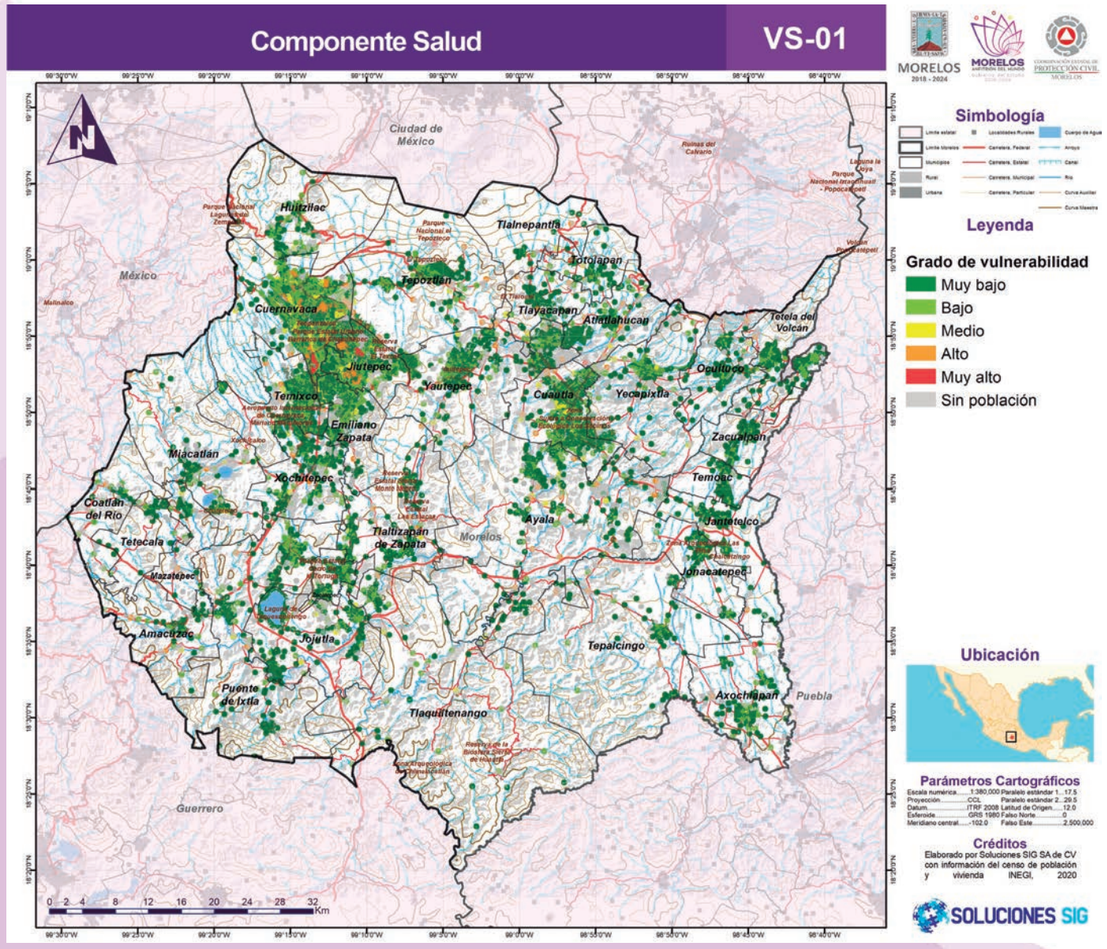
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en el formato de (SEGOB/ CENAPRED, 2014f) e información del Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.

A continuación, se describe la distribución espacial de los componentes temáticos presente en la entidad.

Distribución espacial de la Vulnerabilidad Social por componente socioeconómico

El grado de vulnerabilidad relacionado con el componente Salud se encuentra en su mayoría bajo, sin embargo, el grado medio, alto y muy alto se hace presente en algunas manzanas y localidades dentro del territorio de Morelos, en específico al norte y oeste del estado.

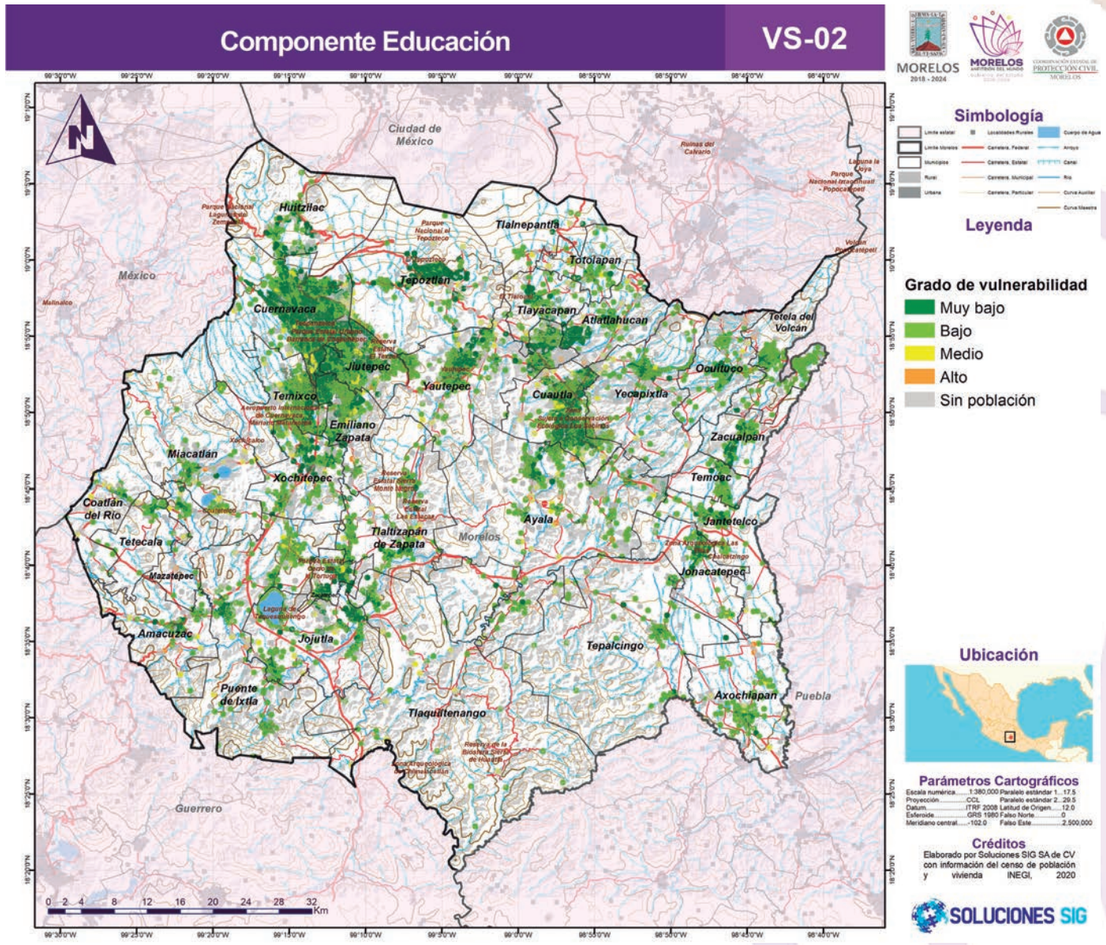
Mapa 169. Componente Salud del Estado de Morelos por localidad y manzana urbana, 2020.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del censo de población y vivienda INEGI, 2020.

Con respecto al componente de Educación, el grado bajo de vulnerabilidad se presenta en la mayoría de las manzanas y localidades, no obstante, el correspondiente a la vulnerabilidad media se hace presente en gran medida dentro del estado de Morelos. En las zonas urbanizadas los grados de vulnerabilidad disminuyen. Por otro lado, las comunidades más dispersas presentan mayores deficiencias en este rubro.

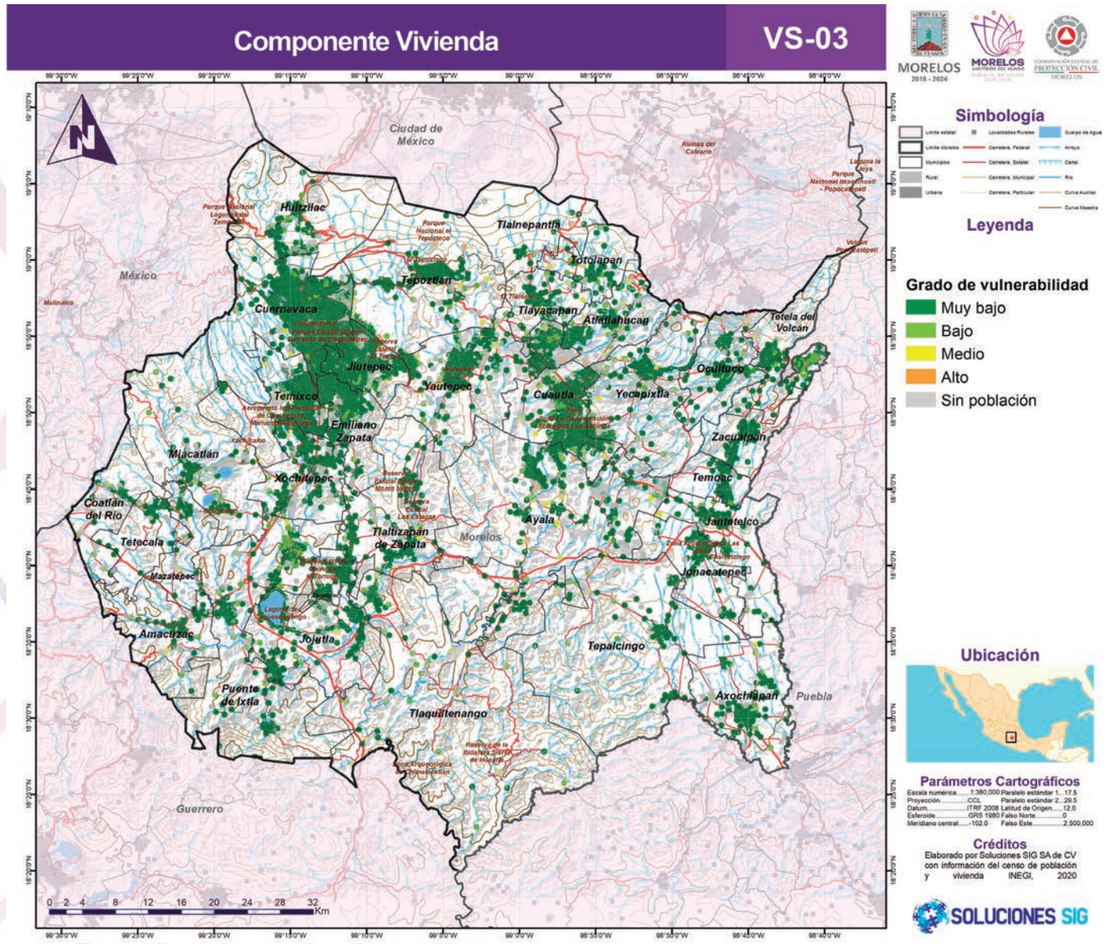
Mapa 170. Componente Educación del Estado de Morelos por localidad y manzana urbana, 2020.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del censo de población y vivienda INEGI, 2020.

En general, en el mapa se pueden apreciar niveles bajos y muy bajos en cuanto al grado de vulnerabilidad correspondiente al componente Vivienda. Las zonas con un grado de vulnerabilidad medio, alto o muy alto se encuentran distribuidas en las localidades más dispersas.

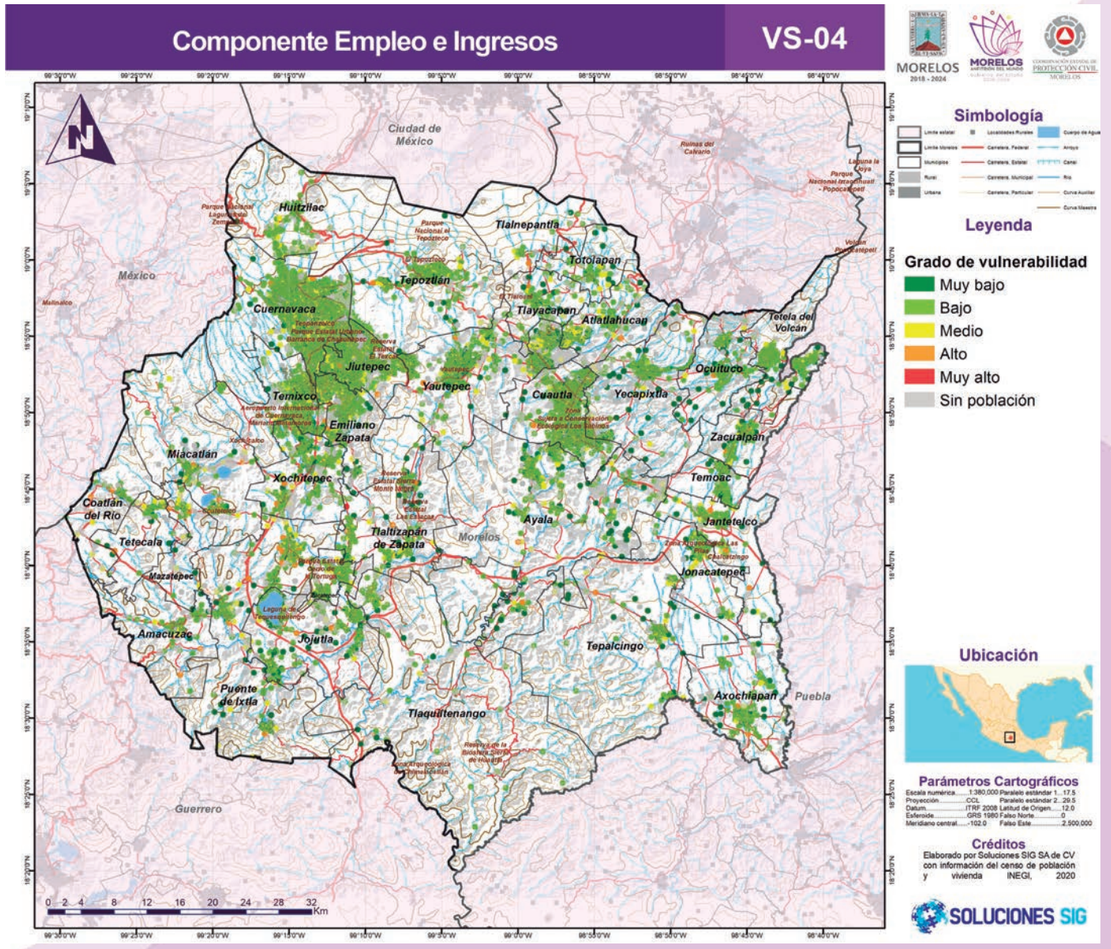
Mapa 171. Componente Vivienda del Estado de Morelos por localidad y manzana urbana, 2020.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del censo de población y vivienda INEGI, 2020.

Los grados de vulnerabilidad bajo y medio son los que predominan dentro del estado de Morelos con respecto al componente de Empleo. Sin embargo, cabe mencionar que existen varias zonas alrededor de todo el estado que tienen niveles altos de vulnerabilidad, algunas de ellas se localizan en Tlaltizapan de Zapata, Jantetelco, Puente de Ixtla, Ayala, entre otros.

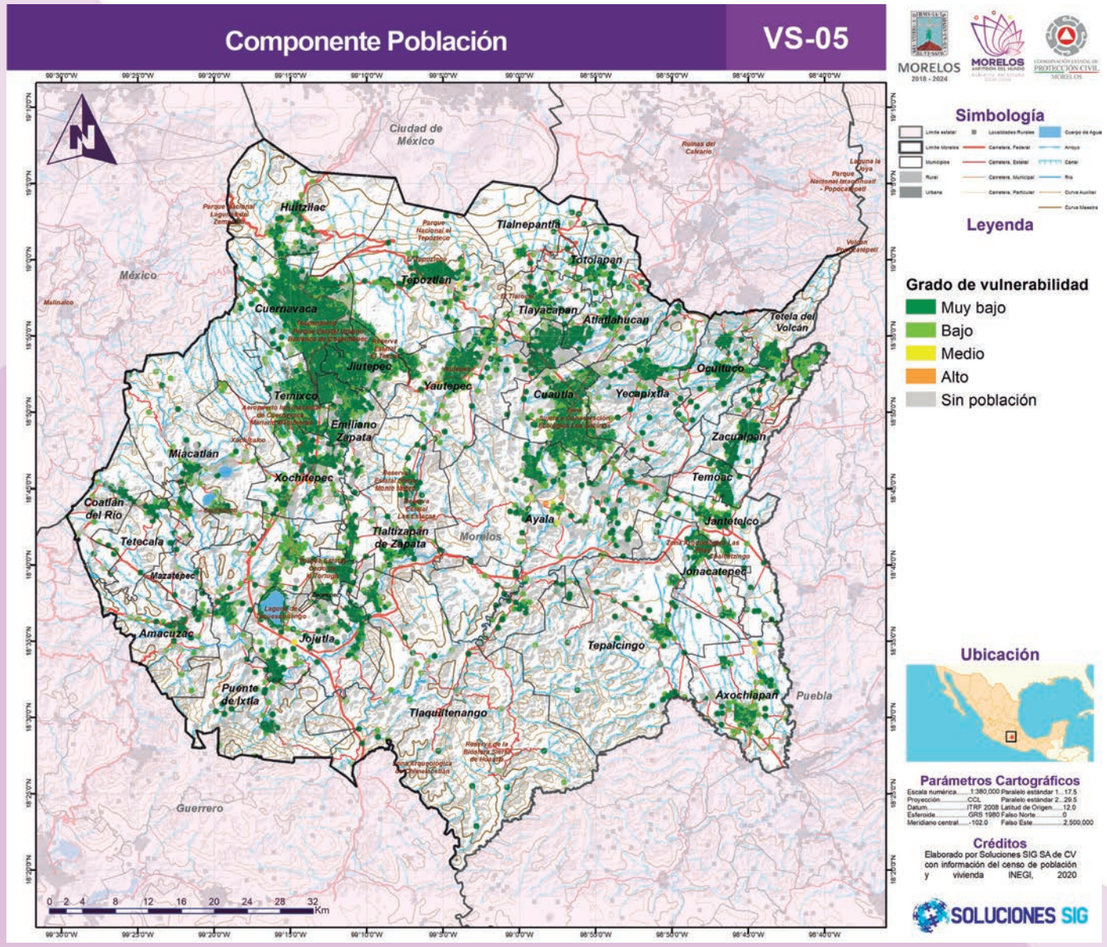
Mapa 172. Componente Empleo e ingresos del Estado de Morelos por localidad y manzana urbana, 2020.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del censo de población y vivienda INEGI, 2020.

El grado de vulnerabilidad correspondiente al componente de Población, integrado de sus respectivos indicadores, se presenta en su mayoría en un nivel bajo, no obstante, existen varias localidades con niveles de vulnerabilidad medios y altos.

Mapa 173. Componente Población del Estado de Morelos por localidad y manzana urbana, 2020.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del censo de población y vivienda INEGI, 2020.

Capacidades de Respuesta y Prevención

Se denomina capacidad de respuesta y prevención a la preparación que se ejerce ante una contingencia natural o social en un territorio (Pérez, L. A. y Ruiz, N., 2015). Para evaluar las capacidades de respuesta y prevención que los municipios del estado de Morelos presentan se utilizó información del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2018 del INEGI, Módulo 2. Administración pública, municipal o de las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, Tema Protección Civil, ya que dicha dependencia pública es la institución encargada de la gestión de todo lo que tiene que ver con riegos y peligros para la comunidad.

Se tomaron tres preguntas de la fuente ya mencionada, relativas a la capacidad de respuesta y prevención de Protección civil en cada municipio, las respuestas se clasifican en sí existe la capacidad de respuesta y prevención como positiva (sí) o la inexistencia de capacidad con una respuesta negativa (no), por tanto al agrupar los valores de todos los reactivos seleccionados, relativos a la respuesta y prevención de cada gobierno municipal, se observa la acumulación de falta de capacidades de respuesta y prevención en materia de Protección Civil por lo que a medida que cuentan con las capacidades se clasifican con la más alta capacidad mientras que si no existen se clasifican con los menores niveles de capacidad de respuesta y prevención.

En la medida en que las capacidades de respuesta y prevención sean más altas menor será su vulnerabilidad. Los resultados de las capacidades municipales con su respectiva distribución espacial son los siguientes:

Tabla 80. Evaluación de las capacidades de respuesta y prevención de los municipios del Estado de Morelos, 2018.

Clave	Municipio	Existencia de un Programa de Formación, Capacitación y/o Profesionalización en materia de Protección Civil para el personal de las instituciones de las Administraciones Públicas Municipales, al cierre del año 2018	Existencia de un Comité o Consejo de Protección Civil, durante el año 2018	Existencia de un programa de protección civil o un plan de contingencia, al cierre del año 2018.
		Respuesta	Respuesta	Respuesta
17001	Amacuzac	Sí	No	No
17002	Atlatlahucan	No	Sí	Sí (con un plan o programa)
17003	Axochiapan	No	No	No
17004	Ayala	Sí	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17005	Coatlán del Río	Sí	No	No
17006	Cuautla	No	No	No

Clave	Municipio	Existencia de un Programa de Formación, Capacitación y/o Profesionalización en materia de Protección Civil para el personal de las instituciones de las Administraciones Públicas Municipales, al cierre del año 2018	Existencia de un Comité o Consejo de Protección Civil, durante el año 2018	Existencia de un programa de protección civil o un plan de contingencia, al cierre del año 2018.
		Respuesta	Respuesta	Respuesta
17007	Cuernavaca	Sí	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17008	Emiliano Zapata	Sí	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17009	Huitzilac	Sí	Sí	Sí (con un plan o programa)
17010	Jantetelco	Sí	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17011	Jiutepec	Sí	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17012	Jojutla	No	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17013	Jonacatepec	Sí	Sí	No
17014	Mazatepec	Sí	No	Sí (con un plan o programa)
17015	Miacatlán	Sí	No	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17016	Ocuituco	Sí	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17017	Puente de Ixtla	No	Sí	No
17018	Temixco	Sí	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17019	Tepalcingo	No	Sí	No
17020	Tepoztlán	No	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17021	Tetecala	Sí	No	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17022	Tetela del Volcán	No	No	No
17023	Tlalnepantla	Sí	Sí	No
17024	Tlaltizapán	Sí	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17025	Tlaquiltenango	No	Sí	Sí (con un plan o programa)
17026	Tlayacapan	No	Sí	Sí (con un plan o programa)
17027	Totolapan	Sí	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17028	Xochitepec	Sí	No	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17029	Yautepec	No	Sí	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17030	Yecapixtla	Sí	Sí	Sí (con un plan o programa)
17031	Zacatepec	Sí	No	Sí (cuenta con los dos, un plan y un programa)
17032	Zacualpan	Sí	Sí	No
17033	Temoac	No	No	No

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México de INEGI, 2018.

Tabla 81. Evaluación de las capacidades de respuesta y prevención de los municipios del Estado de Morelos, 2018 (Acumulación o deficiencia).

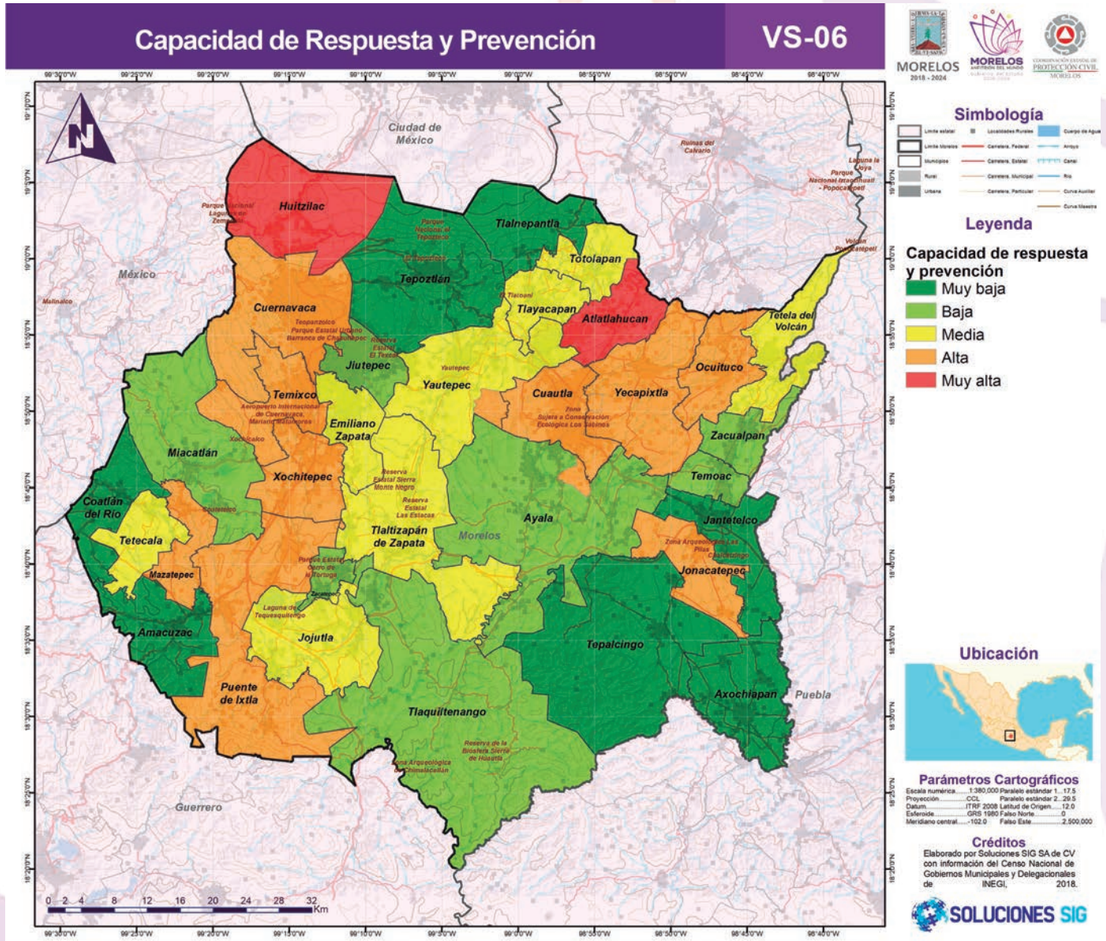
Clave	Municipio	Capacidad de Respuesta y Prevención
17001	Amacuzac	Baja
17002	Atlatlahucan	Media
17003	Axochiapan	Muy baja
17004	Ayala	Muy alta
17005	Coatlán del Río	Baja
17006	Cuautla	Muy baja
17007	Cuernavaca	Muy alta
17008	Emiliano Zapata	Muy alta
17009	Huitzilac	Alta
17010	Jantetelco	Muy alta
17011	Jiutepec	Muy alta
17012	Jojutla	Alta
17013	Jonacatepec	Media
17014	Mazatepec	Media
17015	Miacatlán	Alta
17016	Ocuituco	Muy alta
17017	Puente de Ixtla	Baja
17018	Temixco	Muy alta
17019	Tepalcingo	Media
17020	Tepoztlán	Alta

Clave	Municipio	Capacidad de Respuesta y Prevención
17021	Tetecala	Alta
17022	Tetela del Volcán	Muy baja
17023	Tlalnepantla	Media
17024	Tlaltizapán	Muy alta
17025	Tlaquiltenango	Media
17026	Tlayacapan	Media
17027	Totolapan	Muy alta
17028	Xochitepec	Alta
17029	Yautepec	Alta
17030	Yecapixtla	Alta
17031	Zacatepec	Muy alta
17032	Zacualpan	Media
17033	Temoac	Muy baja

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México de INEGI, 2018.

El siguiente mapa muestra en rojo aquellos municipios con las mayores capacidades y en verde los que tienen menos capacidades, en los cuales es necesario fortalecer el papel de Protección Civil.

Mapa 174. Capacidad de respuesta y prevención del Estado de Morelos por municipio, 2018.

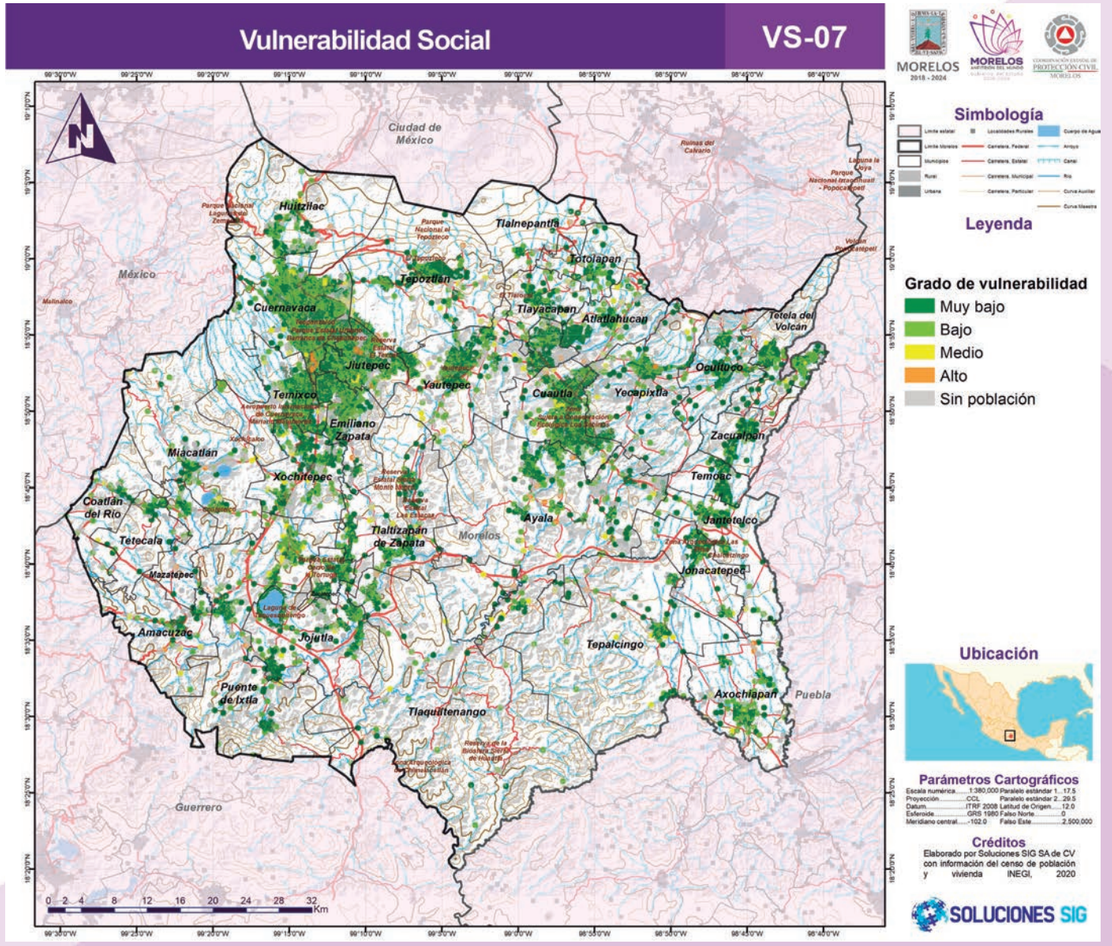


Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales de INEGI, 2018.

Obtención del Grado de Vulnerabilidad Social

Para calcular el grado de Vulnerabilidad Social tres cuartas partes del total (75%) se asigna a las condiciones económicas y sociales presentes en cada municipio de acuerdo a los componentes socioeconómicos antes presentados, mientras la restante cuarta parte (25%) se asigna a su vez a la capacidad de respuesta y prevención. La adición de ambos componentes se realizó mediante algebra de mapas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) a nivel localidad y manzana urbana para observar el comportamiento al interior de los municipios, la siguiente cartografía muestra los resultados de este análisis espacial.

Mapa 175. Vulnerabilidad Social del Estado de Morelos por localidad y manzana urbana, 2020.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con datos del censo de población y vivienda INEGI, 2020 y el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales de INEGI, 2018.

El mayor grado de vulnerabilidad social se concentra en algunas localidades marcadas en color anaranjado y rojo, en dichas zonas el grado de vulnerabilidad es alto y medio, por lo que sus habitantes cohabitan con mayores dificultades socioeconómicas.

2. Vulnerabilidad Física

La Vulnerabilidad física hace referencia al potencial de afectación estructural de los sistemas expuestos ante la ocurrencia de algún fenómeno perturbador. Los sistemas expuestos se integran por la infraestructura (obras civiles, construcciones, servicios, entre otros) donde el ser humano desempeña sus actividades habituales (SEGOB/CENAPRED, 2014f). El mayor sistema expuesto para la población es la vivienda, por lo cual la vulnerabilidad física de este apartado es evaluada conforme a la susceptibilidad del material que la vivienda ostenta.

Susceptibilidad del material de la vivienda

El nivel de susceptibilidad y de posible impacto que cada Sistema Expuesto puede presentar se encuentra relacionado directamente a las condiciones físicas que posea su infraestructura, razón por la cual se identifican con base en la clasificación de vivienda de acuerdo con la tipología de la vivienda de la metodología del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2014) dentro de la “Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y de Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social”.

La Tipología de la Vivienda se clasifica de acuerdo con el CENAPRED por el tipo de muros, techos, cimentación y número de niveles que tiene una vivienda, la siguiente tabla contiene la información técnica que considera en cada rubro:

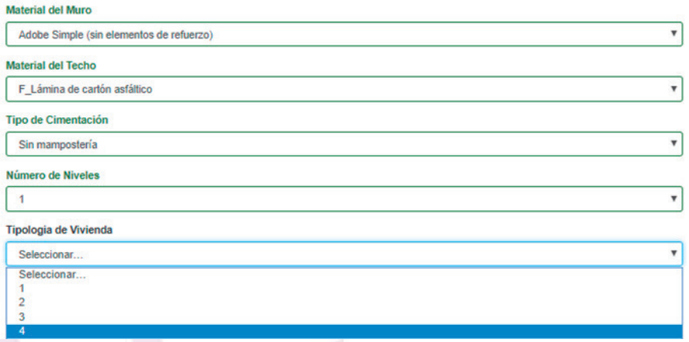
Tabla 82. Información técnica considerada para clasificar la tipología de la vivienda

Material del Muro	Material del Techo	Tipo de Cimentación	Número de Niveles
Mampostería reforzada con castillos y dalas	Rígido:	zapata corrida de concreto o mampostería	1
Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero	Vigas de acero con bóveda de tabique	zapata corrida de mampostería	2
Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior	Vigas de acero con delgada de tabique (bóveda catalana)	zapata de mampostería	3
Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos (aberturas sin refuerzo)	Losa de concreto reforzado	Sin mampostería	4
Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente	Prefabricados (vigueta-bovedilla u otros)		5
Mampostería simple (sin elementos de refuerzo o confinamiento)	Material de desecho		
Concreto colado en el lugar			
Paneles prefabricados			
Adobe Simple (sin elementos de refuerzo)	Flexible:		
Adobe (Confinado con castillos y dalas o malla y mortero)	Enramado cubierto de palma o fibra vegetal (Palma, Tejamanil, etc.)		
De madera con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera)	Madera		
Estructura metálica con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera)	Lámina de cartón asfáltico		
Flexibles: material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto y metálica, palma, tejamanil, bajareque (enramado cubierto de arcilla)	Lámina de plásticos o fibra de vidrio		
Tabique macizo de barro recocido	Lámina metálica (zinc)		
Tabique hueco de barro recocido (extruido "tabique aparente")	Lámina de asbesto		
Tabique multiperforado de barro recocido	Teja de barro		
Tabique macizo de concreto (tabicón de cemento-arena)			
Bloque hueco de concreto			
Piedras naturales			

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de SEGOB/CENAPRED (2014f).

Se revisaron mediante un censo digital los agebs del territorio estatal y se revisaron puntos de control en campo donde se aplicó la cédula de identificación de tipología de la vivienda en las zonas de mayor grado de marginación según CONAPO, 2010 y vulnerabilidades identificadas por la Dirección de Protección Civil estatal, a continuación, se muestra un ejemplo del llenado de dicha cédula y de la vivienda identificada.

