SECRETARÍA DE
GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS
Y PROTECCIÓN CIVIL
DEL ESTADO DE GUERRERO

Atlas de Riesgos del Estado de Guerrero

Coordinador:

MG. Sergio Manuel Nájera Blas



http://atlas.guerrero.gob.mx/

http://atlas.guerrero.gob.mx/monitor/

Directorio

Mtra. Evelyn Cecia Salgado Pineda

Gobernadora Constitucional del Estado Libre y Soberano de Guerrero

Dra. Anacleta López Vega

Encargada de Despacho de la Secretaría General de Gobierno

Dr. Roberto Arroyo Matus

Secretario de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil

Lic. Ricardo Ramírez Ibarra

Subsecretaria de Prevención y Reducción de Riesgos

MG Sergio Manuel Nájera Blas

Responsable del Proyecto

Municipios e instituciones que colaboran:

-Acapulco de Juárez

-Atoyac de Álvarez

-Chilpancingo de los Bravo

- Ixcateopan de Cuauhtémoc

- Juan R. Escudero

-Marquelia

- Mochitlán

-Ometepec

- Quechultenango

- Taxco de Alarcón

- Teloloapan

-Técpan de Galeana

- Tixtla de Guerrero

-Xalpatláhuac

-Zihuatanejo

Subcomité de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil

CONALEP -Guerrero

Autores:

Lic. Karla Rubí Álvarez Gonzales

MDP. Azucena Arzate Pineda

Lic. Julio Cesar Carrillo Pantaleón

Ing. Israel Hernández Bibiano

Lic. Lizeth Alejandra Helguera Peralta

Lic. José de Jesús López García

MG. Sergio Manuel Nájera Blas

Ing. José Jorge Pérez Gómez

Ing. Víctor Hugo Sánchez Bello

Lic. Nabor Villava Casarrubias

Agradecimiento:

Se expresa un sincero agradecimiento a los ingenieros que contribuyeron de manera significativa en la generación del *Atlas Estatal de Riesgos*. Su compromiso técnico y profesionalismo fueron fundamentales para la consolidación de este trabajo.

En especial, se reconoce la valiosa participación del Ing. Rafael Mendoza Peñaloza, M.I. Geovanni Moyao Calleja, y Ing. Anselmo Nájera Ocampo, quienes aportaron su experiencia, conocimiento y dedicación en las distintas etapas de análisis, integración y validación de la información técnica.

Su colaboración ha sido esencial para fortalecer las capacidades institucionales en materia de gestión integral de riesgos y para avanzar hacia una mejor comprensión de las condiciones de vulnerabilidad y peligro en el territorio estatal.

Índice

1. **Introducción**.....8
2. **Protocolo**.....12
   2.1 Fundamento Jurídico.....15
   2.2 Antecedentes.....17
   2.3 Objetivos.....20
3. **Medio Físico**.....21
   3.1 Modelos Digital de Elevaciones.....24
   3.2 Fisiografía.....28
   3.3 Geomorfología.....32
   3.4 Geología.....35
   3.5 Edafología.....39
   3.6 Hidrología.....46
   3.7 Clima.....64
4. **Fenómenos Geológicos**
   4.1 Inestabilidad de ladera.....65
      4.1.1 Deslizamientos.....71
      4.1.2 Flujos.....99
      4.1.3 Caídos de rocas o derrumbes.....105
   4.2 Sismos.....113
      4.2.1 Contexto sismológico del estado de Guerrero.....113
      4.2.2 Registro y monitoreo de la actividad sísmica en el estado.....121
5. **Fenómenos Hidrometeorológicos**
   5.1 Ciclones tropicales.....130
      5.1.1 Afectaciones por el impacto de los sistemas ciclónicos.....132
      5.1.2 Inundaciones pluviales y fluviales.....133
      5.1.3 Modelación de riesgos por inundaciones fluviales y pluviales....141
   5.2 Modelos de Inundación 142
      5.2.1 Modelación Hidráhulica 155
   5.3 Sistema de Alerta Temprana por inundación Guerrero (SIATGro).....169
6. **Fenómenos Químico-Tecnológicos**
   6.1 Sustancias químicas peligrosas.....172
7. **Fenómenos Sanitario Ecológico**
   7.1 Sitios de disposición final.....175
   7.2 Epidemias.....191