Ilustración 40. Captura de pantalla de la aplicación la cédula de identificación de tipología de la vivienda

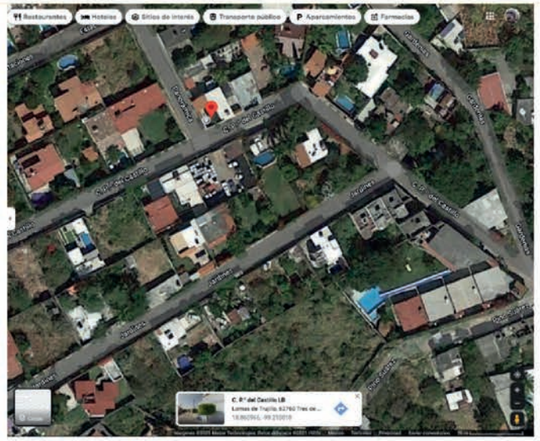


Fuente: Soluciones SIG SA de CV, 2021

Se trabajó en campo con ayuda del personal de Protección Civil estatal el levantamiento de la tipología de la vivienda en un Sistema de Información Geográfica desarrollado para la toma de información, donde se hizo el reconocimiento en campo de la tipología de la tipo de vivienda según la condición del material estructural de las viviendas que se presentaban en las manzanas del territorio estatal, se colocaba el tipo de la mayoría de las viviendas por Ageb (Área geoestadística básica) y de ser el caso, al identificar una marcada diferencia en las estructuras de las viviendas del ageb se marcaba un polígono para atribuir los distintos tipos de vivienda conforme lo establecido en la metodología del CENAPRED, 2014 en la ”Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y de Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social”. De varias de las viviendas se tomaron algunas evidencias fotográficas.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de viviendas verificadas en el censo digital en gabinete:

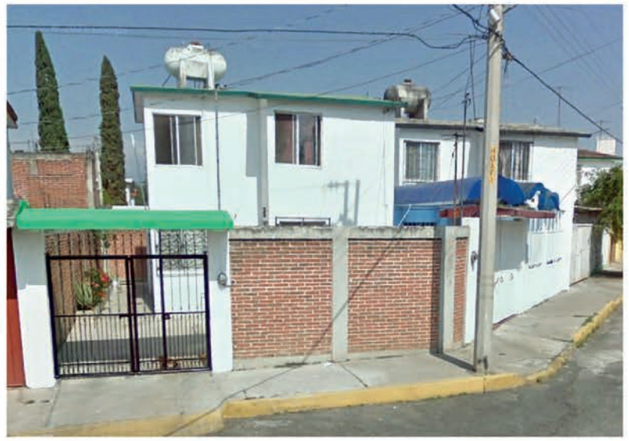
Nombre	Vivienda del AGEB	Latitud	Longitud
		18.860966	-99.210018
		Municipio	**Localidad**
		Lomas de Trujillo	Lomas de Trujillo
		Tipología de vivienda	
		1	
		Muros	
		Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior	
		Techo	
		techo y entrepisos rígidos	
		Cimentación	
		zapata corrida de concreto o mampostería	
		Altura	
		uno a cinco niveles	



Descripción:
Esta vivienda ubicada en la localidad Lomas de Trujillo, de acuerdo con la información de CENAPRED, es catalogada como tipo 1, observamos una vivienda de dos niveles que cuenta con muros que tiene son de mamposteria reforzada y los techos de la estructura principal tambien son rigidos.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 170060001071A	Latitud	Longitud
		18.821094	-98.942930
		Municipio	**Localidad**
		Cuautla	Cuautla
		Tipología de vivienda	
		1	
		Muros	
		Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior	
		Techo	
		techo y entrepisos rígidos	
		Cimentación	
		zapata corrida de concreto o mampostería	
		Altura	
		uno a cinco niveles	



Descripción:
Vivienda localizada en Cuautla, Presenta dos niveles, muros de mampostería reforzada con suficientes elementos estructurales y techos rígidos, de acuerdo con CENAPRED la vivienda es tipología 1.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1702400010309	Latitud	Longitud
		18.68816	-99.117032
		Municipio	**Localidad**
		Tlaltizapán de Zapata	Tlaltizapán
		Tipología de vivienda	
		1	
		Muros	
		Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior	
		Techo	
		techo y entrepisos rígidos	
		Cimentación	
		zapata corrida de concreto o mampostería	
		Altura	
		uno a cinco niveles	

Descripción:
Construcción que pertenece al sector salud de Morelos, Centro de Salud Tlaltizapán. Cuenta con un nivel construido con muros de mampostería reforzada, castillos y dalas. Observamos que los techos son de material rígido, concreto. Por lo anterior es una construcción tipo 1.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1702900240555	Latitud	Longitud
		18.893272	-99.125236
		Municipio	**Localidad**
		Yautepec	La Joya
		Tipología de vivienda	
		1	
		Muros	
		Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior	
		Techo	
		techo y entrepisos rígidos	
		Cimentación	
		zapata corrida de concreto o mampostería	
		Altura	
		uno a cinco niveles	

Descripción:
Vivienda tipología 1; Se encuentra sobre una calle con una pendiente pronunciada, Presenta dos niveles de construcción con muros de mampostería reforzada con castillos y dalas. Los techos y entrepisos son rígidos.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1702400070366	Latitud	Longitud
		18.674722	-99.142806
		Municipio	**Localidad**
		Tlaltizapán de Zapata	Huatecalco
		Tipología de vivienda	
		2	
		Muros	
		Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior.	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		zapata corrida de mampostería	
		Altura	
		dos niveles	

Descripción:
Se encuentra sobre una calle casi plana, Cuenta con muros de mampostería reforzada con castillos y dalas, El techo es de lámina, lo cual es catalogado como flexible. Por eso la tipología que corresponde es 2 de acuerdo con CENAPRED.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1700600010762	Latitud	Longitud
		18.791212	-98.936165
		Municipio	**Localidad**
		Cuautla	Cuautla
		Tipología de vivienda	
		2	
		Muros	
		Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior.	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		zapata corrida de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción:
La vivienda se encuentra en Cuautla, Cuenta con un nivel de construcción, con muros de mampostería reforzada con castillos y dalas, El techo es de lámina, lo cual es catalogado como flexible. Por eso la tipología a la que corresponde es 2 de acuerdo con CENAPRED.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1702800020276	Latitud	Longitud
		18.741230	-99.252485
		Municipio	**Localidad**
		Xochitepec	Alpuyeca
		Tipología de vivienda	
		2	
		Muros	
		Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior.	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		zapata corrida de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción:
La vivienda encontrada en Xochitepec cuenta con un nivel de construcción, con muros de mampostería reforzada con castillos y dalas y una cubierta de lámina, la cual es catalogada como flexible. Por eso la tipología a la que corresponde es la 2.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1702900050201	Latitud	Longitud
		18.884058	-98.978164
		Municipio	**Localidad**
		Yautepec	Cocoyoc
		Tipología de vivienda	
		3	
		Muros	
		Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente.	
		Techo	
		techo y entrepisos rígidos	
		Cimentación	
		zapata corrida de mampostería	
		Altura	
		uno a cinco niveles	

Descripción:
Vivienda ubicada en el centro de Cocoyoc, dos niveles de construcción, los techos y entrepisos son de concreto, el cual es un material rígido. Se observan muros de mampostería que cuenta con algunos elementos estructurales como castillos, pero son insuficientes por esto la vivienda es tipología 3.

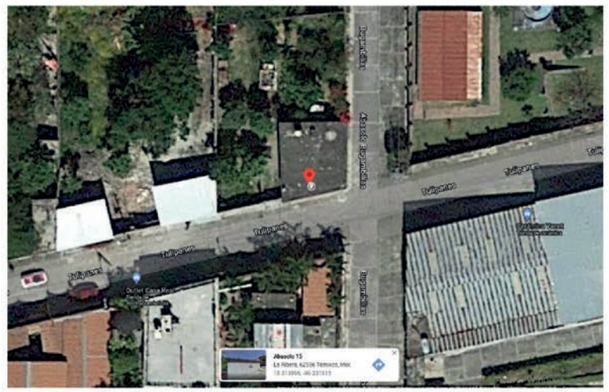
Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1700600010781	Latitud	Longitud
		18.802191	-98.908269
		Municipio	**Localidad**
		Cuautla	Cuautla
		Tipología de vivienda	
		3	
		Muros	
		Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente.	
		Techo	
		techo y entrepisos rígidos	
		Cimentación	
		zapata corrida de mampostería	
		Altura	
		uno a cinco niveles	

Descripción:
Vivienda con dos niveles de construcción, observamos que los techos y entrepisos son de concreto, el cual es un material rígido. Se observan muros de mampostería que cuenta con algunos elementos estructurales como castillos, pero son insuficientes aparte de tener una geometría bastante irregular por esto, conforme CENAPRED la vivienda es tipología 3.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1701800010744	Latitud	Longitud
		18.813999	-99.231918
		Municipio	**Localidad**
		Temixco	Temixco
		Tipología de vivienda	
		3	
		Muros	
		Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente.	
		Techo	
		techo y entrepisos rígidos	
		Cimentación	
		zapata corrida de mampostería	
		Altura	
		uno a cinco niveles	



Descripción:
La vivienda se encuentra a 350 m. aproximadamente de una zona susceptible a procesos de remoción en masa. Cuenta con un nivel de construcción, los muros son de mampostería y cuenta con algunos elementos estructurales como castillos, pero las dalas son insuficientes, aunado que la vivienda tiene una geometría irregular en sistemas estructurales. Es tipología 3.

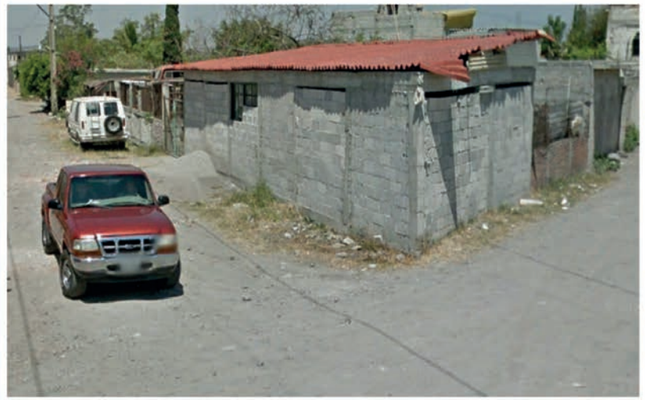
Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1702400070366	Latitud	Longitud
		18.675451	-99.142382
		Municipio	**Localidad**
		Tlaltizapán de Zapata	Huatecalco
		Tipología de vivienda	
		4	
		Muros	
		Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		zapata corrida de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción:
La zona en la que se ubica la vivienda es casi plana ya que las pequeñas pendientes que se presentan son suaves. Los muros son de mampostería y cuenta con algunos elementos estructurales, pero son insuficientes, el techo es de lámina, la cual se considera un material flexible por eso es tipología 4.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 170060001032A	Latitud	Longitud
		18.795261	-98.944836
		Municipio	**Localidad**
		Cuautla	Cuautla
		Tipología de vivienda	
		4	
		Muros	
		Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		zapata corrida de mampostería	
		Altura	
		Un nivel	



Descripción:
La zona en la que se ubica la vivienda es casi plana ya que las pequeñas pendientes que se presentan son suaves. Los muros son de mampostería y cuenta con algunos elementos estructurales, pero son insuficientes, el techo es de lámina, la cual se considera un material flexible por eso es tipología 4.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 170290001063A	Latitud	Longitud
		18.885222	-99.071688
		Municipio	**Localidad**
		Yautepec	Yautepec de Zaragoza
		Tipología de vivienda	
		4	
		Muros	
		Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		zapata corrida de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción:
Para esta vivienda, observamos que cuenta con muros de mampostería deficientemente reforzada y algunos elementos estructurales como castillos y dalas incompletas, los techos son de diferentes tipos de lámina. La evidente falta de elementos estructurales la clasificamos como tipología 4 conforme CENAPRED.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 170070136	Latitud	Longitud
		18.913392	-99.250000
		Municipio	**Localidad**
		Cuernavaca	Cuernavaca
		Tipología de vivienda	
		4	
		Muros	
		Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		zapata corrida de mampostería	
		Altura	
		Un nivel	

Descripción:
La zona donde tenemos esta vivienda se encuentra entre dos barrancas, Tiene muros de mampostería deficientemente reforzada, pero no cuenta con elementos estructurales suficientes, los techos son flexibles. La geometría de sus elementos estructurales es irregular. La hemos clasificado con tipología 4.

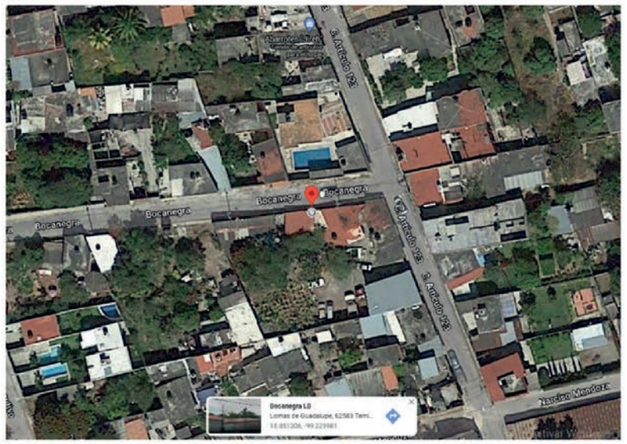
Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1702500010039	Latitud	Longitud
		18.629147	-99.159616
		Municipio	**Localidad**
		Tlaquiltenango	Tlaquiltenango
		Tipología de vivienda	
		5	
		Muros	
		Mampostería simple	
		Techo	
		techo y entrepisos rígidos	
		Cimentación	
		zapata de mampostería	
		Altura	
		uno a tres niveles	

Descripción:
Esta vivienda se encuentra en el centro de Morelos, cerca del parque acuático “El Rollo”. La vivienda presenta un nivel de construcción con muros de mampostería simple, el techo es de material rígido, siguiendo estas características estructurales conforme CENAPRED la clasificamos como tipología 5.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1701800010509	Latitud	Longitud
		18.851324	-99.229981
		Municipio	**Localidad**
		Temixco	Temixco
		Tipología de vivienda	
		5	
		Muros	
		Mampostería simple	
		Techo	
		techo y entrepisos rígidos	
		Cimentación	
		zapata de mampostería	
		Altura	
		uno a tres niveles	



Descripción:
La vivienda presenta un nivel de construcción con muros de mampostería simple, hechos de material volcánico unido con cemento, el techo es de material rígido, siguiendo estas características estructurales conforme CENAPRED la clasificamos como tipología 5.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 170060001107A	Latitud	Longitud
		18.831203	-98.962479
		Municipio	**Localidad**
		Cuautla	Cuautla
		Tipología de vivienda	
		5	
		Muros	
		Mampostería simple	
		Techo	
		techo y entrepisos rígidos	
		Cimentación	
		zapata de mampostería	
		Altura	
		uno a tres niveles	

Descripción:
Las casas del fraccionamiento en el cual se ubica esta vivienda presentan el mismo patrón de construcción, muros de mampostería simple, con ausencia de castillos y dalas, pero con techos rígidos y dos niveles de construcción, la clasificamos como tipología 5.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1701800010848	Latitud	Longitud
		18.840814	-99.215760
		Municipio	**Localidad**
		Temixco	Temixco
		Tipología de vivienda	
		6	
		Muros	
		Mampostería simple	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		zapata de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción:
Observamos una vivienda con muros de mampostería simple, con ausencia de castillos y dalas, pero con techos de lámina y con un nivel de construcción, la clasificamos conforme CENARPED como tipología 6.

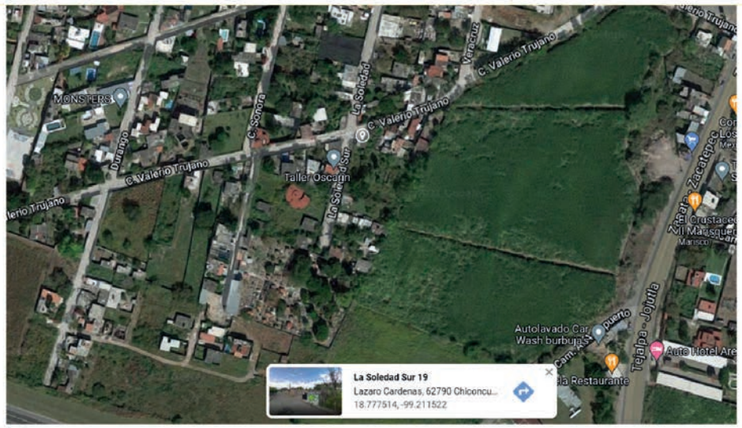
Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1700600010137	Latitud	Longitud
		18.858669°	-98.930643°
		Municipio	**Localidad**
		Cuautla	Cuautla
		Tipología de vivienda	
		6	
		Muros	
		Mampostería simple	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		zapata de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción:
Observamos una vivienda con muros de mampostería simple, con ausencia de castillos y dalas, pero con techos de lámina y con un nivel de construcción, la clasificamos conforme CENARPED como tipología 6.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 170280006037A	Latitud	Longitud
		18.7775590	-99.211516
		Municipio	**Localidad**
		Xochitepec	Chiconcuac
		Tipología de vivienda	
		6	
		Muros	
		Mampostería simple	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		zapata de mampostería	
		Altura	
		un nivel	



Descripción
Observamos una vivienda con muros de mampostería simple, con ausencia de castillos y dalas, pero con techos de lámina y con un nivel de construcción, la clasificamos conforme CENARPED como tipología 6.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1700600010137	Latitud	Longitud
		18.862118	-98.933605
		Municipio	**Localidad**
		Cuautla	Cuautla
		Tipología de vivienda	
		7	
		Muros	
		Adobe	
		Techo	
		Rígido	
		Cimentación	
		Cuando existe, de mampostería	
		Altura	
		uno a dos niveles	

Descripción:
Esta vivienda presenta en mayor proporción muros de material conocido como adobe, el techo es rígido. Se puede observar el evidente deterioro en sus muros que tuvieron que ser recuperados con mampostería reforzada. Siguiendo lo establecido por CENAPRED la clasificamos como tipología 7.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1702000010140	Latitud	Longitud
		18.990529	-99.087696
		Municipio	**Localidad**
		Tepoztlán	Tepoztlán
		Tipología de vivienda	
		8	
		Muros	
		Adobe	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		Cuando existe, de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción
Esta vivienda sus muros están construidos de adobe, el techo es flexible. Observamos que se encuentran grietas que parten por la mitad el muro de la fachada principal por una viga que sostiene el techo. La clasificamos como tipología 8. La zona en la que se encuentra esta vivienda existen más casas con los mismos materiales de construcción.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1700700011325	Latitud	Longitud
		18.902872	-99.242501
		Municipio	**Localidad**
		Cuernavaca	Cuernavaca
		Tipología de vivienda	
		8	
		Muros	
		Adobe	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		Cuando existe, de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción
Esta vivienda cuenta con un nivel, sus muros están construidos de adobe, el techo es de material flexible. Observamos que los muros han sido reparados con otro tipo de material. La clasificamos como tipología 8.

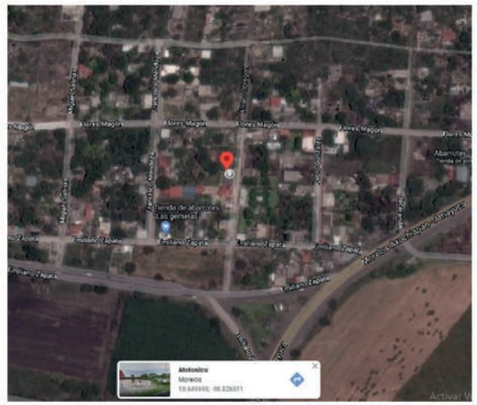
Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1702900121002	Latitud	Longitud
		18.906260	-99.026131
		Municipio	**Localidad**
		Yautepec	Itzamatitlán
		Tipología de vivienda	
		8	
		Muros	
		Adobe	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		Cuando existe, de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción
La mayor parte de la vivienda es construida con muros de adobe, y techo de lámina, aunque se observa que ha sido reparada con un medio castillo de concreto, la clasificamos como tipología 8 por la predominancia de los materiales de construcción.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

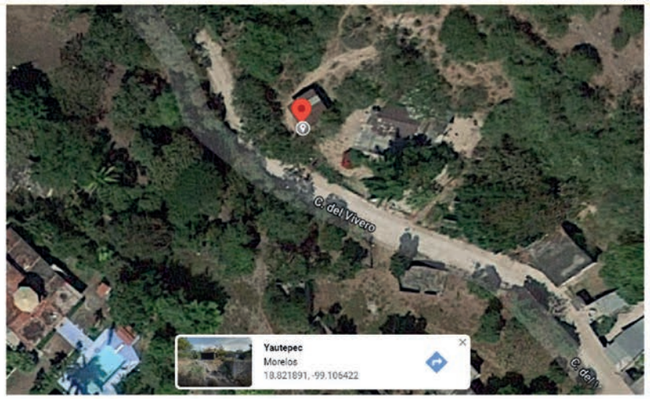
Nombre	Vivienda del AGEB 1701900020239	Latitud	Longitud
		18.649698	-98.826511
		Municipio	**Localidad**
		Tepalcingo	Atotonilco
		Tipología de vivienda	
		9	
		Muros	
		De madera con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera), Estructura metálica con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera)	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		Cuando existe, zapata de mampostería	
		Altura	
		un nivel	



Descripción:
En esta vivienda el material de construcción que predomina en sus muros es la madera, cuenta con techo de lámina, Es clasificada como tipología 9.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1702900010729	Latitud	Longitud
		18.821891	-99.106422
		Municipio	**Localidad**
		Yautepec	Barranca Honda
		Tipología de vivienda	
		9	
		Muros	
		De madera con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera), Estructura metálica con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera)	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		Cuando existe, zapata de mampostería	
		Altura	
		un nivel	



Descripción:
En esta vivienda el material de construcción que predomina en sus muros es la madera, cuenta con techo de lámina, Es clasificada como tipología 9. La zona en la que se encuentra esta vivienda corresponde a una pequeña barranca y se observan alrededor algunos rodados que van desde los 10 cm hasta 60 cm.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 170070136	Latitud	Longitud
		18.913607	-99.250275
		Municipio	**Localidad**
		Cuernavaca	Cuernavaca
		Tipología de vivienda	
		9	
		Muros	
		De madera con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera), Estructura metálica con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera)	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		Cuando existe, zapata de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción:
En esta vivienda el material de construcción que predomina en sus muros es la madera, cuenta con techo de lámina, Es clasificada como tipología 9. La zona en la que se encuentra esta vivienda se observan caminos de terracería.

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1700600010391	Latitud	Longitud
		18.831526	-98.953851
		Municipio	**Localidad**
		Cuautla	Cuautla
		Tipología de vivienda	
		10	
		Muros	
		Flexibles: material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto y metálica, palma, tejamanil, bajareque (enramado cubierto de arcilla)	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		Cuando existe, zapata de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción.

Esta vivienda vemos que sus muros son flexibles, construido por materiales de desecho (lamina, cartón, palma, etc.) y también un techo flexible construido de diferentes tipos de lámina, siguiendo la tipología de vivienda de CENAPRED se clasifica con tipología 10

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Nombre	Vivienda del AGEB 1702900050837	Latitud	Longitud
		18.8742820	-98.9817930
		Municipio	**Localidad**
		Yautepec	Ampliación Vicente Guerrero
		Tipología de vivienda	
		10	
		Muros	
		Flexibles: material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto y metálica, palma, tejamanil, bajareque (enramado cubierto de arcilla)	
		Techo	
		Flexible	
		Cimentación	
		Cuando existe, zapata de mampostería	
		Altura	
		un nivel	

Descripción.

Esta vivienda vemos que sus muros son flexibles, construido por materiales de desecho (lamina, cartón, palma, etc.) y también un techo flexible construido de diferentes tipos de lámina, siguiendo la tipología de vivienda de CENAPRED se clasifica con tipología 10

Fuente: Soluciones SIG con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Las siguientes fichas son algunos ejemplos de la verificación en campo:

Revisión de Tipología de Vivienda — **Tipología 3**

Clave del Municipio: **17009**

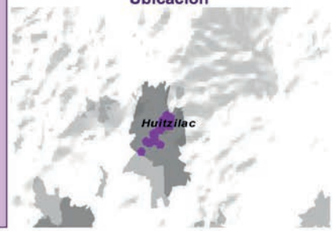
Nombre del Municipio: **Huitzilac**

Clave de la Localidad: **170090017**

Nombre de la Localidad: **Tres Marías**

Ámbito: **Urbana**

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.239966	19.057242

Descripción

En esta vivienda se tiene un nivel de construcción y otro más en proceso de construcción, el entrepiso es de concreto, el cual es un material rígido. Se observan muros de mampostería que cuenta con algunos elementos estructurales como castillos y dalas, pero son insuficientes por esto, conforme CENAPRED la vivienda es clasificada como tipología 3.

Revisión de Tipología de Vivienda — **Tipología 4**

Clave del Municipio: **17007**

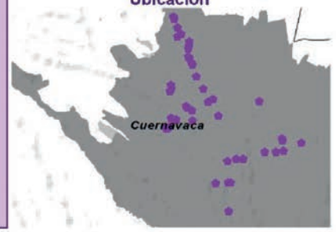
Nombre del Municipio: **Cuernavaca**

Clave de la Localidad: **170070001**

Nombre de la Localidad: **Cuernavaca**

Ámbito: **Urbana**

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.258493	18.965022

Descripción

En esta vivienda consta de un nivel de construcción, el techo es de lámina, el cual es un material flexible. Se observan muros de mampostería que cuenta con algunos elementos estructurales como castillos y dalas, pero son insuficientes por esto, conforme CENAPRED la vivienda es tipología 4.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 3

Clave del Municipio

17012

Nombre del Municipio

Jojutla

Clave de la Localidad

170120011

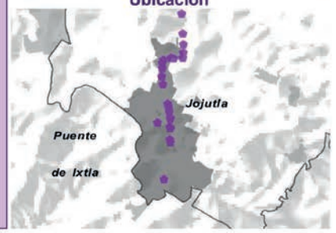
Nombre de la Localidad

Tehuixtla

Ámbito

Urbana

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.26404	18.572092

Descripción

Vivienda de dos niveles que cuenta con muro de mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos ya que no se presentan a manera de encuadre en la estructura del inmueble. Esta obra se caracteriza por techo de material rígido y con una altura de dos niveles la cual corresponde a la clasificación de vivienda de CENAPRED corresponde a la Tipología 3.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 10

Clave del Municipio

17012

Nombre del Municipio

Jojutla

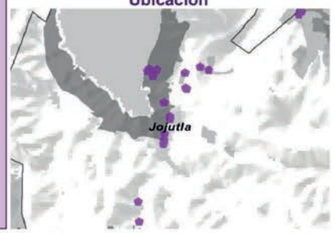
Clave de la Localidad

Nombre de la Localidad

Ámbito

Rural

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.252361	18.611253

Descripción

Cuenta con un nivel de construcción, los muros que conforman la vivienda están constituidos por materiales flexibles, en este caso son de láminas metálicas, al igual que el techo, sin tener algún sistema de reforzamiento estructural; Derivado de lo anterior y conforme CENAPRED la clasificamos como tipología 10. Las viviendas con este modelo de construcción son mayormente vulnerables al impacto de fenómenos.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 9

Clave del Municipio

17029

Nombre del Municipio

Yautepec

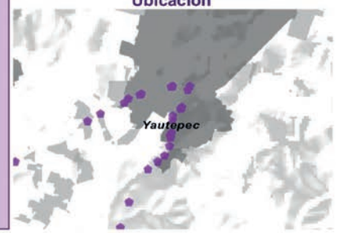
Clave de la Localidad

Nombre de la Localidad

Ámbito

Rural

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.07929	18.852843

Descripción

Observamos que los muros están conformados por madera soportados por una estructura metálica, el techo es considerado flexible ya que está compuesto por tejas. Con base en las descripciones anteriores y conforme CENAPRED esta vivienda es clasificada como tipología 9. Estas viviendas no se encuentran totalmente en condiciones habitables y son mayormente vulnerables ante el impacto de ciertos fenómenos.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 3

Clave del Municipio

17007

Nombre del Municipio

Cuernavaca

Clave de la Localidad

170070001

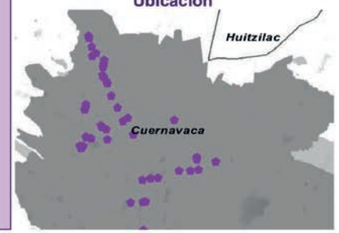
Nombre de la Localidad

Cuernavaca

Ámbito

Urbana

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.237239	18.968468

Descripción

Posee dos niveles y se percibe como resultado del proceso de autoconstrucción, el cual pese a estar compuesto por estructuras de concreto armado (trabes y columnas), muros de mampostería, además de entrepiso de losa maciza de concreto armado; es llevado a cabo por el propietario del inmueble, lo que en la mayoría de los casos significa elección incorrecta de materiales, criterios técnicos insuficientes y procesos de obra inapropiados. Dicho lo anterior y conforme a la clasificación de CENAPRED, este inmueble corresponde a la tipología 3.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 5

Clave del Municipio

17029

Nombre del Municipio

Yautepec

Clave de la Localidad

170290021

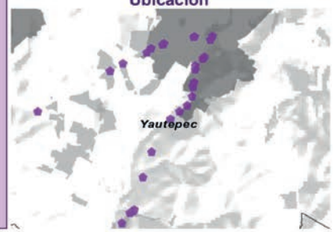
Nombre de la Localidad

Diego Ruiz

Ámbito

Rural

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.091323	18.829447

Descripción

Esta vivienda consta de dos niveles de construcción, los muros están construidos de tabique, no presentan elementos como castillos y dalas por lo que los clasificamos como mampostería simple. El entrepiso y el techo están constituidos por material rígido, concreto. Derivado de estas características la clasificamos como tipología 5 de acuerdo con CENAPRED. Observamos en la casa grietas que se forman por la ausencia de castillos y la irregular geometría que presenta, para poder conservar en condiciones habitables la vivienda se deben agregar refuerzos que ayuden a distribuir las cargas en toda la estructura.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 4

Clave del Municipio

17020

Nombre del Municipio

Tepoztlán

Clave de la Localidad

170200001

Nombre de la Localidad

Tepoztlán

Ámbito

Urbana

Ubicación

Coordenada X	Coordenada Y
-99.096185	18.984416

Descripción

Vivienda con un nivel constructivo, observamos muros de tabique, con algunos elementos estructurales, los cuales resultan insuficientes, a lo que se le denomina mampostería deficientemente reforzada; Cuenta con techo de lámina que es considerado flexible. Dadas las características mencionadas y conforme CENAPRED la clasificamos cono tipología 4.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 1

Clave del Municipio

17007

Nombre del Municipio

Cuernavaca

Clave de la Localidad

170070001

Nombre de la Localidad

Cuernavaca

Ámbito

Urbana

Ubicación

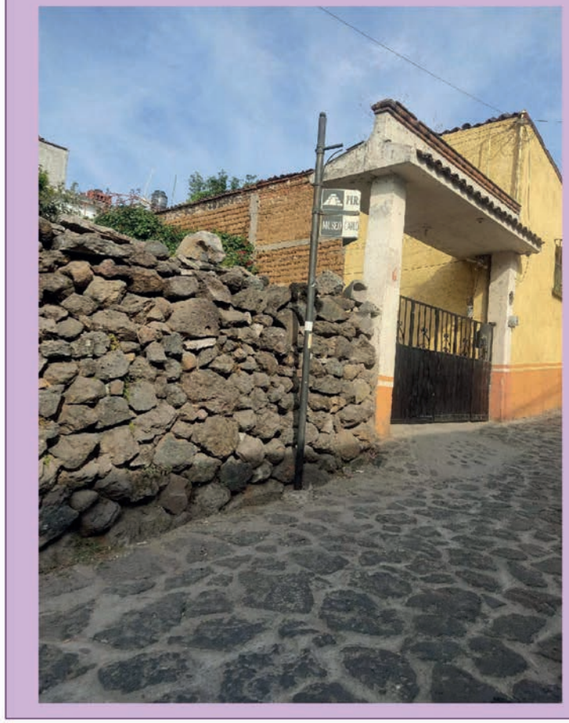
Coordenada X	Coordenada Y
-99.188774	18.944846

Descripción

De acuerdo a la categorización de tipología de vivienda emitida por CENAPRED, Esta vivienda de dos niveles pertenece al tipo 1; lo que significa que el inmueble se encuentra en óptimas condiciones en cuanto a resistencia estructural, ya que presenta un sistema constructivo tradicional compuesto por estructuras de concreto armado (trabes y columnas), muros de mampostería, además de entrepiso y techo de losa maciza de concreto armado. Asimismo, es evidente que el inmueble se encuentra en buen estado, de manera que el grado de vulnerabilidad física es menor.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 7



Clave del Municipio

17020

Nombre del Municipio

Tepoztlán

Clave de la Localidad

170200001

Nombre de la Localidad

Tepoztlán

Ámbito

Urbana

Ubicación

Coordenada X	Coordenada Y
-99.099745	18.982509

Descripción

Esta vivienda, la clasificamos como tipología 7 debido a que el material del cual están construidos sus muros es de adobe y tiene techo rígido cubierto por teja. Parte de la fachada principal de la vivienda está cubierta por concreto el cual ayuda a la conservación de los muros de adobe. Aunque el adobe ofrece algunas propiedades como resistencia térmica, mecánica, aislamiento acústico y resistencia al fuego se debe evitar el deterioro que sufre por la intemperie y conservar adecuadas condiciones de habitabilidad.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 5

Clave del Municipio

17020

Nombre del Municipio

Tepoztlán

Clave de la Localidad

170200001

Nombre de la Localidad

Tepoztlán

Ámbito

Urbana

Ubicación

Coordenada X	Coordenada Y
-99.095794	18.984289

Descripción

La vivienda de un nivel pertenece al tipo 5; lo que significa que el inmueble no cuenta con elementos de refuerzo estructurales. Este tipo de inmuebles están elaborados a base de mampostería simple y losa maciza de concreto. Por consiguiente, es importante mencionar que, pese a representar este un nivel medio de vulnerabilidad física, este tipo de construcciones no cumple con los requisitos mínimos de seguridad estructural establecidos, por lo cual es necesario darles un apropiado mantenimiento, así como revisar con frecuencia las condiciones estructurales en que se encuentran.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 7

Clave del Municipio

17020

Nombre del Municipio

Tepoztlán

Clave de la Localidad

170200001

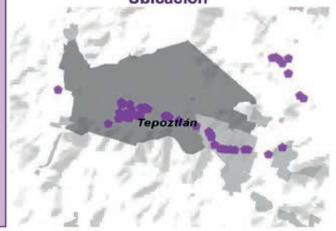
Nombre de la Localidad

Tepoztlán

Ámbito

Urbana

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.09025	18.982156

Descripción

Esta vivienda la catalogamos como tipología 7 debido a que el material del cual están construidos sus muros es de adobe y tiene techo rígido cubierto por teja. Se observa parte de la fachada principal de la vivienda ha sido reparada con el mismo material, es importante que el adobe sea recubierto por concreto el cual ayuda a la conservación de los muros de adobe. Aunque el adobe ofrece algunas propiedades como resistencia térmica, mecánica, aislamiento acústico y resistencia al fuego se debe evitar el deterioro que sufre por la intemperie y conservar adecuadas condiciones de habitabilidad.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 8

Clave del Municipio

17035

Nombre del Municipio

Xoxocotla

Clave de la Localidad

170350001

Nombre de la Localidad

Xoxocotla Centro

Ámbito

Urbana

Ubicación

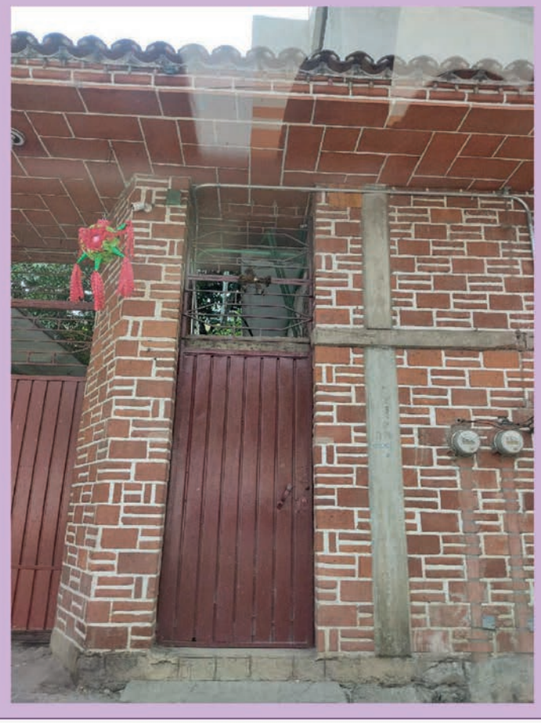
Coordenada X	Coordenada Y
-99.245135	18.68737

Descripción

Esta vivienda consta de un nivel de construcción. Los muros están conformados por adobe, es notable el deterioro que existe en los muros que ya han perdido el material que lo recubre y que ayuda a la conservación de la vivienda, el techo está construido de láminas, conforme CENAPRED esta vivienda la podemos clasificar como tipología 8. Aunque el adobe presenta algunas cualidades como son la resistencia térmica, mecánica, aislamiento acústico y resistencia al fuego se observa que la vivienda se encuentra deteriorada dificultando las condiciones de habitabilidad y haciéndola mayormente vulnerable.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 3



Clave del Municipio

17020

Nombre del Municipio

Tepoztlán

Clave de la Localidad

170200001

Nombre de la Localidad

Tepoztlán

Ámbito

Urbana

Ubicación

Coordenada X	Coordenada Y
-99.099572	18.983022

Descripción

Este inmueble consta de dos niveles con mampostería reforzada, y cuenta con elementos de refuerzo estructural (castillos, y dalas). Sin embargo, la losa no descansa sobre una dala por lo que dados estos elementos y las observaciones registradas en campo es posible categorizar esta vivienda dentro de la clasificación de acuerdo con CENAPRED (2016) como Tipología 3.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 8

Clave del Municipio

17020

Nombre del Municipio

Tepoztlán

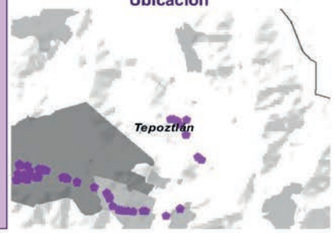
Clave de la Localidad

Nombre de la Localidad

Ámbito

Rural

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.065308	18.995175

Descripción

Esta vivienda, consta de un nivel de construcción. Los muros están conformados por adobe, no presenta algún sistema estructural que, de mayor resistencia a la vivienda, el techo es considerado flexible, conforme CENAPRED esta vivienda la podemos clasificar como tipología 8. Aunque el adobe presenta algunas cualidades como son la resistencia térmica, mecánica, aislamiento acústico y resistencia al fuego se deben dar mantenimiento adecuado para que las condiciones de habitabilidad sean adecuadas.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 3

Clave del Municipio

17012

Nombre del Municipio

Jojutla

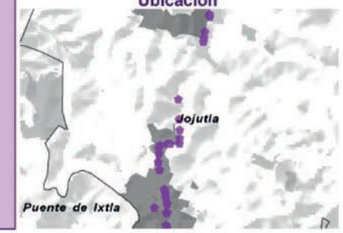
Clave de la Localidad

Nombre de la Localidad

Ámbito

Rural

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.252063	18.607588

Descripción

Esta vivienda consta de 2 niveles de construcción con muros de ladrillo y losa rígida se considera mampostería deficientemente reforzada con castillos y dalas puesto que existe un tramo de muro entre losa rígida y trabe con dalas. Observamos en la parte superior del inmueble que este se conforma por un techo de material rígido con dos niveles por lo que es posible categorizar esta vivienda dentro del tipo de vivienda categorizada por CENAPRED (2016) de Tipología 3.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 1

Clave del Municipio

17029

Nombre del Municipio

Yautepec

Clave de la Localidad

170290014

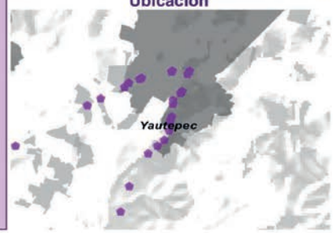
Nombre de la Localidad

San Isidro

Ámbito

Rural

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.093744	18.823618

Descripción

Este inmueble presenta una construcción de muro con mampostería reforzada con castillos y dalas que soporta un techo de losa de concreto en dos aguas. por lo que es posible categorizar esta vivienda dentro de la tipología categorizada por CENAPRED (2016) de Tipología 1.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 3

Clave del Municipio

17026

Nombre del Municipio

Tlayacapan

Clave de la Localidad

170260001

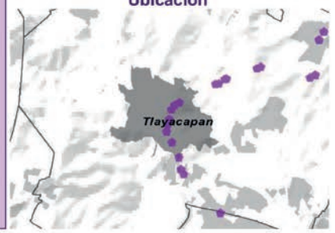
Nombre de la Localidad

Tlayacapan

Ámbito

Urbana

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-98.980345	18.955503

Descripción

Inmueble de tres niveles con mampostería reforzada con una estructura conformada con arcos entre las pilas de los castillos observamos que la mampostería esta deficientemente reforzada con dalas y castillos. Esta obra se caracteriza por techo de material rígido y con una altura de dos niveles la cual corresponde a la clasificación de vivienda de CENAPRED corresponde a la Tipología 03.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 3

Clave del Municipio

17011

Nombre del Municipio

Jiutepec

Clave de la Localidad

170110001

Nombre de la Localidad

Jiutepec

Ámbito

Urbana

Ubicación

Coordenada X	Coordenada Y
-99.187915	18.917724

Descripción

Vivienda con dos niveles de construcción, Se observa el proceso de autoconstrucción con mampostería deficientemente reforzada con aplanado de concreto y techo rígido, así como también cuenta con aquellos elementos que dan refuerzo a la estructura del inmueble tales como castillos, dalas. La mala distribución de estos elementos es notoria puesto que no presenta remates en las ventanas, con base en estos elementos es posible categorizar esta vivienda dentro de la clasificación de acuerdo con CENAPRED (2016) como Tipología 3.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 4

Clave del Municipio

17029

Nombre del Municipio

Yautepec

Clave de la Localidad

170290135

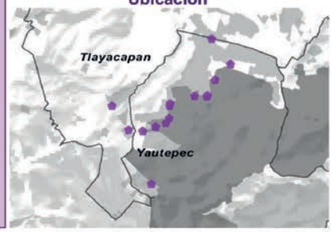
Nombre de la Localidad

Ampliación el Capulín

Ámbito

Rural

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-98.978767	18.919909

Descripción

Inmueble de mampostería rígida en un sistema de construcción característico de la región autoconstructivo caracterizado por la disposición en la que el techo y la dala principal de la estructura da lugar a un pequeño muro que soporta el techo de la estructura. Estas características de la estructura general de la vivienda descrita con anterioridad, aunadas al material de techo flexible del inmueble otorga los elementos suficientes para que dicho inmueble sea catalogado como dentro del orden 4 dentro de la Tipología de vivienda dictaminada por CENAPRED.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 10

Clave del Municipio

17009

Nombre del Municipio

Huitzilac

Clave de la Localidad

170090017

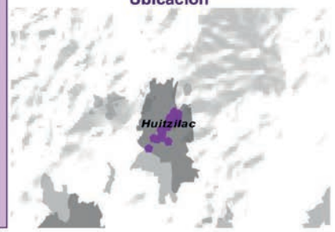
Nombre de la Localidad

Tres Marías

Ámbito

Urbana

Ubicación



Coordenada X

-99.241847

Coordenada Y

19.056371

Descripción

Vivienda que cuenta con un nivel de construcción, los muros están hechos de lámina sostenidas por madera y el techo de lámina, estos materiales son considerados como flexibles. También observamos que no cuenta con ningún elemento estructural que de mayor resistencia a esta vivienda. Conforme CENAPRED la clasificamos como tipología 10. Las viviendas con este modelo constructivo no se encuentran en condiciones habitables y son mayormente vulnerables ante el impacto de ciertos fenómenos.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 1

Clave del Municipio

17020

Nombre del Municipio

Tepoztlán

Clave de la Localidad

170200001

Nombre de la Localidad

Tepoztlán

Ámbito

Urbana

Ubicación

Coordenada X

-99.101659

Coordenada Y

18.985329

Descripción

Esta vivienda pertenece al tipo 1; lo que significa que se encuentra en óptimas condiciones en cuanto a resistencia estructural, puesto que presenta un sistema constructivo tradicional compuesto por estructuras de concreto armado (trabes y columnas), muros de mampostería, además de entrepiso y techo de losa maciza de concreto armado.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 10

Clave del Municipio

17007

Nombre del Municipio

Cuernavaca

Clave de la Localidad

170070001

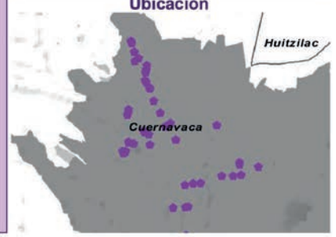
Nombre de la Localidad

Cuernavaca

Ámbito

Urbana

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.248312	18.969166

Descripción

Esta vivienda presenta ausencia de elementos estructurales como castillos y/o dalas, por el contrario, cuenta con simulación de muros hechos por lonas y techo de lámina, ambos materiales son considerados flexibles y tienen poca resistencia ante el impacto de ciertos fenómenos; Conforme CENAPRED esta vivienda la podemos clasificar como tipología 10. Las viviendas con este modelo constructivo no se encuentran en condiciones habitables y son mayormente vulnerables ante el impacto de ciertos fenómenos.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 3

Clave del Municipio

17009

Nombre del Municipio

Huitzilac

Clave de la Localidad

170090017

Nombre de la Localidad

Tres Marías

Ámbito

Urbana

Ubicación

Coordenada X	Coordenada Y
-99.242039	19.056023

Descripción

Esta vivienda presenta ausencia de elementos estructurales como castillos y/o dalas, por el contrario, cuenta con simulación de muros hechos por lonas y techo de lámina, ambos materiales son considerados flexibles y tienen poca resistencia ante el impacto de ciertos fenómenos; Conforme CENAPRED esta vivienda la podemos clasificar como tipología 10. Las viviendas con este modelo constructivo no se encuentran en condiciones habitables y son mayormente vulnerables ante el impacto de ciertos fenómenos.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 4

Clave del Municipio

17035

Nombre del Municipio

Xoxocotla

Clave de la Localidad

170350001

Nombre de la Localidad

Xoxocotla Centro

Ámbito

Urbana

Ubicación

Coordenada X	Coordenada Y
-99.248449	18.69093

Descripción

Vivienda con un nivel de construcción, el techo es de lámina, el cual es un material flexible. Se observan muros de mampostería que cuenta con algunos elementos estructurales como castillos y dalas, pero son insuficientes por esto, conforme CENAPRED la vivienda es tipología 4.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 5

Clave del Municipio

17020

Nombre del Municipio

Tepoztlán

Clave de la Localidad

170200001

Nombre de la Localidad

Tepoztlán

Ámbito

Urbana

Ubicación

Coordenada X	Coordenada Y
-99.095203	18.984148

Descripción

Esta vivienda consta de dos niveles de construcción, los muros están construidos de mampostería simple, es decir que no cuentan con elementos como castillos y dalas, el techo está construido de cemento y se observa parte de los cimientos que son de mampostería corrida. Con base a estas características la clasificamos como tipología 5. Las condiciones en las cuales se encuentra esta vivienda hacen que sea adecuada para habitar.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 6

Clave del Municipio

17009

Nombre del Municipio

Huitzilac

Clave de la Localidad

170090017

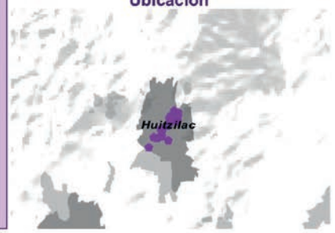
Nombre de la Localidad

Tres Marías

Ámbito

Urbana

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.241836	19.055893

Descripción

Esta vivienda consta de dos niveles de construcción, los muros están construidos de mampostería simple, es decir que no cuentan con elementos como castillos y dalas, el techo está construido de cemento y se observa parte de los cimientos que son de mampostería corrida. Con base a estas características la clasificamos como tipología 5. Las condiciones en las cuales se encuentra esta vivienda hacen que sea adecuada para habitar.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 6

Clave del Municipio

17035

Nombre del Municipio

Xoxocotla

Clave de la Localidad

170350001

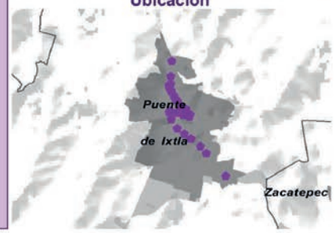
Nombre de la Localidad

Xoxocotla Centro

Ámbito

Urbana

Ubicación



Coordenada X	Coordenada Y
-99.245284	18.686936

Descripción

La vivienda presenta un nivel de construcción con ausencia de elementos estructurales como castillos y dalas. Los muros están construidos por tabique, que por la ausencia de elementos estructurales es considerada mampostería simple, el techo es flexible por ellos la consideramos conforme CENAPRD como tipología 6. Los procesos de autoconstrucción asi como la falta de mantenimiento a las viviendas permiten que la vivienda presente mayores condiciones de vulnerabilidad.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 8

Clave del Municipio

17020

Nombre del Municipio

Tepoztlán

Clave de la Localidad

170200001

Nombre de la Localidad

Tepoztlán

Ámbito

Urbana

Ubicación

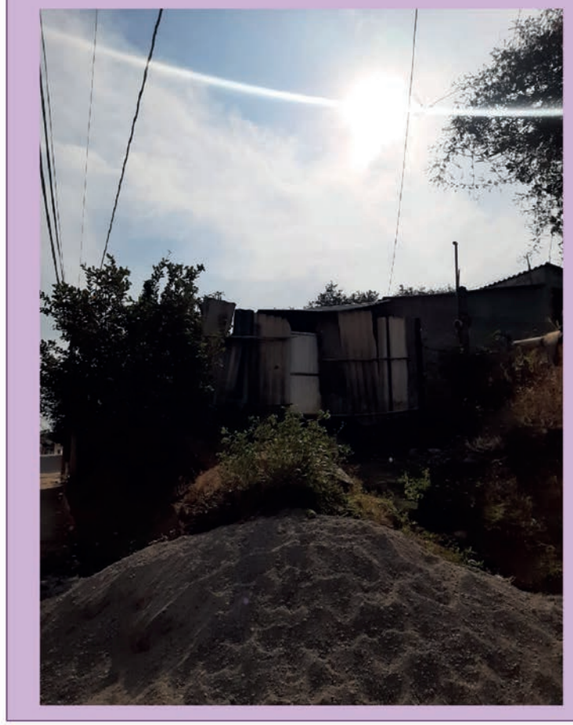
Coordenada X	Coordenada Y
-99.096995	18.984532

Descripción

Esta vivienda consta de un nivel de construcción. Los muros están conformados por un material conocido como adobe, es notable el deterioro que existe en los muros que ya han sido reparados en algunas zonas con un material diferente al adobe, el techo es considerado flexible, conforme CENAPRED esta vivienda la podemos clasificar como tipología 8. Aunque el adobe presenta algunas cualidades como son la resistencia térmica, mecánica, aislamiento acústico y resistencia al fuego se observa que la vivienda se encuentra deteriorada dificultando las condiciones de habitabilidad y haciéndola mayormente vulnerable.

Revisión de Tipología de Vivienda

Tipología 10



Clave del Municipio

17027

Nombre del Municipio

Totolapan

Clave de la Localidad

170270001

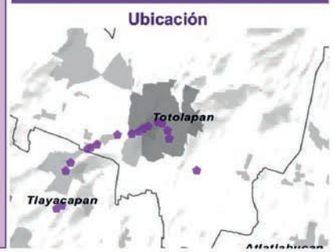
Nombre de la Localidad

Totolapan

Ámbito

Urbana

Ubicación

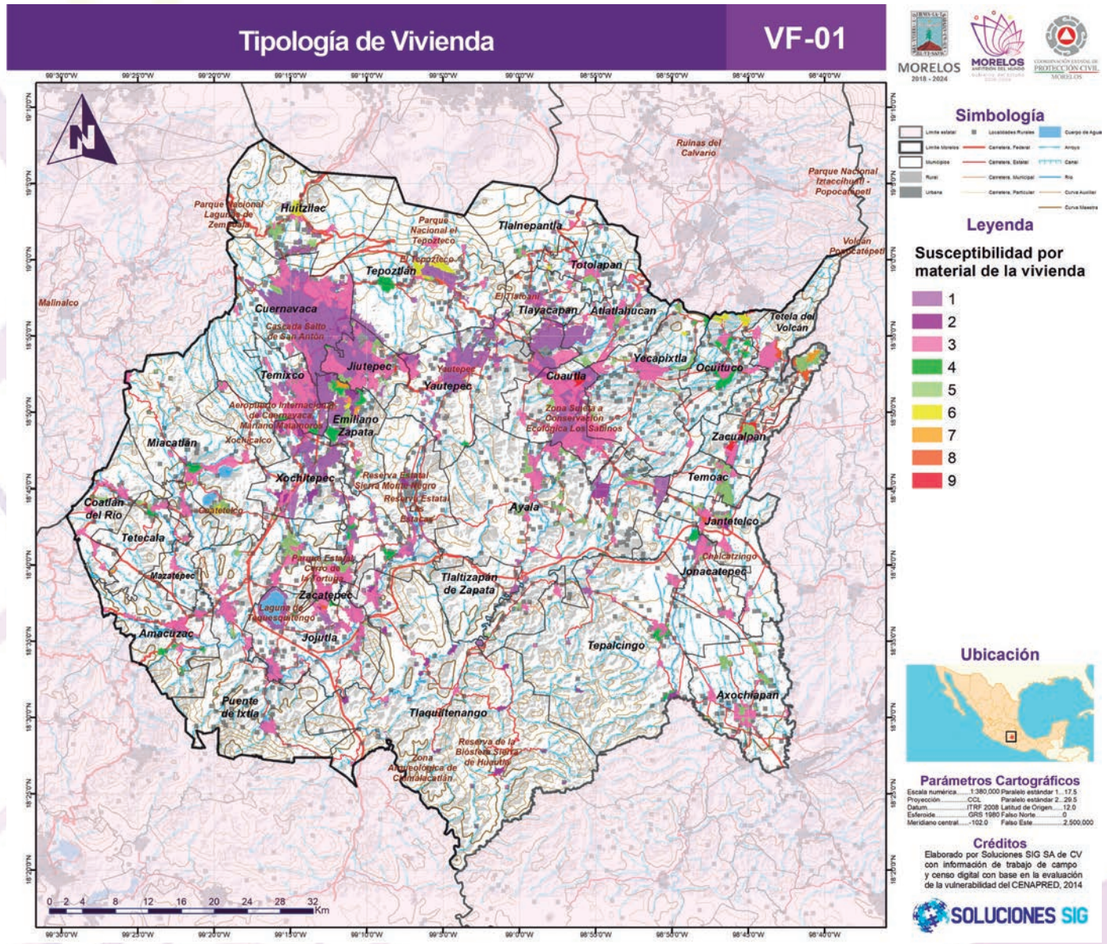


Coordenada X	Coordenada Y
-98.919236	18.97998

Descripción

Esta vivienda vemos que sus muros son flexibles, construido por materiales de desecho (lamina, cartón, palma, etc.) y también un techo flexible construido de diferentes tipos de lámina, siguiendo la tipología de vivienda de CENAPRED se clasifica con tipología 10.

Mapa 176. Susceptibilidad del material de la vivienda de la Tipología de Vivienda del Estado de Morelos por Ageb, 2021.

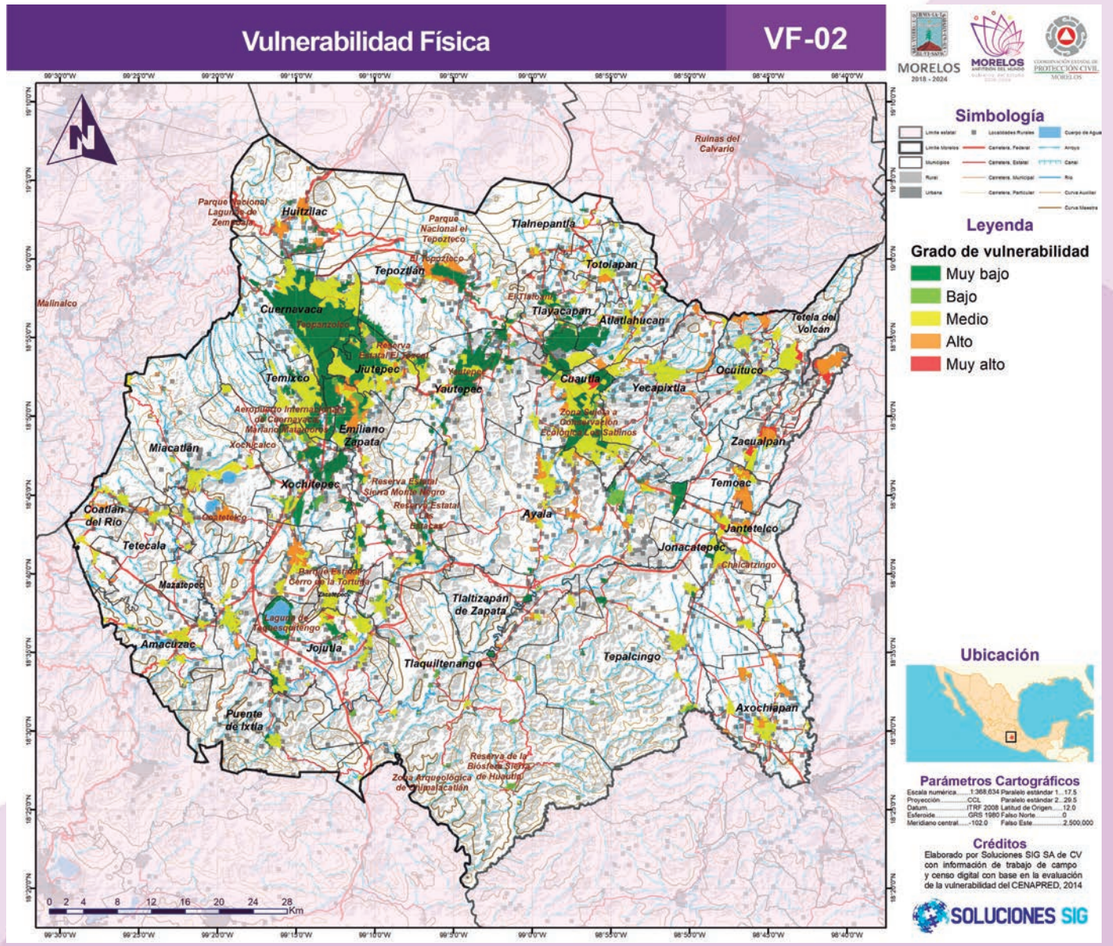


Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV en 2021 con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED,

Obtención del Grado de Vulnerabilidad física

La susceptibilidad del material de la vivienda de la Tipología de Vivienda del estado de Morelos se clasifica en cinco grados de vulnerabilidad física: muy baja (verde fuerte), baja (verde claro), media (amarillo), alta (anaranjado) y muy alta (rojo). El siguiente mapa identifica la vulnerabilidad física por Ageb en el territorio estatal.

Mapa 177. Vulnerabilidad física del Estado de Morelos por Ageb, 2021.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV en 2021 con base en clasificación de la tipología de la vivienda de CENAPRED, 2014

Varios Agebs dentro del estado de Morelos concentran un grado de vulnerabilidad física alto, en dicha condición se encuentran algunos presentes en los siguientes municipios: Tetela del Volcán, Zacualpan, Temoac, Jantetelco, Ocuituco, Huitzilac, Coatlán del Río, Tetecala, entre otros. Cabe mencionar que los municipios ubicados al noreste se encuentran altamente afectados, pues en la mayor parte de su territorio la gravedad de vulnerabilidad es media, alta y muy alta.

Por otro lado, las zonas menos vulnerables se ubican en los límites del municipio de Huitzilac, al oeste de Cuernavaca y Ayala y, al sur de Puente de Ixtla.

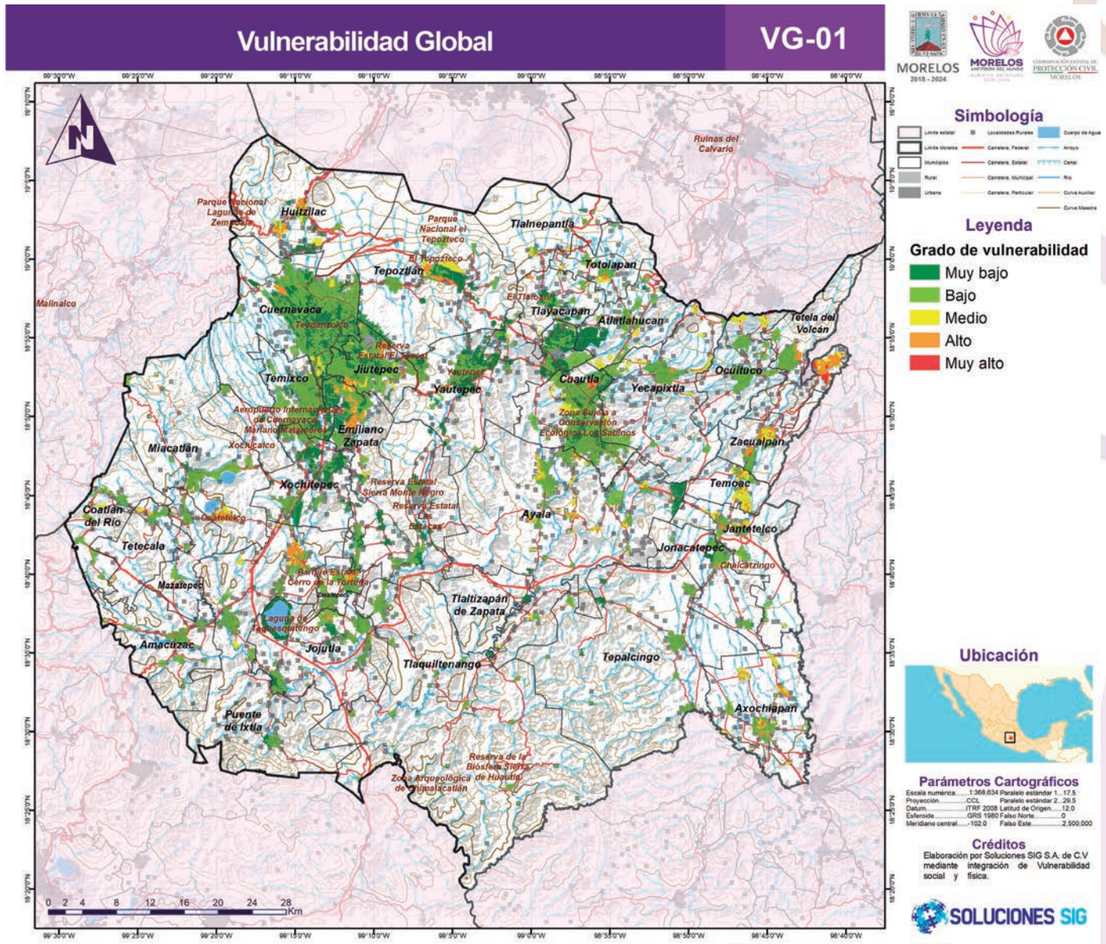
3. Vulnerabilidad Global

Lo vulnerable de un territorio frente a la ocurrencia de algún fenómeno perturbador es consecuencia de la capacidad de respuesta y prevención, de las condiciones socioeconómicas y de la susceptibilidad al daño físico por sistema de exposición que cierta comunidad tiene para hacer frente al riesgo natural o antropogénico que dicho fenómeno desencadenó (SEGOB/CENAPRED, 2014f).

La vulnerabilidad analiza la capacidad y recursos que tiene una comunidad para enfrentar adversidades provocadas por una amenaza en conjunto con la exposición física de la infraestructura que cada comunidad tiene fruto de su ubicación. La Vulnerabilidad Social y Física se conjugan en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para integrar la cobertura de Vulnerabilidad Global frente a fenómenos perturbadores, este SIG otorga una ponderación del 50% para la Vulnerabilidad Física y otro 50% para la Vulnerabilidad Social. La cobertura de Vulnerabilidad Social a nivel localidad y manzana urbana fue la que se cruzó con la cobertura de Vulnerabilidad Física debido al mayor detalle espacial que ostenta.

El resultado de esta ponderación se puede observar en el mapa siguiente:

Mapa 178. Vulnerabilidad Global del Estado de Morelos, 2021



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del censo de población y vivienda INEGI, 2020, información de campo 2021

Con base en el análisis de vulnerabilidad de diversos componentes socioeconómicos y físicos, se pueden ubicar las zonas con mayor grado de vulnerabilidad global, mismas que se concentran a lo largo del territorio de Morelos en pequeñas localidades, las cuales se concentran en los municipios de Tetela del Volcán, Zacualpan, Zacatepec, Puente de Ixtla, Miacatlán, Emiliano Zapata, Tepoztlán, Huitzilac, entre otros.

FASE IV

RIESGO / EXPOSICIÓN
ESCENARIOS DE RIESGO

© Foto:Cesar Lorenzo Osorio Pineda

El riesgo se concibe como la probabilidad de alguna afectación derivada del acontecimiento de algún fenómeno perturbador, se integra de dos factores: el peligro o la amenaza y la vulnerabilidad. Este documento considera al factor peligro como la máxima intensidad de un fenómeno natural que por sus características constituye una amenaza. La vulnerabilidad, se define como una condición determinada por diversos factores que actúan paralela y sistemáticamente y pueden ser de índole económica, social, política o física. Estos factores intervienen en los daños que pueden ocurrir en la población de un territorio ante la incidencia de algún fenómeno perturbador. El CENAPRED clasifica dos tipos de vulnerabilidad como condición social y física.

La vulnerabilidad social se constituye de cinco componentes temáticos (salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población) elaborados a partir de 18 indicadores de variables socioeconómicas presentes en las localidades y manzanas urbanas del territorio municipal, así como de las condiciones actuales de capacidad de respuesta de protección civil municipal ante la ocurrencia de fenómenos perturbadores y la percepción local del riesgo de los habitantes del estado. Por su parte, la vulnerabilidad física detalla el grado de afectación estructural que pudieran presentar los sistemas expuestos y las viviendas ante la incidencia de algún fenómeno.

La integración del peligro proyectado ante los distintos fenómenos de origen natural o antrópico y la vulnerabilidad global evaluada por los distintos tipos de fenómenos, resultado del análisis de la vulnerabilidad social y física de cada área que integra los distintos asentamientos humanos del estado, define diferentes índices de riesgo. Estos índices detallan grados del posible riesgo ante la presencia de algún siniestro, por ello se constituye en una sola cobertura el nivel de peligro de algún fenómeno perturbador y el grado de vulnerabilidad global que la población asume.

A. DEFINICIÓN DE ÍNDICES DE RIESGO

El riesgo es un elemento multifactorial resultado de la integración de diversos elementos físicos y sociales que expresan la probabilidad de que ocurra alguna afectación estimulada por algún fenómeno perturbador. El índice de riesgo se puede formular de la siguiente manera:

Riesgo = peligro (amenaza) por vulnerabilidad

La integración del peligro y la vulnerabilidad establece el grado de riesgo ante determinado fenómeno, en este estudio se elabora un índice de riesgo que considera la cobertura del nivel de peligro o amenaza de los fenómenos de mayor recurrencia en el entorno municipal de todos los analizados en la Fase II y el grado de vulnerabilidad global por cada tipo de fenómeno a analizar obtenido en la Fase III, coberturas que contemplan el mayor grado de susceptibilidad de impacto ante la presencia de algún fenómeno dentro del estado.

En el análisis del índice de riesgo se consideran las distintas coberturas de peligro y vulnerabilidad con un valor que varía según la clase de fenómeno que se estudie. El riesgo de afectación es distinto ante los diferentes tipos de fenómenos, por ejemplo en el riesgo ante fenómenos de tipo geológico el factor peligro incide en mayor medida que el factor vulnerabilidad, ya que con un nivel de peligro alto el posible daño esperado en una comunidad es elevado tanto en poblaciones con alto y bajo grado de vulnerabilidad, la situación es similar en algunos fenómenos de origen hidrometeorológico como las inundaciones, ya que el flujo del agua afecta a comunidades marginadas y aquellas que pueden registrar mayores daños materiales, en cuestión del valor económico de las afectaciones.

En el caso de algunos otros fenómenos de origen hidrometeorológico (como las temperaturas máximas) y antropogénico (como los químicos tecnológicos) el nivel de riesgo se establece por las afectaciones que el siniestro puede producir entre la población más vulnerable. Es decir, en este tipo de fenómenos el nivel de impacto o daño se delimita por una mayor o menor vulnerabilidad, pues a pesar de que el nivel de peligro sea semejante en distintas zonas el impacto experimentado por los habitantes es desigual dependiendo su condición de vulnerabilidad, pues zonas con mayor grado de vulnerabilidad suelen presentar mayores afectaciones en sus sistemas expuestos, viviendas y condiciones de vida.

Índices de riesgo ante fenómenos de origen geológico

Los índices de riesgo estimados para los fenómenos de origen geológico conceden mayor jerarquía al nivel de peligro con respecto al grado de vulnerabilidad. Los índices se calculan con un promedio ponderado que asigna 70% al peligro geológico y 30% a la vulnerabilidad global ante fenómenos geológicos.

En un Sistema de Información Geográfica (SIG) se integran las coberturas de peligro y vulnerabilidad mediante algebra de mapas se aplica dicho promedio ponderado, el índice de riesgo se clasifica en cinco categorías: verde fuerte-muy bajo riesgo, verde claro-bajo riesgo, amarillo-medio riesgo, anaranjado-alto riesgo y rojo-muy alto riesgo.

Los criterios en la determinación de dichos índices de riesgo se aprecian en la siguiente tabla que identifica el riesgo en una escala ascendente de colores que van de verde al rojo conforme su menor a mayor intensidad.

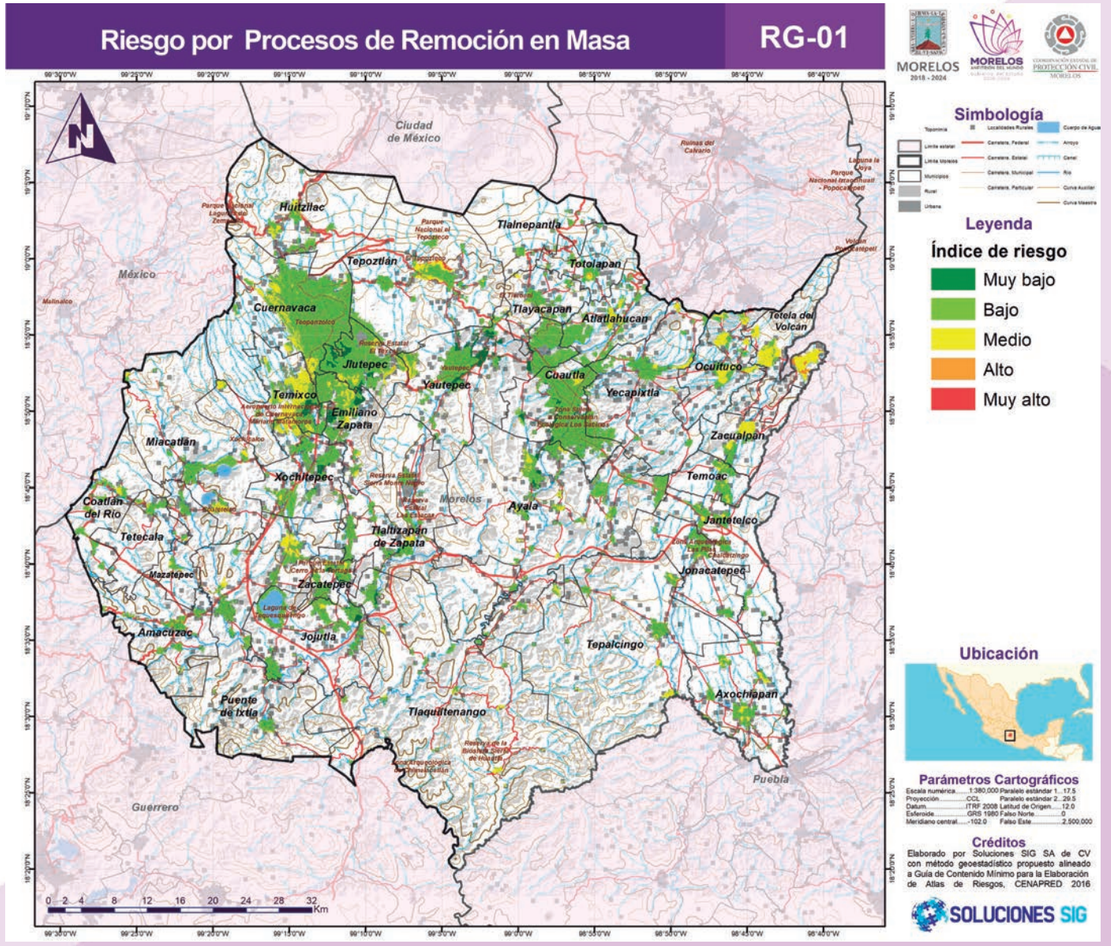
Tabla 83. Índice de Riesgo ante fenómenos de origen geológico.

Índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos geológicos	Nivel de peligro Geológico				
	1	2	3	4	5
1	1.0	1.7	2.4	3.1	3.8
2	1.3	2.0	2.7	3.4	4.1
3	1.6	2.3	3.0	3.7	4.4
4	1.9	2.6	3.3	4.0	4.7
5	2.2	2.9	3.6	4.3	5.0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG

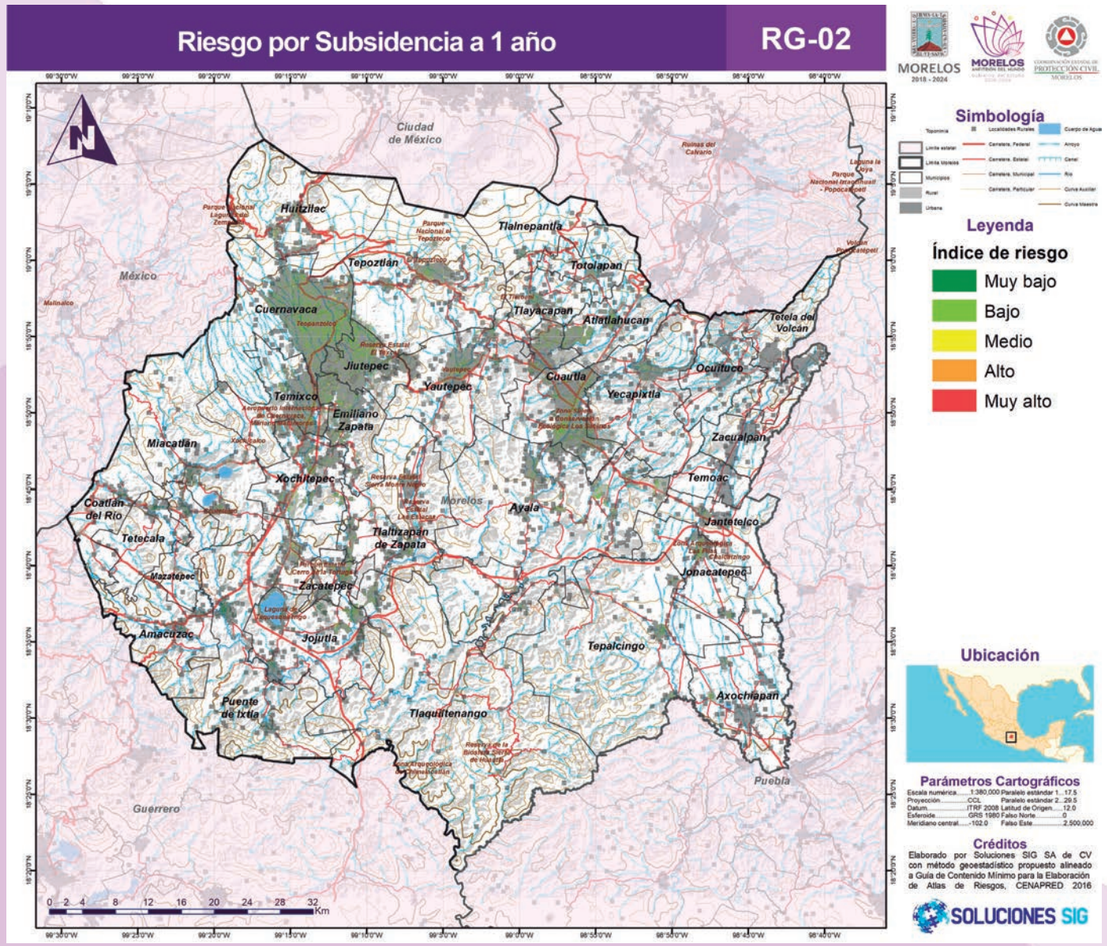
El índice de riesgo, producto de la unión del grado de vulnerabilidad global ante fenómenos geológicos con la intensidad de peligro, presente en los fenómenos de mayor recurrencia en el territorio, analizados en la Fase II) se presenta a continuación. Por su relevancia en el contexto municipal el índice de riesgo por procesos de remoción en masa y subsidencia son estimados y se visualizan en la siguiente cartografía para los fenómenos de origen geológico en el estado.