8. Fenómenos Socio-organizativos

8.1 Refugios temporales 192

8.1.1 Atención y diseño.....193

Conclusión.....198

Referencias

1. Introducción

El estado de Guerrero, situado en el sur de México, presenta una elevada vulnerabilidad frente a fenómenos naturales extremos, principalmente sismos y huracanes, debido a su localización sobre la zona de subducción de la Placa de Cocos bajo la Placa de Norteamérica. En su franja costera se localiza la denominada *Brecha de Guerrero*, un segmento sísmico de aproximadamente 200 km que no ha registrado un gran evento desde 1911, pero que es considerado capaz de generar un sismo de gran magnitud en caso de ruptura total, con impactos potencialmente catastróficos desde el propio estado hasta la Ciudad de México. A esta amenaza sísmica se suma la ocurrencia constante de fenómenos hidrometeorológicos —particularmente huracanes y tormentas tropicales— que, junto con otros procesos de origen natural y antrópico, han ocasionado severos daños en infraestructura, cuantiosas pérdidas económicas y ambientales, así como lamentables pérdidas humanas. Ejemplo de ello son los recientes impactos registrados en el estado derivado de los huracanes: Max, Otis, John y Erick, es por eso que tanto sismos como lluvias extremas han puesto de manifiesto la vulnerabilidad y susceptibilidad en el territorio.

En este sentido, los fenómenos hidrometeorológicos son procesos atmosféricos asociados con el agua, tales como ciclones tropicales, tormentas severas, huracanes, inundaciones, sequías, marejadas, nevadas y lluvias extremas. Estos eventos, al interactuar con poblaciones, infraestructura y actividades productivas, pueden transformarse en desastres, agravando la condiciones económicas, sociales y humanas. Cabe señalar que los desastres no son naturales en sí mismos, sino socialmente construidos, siendo el resultado de la mala planificación del

crecimiento poblacional y la interacción entre el fenómeno perturbador y las condiciones de vulnerabilidad del territorio.

En las últimas décadas, la variabilidad climática y los efectos del calentamiento global han intensificado la frecuencia e impacto de estos fenómenos, incrementando los riesgos para regiones altamente expuestas como el estado de Guerrero. Este territorio ha sido escenario de eventos de gran magnitud, entre los que destacan el huracán *Paulina* (1997), la interacción simultánea de la tormenta tropical *Manuel* y el huracán *Ingrid* (2013), los huracanes Max (2023), Otis (2023), *John* (2024) y recientemente Erick (2025). Dichos episodios han evidenciado la alta vulnerabilidad de Guerrero frente a los impactos hidrometeorológicos, tanto en zonas urbanas como rurales, al provocar inundaciones, deslizamientos, afectaciones a la infraestructura crítica y pérdidas de vidas humanas.

Además, investigaciones recientes alertan sobre un aumento en la intensidad de huracanes asociados al cambio climático y condiciones como El Niño, que propician una intensificación rápida de tormentas como Otis (2023) o Erick (2025), que alcanzan categorías mayores en plazos muy corto.

Históricamente, se han identificado depósitos sedimentarios en la costa con estructuras que sugieren la ocurrencia de tsunamis antiguos, asociados a sismos de gran magnitud, lo que refuerza la necesidad de considerar escenarios multi-amenaza en la gestión integral del riesgo y la concientización de la población a distintos escenarios. Estos antecedentes muestran la urgencia de fortalecer los mecanismos de prevención, preparación y respuesta, incorporando el conocimiento científico y la

planeación territorial como ejes centrales, mejorando la resiliencia frente a los riesgos sísmicos.

Estos esfuerzos deben estar alineados a los compromisos internacionales, tales como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que busca reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia ante los desastres, y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, que enfatiza la importancia de comprender el riesgo en todas sus dimensiones, fortalecer la gobernanza del riesgo, invertir en resiliencia y mejorar la preparación para una recuperación eficaz. En este sentido, Guerrero requiere una estrategia integral que articule ciencia, políticas públicas y participación social para transitar hacia comunidades más seguras y resilientes frente a los sismos y demás amenazas naturales y antrópicas.

Además de los riesgos de origen natural, el territorio enfrenta también amenazas de carácter antrópico que, en interacción con las condiciones de vulnerabilidad social, económica y ambiental, pueden derivar en desastres de gran magnitud. Entre ellos, las pandemias han puesto en evidencia la fragilidad de los sistemas comunitarios y de salud pública. El caso de la pandemia por COVID-19 mostró con claridad las limitaciones estructurales y organizativas para responder de manera efectiva, al mismo tiempo que evidenció la necesidad de fortalecer la resiliencia comunitaria mediante la participación de la población, la cooperación interinstitucional y la construcción de capacidades locales. Esta experiencia subraya que los riesgos no se restringen a los fenómenos naturales, sino que incluyen también aquellos generados o amplificados por la acción humana, lo que exige un enfoque integral y transversal en la gestión del riesgo.

Finalmente, el presente documento constituye un instrumento estratégico de gestión integral de riesgos, cuyo propósito central es identificar, analizar y representar los peligros, vulnerabilidades y riesgos a los que se encuentra expuesto el estado de Guerrero. A través del Atlas Estatal de Riesgos, se reconocen los elementos expuestos y se evalúa su nivel de vulnerabilidad frente a distintos fenómenos perturbadores, integrando información científica, técnica y social para estimar la magnitud y probabilidad de ocurrencia de desastres.

Este atlas se convierte en una herramienta fundamental para las autoridades municipales, comunidades e instituciones, al fortalecer la toma de decisiones en materia de ordenamiento territorial, planeación del desarrollo urbano y diseño de políticas públicas. Con ello, se impulsa la construcción de comunidades más resilientes y sostenibles, mediante una plataforma que ofrece información clara y accesible a la población en general, fomentando la conciencia de los riesgos y la participación social en la gestión integral de riesgos.

2. Protocolo

Desde el inicio de la administración 2021-2027, la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de Guerrero reconoció la necesidad de actualizar y fortalecer el Atlas Estatal de Riesgos, instrumento esencial para la planeación territorial, la prevención y la salvaguarda de la población guerrerense. Esta actualización no solo responde a la obligación de contar con información científica y técnica actualizada, sino también al compromiso con la seguridad, el bienestar y el desarrollo sostenible de más de 3.5 millones de habitantes del estado.

Durante esta administración, Guerrero enfrentó eventos de gran magnitud que pusieron a prueba nuestra capacidad de respuesta y la coordinación interinstitucional. Los huracanes, inundaciones y deslizamientos de laderas ocurridos en distintas regiones del estado nos recordaron la urgencia de contar con herramientas modernas y precisas para la gestión del riesgo. Fue en este contexto que impulsamos la actualización del Atlas Estatal de Riesgos, un instrumento que ahora incorpora un nivel de análisis más avanzado, al integrar no solo las variables comunes, sino que se presenta un trabajo de fácil acceso e interpretación para la población en general, incorporando herramientas con tecnologías de vanguardia y una interfaz amigable para las personas usuarias.

Este instrumento refleja las lecciones aprendidas y se enriquece con aportes clave para nuestro territorio:

- La incorporación de riesgos hidrometeorológicos críticos como las inundaciones, con mapas detallados cartografiados que muestran las zonas más expuestas y los niveles máximos alcanzados en los anteriores eventos.

- La cartografía de deslizamientos de laderas, identificando con precisión colonias, comunidades y corredores de alta susceptibilidad, particularmente en áreas urbanas en crecimiento, con la ayuda de imágenes de alta resolución (orto mosaicos).
- La integración de riesgos químico-tecnológicos y antrópicos, reconociendo amenazas como accidentes industriales.
- La identificación detallada de bienes expuestos, infraestructura crítica y vulnerabilidades sociales en zonas urbanas y rurales.
- Un visor digital interactivo, accesible tanto al público como a usuarios especializados, con distintos niveles de consulta y altos estándares de seguridad para la información estratégica y datos espaciales actuales.

Los retos enfrentados nos dejaron claro que cada emergencia trae consigo aprendizajes, y hoy podemos afirmar que nuestras instituciones son más fuertes, están mejor preparadas y cuentan con un instrumento robusto que permitirá anticipar riesgos, prevenir desastres y proteger con mayor eficacia a la población guerrerense.

El mayor reto de este proyecto fue la sistematización de información territorial, ambiental y social a partir de múltiples fuentes y actores. Ello requirió un esfuerzo multidisciplinario, articulando la colaboración entre dependencias municipales, federales e instituciones académicas. El resultado es un instrumento robusto, confiable y científico, indispensable para la toma de decisiones informadas en materia de gestión del riesgo de desastres.

Asimismo, el Atlas de Riesgos presenta un documento metodológico de resultados, donde se detallan las técnicas empleadas, las fuentes de información y los criterios de validación, asegurando la transparencia y la posibilidad de futura incorporación al Atlas Nacional de Riesgos.

Con esta actualización, Guerrero se posiciona como un referente nacional en la gestión integral del riesgo, alineando sus acciones con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y con el Marco de Sendai 2015-2030, que llaman a fortalecer la resiliencia, invertir en prevención y reducir la vulnerabilidad frente a fenómenos naturales y antrópicos.

Este esfuerzo refleja el compromiso de la administración 2021-2027 con la construcción de un Guerrero más seguro, resiliente y sostenible, donde la ciencia, la tecnología y la participación ciudadana se convierten en pilares fundamentales para enfrentar los desafíos presentes y futuros.

Evelyn Cecia Salgado Pineda

Gobernadora Constitucional del Estado de Guerrero

2.1. Fundamento Jurídico

De acuerdo con la Ley General de Protección Civil (última reforma publicada en el DOF el 21 de diciembre de 2023), en su artículo 2, fracción IV, se define al Atlas Nacional de Riesgos como el *sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y los 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*.

Asimismo, en el artículo 19, fracción XXII, se establece que el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) es el organismo responsable de supervisar la elaboración y actualización del Atlas Nacional de Riesgos, así como de los atlas correspondientes a las entidades federativas, municipios y demarcaciones territoriales de la Ciudad de México.