Mapa 179. Índice de Riesgo por Procesos de Remoción en Masa



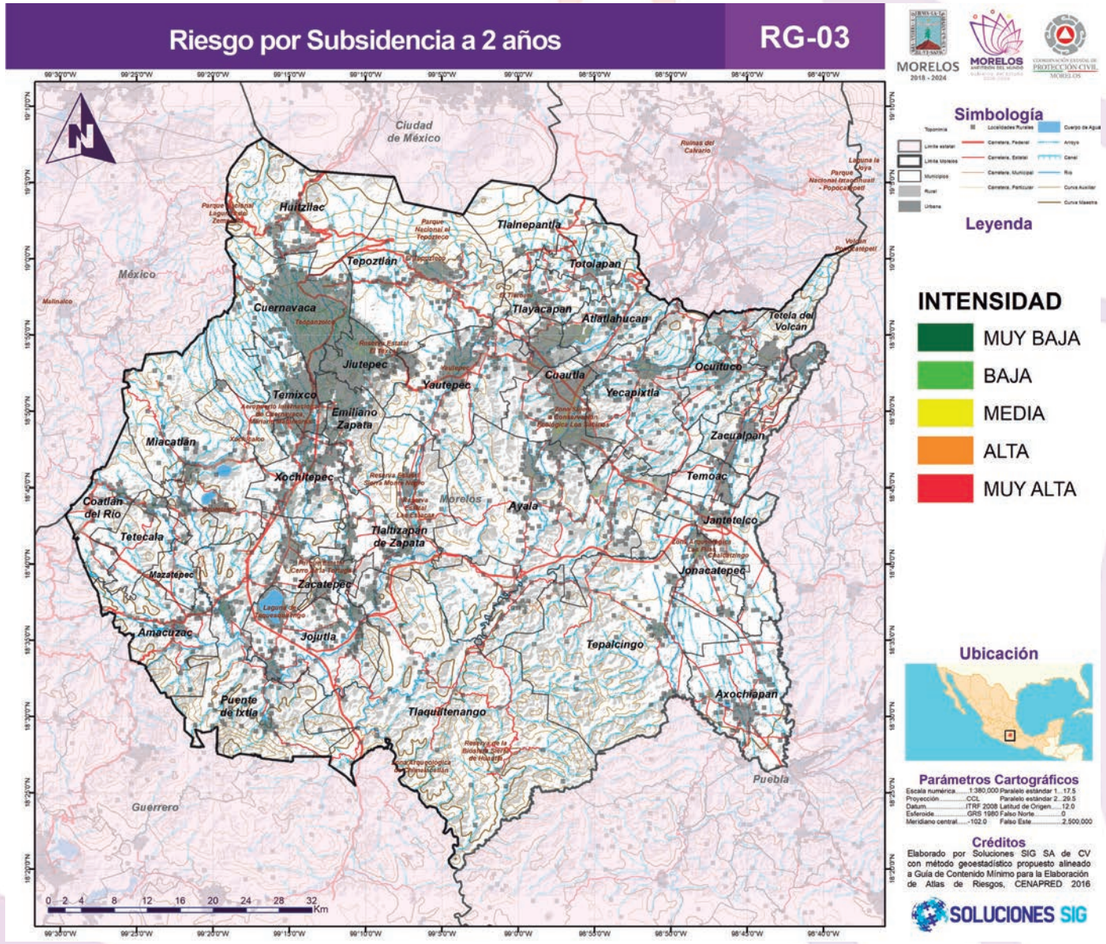
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad física y social ante fenómenos geológicos

Mapa 180. Índice de Riesgo por Subsidencia a 1 año



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad física y social ante fenómenos geológicos

Mapa 181. Índice de Riesgo por Subsidencia a 2 años



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad física y social ante fenómenos geológicos

Índices de riesgo ante fenómenos de origen hidrometeorológico

Debido a la relevancia en el contexto municipal de los fenómenos de origen hidrometeorológico analizados en la Fase II de este documento, se calcularon los índices de riesgo ante los fenómenos de inundaciones pluviales, sequías y heladas. Por las características de gran afectación en caso de la ocurrencia del primer fenómeno se considera, como en los fenómenos de origen geológico, una ponderación del 70% al peligro y 30% a la vulnerabilidad física y global ante fenómenos hidrometeorológicos de inundaciones, los valores asignados para los índices de riesgo que van de muy bajo (verde fuerte) a muy alto (rojo) se observan en la siguiente tabla.

Tabla 84. Índice de Riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos (Grupo 1).

Índice de Vulnerabilidad Global ante fenómenos hidrometeorológicos de inundaciones, sequías, vientos	Nivel de peligro Hidrometeorológico de inundaciones					
		1	2	3	4	5
	1	1.0	1.7	2.4	3.1	3.8
	2	1.3	2.0	2.7	3.4	4.1
	3	1.6	2.3	3.0	3.7	4.4
	4	1.9	2.6	3.3	4.0	4.7
	5	2.2	2.9	3.6	4.3	5.0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG

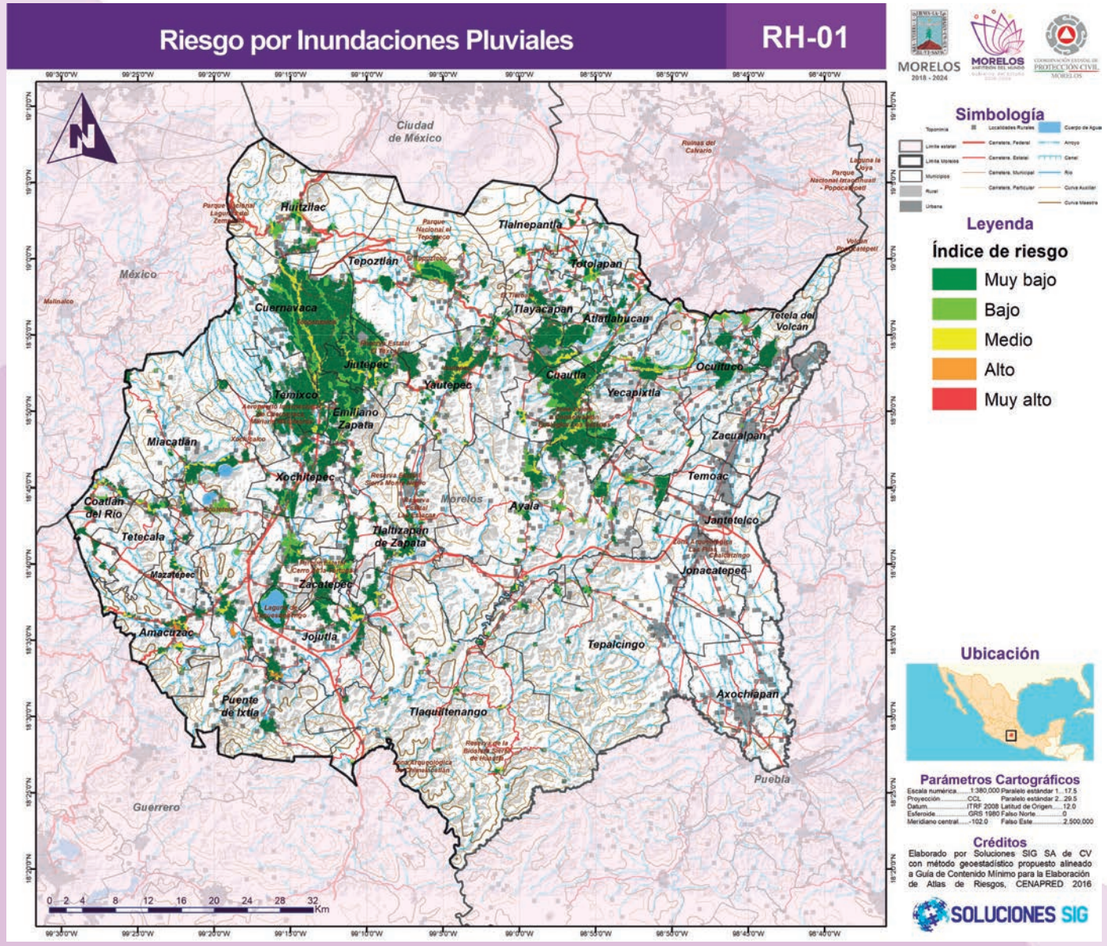
Por su parte los índices de riesgo estimados para los fenómenos de sequías y heladas constituyen al grado de vulnerabilidad tan importante como el grado de peligro, por lo que la integración de la información espacial de sus respectivas coberturas se calcula con un promedio de las dos variables, en la siguiente tabla se muestran los resultados de dicha operación y con la gama de colores de verde a rojo se representan las cinco categorías de los grados de riesgo (muy bajo a muy alto) relativos para los fenómenos de esta índole.

Tabla 85. Índice de Riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos (Grupo 2).

Grado de vulnerabilidad	Nivel de peligro Hidrometeorológico					
		1	2	3	4	5
	1	1	1.5	2	2.5	3
	2	1.5	2	2.5	3	3.5
	3	2	2.5	3	3.5	4
	4	2.5	3	3.5	4	4.5
	5	3	3.5	4	4.5	5

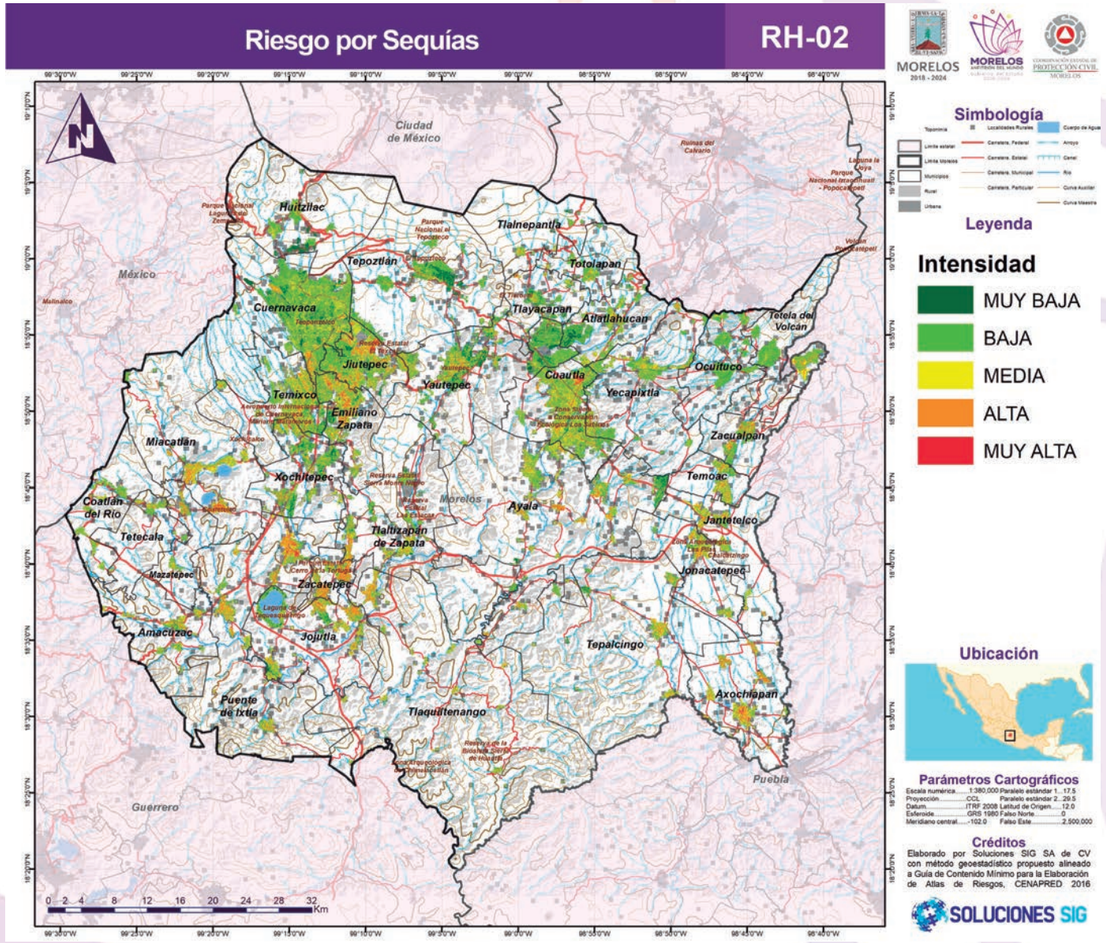
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG

Mapa 182. Índice de Riesgo por Inundaciones Pluviales.



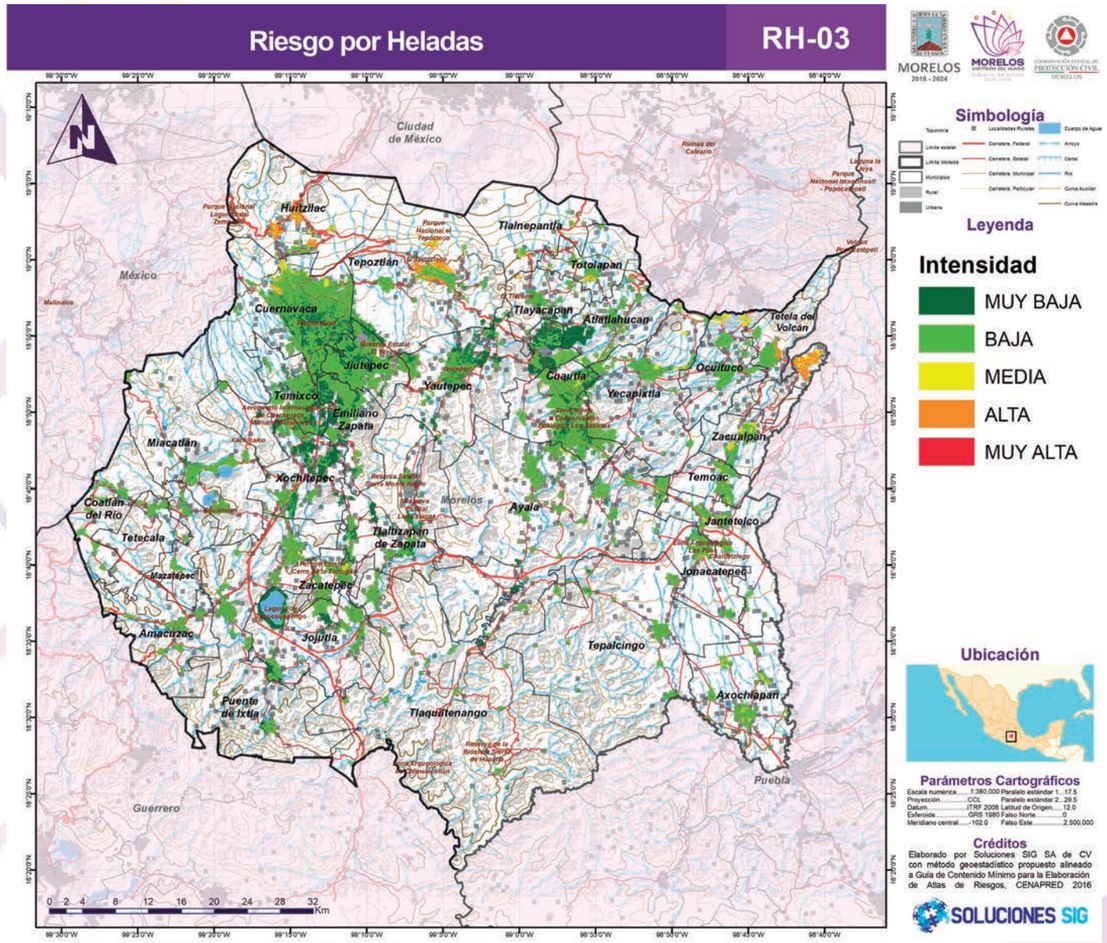
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad física y social ante fenómenos hidrometeorológicos

Mapa 183. Índice de Riesgo por Sequías



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad física y social ante fenómenos hidrometeorológicos

Mapa 184. Índice de Riesgo por Heladas



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad física y social ante fenómenos hidrometeorológicos

Índices de riesgo ante fenómenos de origen antropogénico

El cálculo de los índices de riesgo para el caso de los fenómenos de origen antropogénico considera al nivel de peligro igual de importante que el grado de vulnerabilidad, por lo que la constitución de la información de las coberturas referentes es un promedio de las dos variables. La tabla siguiente detalla, como de manera similar a la aplicación a algunos fenómenos de origen hidrometeorológico, los resultados de la integración de los componentes de peligro y vulnerabilidad se clasifican en cinco grados de riesgo que van de muy bajo (verde) a muy alto (rojo).

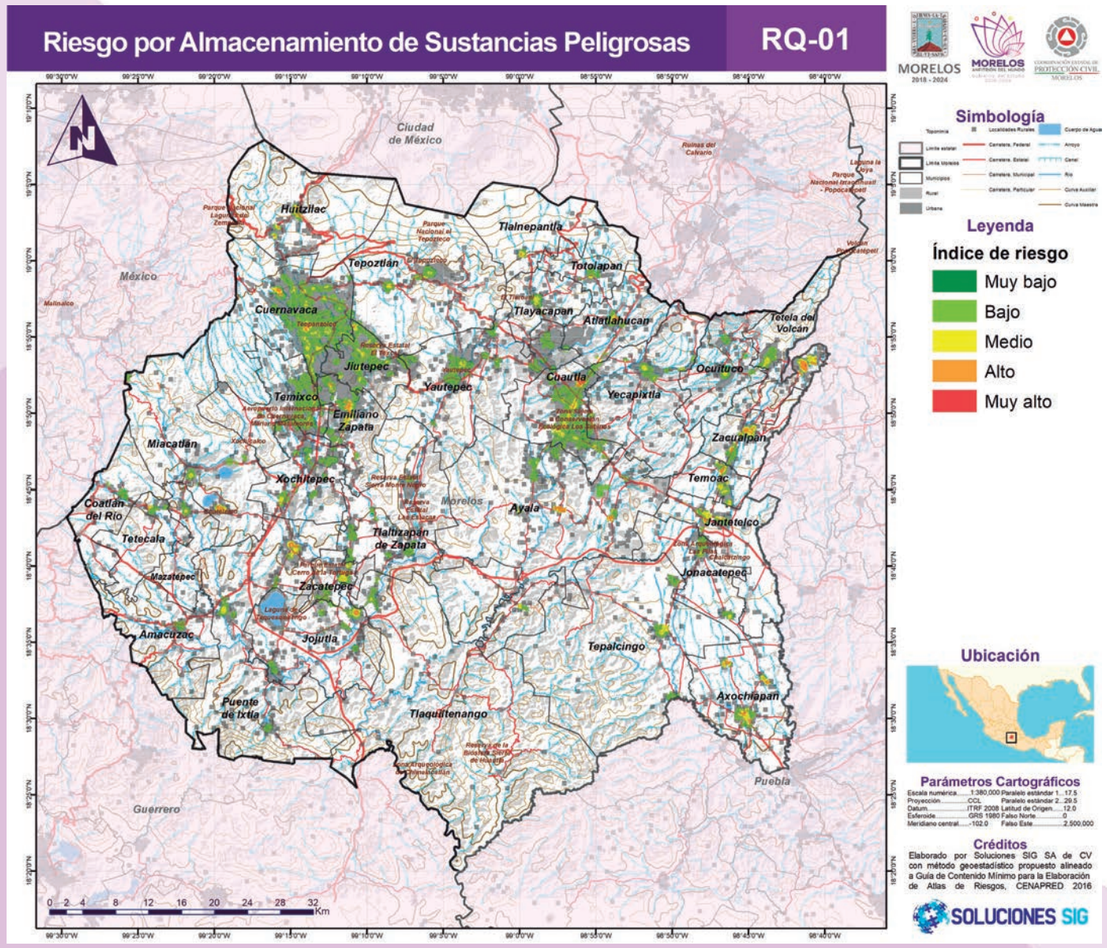
Tabla 86. Índice de Riesgo ante fenómenos antropogénicos

Grado de vulnerabilidad	Nivel de peligro antropogénico					
		1	2	3	4	5
1	1	1	1.5	2	2.5	3
2	1.5	2	2.5	3	3.5	
3	2	2.5	3	3.5	4	
4	2.5	3	3.5	4	4.5	
5	3	3.5	4	4.5	5	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG

La estimación de índices de riesgo ante los fenómenos químico-tecnológicos contempla el riesgo por Almacenamiento de Sustancias Peligrosas (actividades definidas como peligrosas conforme los criterios establecidos por el CENAPRED, ver apartado C-Químico-Tecnológico, en la Fase II de este documento), el mapa siguiente muestra su distribución dentro del territorio estatal.

Mapa 185. Índice de Riesgo por Almacenamiento de Sustancias Peligrosas



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con integración de la susceptibilidad del fenómeno y la vulnerabilidad física y social ante fenómenos químico-tecnológicos

B. ESCENARIOS DE AFECTACIÓN A LA POBLACIÓN VULNERABLE

Los escenarios de afectación se construyen cuantificando la población en riesgo por grado y por fenómeno con base en los índices de riesgo que se expusieron en la sección anterior, tomando como principio la definición demográfica derivada del censo de población y vivienda 2020.

Tabla 87 Población vulnerable según condición de riesgo por Procesos de remoción en masa

Intensidad	Total	Infante menor	Adulta mayor	Hablantes lengua indígena	En hogares indígenas	Con discapacidad	Con limites	Analfabeta	Sin derecho-habiencia	Viviendas
Muy baja	35,246	8,289	2,735	574	1,206	1,520	4,211	1,068	9,467	20,247
Baja	1,550,977	354,102	147,906	19,638	53,706	77,952	198,621	39,767	418,729	655,834
Media	365,019	94,877	28,371	10,381	22,854	18,252	44,640	14,028	107,859	121,628
Alta	2,024	611	118	451	933	64	213	54	825	662
Muy alta	83	9	14	0	0	4	6	0	31	70

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 88 Población vulnerable según condición de riesgo por Subsidencia a 1 año

Intensidad	Total	Infante menor	Adulta mayor	Hablantes lengua indígena	En hogares indígenas	Con discapacidad	Con limites	Analfabeta	Sin derecho-habiencia	Viviendas
Muy baja	21,700	5,031	2,542	327	381	1,292	2,698	963	4,620	9,319
Baja	301,393	64,895	31,080	3,259	9,163	14,984	39,788	5,942	80,545	142,143
Media	13,394	3,469	944	394	1,058	642	1,540	496	4,233	4,186

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 89 Población vulnerable según condición de riesgo por Subsidencia a 2 años

Intensidad	Total	Infante menor	Adulta mayor	Hablantes lengua indígena	En hogares indígenas	Con discapacidad	Con limites	Analfabeta	Sin derecho-habiencia	Viviendas
Muy baja	126,089	26,320	13,393	1,095	2,710	6,218	16,764	2,478	31,507	61,021
Baja	41,813	9,548	4,306	368	1,196	2,291	5,313	1,040	12,253	17,974
Media	8,861	2,577	565	838	1,589	362	1,004	557	2,951	2,949
Alta	999	274	79	47	102	67	124	40	366	328

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 90 Población vulnerable según condición de riesgo por Sequías

Intensidad	Total	Infante menor	Adulta mayor	Hablantes lengua indígena	En hogares indígenas	Con discapacidad	Con limites	Analfabeta	Sin derecho-habiencia	Viviendas
Muy baja	32,128	6,065	3,985	520	1,272	1,256	3,928	375	9,257	18,444
Baja	1,049,591	241,306	98,481	16,515	41,925	50,982	132,190	26,709	290,547	440,131
Media	521,838	125,077	45,441	8,575	21,459	26,766	66,611	15,349	142,591	212,072
Alta	333,200	81,037	30,071	4,917	12,576	17,960	43,010	11,665	89,235	122,661
Muy alta	16,735	4,448	1,175	517	1,467	835	1,973	823	5,322	5,185

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 91 Población vulnerable según condición de riesgo por Heladas

Intensidad	Total	Infante menor	Adulta mayor	Hablantes lengua indígena	En hogares indígenas	Con discapacidad	Con limites	Analfabeta	Sin derecho-habiencia	Viviendas
Muy baja	332,948	67,591	33,200	2,248	6,663	13,701	41,271	4,291	81,976	204,031
Baja	1,555,127	373,128	140,885	25,489	64,315	80,741	198,402	48,375	433,062	572,304
Media	43,006	11,187	3,409	1,054	2,712	2,260	5,226	1,689	13,599	14,558
Alta	20,586	5,564	1,522	2,246	4,987	999	2,592	532	7,492	7,075
Muy alta	1,825	463	137	7	22	98	221	34	823	525

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 92 Población vulnerable según condición de riesgo por Inundaciones Pluviales

Intensidad	Total	Infante menor	Adulta mayor	Hablantes lengua indígena	En hogares indígenas	Con discapacidad	Con limites	Analfabeta	Sin derecho-habiencia	Viviendas
Muy baja	1,533,063	357,315	139,640	24,399	61,948	75,413	193,177	41,278	430,733	632,507
Baja	123,050	27,906	11,863	1,182	3,593	6,237	16,890	2,804	32,765	47,109
Media	141,693	32,524	13,978	1,886	4,532	7,499	18,413	3,746	37,714	63,848
Alta	20,885	4,833	2,342	47	203	1,112	2,826	623	5,353	8,312
Muy alta	4,231	1,194	384	16	61	326	441	262	764	1,679

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

Tabla 93 Población vulnerable según condición de riesgo por almacenamiento de sustancias peligrosas

Intensidad	Total	Infante menor	Adulta mayor	Hablantes lengua indígena	En hogares indígenas	Con discapacidad	Con limites	Analfabeta	Sin derecho-habiencia	Viviendas
Muy baja	32,272	6,567	2,973	271	705	1,211	4,030	288	7,888	16,075
Baja	886,599	197,522	89,173	8,164	25,135	44,022	113,158	20,187	244,632	331,021
Media	136,991	30,972	14,841	2,873	7,680	7,855	18,442	4,017	39,852	47,544
Alta	45,468	11,518	3,973	1,884	4,861	2,476	5,699	2,121	14,674	14,305
Muy alta	1,187	329	78	102	212	60	143	97	540	347

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, Censo de Población y vivienda, 2020

C. APROXIMACIÓN DE DAÑOS

Las aproximaciones de daños se elaboraron a partir de la identificación de los valores de reposición para los sistemas expuestos identificados en la fase III, los cuales se retoman de la Estrategia de Gestión Integral de Riesgos del Estado de Morelos, donde se establece para los principales sectores de reposición los costos estimados del inmueble sujetos a reposición en caso de siniestro o desastre.

Costos de reposición totales estimados por fenómeno perturbador

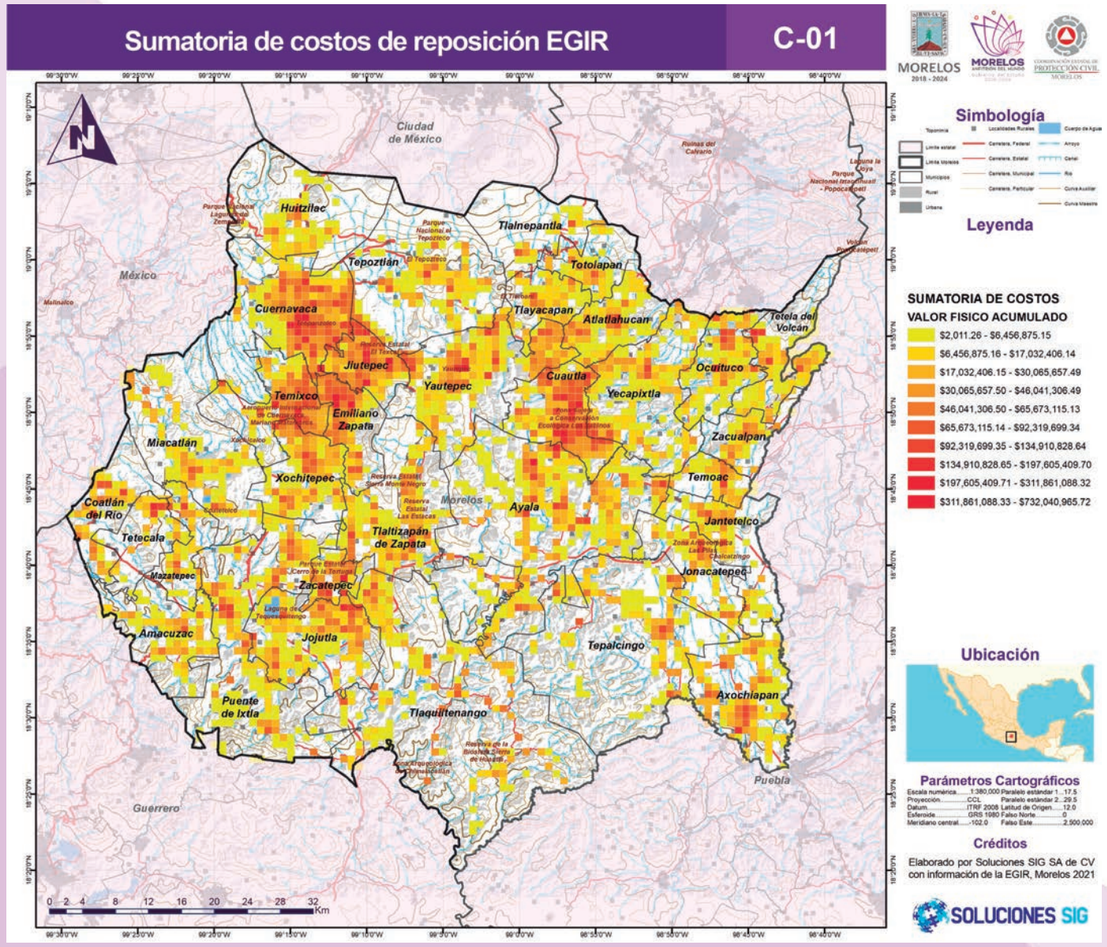
La información de todos los subsistemas expuestos de la Estrategia de Gestión Integral de Riesgos (EGIR) de Morelos se integraron en un mallado para establecer por unidad geográfica la sumatoria de los 6 sectores evaluados, con dicha información se derivó la información correspondiente al costo total de reposición por cada grado de riesgo.

Tabla 94 Costo de reposición total según condición de riesgos

Fenómeno	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Procesos de remoción en masa	$1,072,040,749.59	$31,292,467,236.75	$5,727,444,913.28	$10,305,056.50	
Subsidencia a 1 año	$281,613,191.20	$5,527,074,564.00	$58,940,759.49		
Subsidencia a 2 años	$1,276,016,727.47	$949,608,609.74			
Sequías	$1,213,027,817.18	$22,839,832,550.69	$8,849,503,466.60	$4,937,634,925.58	$262,259,196.08
Heladas	$6,599,354,759.19	$30,359,360,432.53	$724,629,857.38	$409,348,896.03	$9,564,011.00
Inundación Pluvial	$27,775,969,560.00	$4,766,822,247.00	$2,479,577,361.00	$50,928,671.59	
Almacenamiento de sustancias peligrosas	$45,948,847,908.54	$509,943,086.51	$18,524,754,202.68	$2,962,632,398.59	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos a partir de datos de la EGIR 2021 Morelos

Mapa 186 Sumatoria de costos de reposición EGIR



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos a partir de datos de la EGIR 2021 Morelos

Costos de reposición sectorial estimada por fenómeno perturbador

Con la información generada en el Estrategia de Gestión Integral de Riesgos (EGIR) de Morelos de sistemas expuestos se generará la información sectorial para los sistemas deportivo, educativo, salud e hidráulicos, los cuales se integraron para cada fenómeno perturbador por intensidad con el objetivo de identificar los sectores más expuestos en el estado de Morelos.

Tabla 95 Costo de reposición por sector según condición de riesgo por Procesos de remoción en masa

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
DEPORTIVO	$13,955,265.23	$343,677,271.05	$37,359,154.00	
Alberca		$26,775,301.75	$15,396,860.72	
Bancas		$467,765.35		
Béisbol		$3,412,632.75		
Básquetbol		$21,674,380.13	$1,704,275.04	
Básquetbol, Futbol		$500,785.19	$502,465.66	
Futbol	$13,094,812.61	$256,000,875.54	$17,719,443.37	
Futbol rápido		$2,053,799.32		
Gradas	$860,452.62	$12,811,808.45	$2,036,109.21	
Pista		$18,035,254.14		
Tenis		$1,944,668.43		
EDUCATIVO	$240,655,415.20	$9,723,125,590.88	$1,413,386,426.42	$2,656,543.40
Bachillerato general	$36,223,165.01	$279,228,903.56	$79,868,832.18	
Bachillerato tecnológico		$47,904,522.02		
Cam		$105,453,476.45	$5,482,841.00	
Conalep	$29,031,045.71	$125,022,123.04		
No escolarizado		$17,069,238.90	$11,613,594.21	
Pedagógica, universitaria o tecnológica		$697,385,414.79		
Preescolar general	$15,973,100.57	$1,328,789,148.78	$199,293,385.84	
Preescolar indígena		$30,328,489.44	$8,192,112.81	$2,656,543.40
Primaria general	$38,861,795.04	$4,017,950,387.51	$662,257,520.83	
Primaria indígena		$19,977,314.91	$31,190,679.65	
Profesional técnico		$6,491,784.60		
Secundaria general	$62,275,611.50	$1,471,339,194.52	$99,817,031.06	
Secundaria técnica	$37,421,425.66	$1,029,161,190.82	$166,773,248.41	
Telesecundaria	$20,869,271.72	$400,852,442.22	$113,699,901.54	
USAER		$146,171,959.33	$35,197,278.89	
POTABLE	$9,300,070.64	$427,901,241.20	$531,651,546.80	
Pozo	$170,690.00	$39,902,564.00	$6,712,160.00	
Tanque	$9,129,380.64	$387,998,677.20	$524,939,386.80	
SALUD		$4,503,478,341.45	$393,570,978.48	

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
De apoyo		$47,923,862.11		
De consulta externa		$3,633,111,796.64	$393,570,978.48	
De hospitalización		$822,442,682.70		
SANITARIO		$709,597,220.65	$26,162,274.12	
Tratamiento de aguas		$709,597,220.65	$26,162,274.12	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos a partir de datos de la EGIR 2021 Morelos

Tabla 96 Costo de reposición por sector según condición de riesgo por Subsidencia a 1 año

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio
DEPORTIVO	$621,860.58	$23,705,002.98	
Béisbol			
Básquetbol	$621,860.58	$4,784,487.92	
Futbol		$8,827,806.92	
Futbol rápido		$2,053,799.32	
Gradas		$7,291,977.29	
Tenis		$746,931.53	
EDUCATIVO	$313,611,142.04	$2,725,612,192.14	$30,769,605.13
Bachillerato general	$9,475,054.00	$81,850,904.06	
Bachillerato tecnológico		$27,172,622.08	
Cam	$3,694,825.88	$24,809,943.65	$4,520,768.92
Conalep		$6,396,100.03	
No escolarizado	$1,949,190.29	$5,719,090.53	
Pedagógica, universitaria o tecnológica		$265,324,001.13	
Preescolar general	$33,519,622.44	$378,864,337.14	$1,141,688.31
Preescolar indígena		$6,349,723.66	
Primaria general	$151,197,722.54	$1,199,412,290.79	$15,594,385.32
Primaria indígena	$2,827,632.66	$3,758,720.95	
Profesional técnico			
Secundaria general	$78,497,727.27	$371,627,240.21	
Secundaria técnica	$21,549,720.87	$249,443,639.69	
Telesecundaria	$10,899,646.09	$45,501,511.85	$9,512,762.58
USAER		$59,382,066.37	
POTABLE	$13,960,830.96	$30,344,081.60	
Pozo	$266,760.00	$7,520,630.00	
Tanque	$13,694,070.96	$22,823,451.60	
SALUD	$160,529,469.53	$1,583,890,061.85	$38,349,667.75
De apoyo		$20,542,999.77	
De consulta externa	$94,613,808.13	$1,301,031,256.80	$38,349,667.75
De hospitalización	$65,915,661.39	$262,315,805.28	
SANITARIO	$2,701,187.58	$19,338,980.19	
Tratamiento de aguas	$2,701,187.58	$19,338,980.19	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos a partir de datos de la EGIR 2021 Morelos

Tabla 97 Costo de reposición por sector según condición de riesgo por Subsidencia a 2 años

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
DEPORTIVO	$10,301,560.13	$1,212,841.95		
Básquetbol	$3,042,540.16	$530,354.78		
Futbol	$2,399,843.35			
Futbol rápido	$2,053,799.32			
Gradas	$2,805,377.31	$682,487.17		
EDUCATIVO	$1,041,132,210.73	$459,172,335.00	$69,215,077.49	$7,679,081.03
Bachillerato general	$19,611,326.67	$54,953,579.74	$6,644,261.61	
Cam			$4,520,768.92	
Conalep		$3,888,689.32		
No escolarizado		$600,678.07		
Pedagógica, universitaria o tecnológica	$207,271,537.16			
Preescolar general	$120,854,276.75	$75,142,034.73	$9,594,664.82	
Preescolar indígena	$4,526,594.10			
Primaria general	$456,768,948.36	$196,518,305.55	$48,455,382.14	$7,679,081.03
Primaria indígena	$2,827,632.66	$6,683,265.48		
Secundaria general	$105,618,395.06	$69,721,620.02		
Secundaria técnica	$83,922,460.52	$30,802,395.56		
Telesecundaria	$14,887,413.00	$14,473,229.34		
USAER	$24,843,626.45	$6,388,537.20		
POTABLE	$24,803,481.60	$10,421,450.64		
Pozo	$1,980,030.00	$1,292,070.00		
Tanque	$22,823,451.60	$9,129,380.64		
SALUD	$670,999,428.37	$169,131,343.16	$40,437,814.97	
De apoyo	$17,944,838.70			
De consulta externa	$316,010,727.88	$124,007,109.80	$40,437,814.97	
De hospitalización	$337,043,861.79	$45,124,233.35		
SANITARIO		$2,701,187.58		
Tratamiento de aguas		$2,701,187.58		

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos a partir de datos de la EGIR 2021 Morelos