Por su parte, el artículo 83 dispone que el Gobierno Federal, con la participación de las entidades federativas, promoverá la creación de las bases que permitan la identificación y registro de las zonas de riesgo en los Atlas Nacional, Estatales y Municipales de Riesgos. Dichos instrumentos deberán reflejar las áreas del territorio nacional que representan peligro para la población, así como para el patrimonio público y privado, con el propósito de proporcionar información que permita a las autoridades competentes regular la edificación y el desarrollo de asentamientos humanos.

En concordancia, el Reglamento de la Ley General de Protección Civil establece que *la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos podrá realizarse de manera permanente y por etapas*

progresivas. Cada una de estas etapas deberá desarrollar o fortalecer uno o varios de sus componentes. Las actualizaciones periódicas del Atlas Nacional de Riesgos tienen como objetivo reducir la incertidumbre de la información, mejorar la resolución espacial y temporal, y fortalecer las capacidades del Sistema Nacional de Protección Civil en la gestión del riesgo.

Por otro lado, la Ley Número 861 de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil del Estado de Guerrero (publicada en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado, Edición No. 74, Alcance III, de fecha 13 de septiembre de 2024), establece en su artículo 2, fracción IX que el Atlas de Riesgos es el *sistema de información sobre los agentes perturbadores y los 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, incluyendo aquellos que se agravan o exacerban por efecto del cambio climático*.

De acuerdo con el artículo 66 de la misma ley, el Atlas de Riesgos del Estado de Guerrero estará conformado por bases de datos, sistemas de información geográfica (SIG) y herramientas de análisis y simulación de escenarios, además de permitir la estimación de pérdidas ante desastres. Debido a la naturaleza dinámica del riesgo, este instrumento deberá mantenerse en actualización permanente.

Finalmente, el artículo 77 dispone que los Atlas de Riesgos Estatal y Municipales deberán ser difundidos entre la población para fomentar el conocimiento, la comprensión y la cultura de prevención respecto a los riesgos presentes en el ámbito local.

2.2 Antecedentes

El Estado de Guerrero, debido a su ubicación geográfica, condiciones orográficas y dinámica socioeconómica, se encuentra expuesto a una amplia variedad de fenómenos naturales y antrópicos que, de manera recurrente, generan afectaciones significativas a la población, pérdidas económicas, daños a la infraestructura y, lamentablemente, la pérdida de vidas humanas.

Ante este contexto, resulta imprescindible identificar, caracterizar y ubicar geográficamente los riesgos a los que está expuesta la población. Para ello, la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil del estado de Guerrero requiere contar con herramientas técnicas e informáticas especializadas que permitan realizar análisis integrales de riesgo, con el objetivo de salvaguardar la vida, los bienes y el entorno de la población guerrerense.

En cumplimiento con sus atribuciones, esta Secretaría reconoce la necesidad de contar con un Atlas Estatal de Riesgos, instrumento técnico que además de apoyar la toma de decisiones en materia de prevención, mitigación y atención de emergencias, servirá como fuente de información para alimentar el Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED.

Como política transversal, se plantea la modernización, fortalecimiento y actualización del Atlas Estatal de Riesgos, consolidándolo como una herramienta de análisis e integración de información física, geoespacial y geoestadística, orientada a la prevención, preparación, respuesta y recuperación ante fenómenos naturales y antrópicos. Este sistema permitirá realizar pronósticos, evaluaciones y modelaciones relacionadas con riesgos por sismos, deslizamientos de terreno, inundaciones, incendios forestales, procesos de desertificación, entre otros, así como los

riesgos derivados de actividades humanas, tales como zonas minadas, inestabilidad de laderas inducida y daños a bienes culturales o patrimoniales.

El Atlas se sustentará en estudios geotécnicos, hidrometeorológicos y ambientales realizados en el territorio estatal, con el propósito de fortalecer los procesos de planeación territorial, gestión de emergencias, rehabilitación y reconstrucción de infraestructura, fomentando una toma de decisiones interinstitucional y basada en evidencia técnica.

Como referencia técnica, se retoma el Atlas Estatal de Riesgos Geológicos del Estado de Guerrero (2005) y la publicación “Identificación geotécnica de laderas potencialmente inestables en las cabeceras municipales de Chilpancingo, Tlapa, Zihuatanejo, Taxco y Acapulco”, elaborada con recursos del FOPREDEN (Acuerdo CE/1 EXT/15-ene-07-08, julio de 2009). Sin embargo, la evolución del territorio y del contexto climático hace necesaria la actualización de dicha información, ya que el cambio climático ha incrementado la frecuencia, intensidad y duración de los fenómenos naturales, modificando los periodos de retorno y los patrones de riesgo, además del crecimiento poblacional y urbano que ha transformado significativamente las condiciones de exposición y vulnerabilidad.

El estado ha sido reiteradamente afectado por fenómenos hidrometeorológicos como: “Paulina” (1997), “Ingrid” y “Manuel” (2013), “Max” y “Otis” (2023), “John” (2024) y más recientemente “Erick” (2025). Asimismo, los fenómenos sísmicos han tenido un impacto relevante, destacando los ocurridos en julio de 1957, marzo de 1979, y particularmente los suscitados el 19 de septiembre de 1985, el 18 de abril de 2014, el 19 de septiembre de 2017 y el 7 de septiembre de 2021.

Entre los fenómenos de origen antrópico, destacan las movilizaciones sociales, accidentes de transporte y daños a infraestructura crítica, los cuales también representan riesgos para la seguridad y el bienestar de la población.

2.3 Objetivo

Actualizar y fortalecer el Atlas Estatal de Riesgos mediante la integración de evidencia científica multidisciplinar y datos geoespaciales actualizados, con el propósito de identificar, analizar y representar los peligros y vulnerabilidades existentes y potenciales, buscando proveer información confiable y oportuna, la cual facilite la gestión integral de riesgos, generando una coparticipación interinstitucional y social, mejorando la resiliencia en el estado de Guerrero.

Específicos:

- Identificar y delimitar zonas de alto potencial de deslizamiento de laderas e inundaciones.
- Analizar vulnerabilidad y exposición ante eventos hidrometeorológicos.
- Integrar información sobre las estaciones meteorológicas que ayuden a fortalecer el alertamiento ante inundaciones y deslizamiento de laderas, impulsando la difusión y divulgación a la población en general.
- Proveer de herramientas geoespaciales, con cartografía temática por medio de plataformas que faciliten la planificación y ordenamiento territorial considerando la gestión integral de riegos.

3. Medio Físico

El estado de Guerrero está situado geográficamente al sur de la República Mexicana, localizándose entre los 16° 18' y 18° 48' latitud norte y los 98° 03' y 102° 12' de longitud oeste. Limita al norte con los estados de México y Morelos, al noroeste con el de Michoacán, al noreste con el estado de Puebla, al este con el estado de Oaxaca y al sur con el Océano Pacífico. Su extensión territorial es de 63 mil 595.9 km² que corresponden al 3.2% del territorio nacional, ocupando el 13° lugar con respecto a las demás entidades federativas, cuenta con un litoral de 522 km desde la desembocadura del Río Balsas en el noroeste hasta el límite del municipio de Cuajinicuilapa en el sureste.

La entidad está conformada por ocho regiones: Acapulco, Centro, Costa Chica, Costa Grande, La Montaña, Norte, Tierra Caliente y Sierra. Cada una presenta diferentes condiciones fisiográficas y climatológicas, las cuales potencian su nivel de vulnerabilidad, aunadas a la diversidad cultural, comercial y biológica, generando necesidades distintas para la Gestión Integral de Riesgos ante la manifestación de fenómenos perturbadores.



Figura 1.- Las 8 regiones geoeconómicas del estado de Guerrero.

El Estado de Guerrero cuenta con una población de 3,540,685 habitantes, según el Censo de Población y Vivienda INEGI 2020. De este total:

- Mujeres: 1,840,073 (52 %)
- Hombres: 1,700,612 (48 %)

Respecto a la distribución territorial:

- Población urbana: 60 % (aproximadamente 2,124,411 habitantes)
- Población rural: 40 % (aproximadamente 1,416,274 habitantes)

A nivel nacional, Guerrero ocupa:

- Décimo tercer lugar por número total de población.
- Décimo octavo lugar por densidad de población, con 56 habitantes por km².

Población Indígena

Los pueblos indígenas en el Estado de Guerrero se concentran principalmente en cuatro grupos: Nahuas, Na Savi (Mixtecos), Xaboo Me'phaa (Tlapanecos) y Nancue Ñomndaa (Amuzgos), los cuales presentan los índices más altos de pobreza y marginación en la entidad.

La presencia de estas comunidades indígenas es sumamente significativa, no solo por su tamaño, sino también por su dinamismo social, cultural y demográfico. Según el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, 515,487 personas de 3 años y más hablan una lengua indígena, lo que representa el 15.5 % del total de la población estatal. Por sexo, 240,975 son hombres (46.8 %) y 274,512 mujeres (53.2 %).

A nivel nacional, Guerrero ocupa el cuarto lugar entre los estados con mayor población hablante de lengua indígena, siendo superado únicamente por Oaxaca (31.2 %), Chiapas (28.25 %) y Yucatán (23.7 %) INEGI, 2020.

3.1 Modelo Digital de Elevaciones

De acuerdo con la *Guía Mínima para la Elaboración de Atlas de Riesgos Municipales y Estatales* emitida por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 21 de diciembre de 2016, el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) constituye un insumo cartográfico fundamental para el análisis morfométrico y la representación del relieve de un territorio. Este modelo es esencial para la identificación de zonas susceptibles a fenómenos de origen natural, así como para la planeación territorial orientada a la reducción del riesgo de desastres.