Tabla 98 Costo de reposición por sector según condición de riesgo por Sequías

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
DEPORTIVO	$26,620,743.16	$206,803,628.27	$99,140,983.28	$62,426,335.56	
Alberca	$4,201,992.48	$20,812,404.87	$7,942,990.05	$9,214,775.07	
Bancas		$366,742.46	$101,022.89		
Béisbol		$3,155,800.31	$256,832.44		
Básquetbol		$7,336,242.26	$8,889,226.03	$7,153,186.89	
Básquetbol, Futbol			$500,785.19	$502,465.66	
Futbol	$20,414,865.93	$170,153,470.40	$54,860,891.22	$41,385,903.96	
Futbol rápido			$2,053,799.32		
Gradas	$806,147.85	$4,978,967.97	$5,753,250.47	$4,170,003.99	
Pista			$18,035,254.14		
Tenis	$1,197,736.90		$746,931.53		
EDUCATIVO	$55,626,131.71	$4,013,999,141.87	$3,258,656,782.53	$3,929,349,749.93	$122,192,169.86
Bachillerato general	$3,830,625.63	$151,950,262.95	$105,119,820.83	$134,420,191.35	
Bachillerato tecnológico		$2,458,431.41	$15,769,780.45	$29,676,310.16	
Cam		$56,995,964.87	$27,371,502.20	$26,568,850.38	
Conalep	$2,845,234.21	$85,065,380.95	$36,665,858.99	$29,476,694.60	
No escolarizado		$7,926,953.12	$5,580,512.55	$15,175,367.44	
Pedagógica, universitaria o tecnológica		$273,061,082.79	$48,598,474.33	$375,725,857.68	
Preescolar general	$2,451,443.74	$547,194,399.84	$521,821,971.01	$466,405,553.66	$6,182,266.94
Preescolar indígena		$11,632,401.42	$20,091,704.23	$6,011,055.31	$3,441,984.69
Primaria general	$24,802,993.91	$1,359,546,312.95	$1,396,392,759.91	$1,888,649,434.68	$49,678,201.93
Primaria indígena		$7,424,717.54	$23,014,343.93	$20,728,933.09	
Profesional técnico			$6,491,784.60		
Secundaria general	$9,871,823.56	$673,548,166.37	$442,617,053.36	$487,781,966.25	$19,612,827.53
Secundaria técnica	$7,178,058.90	$555,407,147.22	$424,301,965.47	$220,569,914.74	$25,898,778.55
Telesecundaria	$4,645,951.75	$197,755,400.31	$139,063,560.53	$176,578,592.68	$17,378,110.22
USAER		$84,032,520.14	$45,755,690.17	$51,581,027.91	
POTABLE	$6,065,020.32	$750,849,994.56	$113,446,717.36	$93,926,436.08	$4,564,690.32
Pozo	$1,500,330.00	$29,628,924.00	$8,458,840.00	$7,197,320.00	
Tanque	$4,564,690.32	$721,221,070.56	$104,987,877.36	$86,729,116.08	$4,564,690.32
SALUD	$169,510,161.66	$1,757,078,480.84	$1,200,195,790.54	$1,749,025,269.78	$21,239,617.12
De apoyo		$47,923,862.11			
De consulta externa	$169,510,161.66	$1,292,469,951.35	$1,200,195,790.54	$1,343,267,254.46	$21,239,617.12
De hospitalización		$416,684,667.38		$405,758,015.32	
SANITARIO		$83,559,364.19	$639,118,993.52	$13,081,137.06	
Tratamiento de aguas		$83,559,364.19	$639,118,993.52	$13,081,137.06	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos a partir de datos de la EGIR 2021 Morelos

Tabla 99 Costo de reposición por sector según condición de riesgo por Heladas

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
DEPORTIVO	$67,425,829.40	$320,864,456.40	$6,701,404.48	
Alberca	6386838.344	$35,785,324.13		
Bancas		$467,765.35		
Béisbol		$3,412,632.75		
Básquetbol	$8,176,129.18	$15,202,525.99		
Básquetbol, Futbol		$1,003,250.85		
Futbol	48204994.79	$231,908,732.24	$6,701,404.48	
Futbol rápido		$2,053,799.32		
Gradas	3460130.182	$12,248,240.10		
Pista		$18,035,254.14		
Tenis	1197736.9	$746,931.53		
EDUCATIVO	$2,218,891,654.41	$8,937,134,629.19	$148,167,531.22	$75,630,161.08
Bachillerato general	103360105.8	$291,960,794.98		
Bachillerato tecnológico		47904522.02		
Cam	$25,215,536.58	$73,692,925.66	$9,612,286.63	$2,415,568.58
Conalep	87190970.54	$66,862,198.21		
No escolarizado	2666254.548	$23,551,170.31	$1,903,313.61	$562,094.65
Pedagógica, universitaria o tecnológica	65729233.9	$631,656,180.89		
Preescolar general	$342,478,284.41	$1,172,207,431.39	$14,253,103.65	$15,116,815.74
Preescolar indígena	5113126.684	$30,183,006.03	$4,522,920.43	1358092.506
Primaria general	$932,544,282.21	$3,718,714,810.70	$44,379,243.50	$23,431,366.96
Primaria indígena		35746755.41		15421239.14
Profesional técnico		$6,491,784.60		
Secundaria general	$307,046,141.40	$1,294,371,694.40	$24,310,145.95	$7,703,855.34
Secundaria técnica	$279,072,812.21	$918,269,196.35	26392728.16	9621128.166
Telesecundaria	$32,697,942.31	$479,929,883.87	$22,793,789.30	
USAER	35776963.84	$145,592,274.38		
POTABLE	$41,513,006.24	$926,887,582.40	$177,320.00	$274,950.00
Pozo	$9,560,174.00	$36,772,970.00	$177,320.00	$274,950.00

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
Tanque	$31,952,832.24	$890,114,612.40		
SALUD	1161305479	$3,668,990,967.91	$38,482,579.89	$28,270,293.44
De apoyo	37101481.17	$10,822,380.94		
De consulta externa	853075797.1	$3,106,854,104.67	$38,482,579.89	$28,270,293.44
De hospitalización	271128200.4	$551,314,482.30		
SANITARIO	$28,533,628.37	$707,225,866.40		
Tratamiento de aguas	$28,533,628.37	$707,225,866.40		

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos a partir de datos de la EGIR 2021 Morelos

Tabla 100 Costo de reposición por sector según condición de riesgo por Inundaciones Pluviales

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
DEPORTIVO	$260,437,135.97	$36,902,272.96	$21,402,249.61	
Alberca	13416767.55	$7,358,132.54		
Bancas	291868.1971			
Béisbol	3155800.31			
Básquetbol	$15,897,446.73	$1,779,746.22	$2,323,249.34	
Futbol	198209771.8	$25,555,230.64	$15,019,425.34	
Futbol rápido			2053799.317	
Gradas	10683295.67	$1,011,426.67	$2,005,775.61	
Pista	18035254.14			
Tenis	746931.5332	$1,197,736.90		
EDUCATIVO	$7,972,928,795.26	$1,544,767,751.02	$777,210,038.80	$35,691,881.15
Bachillerato general	259034757.3	$60,427,146.24		
Bachillerato tecnológico	15769780.45	32134741.58		
Cam	$73,440,023.67	$29,418,616.20	$570,591.28	
Conalep	106005244.5	$48,047,924.26		
No escolarizado	16658239.04		$5,477,330.19	
Pedagógica, universitaria o tecnológica	689282668.3		$8,102,746.49	
Preescolar general	$1,137,929,776.42	$199,317,844.96	$93,999,341.55	$2,874,445.65
Preescolar indígena	30483266.82		$8,037,335.43	
Primaria general	$3,182,023,660.57	$691,125,544.81	$333,653,215.65	$32,817,435.50
Primaria indígena	15769440.5	19977314.91		
Secundaria general	$1,053,680,462.86	$257,729,040.12	$173,808,237.35	
Secundaria técnica	$944,797,718.78	$113,079,576.35	82192706.66	
Telesecundaria	$275,404,284.56	$93,510,001.59	$62,648,767.54	
USAER	172649471.6		$8,719,766.66	
POTABLE	$835,764,310.64	$58,663,673.52	$42,797,952.56	$153,140.00
Pozo	$27,814,124.00	$8,452,080.00	$6,280,430.00	$153,140.00

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
Tanque	$807,950,186.64	$50,211,593.52	$36,517,522.56	
SALUD	3215825320	$637,129,985.84	$690,764,158.68	
De apoyo	37101481.17		10822380.94	
De consulta externa	2607164479	$571,214,324.45	$540,098,348.88	
De hospitalización	571559359.1	$65,915,661.39	$139,843,428.86	
SANITARIO	$48,747,984.61	$42,490,141.48	$636,417,805.94	
Tratamiento de aguas	$48,747,984.61	$42,490,141.48	$636,417,805.94	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos a partir de datos de la EGIR 2021 Morelos

Tabla 101 Costo de reposición por sector según condición de riesgo por Almacenamiento de Sustancias Peligrosas

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
DEPORTIVO	$ 1,977,677.1	$ 274,525,347.9	$ 30,694,591.4		
Alberca		$ 41,200,868.3			
Bancas		$ 74,874.3	$ 112,436.6		
Béisbol		$ 3,155,800.3			
Básquetbol	$ 1,977,677.1	$ 12,967,339.5	$ 2,181,888.6		
Básquetbol, Futbol		$ 1,003,250.9			
Futbol		$ 183,974,145.9	$ 27,469,140.9		
Futbol rápido		$ 2,053,799.3			
Gradas		$ 10,862,278.4	$ 931,125.2		
Pista		$ 18,035,254.1			
Tenis		$ 1,197,736.9			
EDUCATIVO	$213,146,543.2	$ 5,816,934,861.6	$1,186,752,124.0	$267,709,318.7	$5,005,130.6
Bachillerato general		$ 145,708,121.4	$ 26,062,667.9		
Bachillerato tecnológico				$ 32,134,741.6	
Cam	$ 18,106,515.2	$ 60,589,270.4	$ 4,114,774.3	$ 11,643,315.5	
Conalep		$ 94,498,344.5	$ 18,404,804.0		
No escolarizado		$ 13,546,522.4	$ 3,957,967.8	$ 4,081,855.6	
Pedagógica, universitaria o tecnológica		$ 498,075,651.6	$ 12,941,580.2		
Preescolar general	$ 17,314,992.7	$ 752,586,419.6	$ 182,658,954.9	$ 28,255,509.2	
Preescolar indígena		$ 20,638,838.2	$ 3,224,469.5		
Primaria general	$ 93,614,747.8	$ 2,288,514,874.3	$ 668,612,280.9	$ 121,160,977.3	
Primaria indígena					
Profesional técnico		$ 6,491,784.6			
Secundaria general	$ 61,607,333.1	$1,089,957,492.4	$ 173,897,674.9	$ 59,655,283.9	
Secundaria técnica	$ 20,443,545.5	$ 627,061,921.4			
Telesecundaria	$ 2,059,408.9	$ 122,251,447.0	$ 42,773,984.7	$ 10,777,635.6	$5,005,130.6
USAER		$ 97,014,173.8	$ 50,102,964.7		
POTABLE	$ 4,881,890.3	$ 363,996,904.0	$ 17,359,681.0	$ 18,541,381.3	
Pozo	$ 317,200.0	$ 21,645,130.0	$ 3,665,610.0	$ 282,620.0	

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Tanque	$ 4,564,690.3	$ 342,351,774.0	$ 13,694,071.0	$ 18,258,761.3	
SALUD		$ 2,514,171,263.3	$ 988,614,871.3	$ 178,187,471.3	
De apoyo		$ 47,923,862.1			
De consulta externa		$ 1,977,927,628.9	$ 800,048,427.9	$ 178,187,471.3	
De hospitalización		$ 488,319,772.3	$ 188,566,443.4		
SANITARIO	$ 5,947,917.9	$ 655,446,860.9	$ 20,759,899.0		
Tratamiento de aguas	$ 5,947,917.9	$ 655,446,860.9	$ 20,759,899.0		

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos a partir de datos de la EGIR 2021 Morelos

D. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS

El análisis de la estimación de pérdidas en Morelos se desarrolló en dos aspectos; la producción diaria estimada por subsector económico y la producción agrícola anual, para cada uno de los índices de riesgos estimados por los fenómenos perturbadores de mayor impacto en el estado.

Para la estimación de producción económica diaria se utilizó el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del año 2020 y el Censo económico 2019 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se elaboró el proceso descrito en la metodología empleada por el Colegio de México en el documento de investigación “Seguridad Hídrica en la Ciudad de México: Riesgos de Inundaciones, Fase 1, Diagnóstico” elaborado en 2019. El método permite establecer una razón de producción por giro la cual se estimó anualmente y por día, donde se identifican núcleos de alto valor productivo en el territorio.

Como se detalló en el apartado de sistemas expuestos, la información se clasifico conforme al SCIAN del DENUE del INEGI y se realizó una estimación de producción per cápita considerando los rangos de población empleada identificada en la base de datos y el valor de la producción a rama de actividad de la clasificación SCIAN de las actividades económicas. La producción per cápita resulta de la división entre la producción económica de cada subsector y la población empleada estimada total de dicho sector.

Tabla 102 Estimación de pérdidas económicas según condición de riesgo por Procesos de remoción en masa

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	$ 10,615.04	$ 68,767.01	$ 14,307.23	
21 Minería		$ 37,916.61	$ 78,203.00	
22 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	$ 38,376.21	$ 7,475,686.12	$ 575,643.18	
23 Construcción		$ 9,471,133.81	$ 441,530.20	
31-33 Industrias manufactureras	$5,897,040.49	$279,038,238.00	$48,611,933.02	$ 353,380.70
43 Comercio al por mayor	$ 573,522.97	$ 29,060,467.91	$4,688,698.08	$ 5,912.61
46 Comercio al por menor	$ 758,492.03	$ 55,214,710.95	$ 9,884,689.77	$ 45,887.42
48-49 Transportes, correos y almacenamiento	$ 149,723.67	$ 13,289,109.75	$ 1,760,387.36	
51 Información en medios masivos	$ 347,119.52	$ 3,906,796.21	$ 156,544.10	
52 Servicios financieros y de seguros	$ 125,179.27	$ 3,747,745.22	$ 111,440.08	
53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	$ 67,765.43	$ 2,705,122.56	$ 271,061.71	
54 Servicios profesionales, científicos y técnicos	$ 41,706.47	$ 4,352,487.54	$ 258,580.13	
56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación	$ 20,356.19	$ 12,956,717.47	$ 1,007,631.60	
61 Servicios educativos	$ 101,851.36	$ 7,492,665.57	$ 636,870.58	$ 2,396.50
62 Servicios de salud y de asistencia social	$ 99,537.90	$ 5,473,099.08	$ 427,864.42	$ 1,485.64
71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	$ 27,331.52	$ 2,340,571.85	$ 267,103.48	
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	$ 297,156.84	$ 21,797,478.56	$ 2,655,198.79	$ 3,842.55
Pedagógica, universitaria o tecnológica	65729233.9	$631,656,180.89		
Preescolar general	$342,478,284.41	$1,172,207,431.39	$14,253,103.65	$15,116,815.74
Preescolar indígena	5113126.684	$30,183,006.03	$4,522,920.43	1358092.506

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
Primaria general	$932,544,282.21	$3,718,714,810.70	$44,379,243.50	$23,431,366.96
Primaria indígena		35746755.41		15421239.14
Profesional técnico		$6,491,784.60		
Secundaria general	$307,046,141.40	$1,294,371,694.40	$24,310,145.95	$7,703,855.34
Secundaria técnica	$279,072,812.21	$918,269,196.35	26392728.16	9621128.166
Telesecundaria	$32,697,942.31	$479,929,883.87	$22,793,789.30	
USAER	35776963.84	$145,592,274.38		
POTABLE	$41,513,006.24	$926,887,582.40	$177,320.00	$274,950.00
Pozo	$9,560,174.00	$36,772,970.00	$177,320.00	$274,950.00

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, DENUE, 2020

Tabla 103 Estimación de pérdidas económicas según condición de riesgo por Subsidencia a 1 año

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	$2,769.14	$9,691.99		
21 Minería				
22 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	$237,932.52	$1,980,212.54	$15,350.48	
23 Construcción	$49,749.88	$2,406,650.55		
31-33 Industrias manufactureras	$3,865,101.44	$78,075,049.17	$1,987,766.46	$44,172.59
43 Comercio al por mayor	$656,299.48	$9,123,154.02	$490,746.46	$118,252.16
46 Comercio al por menor	$1,097,249.15	$20,216,107.05	$573,592.73	$9,447.41
48-49 Transportes, correos y almacenamiento	$195,094.48	$2,758,545.14	$13,611.24	
51 Información en medios masivos	$34,031.33	$1,677,744.36	$17,015.66	
52 Servicios financieros y de seguros	$67,169.36	$2,092,936.33	$25,951.80	
53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	$38,461.46	$917,580.50	$18,314.98	
54 Servicios profesionales, científicos y técnicos	$25,023.88	$1,838,421.34	$28,360.40	$3,336.52
56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación	$78,032.08	$5,048,336.11	$230,703.53	
61 Servicios educativos	$179,138.57	$2,424,661.57	$7,189.51	
62 Servicios de salud y de asistencia social	$80,224.58	$1,862,250.19	$19,313.32	
71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	$36,027.91	$930,513.97	$16,150.44	$1,242.34
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	$429,084.22	$7,367,440.16	$172,914.54	$1,280.85

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, DENUE, 2020

Tabla 104 Estimación de pérdidas económicas según condición de riesgo por Subsidencia a 2 años

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	$3,230.66	$2,769.14		
22 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	$1,128,260.64	$184,205.82	$23,025.73	
23 Construcción	$1,424,090.38	$93,281.03		
31-33 Industrias manufactureras	$24,051,974.13	$9,762,141.93	$1,612,299.46	$485,898.47
43 Comercio al por mayor	$4,452,193.76	$1,212,084.62	$59,126.08	$ 407,969.95
46 Comercio al por menor	$8,455,431.65	$2,915,200.70	$280,723.03	$103,921.51
48-49 Transportes, correos y almacenamiento	$866,582.44	$390,188.95	$9,074.16	
51 Información en medios masivos	$1,143,452.55	$153,140.97	$47,643.86	$6,806.27
52 Servicios financieros y de seguros	$911,366.15	$276,310.34	$19,845.49	
53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	$430,402.03	$135,530.85	$3,663.00	
54 Servicios profesionales, científicos y técnicos	$702,337.01	$230,219.73	$16,682.59	$6,673.04
56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación	$2,201,861.65	$481,763.26	$193,383.84	$13,570.80
61 Servicios educativos	$848,361.94	$336,109.50	$24,564.15	$3,594.75
62 Servicios de salud y de asistencia social	$871,328.07	$359,524.97	$12,627.94	$5,942.56
71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	$400,034.04	$105,599.05	$11,181.08	$3,727.03
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	$ 3,020,240.60	$1,355,137.64	$92,221.09	$29,459.51
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	$429,084.22	$7,367,440.16	$172,914.54	$1,280.85

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, DENUE, 2020

Tabla 105 Estimación de pérdidas económicas según condición de riesgo por Sequías

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	$461.52	$46,152.36	$25,845.32	$21,230.08	
21 Minería		$78,203.00	$9,479.15	$28,437.46	
22 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	$15,350.48	$3,361,756.18	$2,670,984.36	$2,026,264.00	$15,350.48
23 Construcción	$820,873.06	$4,769,769.95	$2,885,493.16	$1,417,871.64	$18,656.21
31-33 Industrias manufactureras	$2,009,852.75	$105,263,277.00	$107,869,459.70	$111,602,043.40	$7,133,872.95
43 Comercio al por mayor	$141,902.59	$10,146,035.19	$11,606,449.34	$10,825,985.10	$1,608,229.35
46 Comercio al por menor	$302,317.11	$18,724,765.95	$22,719,670.61	$ 22,630,595.03	$1,526,431.48
48-49 Transportes, correos y almacenamiento	$131,575.34	$5,027,085.56	$5,449,034.08	$4,305,689.71	$285,836.09
51 Información en medios masivos		$1,841,094.73	$1,776,435.21	$786,123.63	$6,806.27
52 Servicios financieros y de seguros	$21,372.07	$1,459,407.10	$1,224,314.33	$1,238,053.51	$41,217.56
53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	$56,776.44	$1,329,667.56	$789,375.64	$846,152.08	$21,977.98
54 Servicios profesionales, científicos y técnicos	$28,360.40	$2,147,049.24	$1,461,394.82	$945,902.81	$70,066.87
56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación	$125,529.86	$5,682,770.82	$5,075,477.70	$2,815,940.17	$284,986.72
61 Servicios educativos	$174,944.69	$3,642,084.92	$2,332,396.21	$2,014,859.61	$69,498.58
62 Servicios de salud y de asistencia social	$132,964.81	$2,442,392.75	$1,540,609.05	$1,845,165.33	$40,855.11
71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	$75,782.85	$906,909.48	$923,059.92	$673,349.23	$55,905.38
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	$272,820.72	$8,804,552.10	$8,048,851.53	$7,275,219.08	$352,233.32

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, DENUE, 2020

Tabla 106 Estimación de pérdidas económicas según condición de riesgo por Heladas

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	$12,461.14	$78,920.53	$2,307.62		
21 Minería	$4,739.58	$111,380.03			
22 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	$2,970,318.82	$5,027,283.79	$76,752.42	$15,350.48	
23 Construcción	$4,433,958.25	$5,422,737.15	$43,531.15	$12,437.47	
31-33 Industrias manufactureras	$61,974,140.87	$ 262,583,949.00	$5,963,299.37	$ 3,092,081.16	$ 242,949.23
43 Comercio al por mayor	$8,165,311.53	$25,589,767.07	$490,746.46	$82,776.51	
46 Comercio al por menor	$16,161,818.67	$48,359,940.43	$882,657.99	$488,566.04	$9,447.41
48-49 Transportes, correos y almacenamiento	$4,006,242.37	$10,707,510.76	$140,649.51	$344,818.14	

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
51 Información en medios masivos	$1,949,994.97	$2,440,046.06	$13,612.53	$6,806.27	
52 Servicios financieros y de seguros	$1,740,297.17	$2,230,328.22	$9,159.46	$4,579.73	
53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	$906,591.52	$ 2,104,391.22	$ 18,314.98	$12,820.49	$1,831.50
54 Servicios profesionales, científicos y técnicos	$1,873,454.78	$2,754,295.49	$15,014.33	$10,009.55	
56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación	$5,567,419.05	$8,322,290.64	$74,639.38	$20,356.19	
61 Servicios educativos	$ 2,309,629.44	$5,821,704.09	$53,921.31	$48,529.18	
62 Servicios de salud y de asistencia social	$1,773,854.59	$4,177,620.69	$34,912.55	$15,599.22	
71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	$878,335.62	$1,734,309.08	$14,908.10	$7,454.05	
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	$6,921,704.91	$17,396,483.36	$295,875.99	$135,769.93	$3,842.55

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, DENUE, 2020

Tabla 107 Estimación de pérdidas económicas según condición de riesgo por Inundaciones Pluviales

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	$54,459.78	$10,615.04	$18,922.47	$461.52	
21 Minería	$97,161.31	$18,958.30			
22 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	$6,201,595.88	$491,215.51	$1,135,935.88	$15,350.48	
23 Construcción	$8,556,979.73	$373,124.12	$901,716.61		
31-33 Industrias manufactureras	$231,596,878.50	$45,519,851.86	$17,735,294.05	$110,431.47	
43 Comercio al por mayor	$24,354,032.01	$ 5,297,696.69	$2,956,303.96		
46 Comercio al por menor	$47,722,915.09	$9,747,027.51	$4,128,518.02	$22,943.71	
48-49 Transportes, correos y almacenamiento	$10,494,267.96	$2,726,785.58	$1,674,182.83	$4,537.08	
51 Información en medios masivos	$3,290,829.21	$520,679.29	$493,454.22		
52 Servicios financieros y de seguros	$3,057,732.66	$436,600.87	$300,735.56	$10,686.04	
53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	$2,413,914.38	$326,006.65	$120,878.87	$3,663.00	
54 Servicios profesionales, científicos y técnicos	$3,755,250.85	$512,155.49	$261,916.65	$1,668.26	
56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación	$10,900,741.88	$2,303,642.62	$376,589.59		
61 Servicios educativos	$6,236,299.05	$1,105,985.98	$501,468.18	$3,594.75	
62 Servicios de salud y de asistencia social	$4,477,720.04	$651,453.30	$522,202.59		
71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	$1,926,872.05	$345,371.01	$185,108.92	$27,331.52	
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	$18,454,464.16	$3,254,635.86	$1,515,243.69	$14,089.33	
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	$188,284.72	$15,467,525.62	$4,262,663.57	$841,517.42	$23,055.27

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, DENUE, 2020

Tabla 108 Estimación de pérdidas económicas según condición de riesgo por almacenamiento de sustancias peligrosas

Sector	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza		$16,614.85	$6,922.85		
21 Minería		$54,505.12	$14,218.73		
22 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	$53,726.70	$4,896,804.66	$1,542,723.73	$276,308.73	$7,675.24
23 Construcción	$111,937.23	$7,070,702.00	$1,212,653.38	$18,656.21	
31-33 Industrias manufactureras	$3,953,446.62	$199,880,960.40	$54,994,871.98	$11,705,735.80	$397,553.29
43 Comercio al por mayor	$201,028.67	$20,782,816.83	$6,746,285.63	$1,750,131.94	$614,911.22
46 Comercio al por menor	$547,949.76	$38,406,419.53	$12,582,600.04	$3,286,348.93	$167,354.11
48-49 Transportes, correos y almacenamiento	$204,168.64	$9,006,105.45	$2,096,131.34	$617,042.99	
51 Información en medios masivos	$10,209.40	$2,950,515.95	$530,888.68	$57,853.25	
52 Servicios financieros y de seguros	$4,579.73	$2,407,411.09	$1,231,947.21	$180,136.02	
53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	$23,809.47	$ 1,897,431.94	$419,413.04	$89,743.40	
54 Servicios profesionales, científicos y técnicos	$83,412.95	$3,142,999.82	$837,465.98	$143,470.27	$13,346.07
56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación	$132,315.26	$10,150,955.40	$1,984,728.91	$563,188.03	
61 Servicios educativos	$143,790.16	$4,955,967.50	$1,045,474.29	$212,090.49	$599.13
62 Servicios de salud y de asistencia social	$72,053.56	$3,864,893.39	$1,254,623.28	$199,075.81	$4,456.92
71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	$54,663.04	$1,531,807.37	$436,061.95	$122,991.83	$1,242.34
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	$188,284.72	$15,467,525.62	$4,262,663.57	$841,517.42	$23,055.27

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con base en cálculos propios e INEGI, DENUE, 2020

FASE V

PROPUESTAS DE ESTUDIOS, OBRAS Y ACCIONES

© Foto: Subdirección de Gestión Integral de Riesgos. CEPCM

En este apartado se proponen aquellas acciones prioritarias identificadas en el estudio como prioritarias para la reducción de riesgos y la mitigación de sus efectos adversos, de manera general se plantean para los fenómenos perturbadores más relevantes, con base en la información generada en gabinete y aquella observada en campo, acciones y prácticas para evitar la construcción de riesgos y la mitigación de sus efectos.

A. SISTEMA DIGITAL PARA LA ADMINISTRACIÓN DE EMERGENCIAS

El objetivo final del presente proyecto no es la consolidación del estudio del Atlas de Riesgos, sino el fortalecimiento de la estructura y las capacidades operativas para incidir en el territorio a través de la generación de herramientas de análisis territorial que pongan a disposición de todo el Sistema de Protección Civil, y de toda la estructura normativa del estado, y a través de la apropiación e inmersión de dichos análisis en sus actividades cotidianas fomenten una mejora en la toma de decisiones en materia territorial.

En la Gestión de Riesgos, existen tres niveles de atención operativos para la administración de emergencias y riesgos, los cuáles definen en conjunto las acciones que deben realizarse para presentar una respuesta efectiva ante desastres o siniestros.

En el primer nivel, el Estratégico, se definen las acciones prioritarias a tomar en consideración para la solución de una emergencia determinada a través del análisis de toda la información disponible. Así, este nivel tiene por objetivo principal hacer más eficiente el proceso de toma de decisiones al momento de determinar las necesidades y los recursos que se requerirán en las diversas emergencias. En este sentido, su labor es definir los planes de acción para la solución de la emergencia.

El segundo nivel, el Táctico, se refiere a la supervisión de las acciones ya previamente definidas en el nivel estratégico. Este nivel, está encargado de supervisar la correcta aplicación de protocolos, y coordinar la definición de las acciones que se deben llevar a cabo para que los objetivos establecidos en el nivel estratégico puedan llevarse a cabo.

Por último, el Nivel Operativo ejecuta las instrucciones de los niveles estratégico y táctico en el terreno y establece las necesidades que se presenten en campo, haciendo uso de los recursos designados para la solución de la emergencia.

El Sistema Digital del Atlas de Riesgos es la herramienta tecnológica que permite la cohesión de los tres niveles operativos y establece el marco de actuación durante la gestión de emergencias alineado a los objetivos y principios definidos en el Sistema de Comando de Incidentes, pues de manera general, establece el mecanismo de comunicación y retroalimentación entre los entes operativos y estratégicos para, con insumos territoriales previamente definidos definir el mejor protocolo para la atención de las emergencias o desastres. Garantizar una apropiación de la información de riesgos del estado por los tres niveles es una actividad fundamental para la puesta en marcha de los objetivos del presente proyecto, pues el análisis territorial es una actividad de construcción de capacidades que no puede reducirse solo a la definición cartográfica ni cernirse al nivel estratégico solamente.

La apropiación de la información de riesgos, a través de una interfaz de usuario efectiva y funcional para todas las actividades de planeación en la entidad, es de hecho el objetivo del proyecto, primero dentro del Sistema de Protección Civil, pero también en todas las instancias encaminadas a la planeación y ejecución territorial.

Es ante dicha necesidad, que el proyecto contempla la generación de la plataforma digital como mecanismo de transferencia de capacidades que garantice el manejo de la información del Atlas en las actividades de las diferentes áreas sensibles a la toma de decisiones en materia territorial, consolidando un Sistema de Protección Civil que reduzca la construcción de riesgos.

Objetivos del sistema digital de gestión y administración de riesgos

Un Sistema de Información Geográfico, como lo muestra el diagrama siguiente, es un proceso de construcción de información la cual se compone de 5 elementos interrelacionados y dependientes, cada elemento con sus ventajas y limitantes construye la información necesaria y que alimenta el sistema en su totalidad.

El objetivo del Sistema es enlazar al usuario con el software a través de soluciones y herramientas digitales que reduzcan la brecha existente entre el usuario y el análisis de datos, que es, principalmente donde estos procesos de construcción de información tienen rezagos importantes, los cuales, en la gestión de emergencias reducen la capacidad analítica del sistema para la definición de políticas y acciones encaminadas a la atención y disminución de riesgos.

Ilustración 41 Esquema Sistema de Información Geográfica.

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

Se definieron cinco micrositios dependientes y sincronizados con el Sistema Digital de Gestión y Administración de Riesgos, encaminados a estructurar el Sistema Municipal de Protección Civil y Bomberos y a establecer los mecanismos básicos de construcción, consulta y retroalimentación de información y que se establecen como herramientas digitales para la toma de decisiones efectivas y eficientes para todas las actividades encaminadas a la disminución de riesgos.

Los micrositios se encadenan entre sí para dar cumplimiento a las Fases de la gestión integral de Riesgos, pues la información analítica del territorio permite orientar las prácticas de construcción de riesgos para reducirlo, o en su defecto fomentan el entorno para operar de manera oportuna ante siniestros o desastres.

Ilustración 42 Esquema Sistema Digital de Gestión y Administración de Riesgos.

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

Cada Micrositio tiene el objetivo de proveer a las autoridades locales, los medios necesarios para integrarse al proceso de análisis de datos en SIG y que se alimenten a su vez, de los insumos necesarios para tomar la mejor decisión territorial en caso de gestión o administración de emergencias.

Micrositio de levantamiento de emergencias e incidentes

El Sistema de Comando de Incidentes, método para la administración de una crisis o emergencia basado en dos principios básicos; estructura jerárquica alineada a un mando común y estructura modular que puede ampliarse o contraerse conforme a las necesidades de la emergencia, es un método efectivo para ir empleando los recursos disponibles para la solución de tareas específicas dentro de la emergencia e identificar las necesidades de recursos.

Ilustración 43 Esquema pasos de atención de emergencias e incidentes.

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

Su objetivo es restaurar de manera eficaz y eficiente la normalidad de las actividades afectadas, minimizando el impacto sobre las personas, el ambiente y los activos, su principal elemento operativo es la comunicación efectiva entre el personal atendiendo la emergencia y el cuerpo estratégico cuyo objetivo será la definición del plan de acción para la reducción de la emergencia.

La evaluación de la situación, fundamental en el SCI es un principio aplicable a la aplicación de levantamiento de emergencias, pues en tiempo real permite a las autoridades estratégicas y tácticas tener un conocimiento de lo que sucede en campo, y que, en unión con la información del Atlas permite la definición de las necesidades para la contención de la emergencia reportada.

Ilustración 44 Esquema pasos de gestión de emergencias e incidentes.

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

El micrositio de levantamiento de emergencias e incidentes tiene por objetivo, a través de una interfaz de usuario sencilla, establecer el primer paso del Sistema de Comando de Incidentes, la evaluación de la situación.

Su objetivo es dar respuesta a los cuestionamientos básicos para poder establecer criterios para el manejo y atención de las emergencias:

- ¿Cuál es la naturaleza del incidente?
- ¿Qué sucedió?

En tiempo real, el sistema de levantamiento, enlazado al de supervisión y análisis de reportes les permite a los usuarios conocer que está ocurriendo y le permite al usuario supervisor tomar decisiones y reportar a su superior el estado de la situación, para establecer un plan de acción, en caso necesario para el cierre de la emergencia.
El sistema funciona a través de una estructura tabular de archivos la cual esta enlazada al sistema digital del Atlas y que es actualizable en tiempo real, dicha estructura tabular se construyó a partir del formulario de reportes existente actualmente en la dirección para el levantamiento de reportes.

La retroalimentación del sistema tuvo por objetivo editar la estructura de archivos para modificar los campos, valores y atributos que se solicitan en la aplicación de levantamiento móvil, dicha aplicación puede ser accedida mediante el navegador en cualquier dispositivo móvil y tiene la capacidad de trabajar fuera de línea, garantizando la integridad de la información levantada por el personal operativo.

https://solucionessig.com.mx/EMERGENCIAS_MORELOS/Index.html

El micrositio permite la geolocalización en tiempo real, basada en el gps del teléfono celular para la identificación clara y precisa del siniestro o emergencia, pero permite, a su vez la ubicación manual o por direcciones de lo que se pretende registrar, lo que le permite al sistema digital georreferenciar en el portal de supervisión y en el sistema maestro en automático la ubicación exacta de la información reportada por el cuerpo operativo.

La información levantada a través del micrositio funciona con un formulario previamente definido y con variables definidas en formato y extensión, lo que le permite al sistema leer los archivos con claridad y presentar reportes geoestadísticos de información que así es requerida su construcción.

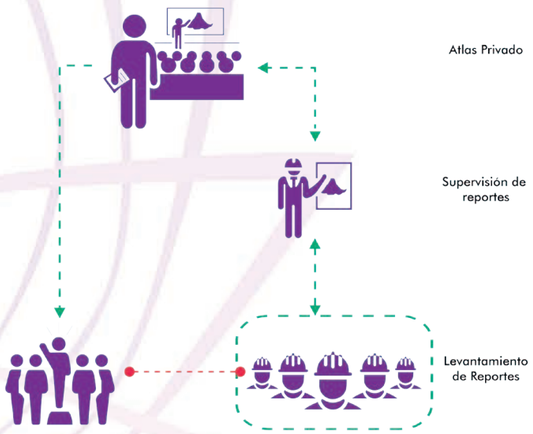
Toda la información levantada en el sistema móvil se encuentra enlazada en tiempo real con el sistema digital y los otros micrositios, los cuales pueden alimentarse de dicha información.

Ilustración 45 Tablero de control de emergencias e incidentes.

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

El flujo de información en tiempo real entre el personal operativo y el personal táctico-estratégico permite la definición de mejores tomas de decisiones en materia de atención de emergencias, pues al conocer la naturaleza de la situación, es posible ir definiendo las mejores alternativas para su tratamiento y atención, principalmente si consideramos la ubicación del incidente como un elemento clave para la definición de los posibles escenarios sucesivos.

Ilustración 46 Esquema levantamiento de emergencias e incidentes.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

El micrositio de levantamiento de emergencias e incidentes entonces establece el marco de acción en materia de identificación y reconocimiento de incidentes, los cuáles de manera inmediata se sincronizan con el micrositio de supervisión y análisis y que establece, de manera gráfica y directa las necesidades en materia de personal y recursos para poder atender la emergencia.

Con el incidente sincronizado a los demás micrositios y al sistema en general, es posible proceder al siguiente proceso del Sistema de Comando de Incidentes y que se entrelaza con el micrositio de supervisión y análisis de reportes e incidentes, la evaluación de riesgos.

Micrositio de supervisión y análisis de reportes e incidentes

El micrositio de supervisión y análisis de reportes e incidentes, montado en un tablero de control o dashboard tiene la capacidad de mostrar todos los reportes de incidencias que se estén levantando en tiempo real a través de los dispositivos móviles para poder monitorear activos, eventos o actividades de un solo vistazo.

Continuando con el flujo de información y el análisis de riesgos en caso de emergencias o desastres, a través del micrositio de supervisión y análisis de reportes e incidentes es posible tomar mejores decisiones en materia de respuesta oportuna, el objetivo es dotar de elementos geoespaciales para dar respuesta a los cuestionamientos:

- ¿Qué amenazas existen?
- ¿De qué tamaño es el área afectada?
- ¿Cómo se podría aislar el área?

El Micrositio de supervisión y análisis de reportes en tiempo real da la ubicación y los datos establecidos en el formulario de levantamiento de datos. Su primera presentación, de tablero de control (Dashboard) tiene por objetivo identificar de manera clara la naturaleza y magnitud del incidente.

Un dashboard es una herramienta de gestión de la información que monitoriza, analiza y muestra de manera visual los indicadores clave de desempeño, métricas y datos fundamentales para hacer un seguimiento del estado de un proceso específico.

Podemos pensar en el dashboard como una especie de "resumen" que recopila datos de diferentes fuentes en un solo sitio y los presenta de manera digerible para que lo más importante salte a la vista. Estas son algunas de las características que debe tener este centro de control:

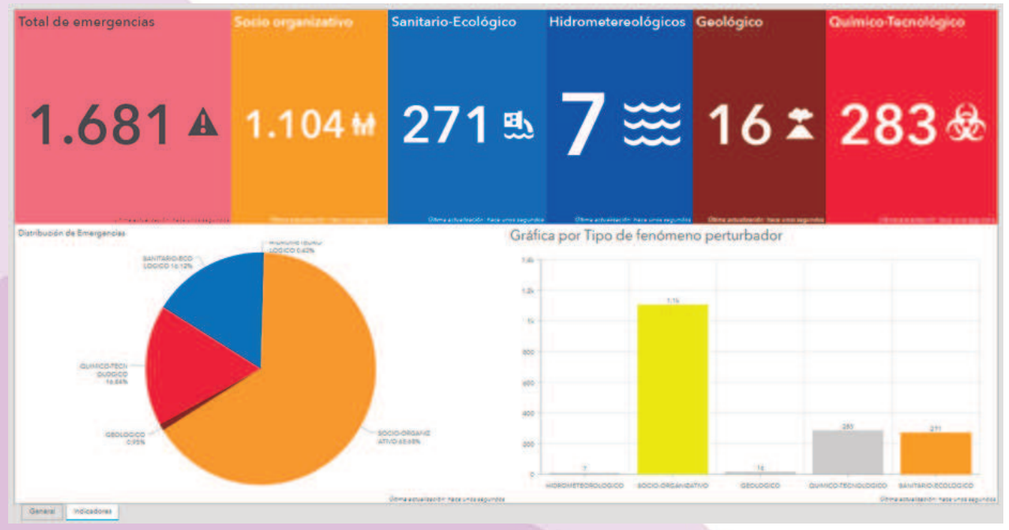
Personalizado. Un dashboard debe contener únicamente los datos que sean relevantes para el usuario.