1. Contenido del mapa del Modelo Digital de Elevaciones

El mapa del MDE integra información topográfica precisa que representa las variaciones altitudinales del terreno en el ámbito estatal. Los elementos mínimos que deben incluirse son los siguientes:

- Representación del relieve en formato raster o vectorial, con resolución acorde al nivel estatal.
- Curvas de nivel derivadas del MDE, que faciliten la interpretación morfológica del terreno.
- Cotas altimétricas principales y puntos de control geodésico.
- Escala cartográfica adecuada que permita una lectura clara de los detalles (recomendada 1:50,000).
- Leyenda con intervalos de elevación y simbología estandarizada.
- Norte geográfico y coordenadas en sistema de referencia oficial (UTM, datum WGS84 o ITRF 2008).

- Metadatos cartográficos que incluyan la fuente de los datos, fecha de elaboración, institución responsable, resolución espacial y precisión vertical.

2. Elaboración del mapa del Modelo Digital de Elevaciones

La elaboración del mapa del MDE para el *Atlas Estatal de Riesgos* se llevó a cabo con base en una metodología técnica estandarizada, conforme a las directrices establecidas por el CENAPRED. El procedimiento comprendió las siguientes etapas:

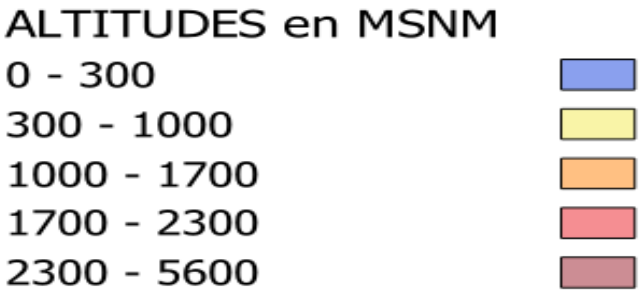
1. Obtención de datos:
   Se utilizaron datos oficiales del *Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM)* a 15 metros de resolución, disponibles en el portal del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). En zonas prioritarias o de interés específico —por antecedentes de fenómenos perturbadores— se generó información complementaria mediante levantamientos fotogramétricos con drones (*Matrice 4T* y *Wingtra GEN2*), procesados en el software *Pix4D Mapper con la generación de modelos a escala centimetrica, y con correcciones topográficas con gps GNSS diferencial en terreno.*

2. Procesamiento de la información:
   Los datos fueron ajustados y depurados para eliminar inconsistencias mediante la herramienta Fill NoData en el Sistema de Información Geográfica QGIS (versión 3.40.11). Se realizaron interpolaciones de áreas sin información con la herramienta Warp (reproyección) y se generaron productos derivados, como mapas de pendiente (Slope) y orientación de laderas (Aspect), con parámetros diferenciados según el tipo de análisis requerido.

3. Integración en el Sistema de Información Geográfica (SIG): El MDE corregido se integró al entorno SIG para su análisis conjunto con otras capas temáticas: hidrología (INEGI), uso de suelo y vegetación (INEGI y CONAFOR), edafología (INEGI), litología y estructuras geológicas (Servicio Geológico Mexicano), entre otras.

4. Clasificación altimétrica:

Se establecieron cinco intervalos altitudinales específicos para el territorio estatal, definidos mediante una paleta de colores estandarizada que facilita la interpretación visual y el análisis topográfico comparativo.



5. Presentación cartográfica:

El producto final se diseñó conforme a la normatividad cartográfica vigente, incorporando los elementos indispensables: título, escala gráfica, logotipos institucionales, fuentes de información, leyenda, sistema de coordenadas y notas aclaratorias.

3. Aplicaciones del MDE en el Atlas Estatal de Riesgos

El MDE no solo permite visualizar la altitud del terreno, sino que constituye la base analítica para la identificación y modelación de zonas de peligro asociadas a fenómenos como:

- Inundaciones en zonas bajas o depresiones topográficas.
- Deslizamientos y movimientos de ladera en pendientes pronunciadas.
- Flujos de lodo, derrumbes y caídos de roca.
- Expansión urbana en áreas con riesgo por condiciones topográficas adversas.

Asimismo, el MDE facilita la planeación del territorio, la priorización de obras de mitigación, la simulación hidrológica, el análisis de susceptibilidad y la integración de modelos de vulnerabilidad y exposición. Constituye un componente técnico indispensable en la elaboración del *Atlas Estatal de Riesgos*. Su correcta generación, basada en estándares cartográficos y metodológicos definidos por el CENAPRED, garantiza que las autoridades y tomadores de decisiones cuenten con una representación precisa del relieve. Esto permite identificar con mayor certeza las áreas susceptibles a fenómenos de origen natural y diseñar estrategias de prevención, mitigación y adaptación que fortalezcan la Gestión Integral del Riesgo de Desastres (GIRD) en el territorio estatal.

3.2 Fisiografía

La descripción del estado de Guerrero en términos de características fisiográficas destaca su variedad de sistemas de relieve, incluyendo sierras, valles, llanuras y flujos volcánicos, así como su posición en la región sur de México, con una topografía compleja que combina altitudes elevadas y áreas costeras bajas. También se pueden ver la presencia de sistemas montañosos como las Sierras de Guerrero y sus diversos valles y llanuras, que contribuyen a la diversidad paisajística y geográfica del estado. La complejidad morfológica y la variedad en los tipos de superficies características del territorio guerrerense son reflejo se la complejidad litológica y diversos procesos de tectónica activa presente en el estado.

En la región sur de Guerrero predominan relieves caracterizados principalmente por sierras y áreas costeras. La Sierra de Guerrero, tiene formaciones montañosas de gran altitud y relevancia topográfica, que atraviesan la región Este y contribuyen a su diversidad paisajística, con picos que superan los 2,000 metros sobre el nivel del mar, influenciando el clima y la vegetación de la zona como cedros y pinos-encino.

Los valles, por su parte, son depresiones o áreas bajas ubicadas entre las sierras o a sus alrededores, donde se concentran los asentamientos humanos y actividades agrícolas. Estos valles (ej Iguala) presentan una topografía principalmente suave y favorecen la existencia de climas más templados a cálidos, además de contar con ríos y cuerpos de agua que alimentan estas zonas.

La combinación de estos relieves —sierras altas de relieve escarpado y valles suaves y fértiles— caracteriza fundamentalmente la región sur de Guerrero, otorgándole un paisaje variado y diverso que influye en sus

condiciones climáticas, vegetación y actividades económicas, especialmente en la agricultura y ganadería.

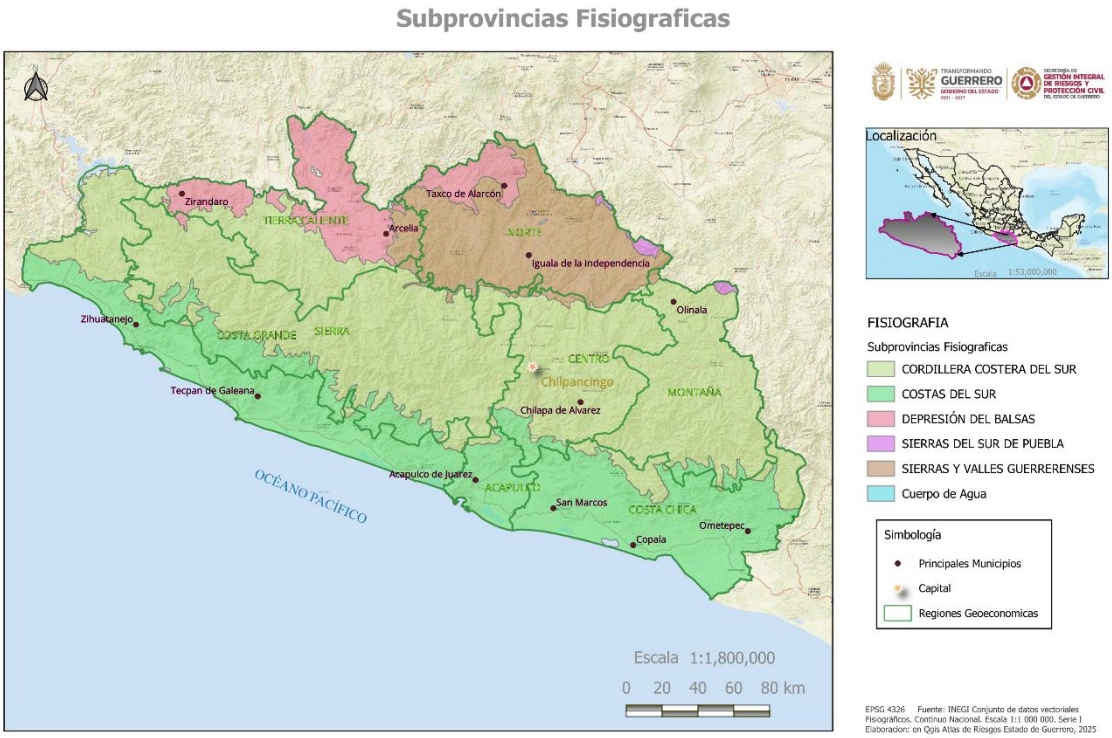


Figura 2. Subprovincias fisiográficas del estado de Guerrero.