Visual. La idea de un dashboard es que podamos obtener la información que buscamos a golpe de vista.

Práctico. La función principal de un dashboard siempre debe ser orientar las acciones de nuestro equipo.

En tiempo real. La naturaleza de las actividades de manejo de emergencias es sensible y debe ser oportuna, por lo que la información debería estar actualizada al momento en todas las fuentes y mostrarse en el dashboard en tiempo real.

Ilustración 47 Ventana de visualización de reportes de emergencias e incidentes, ejemplo de gráficos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

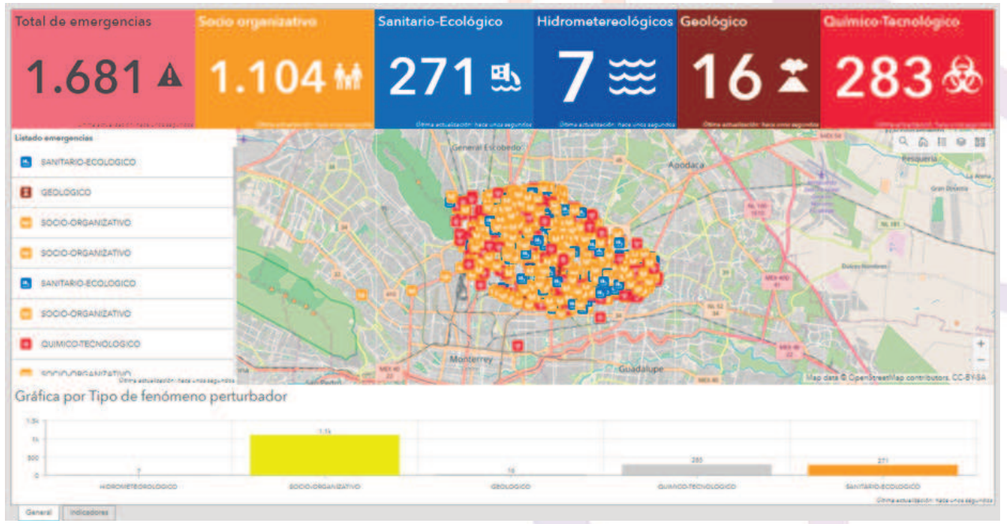
El portal de visualización de datos en tiempo real nos arroja el resumen de las incidencias en el estado de forma clara y contundente, presentando la cantidad de fenómenos y la magnitud a través de la suma de muertos y lesionados de todos los incidentes reportados en el sistema.

Esta primera visualización de la información nos permite identificar de manera visual el estado de los incidentes y emergencias en el estado, la población lesionada y fallecida víctima de los diferentes incidentes en el estado.

La ventana de visualización de reportes nos muestra todos los incidentes georreferenciados y con la información predefinida en el formulario de levantamiento de reportes. El módulo de levantamiento de reportes tiene 5 elementos principales:

a) Últimos 25 eventos
b) Simbologia
c) Controles básicos del Mapa

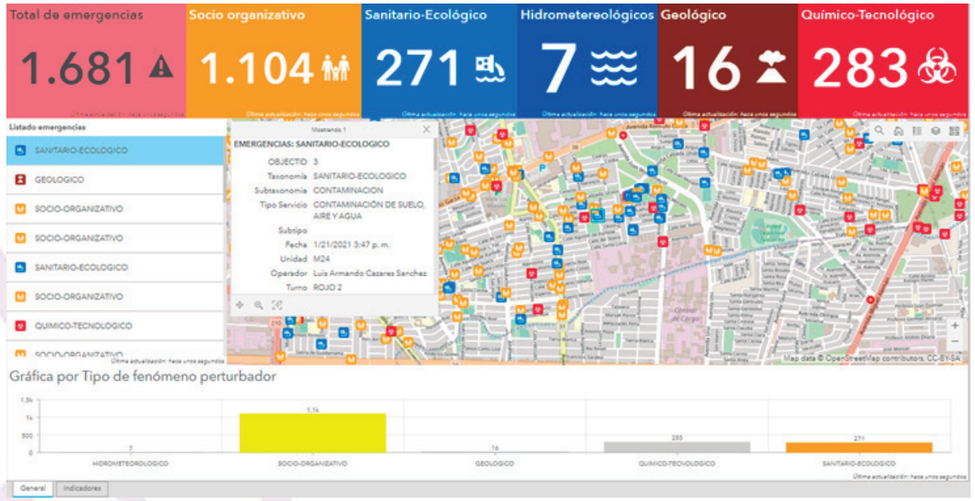
Ilustración 48 Ventana de visualización de reportes de emergencias e incidentes



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

La pestaña de últimos 25 eventos nos permite visualizar los datos de cada una de las incidencias reportadas, y particularmente los datos del último punto registrado, al darle clic al último punto, nos lleva a la ubicación exacta del fenómeno y nos permite visualizar los datos levantados por el personal.

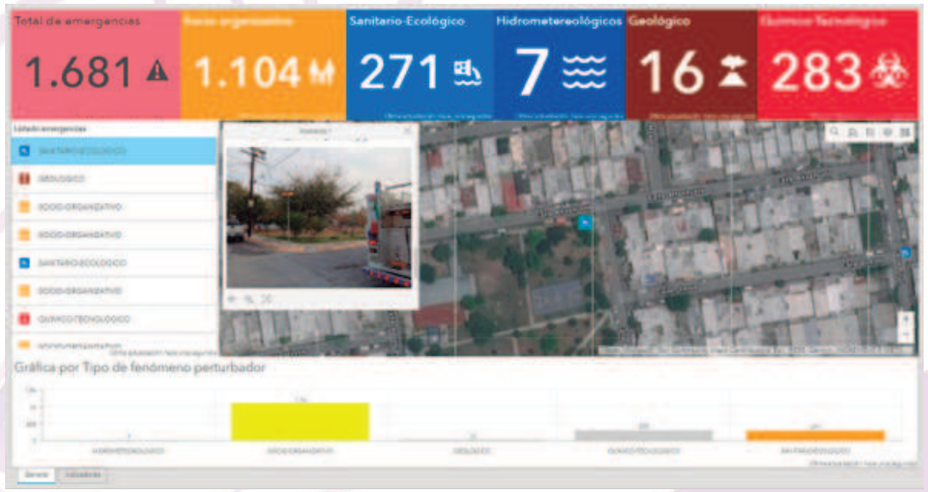
Ilustración 49 Ventana de visualización de reportes de emergencias e incidentes, ejemplo de ubicación



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

A través de la opción de cambiar el mapa base podemos identificar, con una imagen de google Earth y apoyados con el material fotográfico del personal la magnitud del incidente.

Ilustración 50 Ventana de visualización de reportes de emergencias e incidentes, ejemplo de ubicación nivel de calle



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

Es en este reconocimiento y evaluación de la situación donde se define la necesidad operativa para lograr el cierre de la emergencia, a través de la designación o solicitud del movimiento de recursos, a este proceso de asignación se le conoce como oportunidad y pertinencia de los recursos y es fundamental para poder definir con claridad las necesidades para poder atender la emergencia dada sus magnitudes y posible encadenamiento.

Ilustración 51 Símbolos de reportes de emergencias e incidentes

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

El supervisor de los reportes, quien funge como guía táctica-operativa tiene la oportunidad de cruzar la información con capas de datos preseleccionadas y reportar a sus superiores el estatus de la situación y amenazas presentes en el sitio del incidente, como pueden ser redes de infraestructura estratégica, datos de vulnerabilidad, o capas relacionadas a fenómenos perturbadores.

El supervisor, con base en la información reportada en el sistema, tiene la responsabilidad de determinar si el incidente amerita otro tipo de análisis, los cuales se llevarán a cabo en la plataforma del Atlas de Riesgos Privado o si la información definida actualmente por el personal operativo es suficiente, para dar por atendida la emergencia.

Ilustración 52 Ventana de visualización de reportes de emergencias e incidentes, información en atlas digital de riesgos

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

La escalada de la información hacia el sistema de igual manera tiene que ver con el alcance de control dentro del Sistema de Comando de Incidentes, pues en medida en que se va ampliando la magnitud de la emergencia, de igual manera se va ampliando la administración modular de los recursos disponibles para la atención de la emergencia.

Una vez concluida la evaluación de los reportes y del riesgo, y ante la necesidad de definir elementos para la toma de decisiones en campo, se estructura, a través del Atlas Privado, el proceso de análisis de riesgos el cual, de manera integral identifica los elementos necesarios para la definición del Plan de Acción del incidente (PAI).

El Plan de Acción describe la totalidad de objetivos y metas para gestionar la respuesta a la emergencia. Debe identificar los recursos operacionales, y proveer un registro documentado de la asignación de tareas, prioridades, recomendaciones de seguridad y medio ambiente y de otra información que se considere relevante para la respuesta.

El Plan de Acción permite que todas las actividades de respuesta, para un período de tiempo determinado, sean conocidas por los participantes directos de la respuesta, asegurando de esta manera que la totalidad de la organización trabaja coordinadamente hacia la consecución de los objetivos propuestos por el Comando del Incidente.

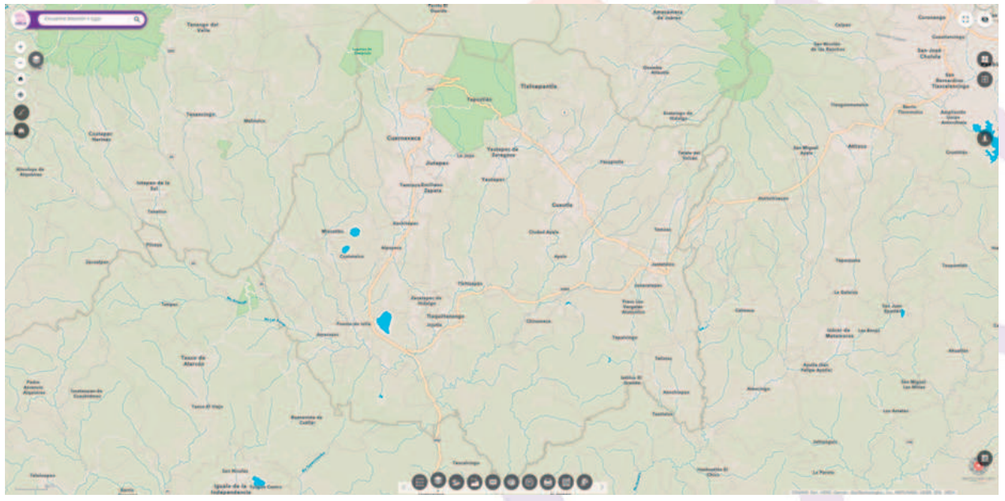
Micrositio "Atlas de riesgos privado"

El Micrositio "Atlas de Riesgos privado" es un sistema Integral, el cual administra y procesa la información geoespacial para realizar análisis de riesgos ante desastres, presentando los resultados en forma de cartografía digital e información estadística al momento de ser requerida por el usuario.

La plataforma digital se alberga en Servidores Web, cuya información y aplicaciones se acceden por medio de servicios web SIG. Un servicio es una aplicación almacenada con una ubicación física y lógica a la espera de ser utilizada para el intercambio de datos mediante el uso de alguna aplicación cliente.

La plataforma proporciona un rango de aplicaciones y servicios al usuario final para el manejo de mapas, análisis, almacenamiento de datos, edición y administración de información espacial, basada en la arquitectura cliente-servidor.

Ilustración 53 Visualización de reportes de emergencias e incidentes en atlas digital de riesgos.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

Dentro de las herramientas con que cuenta este Sistema de Información Geográfica, se contemplan diversos niveles de herramientas necesarios para la generación de información estratégica en tiempo real.

- Herramientas generales de navegación
- Herramientas básicas

Zoom in: Permite definir un área dentro del mapa tranzando un rectángulo y acercar la imagen interna de la región dibujada.

Zoom out: Permite definir un área dentro del mapa trazando un rectángulo y alejar la imagen externa de la región dibujada.

Full Extent: Coloca el mapa en una escala predefinida, permitiendo realizar Zoom in y Zoom out en un solo clic.

Paneo: Permite navegar hacia diferentes áreas del mapa, sin afectar la escala actual.

Sobre vista de mapa: Permite visualizar la extensión actual del mapa en el contexto de un área más grande y se actualiza cada vez que se cambia la extensión del mapa.

Marcadores de mapa: Permite almacenar un conjunto de extensiones de vista de mapa (es decir, marcadores espaciales) que se muestran en la aplicación.

- Leyenda: Permite mostrar etiquetas y símbolos para las capas del mapa.

Visualización de información geográfica.
Deberá permitir al usuario visualizar elementos geográficos ligados a sus atributos.
Tabla de contenido:

Mostrará las capas cargadas en el mapa, las cuales deberán tener las siguientes propiedades:

- Activas y desactivar el despliegue.
- Simbología.
- Transparencia.

- Tooltip:
  Se utilizará para desplegar los atributos asociados al elemento geográfico, capas, siniestros o cualquier punto, el toolltip muestra la tabla de atributos construida y los datos en cada elemento geométrico.

- Tabla de atributos:
  Cada elemento geográfico deberá estar dinámicamente vinculado a sus atributos, los atributos serán obtenidos de la base de datos asociada al elemento.

- Mapa base:
  Permitir utilizar capas de mapa base como marco de trabajo en el que se pueda visualizar la información dinámica permitiendo alto rendimiento en el despliegue, estos mapas están en la web y son actualizados por la plataforma ESRI.

- Botón de ubícame:
  Permite al usuario ubicarse en el mapa tomando como base su georeferencia actual basada en GPS o triangulación de la ubicación del dispositivo dónde esté visualizando la plataforma.

- Búsqueda de direcciones:
  La herramienta permite al usuario realizar consulta o búsqueda de direcciones a través de introducir la ubicación que requiere mediante la captura de la dirección o algún sitio de interés.

- Medición:
  Debe permitir realizar mediciones en los distintos tipos de métricas y sistemas de unidades, las mediciones pueden ser de tipo lineal o área, permitiendo al usuario generar posibles escenarios de estudio.

- Herramientas Estratégicas para manejo de información.
- Análisis de sistemas expuestos.

La herramienta de generación de análisis espaciales tiene como objetivo automatizar los procesos de respuesta ante eventualidades de emergencias generadas por riesgos, analizando, consultando información de diferentes fuentes de información como lo son sistemas expuestos, DENUE, todas las distintas capas que se tengan y deseen ser utilizadas, mostrarlo de manera de resumen pudiendo personalizar los conceptos, variables, operaciones aritméticas, etc.

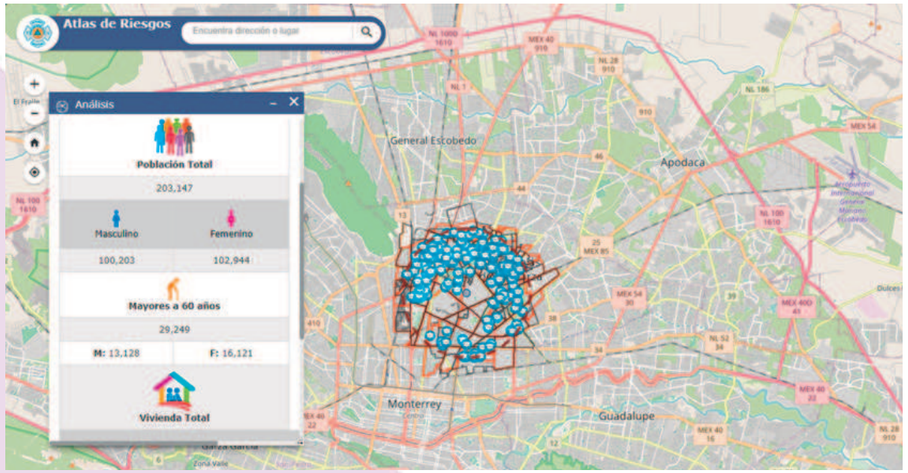
Para satisfacer las necesidades del usuario se requiere generar análisis predefinidos (mediante una herramienta de administración de usuario), análisis en tiempo de ejecución que pueden ser definidos por el usuario según sus necesidades al momento de utilizar la aplicación.

Los análisis pueden ser realizados tomando como referencia las emergencias reportadas y registradas por el sistema y a una distancia predefinida o establecida a partir del trazo de una línea, un punto o un polígono.

Estos análisis nos van a arrojar los sistemas expuestos (Población, Vivienda, Escuelas, Hospitales, Centros de Salud, Localidades) a un radio de influencia predefinido o variable, dependiendo la magnitud del incidente y nos va a permitir reconocer los elementos expuestos y en potencial afectación en caso de emergencia o desastres.

- Consulta de información de sistemas expuestos
  El aplicativo podrá mostrar información relacionada al sistema expuesto que se esté desplegando sobre el mapa, esta información será mostrada en un recuadro llamado MapTip, con la finalidad de poder identificar el elemento que sea del interés para el usuario.

Ilustración 54 Sistema expuestos en atlas digital de riesgos.



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

– Módulo de Análisis de exposición a escenarios de riesgos químicos
El personal de protección civil y de emergencias tiene la tarea de identificar distancias y zonas seguras a la hora de planificar acciones y atención. Por ejemplo, en caso de explosión en una ubicación susceptible de ser atacada, el personal debe estar preparado y saber mejor qué perímetros configurar y qué áreas evacuar.

La herramienta de generación de escenarios permitirá al usuario generar análisis de sistemas expuestos que está compuesto por (Escuelas, Hospitales, Centros de Salud, Viviendas, Población) para obtener de la pluma de afectación generada a través de esta herramienta datos clave que nos permitan una rápida toma de decisiones en caso de este tipo de eventualidades.

La herramienta de generación de escenarios permitirá mostrar los resultados de la ejecución de la herramienta dentro de la plataforma geográfica como capa de información geográfica en manera gráfica y siendo tematizada por un semáforo de color rojo a verde, siendo el color rojo la zona de más afectación y riesgo ante la eventualidad registrada, de igual manera podrá poder controlar la información de sistemas expuestos retornada del análisis de exposición como capas de información geográfica.

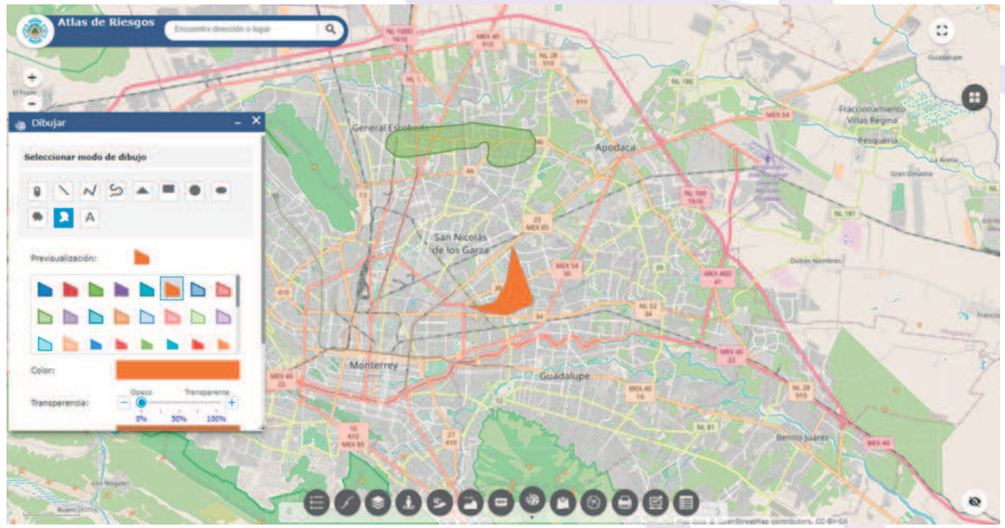
La herramienta de generación de escenarios permitirá al usuario configurar información relacionada a la situación del viento para una correcta generación de la pluma de afectación, dicha información puede ser introducida manualmente o puede ser obtenida de las estaciones metereológicas en caso de haya alguna cercana a la ubicación del evento.

– Dibujo:
Herramienta que permita hacer anotaciones gráficas y descriptivas en el área del mapa, estos pueden ser del tipo:

a) Punto.
b) Línea
c) Polígno.
d) Círculo

Estas anotaciones en el mapa pueden definirse para la identificación de las instalaciones del SCI o la identificación de las zonas seguras para ingreso a la zona afectada

Ilustración 55 Generación de polígonos en atlas digital de riesgos.



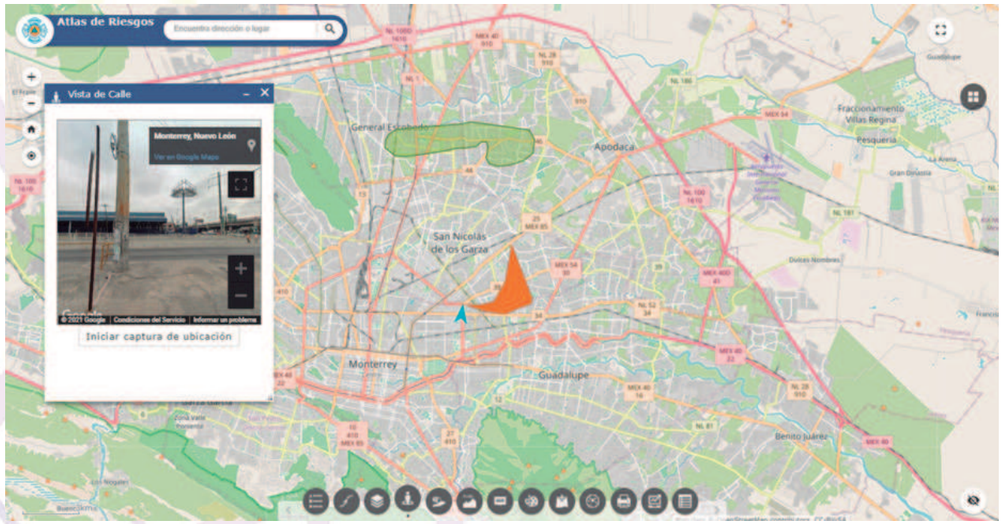
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

Es importante homologar los dibujos para que exista cierta lógica en el uso de la herramienta de dibujo con aquella simbología empleada dentro del SCI.

– Vista de calle (StreetView):
Herramienta que permite mirar las fotografías que se encuentren a tu alrededor de dónde te encuentres ubicado en el mapa. La herramienta de Vista de calle es importantísima para reconocer previo a la asignación de recursos las condiciones del terreno en las cuales está sucediendo la emergencia.

Ante la necesidad de una respuesta operativa efectiva, la vista de calle es fundamental para hacer un reconocimiento previo de la zona y alimentar al personal operativo con elementos para la toma de decisiones efectiva en terreno.

Ilustración 56 Generación de polígonos y vista de calle en atlas digital de riesgos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

– Imprimir:
Permite que se imprima el mapa actual, asignando un nombre y extend, con las anotaciones actuales, para ser compartido al personal operativo o táctico y que dé cumplimiento con la retroalimentación de la información generada por el personal operativo hacia ellos, dándoles elementos para poder operar con efectividad.

– Conectividad con Servicios en tiempo real
Otra de las ventajas de la herramienta digital es la conectividad servicios en tiempo real de instituciones académicas e instancias gubernamentales como lo son: Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED, Servicio Sismológico Nacional UNAM, WebCam de México, Servicio Meteorológico Nacional SMN y La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica del Gobierno de los Estados Unidos NOAA.

a) Pronóstico de lluvias SMN.
b) Dirección y velocidad del viento NOAA.
c) Trayectoria de huracanes NOAA.
d) Actividad sísmica reciente SSN.

La capacidad del Sistema de dar solución a las necesidades de análisis de riesgo se sustenta en su capacidad de realizar análisis espaciales basados en herramientas de consulta geoespacial dinámicos e independientes de la información construida, es por ello que el sistema puede bien dar respuesta en caso de emergencias a nociones fundamentales para tomar mejores decisiones en materia de gestión y administración de emergencias.

- Tipo de incidente y su escalamiento (estudio alcance de consecuencias).
- Tamaño del área afectada.
- Topografía.
- Localización del incidente con relación a las vías de acceso y áreas disponibles alrededor.
- Condiciones atmosféricas.
- Población, bienes y sistemas expuestos.
- Posible ingreso y egreso de vehículos.

Sin embargo, es necesario definir que las aplicaciones del Sistema no se limitan a la operación de emergencias, sino a todas las actividades dentro del Sistema Municipal de Protección Civil, pues su alcance dentro del Sistema de Información Geográfica le permite analizar datos territoriales a través de las necesidades de los usuarios y considerando la presencia de la información de todos los componentes del riesgo.

Ilustración 57 Esquema de operación de emergencias en un Sistema de Información Geográfica

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

Micrositio “Atlas de riesgos público”

El Riesgo, como concepto, es una forma de aprehender el proceso de apropiación territorial de un lugar determinado, funcional y con un proceso histórico definido por sus autoridades y su población. El riesgo es un proceso de construcción social, en el cual intervienen en peso tan importante la amenaza como la percepción de la población, pues es la población y su aproximación a su entorno la que va a definir su grado de exposición a los fenómenos naturales.

El micrositio del atlas público de riesgos tiene por objetivo dar a la población, una herramienta digital de consulta de los peligros a los que se encuentran expuestos, eliminando por completo la brecha existente entre la población local y las autoridades técnico-científicas en la materia, cumpliendo con los procesos de corresponsabilidad y transferencia del riesgo a la población local y que, en última instancia es el objetivo del sistema de protección civil.

Reconocer nuestra propia exposición es una labor clave para poder participar en la gestión integral de riesgos, el Atlas Público tiene por objetivo proveer de una plataforma para que cualquier ciudadano sea capaz de reconocer aquellos fenómenos a los que se encuentra expuesto y participar de la reducción de riesgos.

B. RECOMENDACIONES GENERALES

Fortalecer la Gestión Integral de Riesgos:

- Aumentar la capacitación de todo el personal en temas de la Gestión Integral del Riesgo, Análisis de peligros geológicos, hidrometeorológicos y antropogénicos, Manejo de Sistemas de Información Geográfica enfocado al análisis de los distintos fenómenos que repercuten dentro del estado, esto mediante las convocatorias públicas o petición de cursos ante instancias como la Coordinación Estatal de Protección Civil, Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Escuela Nacional de Protección Civil (ENAPROC).

- Elaborar sistemas de comunicación de alerta temprana para la población en general, de fenómenos hidrometeorológicos mediante los medios de comunicación disponible con información actualizada diariamente, sea generada por personal de la Coordinación de Protección Civil; así como de boletines informativos generados por instancias oficiales como Comisión Nacional del Agua a través del Servicio Meteorológico Nacional.

- Elaborar planes de contingencia en las áreas críticas y de riesgo para la población vulnerable, tomando en cuenta, específicamente a la población de las localidades con nivel Medio a Alto riesgo, en una coordinación con las distintas dependencias a nivel municipal en la atención de emergencias disponibles, para mayor eficacia en la atención, ante los distintos fenómenos perturbadores que afectan a la población en general.

- Elaboración de campañas de capacitación con personal técnico, dirigida a la población en general sobre temas de los distintos fenómenos geológicos, hidrometeorológicos y antropogénicos, que permita a la población implementar procedimientos en caso de verse afectador por fenómenos perturbadores, que dará como resultado aumentar la capacidad.

- Implementación de simulacros de evacuación en caso de contingencia (sismo, incendio, inundación, etc.) en escuelas, estancias infantiles, oficinas gubernamentales, hospitales, clínicas, centros de salud y lugares de concentración masivos; así como elaboración en conjunto con las instancias municipales correspondientes en la atención a la población de formatos de evaluación para atención los fenómeno perturbador que tienen mayor incidencia, para homogeneizar en la respuesta que se tiene hacia la población.

- Fortalecimiento de la Coordinación de Protección Civil estatal, con: equipos de cómputo, internet, sistemas de información geográfica para análisis de peligros, radio, camionetas, ambulancias, uniformes completos, botas, cascos, linternas equipamiento y herramientas de trabajo, plantas de luz, extensiones, sogas, etc, para una adecuada y pronta respuesta a la población.

Fortalecer la regulación de Uso de Suelo:

- Integración de los hallazgos del Atlas de Peligros y Riesgos estatal a los Planes de Desarrollo Urbano vigentes en el territorio.

- Mediante la implementación y/o actualización de políticas públicas, controlar y restringir asentamientos irregulares mal diseñados, contener la acelerada dispersión urbana; así como evitar el desplante de nuevos asentamientos humanos y actividades como la minería en zonas catalogadas como en Áreas de Uso Sustentable Estatal (Cerro El Culiacán y Gavia) para garantizar un uso sustentable del suelo.

Recursos Hídricos

- Impulsar el uso eficiente y sustentable del recurso hídrico en todas las actividades productivas actualizando periódicamente la disponibilidad total de agua.

- Implementar una gestión coordinada con las instancias competentes al tema tanto de orden municipal, estatal y federal; así como privadas, derivado que en la elaboración del presente documento en los análisis realizados para conocer la evolución que ha registrado los distintos acuíferos del estado, existen diferencias entre los datos recopilados de pozos.

• Realizar un censo actualizado del total de los pozos de agua existente dentro del estado; así como la implementación de políticas públicas ante la concesión de nuevos pozos a realizar, esto permitirá conocer de manera adecuada el nivel estático, nivel dinámico, caudal extraído y el uso empleado (consumo humano, industrial, de riesgo, etc).

C. PLANTEAMIENTO DE PROPUESTAS

La finalidad de los trabajos de mitigación es controlar y anticipar la amenaza activa que representa el riesgo para propiedades y personas. Hay muchas labores de mitigación de fenómenos naturales, en este apartado se definirán y mencionarán algunas ventajas y desventajas de las principales obras de mitigación detectadas.

Tabla 109. Lista de Obras de mitigación por tipo de fenómenos

Fenómenos	Lista de Obras Avaladas por la SEDATU
Geológicas	• Estabilización de taludes y laderas
	• Estabilización de laderas
	• Identificación de zonas de rocas inestables
	• Tratamiento de grietas u oquedades
	• Muros de contención
	• Reconstrucción
	• Rehabilitación
	• Remoción o traslados
Hidráulicas	• Presas de gavión
	• Bordos
	• Construcción, ampliación de drenaje pluvial y sanitario
	• Pozos de absorción
	• Canales de desvío
	• Muros de contención
	• Reconstrucción
	• Rehabilitación de obras de mitigación
	• Desazolve
	• Limpieza del terreno
Ecológicas	• Reforestación con fines de prevención
	• Terrazas naturales
	• Barreras de árboles
Otras	•Plataformas para viviendas
	•Construcción de bermas o rellenos de contrapeso
	•Construcción de trincheras estabilizantes, zanjas de infiltración
	•Construcción de diques trasversales, embalses de regulación o reservorios

Fuente. Catálogo de obras SEDATU, ejercicio fiscal, 2018

Una labor fundamental, en general, es la estabilización de deslizamientos potencialmente inestables o en actividad para poder controlar y proteger a la población. Tanto estabilizar deslizamientos de ladera como controlar o proteger a la población de la caída de roca es una labor compleja relativamente ya que necesita metodologías especiales de construcción y diseño. Estas metodologías en general se basan en la implementación de estructuras que detengan el movimiento de las masas.

En primer lugar, hay que diseñar estructuras que controlen la caída de bloques de roca y ello requiere analizar la dinámica de rocas para obtener conocimiento sobre las fuerzas de impacto y la distancia a la que deben ponerse las mallas de retención o los muros de contención.

En segundo lugar, para proceder a estabilizar la ladera se debe determinar la combinación de sistemas de estabilización más adecuados teniendo en cuenta las especificidades del talud que se estudie: esto incluye el detallado diseño del sistema que se va a utilizar, los planos y diversas especificaciones.

Los procedimientos para estabilizar taludes tienen el objetivo de disminuir las fuerzas actuantes e incrementar las fuerzas resistentes y, si es posible, combinar los dos efectos.

Hay varias maneras de lograr la reducción de las fuerzas actuantes: se puede excavar la materia de una parte del talud que sea apropiada o también es posible elaborar un sistema de drenaje para disminuir la presión hidrostática. Del mismo modo, las fuerzas resistentes pueden elevarse mediante la instalación de drenaje que incremente la resistencia o mediante la eliminación de las zonas de falla potencial o zonas debilitadas, también se puede elevar las fuerzas resistentes reforzando el suelo o construyendo estructuras de contención.

Uso de contrapesos

Para contrarrestar las fuerzas actuantes en un talud se utilizan contrapesos. Esta técnica se basa en la implementación de pesos de gran calado en la parte inferior del deslizamiento o talud. Cuando a la base de un deslizamiento de rotación se le coloca carga adicional se genera fricción y movimiento resistente contrario al movimiento de deslizamiento lo que produce el incremento de seguridad deseado.

El sistema de contrapeso tiene por objetivo hacer que el círculo crítico de la parte baja de un talud se alargue. Para ello, se debe saber el peso que se necesitará para lograr un determinado factor de seguridad.

Para elaborar contrapesos se usan diversos materiales, entre ellos están las estructuras de suelo reforzado, el enrocado o los rellenos de materiales. Asimismo, los contrapesos se complementan a veces con más sistemas de estabilización como los son los sistemas de subdrenaje y las estructuras de contención.

Bermas Bajas o Contrabermas

Un terraplén de baja altura junto al terraplén principal es una berma, éstas sirven de contrapeso cuando aumentan la longitud de la superficie de la falla. Bermas y contrabermas se utilizan para poner carga al pie de un terraplén sobre suelo blando para incrementar la resistencia bajo pie. De acuerdo con el estudio de estabilidad se colocan las bermas donde se pueda levantar al ocurrir un deslizamiento. Las contrabermas se diseñan de manera que sean estables por sí mismas y eficaces al garantizar la estabilidad del terraplén principal. Las contrabermas crean contrapesos en el círculo crítico de falla que incrementan su profundidad y longitud.

Tabla 110 Métodos de estabilización de talud conforme su topografía

Método	Ventajas	Desventajas
Remoción de materiales de la cabeza del talud	Muy efectivo en la estabilización de los deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes, las masas que se van a remover tendrían una gran magnitud.
Abatimiento de la pendiente	Efectivo, especialmente en los suelos friccionantes.	No es viable económicamente, en los taludes de gran altura.
Terraceo de la superficie	Además de darle estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.
Colocación de bermas o contrapesos	Contrarrestan el momento de las fuerzas actuantes y además, actúan como estructura de contención.	Se requiere una cimentación con suficiente capacidad de soporte.

Fuente: Suarez, 2009

Tabla 111 Métodos de estabilización de talud conforme su topografía

Métodos de estabilización de talud conforme su topografía		
Método	Ventajas	Desventajas
Remoción de materiales de la cabeza del talud	Muy efectivo en la estabilización de los deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes, las masas que se van a remover tendrían una gran magnitud.
Abatimiento de la pendiente	Efectivo, especialmente en los suelos friccionantes.	No es viable económicamente, en los taludes de gran altura.
Terraceo de la superficie	Además de darle estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.
Colocación de bermas o contrapesos	Contrarrestan el momento de las fuerzas actuantes y además, actúan como estructura de contención.	Se requiere una cimentación con suficiente capacidad de soporte.

Fuente: Suarez, 2009

Estructuras de contención

Una estructura de contención de tierra tiene la finalidad de poner fuerzas adicionales que sean capaces de resistir movimiento. Su objeto es poner fuerzas externas para aumentar las fuerzas resistentes y no disminuir las fuerzas actuantes. Si el peso de la estructura es un factor importante, o si las estructuras son ancladas, se habla de estructuras de contención masivas En éstas la fuerza pasa al suelo profundo mediante una varilla o cable de acero. Cada tipo estructural posee un sistema diferente de trabajo y se diseña en consonancia con su particular comportamiento.

Con el objetivo de remediar deslizamientos se pueden enumerar los siguientes sistemas de contención:
Estructuras de gravedad: constituidos por muros que funcionan como contrafuerte o peso en el la parte baja pueden estar hechos de concreto ciclópeo, simple, criba, gaviones, muros MSE (mechanically stabilized earth), enrocado y mampostería. Estos muros son flexibles o rígidos según el material de construcción, su peso es determinante y son muy eficaces.

Muros en Voladizo: Estas estructuras tienen estribos o contrafuertes, se elaboran de concreto armado y son delgadas. Además del peso del concreto se pone relleno de tierra en su cimentación para incrementar el peso del sistema muro-suelo. Es posible, también, poner espolones o llaves debajo de los cimientos que las condiciones de estabilidad de la estructura mejoren.
Estructuras ancladas: Se perforan inclusiones de acero al interior del suelo y se inyectan para constituir bulbos de anclaje (anclajes postensados). También pueden cementarse a todo su largo (anclajes pasivos).

Se complementan, en general, con muro o pantalla en la superficie del terreno en el que sus anclas se apoyan.

Estructuras enterradas: Se componen de pilotes o pilas y tablestacas que se ponen por debajo de la superficie de una falla. Estas estructuras transfieren cargas a los materiales componentes más profundos e incrementan la resistencia al cortante en la superficie del deslizamiento. Es importante decir que se debe complementar con sistemas de subdrenaje que disminuyan las presiones sobre los muros abatiendo los niveles de agua en el suelo tras las paredes. Para elegir la estructura se tiene que reflexionar sobre costos, disponibilidad de materiales para construcción y comportamiento de la estructura.

Tabla 112 Métodos de estructuras de contención

Método	Ventajas	Desventajas
Muros en bloques de roca	Efectivos en los deslizamientos no muy grandes, especialmente en los rotacionales que actúan como contrapeso. Son flexibles y permeables.	Se requiere una cimentación competente para colocar el relleno del enrocado. Se necesitan grandes volúmenes de roca.

Método	Ventajas	Desventajas
Muros en Gaviones	Son flexibles y se acomodan a los movimientos. Son permeables.	Actúan por gravedad y comúnmente se requiere que tengan un gran volumen.
Muros MSE (Tierra con refuerzo)	Utilizan el suelo del sitio. El refuerzo ayuda a la estabilidad interna.	Son muy vulnerables a los movimientos. Requieren de un sistema de drenaje.
Muros de concreto	Poseen buena resistencia interna. Útiles para estabilizar movimientos relativamente pequeños. Son rígidos.	Se necesita una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en los taludes de gran altura.
Pilas, Pilotes o tablestacas	No requieren gran espacio. Se pueden cimentar a gran profundidad. Son efectivos en movimientos poco profundos. Su construcción es rápida.	No son efectivos en los deslizamientos profundos o cuando aparece la roca o el suelo muy duro debajo de la superficie de falla. Poco efectivos en los deslizamientos rotacionales.
Anclajes o pernos	Efectivos en la roca, especialmente, cuando es estratificada.	Se requieren equipos especiales y que son costosos, por lo general.
Pantallas ancladas o claveteadas	Útiles como estructuras de contención de masas, de tamaño pequeño a mediano. Son muy efectivas cuando hay roca para el anclaje.	Existen algunas incertidumbres sobre su efectividad cuando hay aguas subterráneas. Generalmente son costosas.

Fuente: Suarez, 2009

Drenaje y subdrenaje

Controlar aguas subterráneas y superficiales es una de las más efectivas técnicas para estabilizar taludes y laderas. El drenaje y el subdrenaje, así, tienen la finalidad de controlar los efectos del agua y disminuir las fuerzas que provocan su movimiento aumentando las fuerzas resistentes. Subdrenaje y drenaje son efectivos para prevenir movimientos y, en general, también son poco costosos, lo que constituye una gran ventaja. Estas obras complementan otros sistemas estabilizantes y son fáciles de construir y diseñar. A continuación, se mencionarán algunas tecnologías de drenaje y subdrenaje aplicado a estabilizar deslizamientos de tierra.

Tabla 113 Métodos de drenaje y subdrenaje

Método	Ventajas	Desventajas
Canales superficiales para el control de escorrentía	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud.	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de energía.
Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos, en suelos saturados subsuperficialmente	Poco efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos o los deslizamientos con nivel freático profundo.
Subdrenes horizontales de penetración	Muy efectivos para interceptar y controlar las aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje	Efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos en las formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas.	Muy costosos y complejos de construir.
Pozos profundos de subdrenaje	Útiles en los deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para las excavaciones no permanentes.	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente.

Fuente: Suarez, 2009

La Bioingeniería y la Vegetación

Cubrir de vegetación una superficie de talud es la mejor protección, pero, por regla general, es muy difícil colocar vegetación en taludes de 45 grados de pendiente y, si la pendiente es de más de 60 grados la vegetación no se puede colocar pues los pastos se desarrollan naturalmente en terrenos planos y no se establecen con facilidad en regiones de pendientes altas.

Tabla 114 Métodos de recubrimiento de la superficie del talud.

Método	Ventajas	Desventajas
Recubrimiento de la superficie del talud.	El recubrimiento ayuda a controlar la erosión.	Se debe garantizar la estabilidad del recubrimiento.
Conformación de la superficie.	Puede mejorar las condiciones del drenaje superficial y facilitar el control de erosión.	Su efecto directo sobre la estabilidad generalmente es limitado.
Sellado de grietas superficiales.	Disminuye la infiltración de agua.	Las grietas se pueden abrir nuevamente y se requiere mantenimiento por períodos importantes de tiempo.
Sellado de juntas y discontinuidades.	Disminuye la infiltración de agua y las presiones de poros en las discontinuidades.	Puede existir una gran cantidad de discontinuidades que deben ser selladas.
Cobertura vegetal, árboles, arbustos y pastos.	Representan una alternativa ambientalmente excelente.	Pueden necesitar mantenimiento para su establecimiento.

Fuente: Suarez, 2009

Tabla 115 Sistemas de vegetalización.

Sistema de Vegetalización	Descripción	Observaciones
Plantas trepadoras	Se siembran hileras de plantas trepadoras en el pie del talud.	Muchas de estas plantas requieren de roca para ascender. La mayoría de ellas no ascienden sobre el suelo.
Gradería tipo trincho	Se entierran hileras de estacas verticales para sostener ramas horizontales detrás de las cuales se coloca material de relleno.	Es necesario que el suelo sea lo suficientemente blando para permitir que las estacas se puedan profundizar suficientemente.
Biomantos	Después de plantar la semilla y la fertilización, se cubre el talud con una tela o Biomanto de fibras orgánicas.	En los taludes secos se requiere realizar riego continuo para permitir la implantación de la vegetación.

Sistema de Vegetalización	Descripción	Observaciones
Hidrosembrado	La mezcla de semillas, nutrientes y pegantes, se planta a presión con una máquina de bombeo	No resiste grandes intensidades de lluvia y no se debe colocar sobre superficies rocosas.
Mateado con hileras de bambú	Se colocan horizontalmente ramas de bambú o guadua sostenidas por estaca y entre ellas, se coloca suelo con nutrientes para la implantación de la vegetación.	En los taludes de muy alta pendiente, es difícil sostener las estacas de forma estable. Se requiere que las ramas de bambú estén enterradas dentro del talud, para evitar los flujos de agua por debajo de ellas.
Geomallas. Grama reforzada	Las mallas sintéticas u orgánicas sirven de refuerzo para sostener el Mulching y las semillas.	Son productos comerciales generalmente costosos.
Capas de enramados con o sin refuerzo	Se colocan ramas de especies vivas entremezcladas con suelo y sostenidas en ocasiones por mallas de fibras sintéticas u orgánicas.	Son difíciles de establecer en los taludes muy altos y de muy alta pendiente.
Cubiertas vivas	El talud se cubre con un sistema de elementos de madera o bambú colocados horizontal y verticalmente, en forma de cajones, los cuales se rellenan con ramas vivas y suelo.	Requieren la construcción de bermas intermedias en los taludes de gran altura.
Estructuras vegetalizadas	Gaviones, vigas de concreto o muros, criba con ramas o estacas vivas.	No son estables en los taludes de muy alta pendiente.

Fuente: Suarez, 2009

En lo referente a las obras para mitigar fenómenos sólo hidrometeorológicos la propuesta es abordar tanto el manejo de aguas subterráneas como el de aguas superficiales. Ello implica construir obras que capten, conduzcan y suministren aguas. Además, se deben elaborar también sistemas de control para procesos erosivos en cauces, desazolve y sistemas de corrección torrencial.

Manejo de aguas superficiales

Aquí se mencionan las obras que tienden a la captación, conducción y entrega adecuada de las aguas superficiales, los objetivos fundamentales son los siguientes:

- Controlar, en zonas con condicionantes geológicos y fuertes pendientes, las aguas superficiales antes de su acceso a taludes o laderas recientes o antiguas inestables potencialmente.

- Controlar fenómenos focalizados de inundaciones o desbordamientos en zonas urbanas que se deban a la concentración de caudales de agua de lluvia muy grandes.

- Controlar, mitigar o prevenir la erosión hídrica de la superficie en zonas con poca o nula vegetación protectora.

- Controlar, en suelos permeables y /o regiones de baja pendiente, los volúmenes de infiltración (y los subsiguientes incrementos de los niveles freáticos, subterráneos o colgados).

Manejo de aguas subterráneas

Se agrupan en esta definición las obras que se necesitan para abatir niveles freáticos en zonas puntuales y/ o para evacuar aguas subterráneas. En estos dos casos controlar el caudal de infiltración puede provocar o incrementar presiones hidrostáticas positivas que, al desenvolverse en la masa del subsuelo, pueden ser una contribución a las fallas de laderas y taludes que sean susceptibles geológica o geotécnicamente.

Construcción de obras de captación, conducción y suministro de aguas

lluvia a lo largo de una terraza y/o talud cuando la misma forma parte de un sistema de abacalamiento, lo que prevé que se formen corrientes erosionadoras del talud que formen cárcavas o surcos. De concreto simple se suelen construir estas estructuras.

Acequias: Canales pequeños de semicirculares de fácil elaboración y baratos que se utilizan para captar y conducir aguas de escorrentía hacia causas naturales estables o estructuras de bajada de mayor capacidad.

Canal con pantallas deflectoras: Canal rectangular de sección con el fondo liso que tiene pantallas alternas deflectoras colocadas a 45 grados con el eje del canal. Tiene pestañas longitudinales sobre los bordes de sus muros que funcionan como rompeolas y evitan que el agua salte del canal. Se aplica en pendientes pronunciadas (hasta 50%) porque disipa la energía del flujo evitando velocidades exageradas sin importar la diferencia de niveles en los extremos del canal o su extensión.

Obras de manejo de aguas subsuperficiales y subterráneas

Estas obras tienen la finalidad de controlar la acción de las aguas subterráneas. Son dos:

Dren en zanja con tubería y material filtrante: Son zanjas rellenas de materiales filtrantes que contribuyen, mediante una tubería perforada en su base, a drenar e interceptar, hasta una determinada profundidad, flujos concentrados de aguas subterráneas.

Drenes subhorizontales: Ejecutadas comúnmente en la pata de laderas, son perforaciones con pendiente muy baja que forman baterías para abatir los niveles de aguas subterráneas y evacuarlas.

Sistemas de corrección torrencial y de control de procesos erosivos en cauces

Las corrientes con áreas aferentes por lo general pequeñas, con caudales muy variables (muy altos en invierno) y con altas pendientes longitudinales y muy topografía muy fuerte son los cauces torrenciales. Éstos, además, son muy comunes y tienen una gran fuerza de transportación de sedimentos y un gran poder de socavación. Para reducir los efectos nocivos de estos cauces torrenciales se elaboran:

Diques en piedra con ligante en concreto: Se utilizan cuando el cauce es permanente y llegan a medir hasta tres metros de altura. Se pueden reemplazar por diques de concreto simple o de concreto ciclópeo. Son preferibles cuando el suelo de fundación presenta buena consolidación y resistencia.

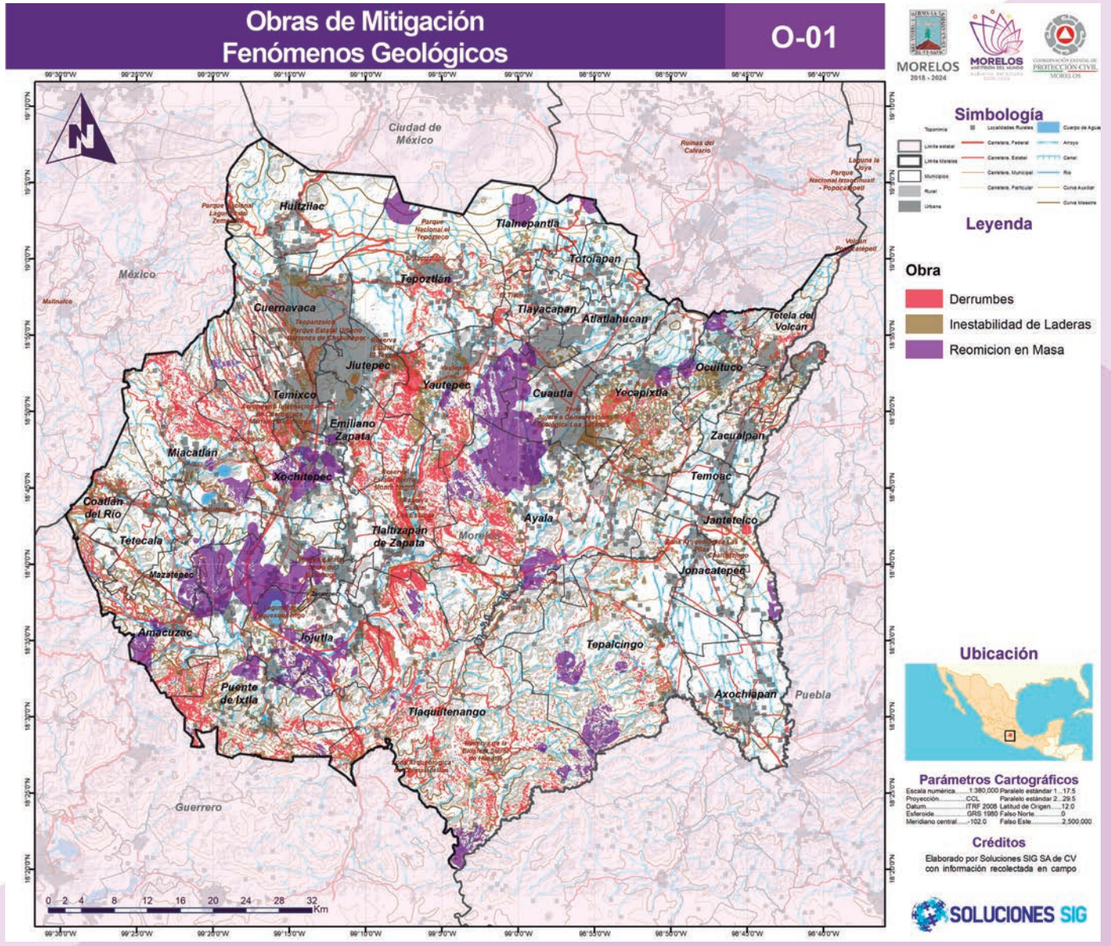
Diques en gaviones: Cuando los cauces aportan sedimentos en alta cantidad se utilizan estas estructuras que se recomiendan para la corrección de cauces con pocas aguas negras contaminadas. Estos diques tienen un vertedero central, generalmente de sección rectangular, que, para incrementar su vida útil, está revestido de concreto.

Diques en concreto reforzado: Fundamentales para corregir cauces se deben localizar cuidadosamente, siempre en consonancia con obras de protección complementarias diseñadas para dar garantía de estabilidad frente a fenómenos de socavación. Cuando una estructura es sometida a altos empujes por flujos se utiliza el concreto reforzado. Este material también se utiliza en diques de retención del caudal sólido y en diques laminadores de caudales.

Diques de madera: De carácter temporal, estas estructuras ejercen el control de fondo de cauces intermitentes o pequeños o de una cárcava, para que se permita establecer una cobertura vegetal definitivamente.
Diques de mampostería en seco: Si el terreno de cimentación es de baja resistencia o débil se utilizan, en general, este tipo de diques que presentan la ventaja de anular los peligros de las presiones del suelo. Su desventaja se presenta cuando está muy fracturada la roca de cimentación. En cauces secundarios con alta producción de sedimentos y bajos caudales, así como en líneas de drenaje, estos diques son implementados frecuentemente.

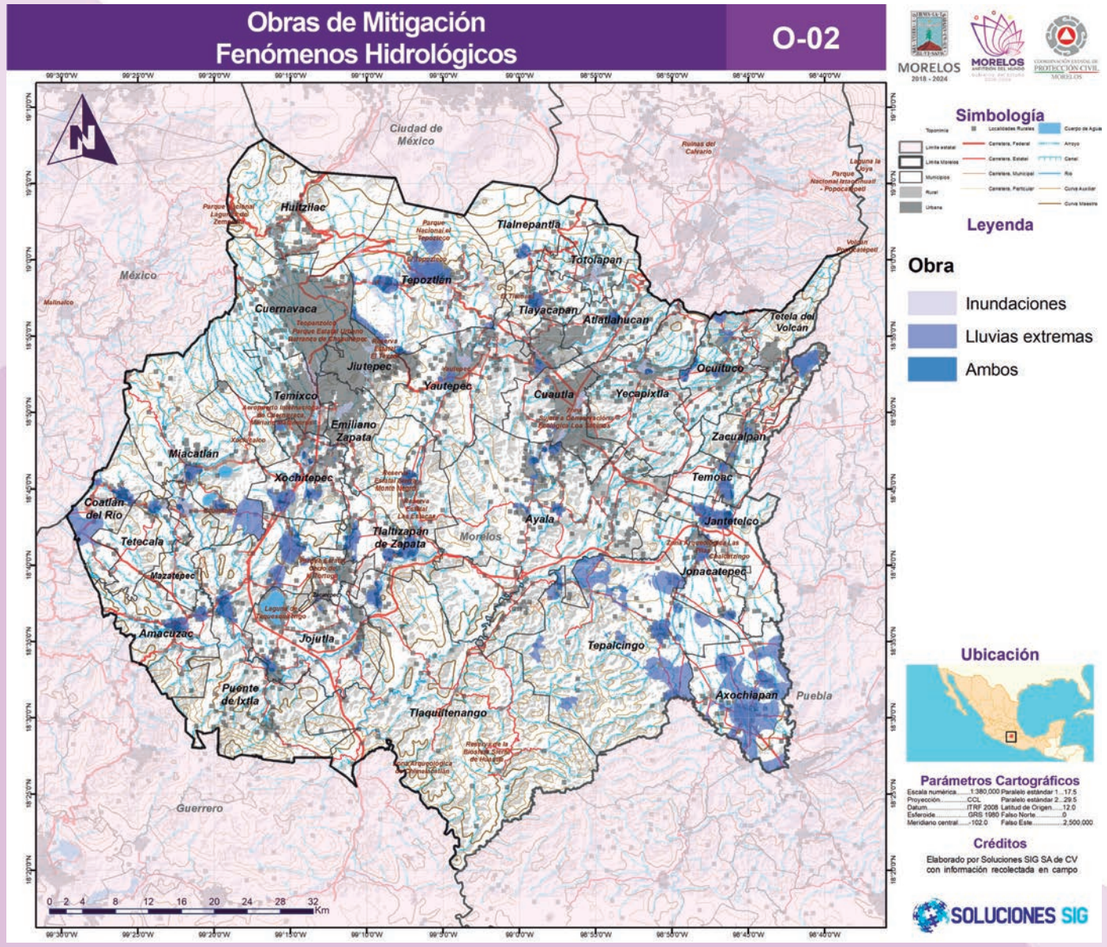
Para finalizar, se hace la recomendación, a modo de propuesta, de desazolvar. El desazolve consiste en succionar los sedimentos que se alojan al interior de tuberías de drenaje para limpiarlas, lo que evita que aparezcan taponamientos que eventualmente provocarán desbordamientos de coladeras o inundaciones.

Mapa 187 Obras geológicas propuestas en el estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

Mapa 188 Obras hidráulicas propuestas en el estado de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

D. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

Zonificación Sísmica

Antecedentes

El terremoto del 19 de septiembre de 2017 (Mw=7.1) en México causó daños catastróficos en el estado de Morelos que afectaron a más de 23 000 inmuebles en prácticamente todos los municipios del estado. Estos datos fueron proporcionados por investigadores del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL) que iniciaron acciones de inspección en los inmuebles de su propio instituto, y posteriormente se pusieron a las órdenes de Protección Civil del Estado de Morelos para realizar inspecciones post-sísmicas de los inmuebles de gobierno, escuelas y, en general, de las viviendas de Morelos. La tarea principal del apoyo del INEEL consistió en dictaminar si los inmuebles debían continuar operando o ser habitables, si debían ser desalojados para hacer una revisión detallada o incluso si debían ser demolidos debido al alto riesgo de colapso que presentaban (García-Carrera et al., 2018).

El sismo del 19-S, como se ha comentado, fue un evento de falla normal de profundidad intermedia, que generó ondas con gran contenido de altas frecuencias o periodos cortos, que fue lo que posiblemente afectó a estructuras de baja altura como las casas habitación de pocos niveles. No obstante, los problemas de “autoconstrucción” y falta de mantenimiento, así como otros aspectos relacionados con suelo, incrementaron el nivel de daño. Así, el estado de Morelos resultó con severas afectaciones: desde el colapso de casas habitación, daños severos en edificios de departamentos, problemas de inestabilidad en taludes, puentes colapsados o dañados, daños extendidos en escuelas, iglesias colapsadas o con daños severos, hasta monumentos históricos derrumbados, entre otros. De acuerdo con listas oficiales de la Coordinación Estatal de Protección Civil Morelos (CEPCM), más de 16,383 inmuebles tuvieron daños en el estado de Morelos; de éstos, 7,410 quedaron completamente destruidos en los 33 municipios más afectados, por ejemplo, en los siguientes municipios se colapsaron más de 300 viviendas: Tétela del Volcán, Jojutla, Ocuituco, Tepalcingo, Tlaquiltenango, Totolapan, Ayala y Yecapixtla.

Tabla 116 Total de viviendas dañadas por municipio en el sismo de 2017

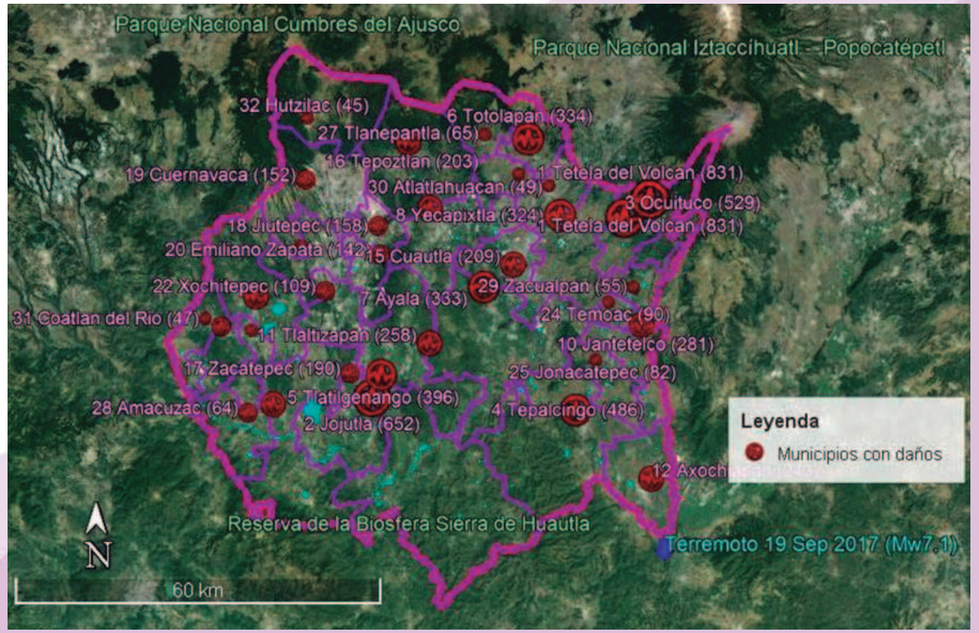
No.	Municipio	Hogares Destruidos	Hogares Dañados
1	Tetela de Vólcan	831	1,058
2	Jojutla	652	1,157
3	Ocuituco	529	511
4	Tepalcingo	486	2,263
5	Tlaquiltenango	396	510
6	Totolapan	334	412
7	Ayala	333	914
8	Yecapixtla	324	413
9	Puente de Ixtla	293	816
10	Jantetelco	281	191
11	Tlalrizapán	258	566
12	Axochiapán	243	1,161
13	Yautepec	242	323
14	Miacatlán	232	170
15	Cuautla	209	194
16	Tepoxtlán	203	744
17	Zacatepec	190	745
18	Jiutepec	158	746
19	Cuernavaca	152	540
20	Emilio Zapata	142	278
21	Tetecala	111	274
22	Xochitepec	109	115
23	Tlayacapan	95	211
24	Temoc	90	31
25	Jonacatepec	82	141
26	Temixco	82	199
27	Tlalnepantla	65	211
28	Amacuzac	64	187
29	Zacualpan de Amilpas	55	450
30	Atlarlauhcan	49	107
31	Coatlán del Río	47	106
32	Huitzilac	45	350
33	Mazatepec	28	289
Total		7,410	16,383

Fuente: Elaborado por Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, 2017

En la ciudad de Cuernavaca, aproximadamente a 80 km de distancia del epicentro, se tuvieron afectaciones en diferentes puntos de la ciudad: desde edificios históricos y emblemáticos hasta edificios de reciente construcción.

Se han ubicado los 33 municipios que fueron dañados por el terremoto del 19 de septiembre del 2017, como se puede notar, el tamaño de los círculos depende del número de viviendas dañadas, más pequeñas menos el número de daños. Si observamos, el epicentro del terremoto simbolizado con una flecha de color azul, se encuentra hacia el sur este del estado. Si los daños estuvieran asociados solamente a la intensidad provocada por el terremoto, entonces los municipios del sur tendrían los mayores tamaños; sin embargo, esto no es así, por lo tanto, no solamente, la parte estructural de las viviendas son las responsables de los daños, sino también el fenómeno del EFECTO DE SITIO, el cual hasta la fecha no ha sido evaluado.

Ilustración 58 Mapa geomorfológico del estado de Morelos, El tamaño del círculo depende del número de viviendas dañadas



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV

Entendiendo al efecto de sitio, como la predicción cuantitativa del movimiento sísmico del terreno cuando se presentan terremotos destructores como los de Nigata (1964), México (1985 y 2017), Loma Prieta (1989), Kobe (1995), Taiwan (1999), etc., revela una estrecha relación entre la distribución de los daños y la de contrastes de impedancia cerca de la superficie. A estos efectos geológicos, geotécnicos de rigidez del suelo y de la topografía pueden afectar significativamente el contenido de frecuencias, amplitud y la duración del movimiento del terremoto en un sitio respecto al de la roca subyacente. Por lo tanto, para la estimación del efecto de sitio, en cada una de ellas se utilizó la técnica de Nakamura o la relación H/V (MHVSR) con registros de ruido sísmico, vibración ambiental o microtremores. Introducida por Nogoshi e Igarashi (1971), revisada por Nakamura (1989) y popularizado por Lermo y Chávez-García (1993, 1994) para estimar la frecuencia predominante y el factor de amplificación de temblores. Durante el siguiente cuarto de siglo, la popularidad de esta tecnica MHVSR creció; los estudios han verificado la estabilidad de la respuesta MHVSR de un sitio a lo largo del tiempo y validaron la respuesta MHVSR con la respuesta a la respuesta EHVSR de terremoto. Hoy en día, el análisis MHVSR es una herramienta de reconocimiento popular utilizada en todo el mundo para la microzonificación sísmica y la caracterización de sitios de terremotos en numerosas regiones, específicamente, en el mapeo del período del sitio o la frecuencia fundamental e invertido para perfiles de profundidad de velocidad de onda cortante, respectivamente.

Objetivos

Esta propuesta contempla como objetivo principal el desarrollo de mapas de peligro sísmico que contribuyan al mejoramiento de las normas para diseño sísmico de construcciones convencionales en los 33 municipios mencionados.

Estos mapas de peligro sísmico son:

1. Mapa de isoperiodos, de amplificación relativa y isoespesores al estrato resistente;
2. Mapas de escenario sísmico para el terremoto del 19 de septiembre del 2017 (Mw7.1), para el terremoto del 19 de septiembre de 1985 (Mw8.1) y para un temblor cortical.
3. Mapa con la distribución de los daños en las viviendas ocasionada por el terremoto del 19 de septiembre del 2017 y su comparación con el mapa de intensidad para el mismo terremoto.

Metodología

Campañas de registro sísmico y de microtremores.

Es necesario contar con información experimental de la respuesta dinámica de los suelos que se encuentren en la zona de interés, por lo que se requiere la instalación y ubicación, en puntos estratégicos de la zona en estudio, de sensores de velocidad y/o aceleración (sismógrafos y/o acelerógrafos) con el fin de contar con los correspondientes registros instrumentales, ya sea de microtremores o, en el mejor de los casos, de eventos sísmicos. Lo anterior es de gran utilidad, pues el monitoreo instrumental de la zona de estudio aporta datos más confiables con respecto a aquellos obtenidos con métodos indirectos.

Se recomienda realizar un recorrido por la zona que se pretende estudiar para poder determinar el número mínimo estimado de sitios y el acceso a ellos. Cabe hacer mención de que el número máximo de sitios a instrumentar dependerá de los recursos y tiempo disponibles para efectuar los trabajos de campo.

Campaña de microtremores

Esta etapa se inicia con el establecimiento del número de sitios a instrumentar, el cual también depende de la extensión del área urbana de estudio. Es importante ubicar los puntos en sitios que puedan presentar el menor nivel de ruido ambiental. Si se sitúan al interior de inmuebles, se recomienda que estos sean escuelas o dependencias oficiales.

Se ha observado que los sensores de velocidad proporcionan una mejor aproximación del efecto de sitio cuando se utilizan microtremores como fuente sísmica. En esta es pertinente considerar las recomendaciones, que existen en la literatura, referentes al uso de los microtremores para la caracterización dinámica de los suelos, entre las que se encuentran el tiempo mínimo de registro, y otras.

Estaciones temporales de registro sísmico, ETRS

Al igual que en la campaña de microtremores, se debe iniciar con la selección de los sitios a instrumentar, tomando en cuenta la disponibilidad de instrumentos y el tiempo que se desee que registren, por lo que también se deberá definir el periodo de registro. Para esto se recomienda un periodo mínimo de 30 días, pues con este periodo existe una mayor probabilidad de registrar varios eventos sísmicos pequeños o moderados

Estimación de los efectos de sitio empleando diferentes técnicas geofísicas.

Los efectos de sitio se han definido como el periodo fundamental de vibrar del suelo y el nivel de amplificación del movimiento en el mismo. Los efectos de sitio son una buena descripción del comportamiento dinámico de los diferentes tipos de suelos de una ciudad. En la literatura se puede encontrar varias técnicas o métodos para estimar el efecto de sitio, las cuales se pueden dividir en dos grupos:

Métodos teóricos

Los cuales se basan en modelos matemáticos de propagación de onda, como el Método Numérico Directo de los Elementos de Contorno, MEC, (Álvarez, 2001), el método de Haskell (1962) que se

basa en la teoría de propagación unidimensional de ondas (Thomson, 1950 & Haskell, 1953) y el cual permite calcular la función de transferencia en la superficie de un medio estratificado. Para aplicar estos métodos es necesario contar con información geofísica, geológica y geotécnica detallada del sitio a evaluar. Sin embargo, la confiabilidad de los datos y el nivel de detalle de los estudios sobre la estructura y propiedades mecánicas de suelo pueden representar una desventaja en la aplicación de este método, tal como lo mencionaron, Lermo et. al. (1991).

Métodos empíricos.

Para calcular la función de transferencia empírica (FTE) con estos métodos se analiza dos tipos de registros: a) Registros de movimientos fuertes y débiles y b) Registros de vibración ambiental o microtremores. A continuación, describiremos las técnicas de procesamiento de estos registros para calcular la FTE.

Estimación con Registros de Movimientos Fuertes

- Razón espectral estándar (SSR)
- Razón espectral de la componente horizontal a la componente vertical, Técnica de Nakamura para sismos, (HVSR)

Estimación con Registros de Microtremores

- Razón Espectral Relativa a la Componente Vertical, Técnica de Nakamura (HVNR)
- Determinación detallada de microzonas a partir de las familias espectrales

Una vez se determinen microzonas preliminares, en esta etapa se realiza la delimitación detallada de las mismas, pero ahora considerando la forma espectral de las FTE promedio obtenidas empleando las técnicas geofísicas.

Criterio para la selección de familias espectrales

El criterio empleado para seleccionar a las familias espectrales es uno parecido al propuesto por Lermo et al. (2008), donde para formar una familia, se procede a agrupar cada una de las FTE en función de su forma espectral. En este paso se recomienda considerar los rasgos predominantes de las formas espectrales, lo anterior con el fin de poder definir un número razonable de microzonas.

Clasificación de terrenos con fines de diseño sísmico

En este trabajo se considera que la forma espectral de las familias obtenidas describe el comportamiento dinámico del tipo de terreno, en términos de los periodos de vibrar del mismo, por lo que se puede efectuar una clasificación atendiendo a esta propiedad dinámica. Esta forma de clasificar a los terrenos presenta varias ventajas, puesto que uno de los parámetros del diseño sísmico de las construcciones es precisamente el periodo fundamental de la construcción.

Estimación del nivel de intensidad sísmica para un escenario sísmico especificado

Esta última etapa se realizará si logramos generar la información adecuada. Para fines de establecer espectros de diseño sísmico se requiere, para el sitio de interés, contar con la caracterización adecuada de las intensidades sísmicas. En rigor, lo anterior se puede lograr con estudios de peligro sísmico que proporcionan los niveles más probables de las intensidades que se pueden presentar en el sitio. En tales estudios se deben incluir las diferentes fuentes sismogénicas que afectan al sitio de interés y deben generarse muestras representativas de historias detalladas del movimiento del terreno, con características adecuadas de amplitudes y contenido de frecuencias. Tanto las amplitudes como los contenidos de frecuencias dependen de la fuente sismogénica, de la trayectoria que siguen las ondas sísmicas hasta el sitio y de las propiedades dinámicas del terreno.

Selección de la medida de intensidad sísmica

La intensidad símica es una variable que tiene gran importancia para el establecimiento de los criterios para diseño sísmico. El nivel de intensidad sísmica para el diseño de estructuras depende, además de las expuestas en los párrafos anteriores, de las mismas propiedades de la estructura, así como de las condiciones locales del sitio de interés.

El problema de establecer cuál es la medida de intensidad sísmica más adecuada para fines de diseño sísmico ha sido motivo de numerosos esfuerzos (Giovenale et al., 2004), ya que se ha identificado que la incertidumbre en la estimación de la demanda sísmica tiene una fuerte correlación con la medida de intensidad que se adopte para tal estimación. Como medidas de intensidad sísmica se pueden considerar las siguientes: a) el valor de la aceleración, velocidad, o desplazamiento máximo del terreno; b) a la ordenada del espectro lineal de seudoaceleraciones para un amortiguamiento del 5% del valor crítico, dicha ordenada puede estar asociada con diferentes valores del periodo de vibrar de las construcciones.

En esta propuesta se adoptará como medida de intensidad a la aceleración máxima del terreno (PGA).

Resultados esperados

Con respecto a los objetivos planteados en la sección correspondiente, se espera contar con los siguientes resultados:

Con respecto al objetivo planteado en la sección correspondiente, se espera contar con los siguientes resultados:

1. Revisión del catálogo sísmico instrumental e histórico.

2. Mapas de peligro sísmico para los 33 municipios del estado de Morelos, que incluyen la clasificación de terrenos con fines de diseño sísmico, las cuales a su vez presentan tres parámetros importantes: Mapa de periodos dominantes (segundos), mapa de amplificación relativa (veces), mapa de espesores al estrato resistente.

3. Mapa de intensidad sísmica para tres escenarios sísmicos mencionados. Para el desarrollo de este mapa de intensidad se utilizará las FTE obtenidas en el estudio del mapa de peligro sísmica. En esta etapa, nos basaremos en los recientes trabajos de Sánchez-Sesma et. al., (2011) y Ismael-Hernández et al., (2011), que proponen una teoría que sugiere que dichas FTE son un estimador adecuado del nivel de amplificación del sitio para una banda de frecuencias entre 0.1 a 10 Hz. Por lo tanto, en este trabajo nosotros lo utilizamos para obtener acelerogramas sintéticos multiplicando el registro en roca con las FTE y estimar los correspondientes espectros de respuesta de pseudoaceleraciones para un amortiguamiento del 5 % del valor crítico. Los resultados obtenidos son presentados por medio de mapas para: 1) el valor de la aceleración máxima del terreno; 2) la ordena máxima del espectro lineal de pseudoaceleración; 3) la ordenada espectral asociada al periodo de vibrar de las construcciones del lugar

4. Mapas con la distribución de los daños provocados por el terremoto del 19 de septiembre del 2017 y su comparación con el mapa de intensidades del mismo terremoto, para los 33 municipios.

La contribución de la presente propuesta es de muy alto impacto para las 33 ciudades del estado de Morelos, ya que contar con una zonificación sísmica más detallada, precisa, hace posible tomar medidas más certeras de prevención, pues, aunque los sismos fuertes son fenómenos naturales relativamente raros, el impacto social, económico y ambiental que tienen, los hace de sumo interés. Los resultados de este proyecto de investigación sirven de base para la elaboración de las Normas. Así mismo, se contribuye al desempeño relativo relacionado con la amenaza por un desastre sísmico de las autoridades públicas en el Estado en lo referente a prever, salvaguardar y reconstruir, que forman parte la misión de dichas autoridades, la cual contempla proteger, alertar y ayudar a la población.

La propuesta de zonificación sísmica es desarrollada por Soluciones SIG S.A. de C.V, pero también se incluyen, en resumen, las propuestas hechas por diferentes instituciones (CENPRED, Instituto de Biología, Instituto de Geología), las cuales se redactan a continuación.

Dictamen Técnico sobre construcción sobre el sistema de túneles correspondientes a la Cueva del Oztuyehualco o Cueva del Diablo en Santo Domingo Ocotitlán, Tepoztlán, Morelos

El día 29 de marzo de 2021 se recibió un reporte de actividades de remoción de vegetación y suelo, y nivelación de terreno y excavación de zanjas con maquinaria pesada con fines de construcción en un predio correspondiente a la comunidad de Santo Domingo Ocotitlán, del municipio de Tepoztlán, Morelos.

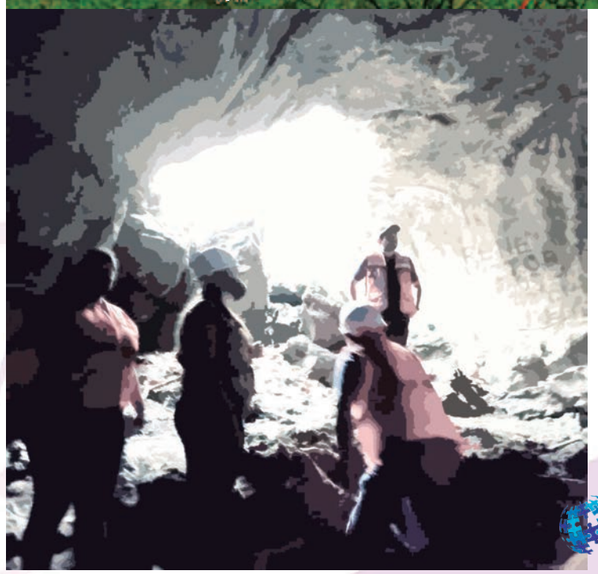
Este predio se ubica dentro del polígono del Parque Nacional El Tepozteco y está justo arriba del sistema de túneles correspondientes a la Cueva de Oztuyehualco o Cueva del Diablo. Por ser esta cueva un objeto de conservación prioritario por albergar la única colonia de apareamiento conocida del murciélago magueyero mayor (Leptonycteris nivalis, especie listada como amenazada por la NOM-059-SEMARNAT-2010), se emite este dictamen técnico.

Con respecto sitio con ubicación en las coordenadas UTM 493620.49 m E y 2100247.65 m N donde se ubicó maquinaria realizando actividades de desmonte se localiza dentro del municipio de Tepoztlán, Morelos, en la zona de influencia de la Cueva de Santo Domingo (Cueva del Diablo).

Teniendo las consideraciones siguientes:

La construcción de vivienda, infraestructura o equipamiento urbano no son compatibles con el objeto de creación del parque nacional, su Programa de manejo del Parque Nacional El Tepozteco, el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población ni con el Programa de ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Tepoztlán. En el sitio, por la presencia de túneles subterráneos del sistema de cuevas, existe un riesgo potencial de colapso, que pone en riesgo la integridad de personas y sus bienes. La Ley de Protección Civil para el Estado de Morelos. - Artículo 157. Se consideran como delito grave la construcción, edificación, realización de obras de infraestructura y los asentamientos humanos que se lleven a cabo en una zona determinada sin elaborar un 11 análisis de riesgos y, en su caso, definir las medidas para su reducción, tomando en consideración la normatividad aplicable y los Atlas Municipales, Estatal y el Nacional y no cuenten con la autorización de la autoridad correspondiente. Mismo que se encuentra directamente relacionado con el artículo 84 de la Ley General de Protección Civil, que a la letra cita: “Se consideran como delito grave la construcción, edificación, realización de obras de infraestructura y los asentamientos humanos que se lleven a cabo en una zona determinada sin elaborar un análisis de riesgos y, en su caso, definir las medidas para su reducción, tomando en consideración la normatividad aplicable y los Atlas municipales, estatales y el Nacional y no cuenten con la autorización de la autoridad correspondiente”.

Trazo de túneles.
Cueva del Diablo Tepoztlán, Morelos.



El sitio donde se llevaron a cabo actividades de desmonte y uso de maquinaria se encuentra sobre la superficie de la cueva conocida como Cueva de Oztuyehualco o Cueva del Diablo.

La Cueva de Oztuyehualco es catalogada como suelo de conservación prioritario, por lo que todo predio ubicado sobre el sistema de túneles correspondientes a la cueva debe emitir un dictamen técnico previo a cualquier intervención.

Cualquier intervención en la zona deberá propiciar la conservación de los recursos naturales, a través del uso sustentable de los mismos.

De igual manera, deben ser fomentadas las prácticas agroecológicas que prevengan la erosión del suelo y en dado caso estimular la restauración del mismo.

Dictamen Técnico de construcción sobre el sistema de túneles de la Cueva del Oztuyehualco en Santo Domingo Ocotitlán, Tepoztlán, Morelos.

SOLUCIONES SIG

Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2021.

Opinión Técnica sobre Inestabilidad de laderas en el tramo carretero que comunica a los Municipios de Hueyapan y Tetela del Volcán en el Estado de Morelos.

Localización y acceso

El deslizamiento se localiza sobre el tramo carretero Tetela-Hueyapan, entre las coordenadas UTM, 14 Q 531, 015 E; 2, 088,318m N con una altura de 2187msnm. La localidad más cercana es Chiconquihuitl ubicada a 100 m al sureste, mientras que a 1.8 km al noroeste y 1.5 al este, se sitúan las cabeceras de Tetela del Volcán y Hueyapan respectivamente.

Metodología

La metodología empleada para la elaboración del presente estudio se agrupa en tres etapas: trabajo de gabinete, trabajo de campo e integración de la información, las cuales se describen a continuación:

a) Trabajo de gabinete

Se realizó una recopilación y clasificación bibliográfica de la información referente a las características geológicas, así como los peligros geológicos que han afectado a la región particularmente en la zona donde se presentó el deslizamiento. Se adquirieron las bases cartográficas en formato vectorial escalas1:20,000; información que se procesó utilizando los programas de cómputo ArcMap 10.1, mediante los cuales se elaboraron los mapas.

b) Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió realizar un recorrido a la zona al sitio; el objetivo principal fue describir la problemática. Se realizó un caminamiento a lo largo del deslizamiento como en zonas aledañas y en los lugares donde era factible se tomaron datos de correspondientes. Toda la información colectada en campo fue georreferenciada mediante el uso de un navegador GPS.

c) Integración de la información

Conjuntamente con la información bibliográfica, los datos obtenidos en campo y la interpretación de estos.

Recomendaciones

Programa de Información Pública mediante el cual se le dé a conocer a la ciudadanía sobre el peligro del deslizamiento, de tal forma que ellos mismos actúen como sistema de control, evitando el cambio de uso de suelo y el cuidado de las fugas agua de las mangueras. II. Para disminuir el nivel de riesgo de deslizamiento en una ladera se consideran cinco tipos de acciones:

a. Modificación de la geometría de la ladera
b. Control del drenaje
c. Obras de contención (muros anclajes, etc.)
d. Mejora de la resistencia del terreno.
e. Protección superficial. En el caso de deslizamientos pequeños (menos de 10 m³) las técnicas de reforestación son muy efectivas.

Para el caso de este deslizamiento, dada su litología, fracturamiento, alto grado de erosión, exceso de humedad, así como el mecanismo de deslizamiento (desprendimiento de rocas y flujo de detritos); las obras de mitigación que podrían ser más factibles son:

- Barreras de protección: Se sugieren un sistema de barrera metálica con cables de acero, para control de caídos de bloques de roca (Gaviones Maccaferri).

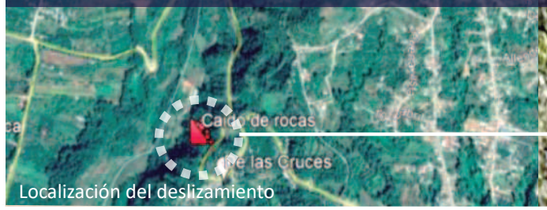
- Modificación de la geometría de la ladera.

- Instalar drenaje en el talud. Puede ser mediante zanjas impermeables o extracción de agua por medio de drenes horizontales.

- Implementar un Sistema de Alarma Comunitaria para la temporada de lluvias o posterior a un sismo, factores que podrían desencadenar un caído de rocas.

- Colocar Avisos públicos que alerten a la población sobre la Peligro (Zona de Derrumbes).

Uno de los sitios más afectados por las intensas lluvias ha sido la región de Tetela del volcán, en donde se presentaron una serie de desprendimientos de roca y flujo de detitros a lo largo del camino que comunica a las cabeceras de Hueyapan y Tetela.



Localización del deslizamiento

Para disminuir el nivel de riesgo de deslizamiento en una ladera se consideran cinco tipos de acciones:

1. Modificación de la geometría de la ladera.
2. Control del drenaje.
3. Obras de contención (muros anclajes, etc.)
4. Mejora de la resistencia del terreno.
5. Protección superficial. En el caso de deslizamientos pequeños (menos de 10 m³) las técnicas de reforestación son muy efectivas.

Plano de falla expuesto.

Zona de desprendimiento y el alcance del deslizamiento.

Talud de 30 m de altura, donde se presentó un deslizamiento compuesto por un desprendimiento de roca y flujo de detritos. El tamaño de los bloques varia de 0.50 a 2 m de diámetro. El deslizamiento alcanzo una longitud de 7 m dirección al este, cubriendo ambos carriles de la carretera, y una extensión de 60 m con una altura promedio de al menos de 3 m,se estima 2700 toneladas de material deslizado.

Opinión técnica sobre inestabilidad de laderas localizada en el tramo carretero que comunica a los Municipios de Hueyapan y Tetela del Volcán en el Estado de Morelos.

Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2021.

Deslizamiento de suelos y rocas en la ladera sur del cerro el sarnoso, ubicado en la Colonia Vista Hermosa, municipio de Jiutepec, Morelos

Localización y Acceso

La zona donde ocurrió el deslizamiento se ubica en la ladera sur del cerro conocido como El Sarnoso, en la colonia Vista Hermosa del municipio de Jiutepec; aunque las autoridades de Protección Civil indican en su comunicado que el suceso ocurrió en la colonia Independencia. El cerro se localiza en las coordenadas 18°52'3.25"N y 99°10'44.47"W, al sursureste de Cuernavaca y a escasos dos kilómetros de la cabecera municipal de Jiutepec. El deslizamiento sucedió justo en el límite norte del banco de materiales conocido como Calera Chica y corresponde a un talud de más de 50 m de altura, generado por la excavación de materiales del banco. En la zona existen en operación al menos cuatro bancos de materiales que se distribuyen alrededor del cerro El Sarnoso y en las cercanías a dichos bancos también se observan asentamientos humanos.

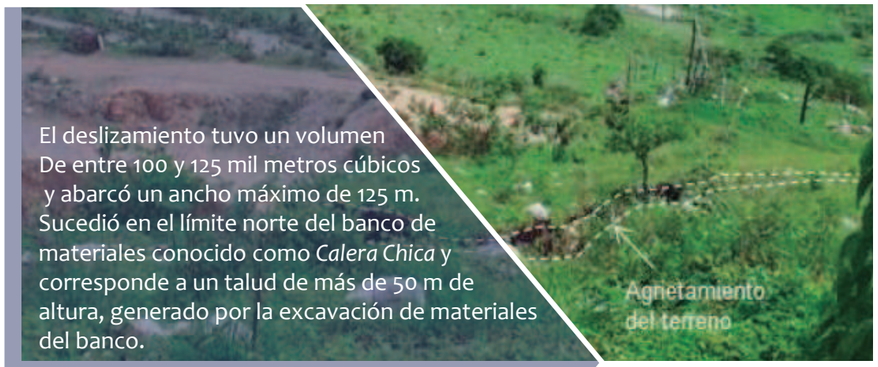
1. A escasos 200 m al sur del deslizamiento se ubica otro cerro en cuyas laderas también se tiene un banco de características similares al de El Sarnoso

Conclusiones y Recomendaciones

Derivado de las observaciones realizadas y de las mediciones efectuadas con equipo portátil, durante la visita de campo, se pudo determinar que el deslizamiento tuvo un volumen de entre 100 y 125 mil metros cúbicos y abarcó un ancho máximo de 125 m. El fenómeno se presentó en el límite norte del banco de materiales conocido como Calera Chica, justo en la zona donde se tenía un talud de más de 50 m de altura, constituido por bermas y terrazas de no más de 20 m de alto y de 3 a 5 m de ancho. Se trata de una zona constituida principalmente por rocas calizas de la Formación Morelos del Cretácico, con varias familias de fracturamiento.

Algunas de las fracturas analizadas tienen rasgos estructurales Proclives al deslizamiento; es decir, su dirección y echado tienen la misma dirección que la del deslizamiento. No obstante que se tiene esta condición estructural de las rocas, no se puede juzgar como el factor determinante en el deslizamiento. Otros factores que sin duda también influyeron fueron las actividades de excavación, ya que los cortes realizados para la explotación del material inducen cambios en la estabilidad del terreno, principalmente por la disminución de las fuerzas resistentes del talud.

El efecto o la influencia por el uso de explosivos en la inestabilidad de la ladera es un factor muy difícil de evaluar, ya que a la fecha no se tiene certeza de las cargas de explosivos empleados, del número de barrenos que se detonan, su profundidad y, menos aún, información o registros recientes de sismómetros o acelerómetros que permitan estimar la magnitud de las vibraciones producidas por las detonaciones y su efecto en la estabilidad de la ladera. Sin bien, existen registros elaborados por el personal encargado de la explotación del banco, éstos no son validados por autoridades municipales, estatales o federales, así como tampoco por supervisores externos a la planta. En este sentido, llama la atención que el personal del banco informó que en más de siete años no se habían realizado operaciones en ese extremo del cerro; sin embargo, las imágenes aéreas de 2005 y 2008 que se muestran en Google Earth muestran que al menos ha habido cambios en el terreno en los últimos cuatro años. Dadas las condiciones que prevalecen en la zona aledaña al deslizamiento, se recomienda mantener evacuadas a las familias ubicadas cerca de la zona de falla. Así mismo, es recomendable iniciar labores de restauración y reconfiguración de la ladera (mediante bermas y terrazas) con el propósito brindar una mayor estabilidad al talud.

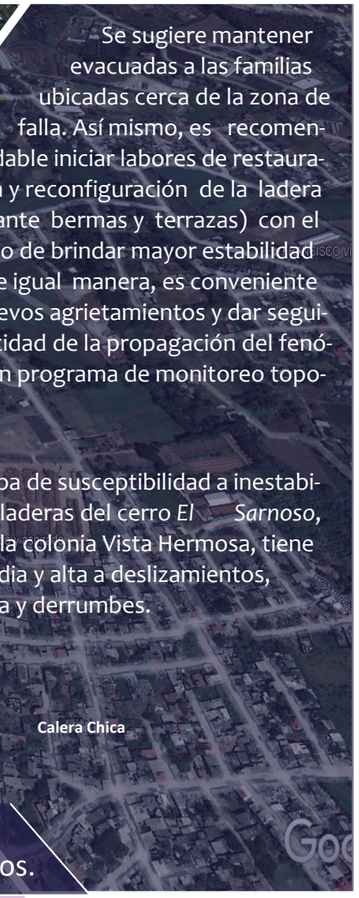


El deslizamiento tuvo un volumen De entre 100 y 125 mil metros cúbicos y abarcó un ancho máximo de 125 m. Sucedió en el límite norte del banco de materiales conocido como *Calera Chica* y corresponde a un talud de más de 50 m de altura, generado por la excavación de materiales del banco.

Se trata de una zona constituida principalmente por rocas calizas de la Formación Morelos del Cretácico, con varias familias de fracturamiento.

Se sugiere mantener evacuadas a las familias ubicadas cerca de la zona de falla. Así mismo, es recomendable iniciar labores de restauración y reconfiguración de la ladera (mediante bermas y terrazas) con el propósito de brindar mayor estabilidad al talud. De igual manera, es conveniente identificar nuevos agrietamientos y dar seguimiento a la velocidad de la propagación del fenómeno a través de un programa de monitoreo topográfico en la ladera.

De acuerdo con el mapa de susceptibilidad a inestabilidad de laderas, las laderas del cerro *El Sarnoso*, donde se asienta la colonia Vista Hermosa, tiene propensión media y alta a deslizamientos, caídos de roca y derrumbes.



Opinión técnica por deslizamiento de suelos y rocas en el cerro El Sarnoso, Col. Vista Hermosa, Jiutepec, Morelos.

Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con información de la Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana del Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2021.

BIBLIOGRAFÍA

• Alcántara Ayala, I. (2000). Índice de Susceptibilidad a Movimientos del terreno y su aplicación a una región semiárida. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, volumen 17, número 1, 2000, p. 66-75, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. México, D.F. [En línea] México [Fecha de consulta: 3 de junio de 2021] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/572/57217105.pdf>

• Alcántara–Ayala, I., y L. A. Echevarría. (2001). Cartilla de diagnóstico preliminar de inestabilidad de laderas. México: CENAPRED, Secretaría de Gobernación.

• Álvarez Manilla A. A., Poot L. R. M., Nisino S. O., Martín del C. A. R. y Ramírez C. M. S., (1998). Zonificación Geotécnica del Valle de Tesistán-Atemajac-Colimilla; Zona Metropolitana de Guadalajara, Jal. México: XIX Reunión Nacional de Mecánica de Suelos.
• Álvarez Manilla, A. A., et. al. (2001). Metodología para determinar la influencia de la extracción de agua subterránea en la infraestructura del transporte. En Publicación Técnica No. 172. México: Sanfandila.

• Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales (2017). Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México [fecha de consulta: 24 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt74.pdf>

• Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales (2018). Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México [fecha de consulta: 24 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt77.pdf

• Benito, Belén; Jiménez, María Esther. (1999). Peligrosidad sísmica. En Revista de Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación. (UPM).

• Brito, Jaime Luis. (2017). Fuertes lluvias en Morelos dejan un muerto y dos poblados incomunicados. En Proceso.com. [en línea] México [fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en <http://www.proceso.com.mx/501200/fuertes-lluvias-en-morelos-dejan-muerto-dos-poblados-incomunicados>.

• Bromhead, E.N. (1986). The Stability of Slopes. EUA: Routledge 29 West 35th Street.

• Cabadas -Báez. (2014). Caracterización geomorfológica del área natural protegida nevado de Toluca: complejo de volcanes Nevado de Toluca y San Antonio, Universidad Autónoma del Estado de México. [fecha de consulta: 29 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4419/441942932001.pdf>

• Cas, R.A.F., Wright, J.L. (1992). Volcanic Succesions: Chapman and Hall, [fecha de consulta: 20 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-009-3167-1#authorsandaffiliationsbook>

• Cardona A., Omar D. 2003. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: una crítica y una revisión necesaria para la gestión. [en línea]. Bogotá, Colombia: Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos CEDERI, Universidad de los Andes. [fecha de consulta: 14 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr_may-08-2003.pdf>.

• CENAPRED, (2016). Análisis de umbrales de lluvia que detonan deslizamientos y sus posibles aplicaciones. [En línea] México [fecha de consulta: 09 se septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www1.cenapred.unam.mx/COORDINACION_ADMINISTRATIVA/SRM/FRACCION_XLI_A/23.pdf>

• CENAPRED, (2004). Centro Nacional de Prevención de Desastres, SEGOB, Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Serie: Atlas Nacional de Riesgos. México 2004. [fecha de consulta: 9 de junio de 2021] Disponible en <file:///C:/Users/Soluciones%20JGF/Documents/JGF_SSIG/TOOLS_SOLUCIONES/Atlas/CAPITULO_V_laderas.pdf>

• CENAPRED, (2016). Curso. Causas que propician el deslizamiento y su prevención. [En línea] México [Fecha de consulta: 09 de septiembre de 2021] Disponible en: <http://www.cenapred.gob.mx/es/documentosWeb/Enaproc/IdentiDeslizamientos.pdf>

• CENAPRED, (2019). Curso “Métodos de Análisis de Inestabilidad de Laderas”. [En línea] México [Fecha de consulta: 02 de junio de 2021] Disponible en: <https://www.gob.mx/cenapred/documentos/metodos-de-analisis-de-inestabilidad-de-laderas>

• CENAPRED (2016). Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. Secretaría de Gobernación. [En línea] México [Fecha de consulta: 09 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/descargas.html>

• CENAPRED/UNAM. (1997). Mapa de peligros del volcán Popocatépetl. [en línea]. México [fecha de consulta: 10 de octubre 2021]. Disponible en: <http://www.geofisica.unam.mx/iframes/divulgacion/mapas/imagenes/MapaPopoDef.png>.

• Chafetz, H., & Folk, R. (1984). Travertines: depositional morphology and the bacterially constructed constituents. Journal of Sedimentary Petrology, 54(1), 289-316. [fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/269411114_Travertines_Depositional_morphology_and_the_bacterially_constructed_constituents>

• Comisión Nacional de Agua (CONAGUA). (2009). Estadísticas del Agua 2008: Región Hidrológico-Administrativa IV, Balsas. México, D.F.: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

• CONAGUA. (1981-2016). Redes de Monitoreo Piezométrico. Subgerencia de Exploración y Monitoreo Geohidrológico. [en línea]. México [fecha de consulta: 24 de octubre 2021]. Disponible en: <http://sigagis.conagua.gob.mx/Redes%20Piezom%C3%A9tricas/>.

• CONAPO. (2010a). Índice de Marginación por localidad. [en línea]. México [fecha de consulta: 14 de octubre 2021]. Disponible en: <http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/2010/documentoprincipal/Capitulo01.pdf>

• CONAPO. (2010b). Índice de Marginación Urbana. [en línea]. México [fecha de consulta: 14 de octubre 2021]. Disponible en: <http://www.sideso.cdmx.gob.mx/documentos/2017/diagnostico/conapo/2010/Indice%20de%20marginacion%20urbana.pdf >

• CONAFOR. (2015). Manual de Restauración Forestal y Reconversión Productiva.

• CONEVAL. (2018a). Ley General de Desarrollo Social. [en línea]. México [fecha de consulta: 12 de octubre 2021]. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/NME/Paginas/LeyGeneral.aspx>.

• CONEVAL. (2018b). Medición de la Pobreza. Índice de rezago social. [en línea]. México [fecha de consulta: 11 de octubre 2021]. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Que-es-el-indice-de-rezago-social.aspx>

• Cruden, D. M., y Varnes D.J. (1996). Landslide types and processes. En A. K. Turner y R.L. Schuster. Landslides. Investigation and mitigation, Transportation Research Board Special Report 247. EUA: National Academy Press. 36-75.

• Diario Oficial de la Federación (DOF) (2017). Declaratoria de Desastre Natural por la ocurrencia de sismo con magnitud 7.1 ocurrido el 19 de septiembre de 2017 en 33 municipios del Estado de Morelos. [en línea] México [fecha de consulta: 13 de noviembre de 2021]- Disponible en: <http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5499058&fecha=28/09/2017http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5499058&fecha=28/09/2017>.

• Dikau, R., Brunsden, D., Schrott, L. & M.-L. Ibsen (Eds.) (1996). Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes. EUA: Wiley & Sons.

• Environmental Systems Research Institute. (ESRI/ArcGIS) (2018a). Predecir inundaciones con un hidrograma unitario. LearArcGis. Lecciones guiadas basadas en problemas reales. EUA [fecha de consulta: 19 de noviembre de 2021] Disponible en: <https://learn.arcgis.com/es/projects/predict-floods-with-unit-hydrographs/>.

• Environmental Systems Research Institute. (ESRI/ArcGIS) (2018b). Predecir inundaciones con un hidrograma unitario. LearArcGis. Lecciones guiadas basadas en problemas reales. EUA [fecha de consulta: 19 de octubre de 2021] Disponible en: <https://learn.arcgis.com/es/projects/predict-floods-with-unit-hydrographs/lessons/create-a-velocity-field.htm>

• Environmental Systems Research Institute. (ESRI/ArcMap) (2016a). Cómo funciona Dirección de flujo. EUA [fecha de consulta: 19 de octubre de 2021] Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/

how-flow-direction-works.htm>.

• Environmental Systems Research Institute. (ESRI/ArcMap) (2016b). Cómo funciona Acumulación de flujo. EUA [fecha de consulta: 19 de octubre de 2021] Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-flow-accumulation-works.htm >.

• Environmental Systems Research Institute. (ESRI/ArcMap) (2016c). Cómo funciona Clasificación de Arroyos. EUA [fecha de consulta: 19 de octubre de 2021] Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-stream-order-works.htm>.

• Environmental Systems Research Institute. (ESRI/ArcMap) (2016d). Cómo funciona Cuenca Hidrológica. EUA [fecha de consulta: 19 de octubre de 2021] Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-watershed-works.htm>

• Ferrant, Mitsy. (2013). Múltiples incendios arden en Tepoztlán y otros puntos de Morelos. [en línea] México [fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://pijamasurf.com/2013/04/multiples-incendios-arden-tepoztlan-y-otros-puntos-de-morelos/>.

• Gobierno del Estado de Morelos. (2012). Atlas de Riesgos y Peligros del Estado de Morelos. [en línea]. México [fecha de consulta: 27 de diciembre de 2017]. Disponible en <http://www.anr.gob.mx/atlasestatales/MORELOS_2010.pdf>.

• Gutiérrez-Elorza, Mateo. (2008). Geomorfología. España: Pearsons.

• Herrera Alanís, J. L. (2012). Análisis de las olas de calor en la República Mexicana. D. F., México: UNAM.

• Hunt E. R. (1984). Geotechnical engineering investigation manual. McGraw Hill Book Co.

• INEGI. (2010a). Discapacidad en México en Cuentame Población. [en línea]. México [fecha de consulta: 27 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P>.

• INEGI. (2020). Censo de Población y vivienda 2020. [en línea]. México [fecha de consulta: 26 de octubre de 2021]. Disponible en: < https://inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>.

• Jenson, S. K. y J. O. Domingue. (1988). Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54 (11): 1593–1600.

• Ley General de Protección Civil (LGPC). (2014). [en línea]. México [fecha de consulta: 6 de septiembre de 2021]. Disponible en < http://www.proteccioncivil.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/577/bd8/c62/577bd8c6283ee757513065.pdf >.

• López G. A., Valentín. (2017). Historia de los sismos en Morelos. En Diario de Morelos. [en línea] México [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.diariodemorelos.com/noticias/historia-de-los-sismos-en-morelos>.

• Loza, E. L. (2009-2012). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR).

• Macías, J. L., (2004). Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen Conmemorativo del Centenario, Temas Selectos de la Geología Mexicana Tomo LVII, núm. 3. 379-424.

• Macias, J. L. y Arce J. L. (2012). Geology and geochronology of Tlaloc, Telapón, Iztaccihuatl, and Popocatépetl volcanoes, Sierra Nevada, central Mexico. [En línea] México [fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/J-Macias/publication/281002070_Geology_and_geochronology_of_Tlaloc_Telapon_Iztaccihuatl_and_Popocatepetl_volcanoes_Sierra_Nevada_central_Mexico/links/56c1bd7008aee5caccf910f1/Geology-and-geochronology-of-Tlaloc-Telapon-Iztaccihuatl-and-Popocatepetl-volcanoes-Sierra-Nevada-central-Mexico.pdf>

• Maret, Liliana. (2017). Toma clandestina provoca explosión e incendio en Huitzilac, Morelos. En Televisa News. [en línea] México [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en <http://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/estados/2017-12-01/toma-clandestina-provoca-fuerte-explosion-e-incendio-huitzilac-morelos/>.

• Maya, Dulce. (2013). Helada en los Altos de Morelos es declarada desastre natural: Sagarpa. En La Jornada Morelos. [en línea] México [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.inforural.com.mx/helada-en-los-altos-de-morelos-es-declarada-desastre-natural-sagarpa/>.

• Miranda, Justino. (2015). Declaran desastre natural en adro de Morelos. En El Universal.com [en línea] México [fecha de consulta: 13 de septiembre de 2021] Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/estados/2015/11/10/declaran-desastre-natural-en-agro-de-morelos>.

• Moeck, I. (2014). Catalog of geothermal play types based on geologic controls. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 37, 867-882. En línea [fecha de consulta: 17 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114003578>

• Monroy, David. (2017). Granizada afecta la autopista México- Cuernavaca. En Milenio. [en línea] México [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en <http://www.milenio.com/estados/mexico-cuernavaca-granizada_carretera-milenio-noticias_0_940706210.html>.

• Nieto, A., Espinasa, R., et al. (2015). Zonificación de campos volcánicos monogenéticos para la identificación de los peligros asociados, parte II: metodología para la evaluación de zonas susceptibles a presentar vulcanismo. [en línea]. México: Segob, Cenapred. [fecha de consulta: 6 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www1.cenapred.unam.mx/COORDINACION_ADMINISTRATIVA/SRM/FRACCION_XLI_A/13.pdf>.

• NOAA. (2017). Volcano Ash Advisory Archive. [en línea]. EUA. [fecha de consulta: 28 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/archive.html >.

• NOTIMEX (2016). Reportan caída de nieve en poblados de Morelos. En El Universal. [en línea] México [fecha de consulta: 26 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/estados/2016/03/10/reportan-caida-de-nieve-en-poblados-de-morelos>.

• NOTIMEX. (2013). Declaran desastre natural municipios de Morelos, Sinaloa, Veracruz y Zacatecas. En Milenio.com [en línea]. México [fecha de consulta: 13 de septiembre de 2021) Disponible en: <http://www.milenio.com/estados/Declaran-Morelos-Sinaloa-Veracruz-Zacatecas_0_160784094.html>.

• Palacio, J. L., Sánchez, M. T. et al. (2004). Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. México: Semarnat, INE, UNAM-IG y Sedesol.

• Pentecost, A. (2005). Travertine. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 446 páginas. En línea [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2021]. Disponible en: Google Académico.

• Petley, David. (2010). Landslide Hazards, ensayo incluido en Alcántara-Ayala, Irasema y Goudie. En Andrew. (2010). Geomorphological hazards and disaster prevention. Reino Unido: Cambridge University Press.

• Pérez, L. A. y Ruiz, N. (2015). Propuesta de indicadores de capacidades municipales para la prevención y la gestión de riesgos. Instituto de Geografía. México: UNAM.

• Redacción de Animal Político (RAP) (2017) ¿Por qué el sismo de 7?1 fue más devastador para la CDMX y no sonó la alerta sísmica a tiempo? En Animal Político [en línea] México [fecha de consulta: 13 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.animalpolitico.com/2017/09/los-sismos-epicentro-morelos-mas-comunes-lo-se-cree-sismologico-lo-explica/>.

• Redacción de El Universal (REU). (2016). Cierran carreteras por deslave y desbordamiento de río en Morelos. En El Univer-

BIBLIOGRAFÍA

sal.com [en línea] México [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/estados/2016/08/10/cierran-carreteras-por-deslave-y-desbordamiento-de-rio-en-morelos#imagen-1>.

• Redacción El Universal (REU) (2017). Popocatépetl exhala fumarola de 4 mil metros; cae ceniza en Puebla. En El Universal

• [en línea]. México [fecha de consulta: 2 de septiembre de 2021] Disponible en: < http://www.eluniversal.com.mx/estados/popocatepetl-exhala-fumarola-de-4-mil-metros-cae-ceniza-en-puebla >.

• Redacción Excélsior (RE) (2013). Revela Cenapred domo de lava del Popocatépetl. (2013). En Excélsior [en línea]. México: [fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021] Disponible en: < http://www.excelsior.com.mx/nacional/2013/05/14/899090#imagen-4>.

• Redacción Excelsior (RE). (2017) Mal estado de tubería provocó socavón en Paso Exprés. En Excelsior [en línea] México [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.excelsior.com.mx/nacional/2017/08/11/1180810>.

• Redacción milenio (RM) (2018). Los daños que dejó el sismo en Morelos. En Milenio.com [en línea] México [fecha de consulta: 13 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.milenio.com/estados/fotos-morelos-sismo-jojutla-zonas_afectadas-municipios-milenio-noticias_5_1034346557.html>.

• Redacción Milenio (RM). (2017). Lluvias dejan inundaciones en municipios de Morelos. En Milenio. [en línea] México [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.milenio.com/estados/danos-lluvias-delaves-inundaciones-municipios-morelos-jojutla-milenio_0_984501711.html>.

• Redacción Proceso (RP). (2017). Se abre socavón y cae un auto en el Paso Exprés de la México-Cuernavaca, inaugurado por Peña hace tres meses. En Proceso.com [en línea] México [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.proceso.com.mx/494547/se-abre-socavon-cae-auto-en-paso-expres-la-mexico-cuernavaca-inaugurado-pena-3-meses>.

• Roa, J.G. (2006). Aproximación al Mapa de Susceptibilidad y Amenazas por Deslizamientos de la ciudad de Trujillo, Venezuela, (2006). Ágora. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021]. Disponible en: http://revencyt.ula.ve/storage/repo/ArchivoDocumento/agora/v9n17/articulo8.pdf

• Romero, Omar. (2017a). Dejan lluvias de últimas horas deslaves, inundaciones y desbordamientos en cinco municipios. En Diario de Morelos. [en línea] México [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.diariodemorelos.com/noticias/dejan-lluvias-de-%C3%BAltimas-horas-deslaves-inundaciones-y-desbordamientos-en-cinco-municipios>.

• Romero, Omar. (2017b). Azota tormenta a 7 municipios. Diario de Morelos. [en línea] México [fecha de consulta: 26 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.diariodemorelos.com/noticias/azota-tormenta-7-municipios>.

• Saldaña P., A. Lerdo de Tejada, Ma. A. Gómez y R. López (2008) La Importancia de Incluir Análisis de Toxicidad en Descargas Industriales y Municipales que Afectan a los Cuerpos de Agua. Memorias del Congreso ANCA, Universidad Autónoma de Morelos, pp 1-11.

• SEGOB/CENAPRED. (2004). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de Peligros y Riesgos. [en línea]. México [fecha de consulta: 26 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieEspecial/metodologiasAtlas.pdf>.

• SEGOB/CENAPRED. (2014a). Fascículo “Heladas”. [en línea]. México, D.F. [fecha de consulta: 24 septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112857/122-FASCCULOHELADAS.compressed.pdf>.

• SEGOB/CENAPRED. (2014b). Fascículo “Incendios forestales”. [en línea]. México [fecha de consulta: 24 de septiembre de 2021]. Disponible en: < http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/159-FASCCULOINCENDIOSFORESTALES.PDF>.

• SEGOB/CENAPRED. (2014c). Fascículo “Inundaciones”. [en línea]. México [fecha de consulta: 24 enero 2018]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112861/3-FASCCULOINUNDACIONES-ilovepdf-compressed.pdf>.
• SEGOB/CENAPRED. (2014d). Fascículo “Sequías”. [en línea]. México, D.F. [fecha de consulta: 24 septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/8-FASCCULOSEQUAS.PDF >.

• SEGOB/CENAPRED. (2014e). Fascículo “Tormentas severas”. [en línea]. México, D.F. [fecha de consulta: 24 septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/189-FASCCULOTORMENTASSEVERAS.PDF>.

• SEGOB/CENAPRED. (2014f). Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Evaluación de la vulnerabilidad física y social. [en línea]. México, D.F. [fecha de consulta: 12 septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/57.pdf>.

• SEGOB/CENAPRED. (2014g). Fascículo “Sismos”. [en línea]. México, D.F. [fecha de consulta: 22 septiembre de 2021]. Disponible en: <http://cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/163-FASCCULOSISMOS.PDF>.

• SEGOB/CENAPRED. (2014h). Fascículo “Inestabilidad de laderas”. [en línea]. México, D.F. [fecha de consulta: 24 septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieFasciculos/fasciculoladeras2.pdf>.
• SEGOB/CENAPRED. (2016a). Infografía “Peligros Volcánicos”. [en línea]. México [fecha de consulta: 28 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cenapred/documentos/infografia-peligros-volcanicos?state=published>.

• SEGOB/CENAPRED. (2016b). Infografía “Caída de Ceniza”. [en línea]. México [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/270-INFOGRAFAPOPOCATPETL-DISPERSINDECENIZA.PDF>.

• SEGOB/CENAPRED. (2016c). Infografía “Balísticos”. [en línea]. México [fecha de consulta: 19 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/270-INFOGRAFAPOPOCATPETL-CADADEBALSTICOS.PDF>.

• SEGOB/CENAPRED. (2016d). Infografía “Flujos y oleadas piroclásticas”. [en línea]. México [fecha de consulta: 19 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/270-INFOGRAFAPOPOCATPETL-CADADEBALSTICOS.PDF>.

• SEGOB/CENAPRED. (2018). Atlas Nacional de Riesgos “Peligros geológicos”. [en línea]. México [fecha de consulta: 9 de septiembre de 2021Disponible en: < http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/app/fenomenos/>.
• Servicio Geológico Nacional (SGN). (2017). [en línea]. México [fecha de consulta: 9 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sgm>.

• Servicio Meteorológico Nacional. (2017). Información climatológica por Estado (Morelos). [en línea]. México [fecha de consulta: 9 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=mor>.

• Servicio Sismológico Nacional. (2017). [en línea]. México [fecha de consulta: 10 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.ssn.unam.mx/>.

• Sistema Nacional de Emergencias (SINAE). (2012). Gestión Integral del Riego. [en línea] México. [fecha de consulta: 6 septiembre de 2021]. Disponible en: <http://sinae.gub.uy/conceptos-basicos/gestion-integral-del-riesgo/>.

• Shreve, R. (1966). Statistical Law of Stream Numbers. J. Geol. 74, 17-37.

• Smithsonian Institution. (2013). Global volcanism program. EUA. [fecha de consulta: 29 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://volcano.si.edu/learn_galleries.cfm?p=12; https://wordlesstech.com/kilauea-lava/>.

• Suárez, D., J. (2001). Control de erosión en zonas tropicales. Colombia: Universidad Industrial de Santander.

BIBLIOGRAFÍA

• Suarez, D., J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. [fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101-parte01.pdf>

• Suarez, Jaime. (2009). “Geo tecnología, deslizamientos: técnicas de remediación”. En Suarez, Jaime. Métodos de Manejo y Estabilización. Colombia: Editorial U. Industrial de Santander. 417.

• Summerfield, Michael A. (2000). Global Geomorphology. Escocia: Routledge.

• Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions of the American Geophysical Union. 38 (6): 913–920.

• Tarbuck, J., Lutgens, F., (1999). Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física. España: Prentice Hall.

• Tonatzin, Pedro. (2013). Se reportan en lo que va del año 65 incendios forestales en Morelos. En Imagen Radio. [en línea] México [fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en <http://www.imagenradio.com.mx/65-incendios-forestales-morelos>

• Treviño, C. I. María Esther Arcos Serrano (2003). Identificación de Peligros por sustancia químicas en industrias de alto riesgo en México en Informes Técnicos. CENAPRED.

SOLUCIONES SIG

Lic. Juan Carlos Calva Ríos
Director General

Lic. Geo. Luis Alberto Pérez Reyes
Coordinador General

Lic. Geo. Mónica Lucía Martínez Herrera
Coordinadora de Gestión de Riesgos y Medio Ambiente

Lic. Geo. Jorge Enrique Morales Jiménez
Especialista SIG/ Fenómenos hidrometeorológicos , antropogénicos

Lic. Geo. Eduardo Antonio Cruz Jurado
Especialista SIG/ Fenómenos sanitario-ecológicos, químico-tecnológicos

Ing. Geol. Jonathan González Flores
Especialista SIG/ Fenómenos geológicos, antropogénicos

Arq. Marisol Martínez Herrera
Especialista SIG/ Fenómenos hidrometeorológicos, vulnerabilidad, obras

Ing. Geof. Diego E. López Maldonado
Especialista SIG/ Fenómenos geológicos, vulnerabilidad

Lic. DG. Andrea Méndez Martínez
Diseñador Jr.

Lic. DG. Laura Cienfuegos Saldaña
Coordinadora Depto. Creativo y Social Media

MORELOS
2018 - 2024

MORELOS
ANFITRIÓN DEL MUNDO
Gobierno del Estado
2018-2024

PROTECCIÓN CIVIL
MORELOS

MORELOS
2021

SOLUCIONES SIG