El territorio de Guerrero se ubica en el sur de México, en la transición entre el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la planicie costera del Pacífico. Entre las provincias fisiográficas de México: la Sierra Madre del Sur y la Depresión del Balsas. En su interior se distinguen cuatro subprovincias de relevancia para la caracterización del medio físico: Depresión del Balsas, Sierras y Valles de Guerrero, Cordillera Costera del Sur y Costas del Sur. Cada una presenta rasgos geomorfológicos diferenciados que inciden de manera directa en la dinámica de los riesgos geológicos e hidrometeorológicos.

Las provincias fisiográficas más relevantes que enmarcan a Guerrero son:

- Sierra Madre del Sur: Dominante en la entidad, formada por alineamientos montañosos con orientaciones NW-SE, compuestos por rocas ígneas intrusivas, metamórficas y sedimentarias mesozoicas, así como extensos complejos ofiolíticos. Presenta fuertes pendientes, cañadas profundas y una gran fragmentación del relieve.
- Cinturón Volcánico (extremo sur): Se manifiesta en la parte norte del estado, en colindancia con Morelos, Puebla y el Estado de México. Está asociado a vulcanismo cuaternario, con mesetas y conos volcánicos aislados.
- Llanura Costera del Pacífico: Franja estrecha que se desarrolla al sur de la Sierra Madre del Sur, con terrazas marinas, llanuras aluviales y cordones litorales que bordean la costa de Guerrero.

A escala estatal, Guerrero se localiza entre las subprovincias:

Depresión del Balsas

Esta subprovincia se extiende por el norte y oeste de Guerrero **(Figura 2)** como parte de la provincia Depresión del Balsas. Se caracteriza por amplios valles y lomeríos de altitudes que oscilan entre 300 y 1 200 metros sobre el nivel del mar, formados por materiales ígneos y metamórficos intensamente erosionados. La red de drenaje está dominada por el río Balsas y sus afluentes, generando terrazas aluviales y planicies fértiles de uso agrícola. Entre las localidades representativas se encuentran Ciudad Altamirano, Coyuca de catalán y Arcelia. La dinámica fluvial y la erosión hídrica marcan la susceptibilidad a inundaciones y procesos de remoción de masas durante la temporada de lluvias.

Sierras y Valles de Guerrero

Situada en el Centro–Norte del estado, constituye una franja montañosa intermedia entre la Depresión del Balsas y la Cordillera Costera. Presenta sierras de mediana altitud, entre 800 y 2 500 metros, separadas por valles tectónicos y cuencas entre las montañas. El sustrato está compuesto principalmente por rocas metamórficas y graníticas del Complejo Guerrero, con estructuras plegadas y fracturadas. En esta subprovincia se localiza Iguala de la Independencia, asentada en un valle con laderas de alta pendiente a su alrededor; destacan además Copalillo, Buena Vista de Cuellar y parte de Teloloapan, con su laguna endorreica en Tepecoacuilco de Trejo, La combinación de pendientes pronunciadas, suelos delgados y sismicidad regional favorece la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos.

Cordillera Costera del Sur

Esta unidad corresponde a un cinturón montañoso paralelo a la línea de costa, con elevaciones que alcanzan de 1 000 a 3 540 metros. Se compone de rocas ígneas intrusivas y metamórficas fuertemente fracturadas, y sistemas montañosos calcáreos evidenciando procesos de levantamiento tectónico activo. Los cañones profundos, la alta pluviosidad y la sismicidad frecuente propician deslizamientos y erosión acelerada. Cruza la mayor parte de las regiones del estado de Este a Oeste con Municipios desde Tlapa, pasando por la zona centro en Chilpancingo de los Bravo, mientras que las áreas de Filo de Caballos y Omiltemi albergan bosques de niebla de importancia ecológica y reguladora del ciclo hidrológico.

Costas del Sur

La franja litoral del Pacífico guerrerense constituye la subprovincia Costas del Sur. Comprende planicies aluviales y litorales de 0 a 200 metros de altitud, conformadas por sedimentos recientes de arena, limo y arcilla. Se distinguen sistemas lagunares y estuarinos como Tres Palos, Coyuca y Chautengo, además de bahías de origen tectónico como Acapulco. La dinámica costera, el oleaje y las mareas condicionan procesos de acumulación y erosión, con implicaciones directas en la vulnerabilidad ante tormentas tropicales, marejadas y aumento del nivel del mar.

3.3 Geomorfología

Guerrero se localiza en el sur de México, entre la Sierra Madre del Sur y la franja costera del Pacífico. Su relieve es predominantemente montañoso: cerca del 75 % de la superficie corresponde a sierras con pendientes pronunciadas, intercaladas por valles Inter montañas y planicies costeras. La compleja tectónica, ligada a la interacción de las placas de Cocos y Norteamericana, junto con los procesos de erosión pluvial y fluvial, determinan la diversidad de paisajes.

La diversidad fisiográfica de Guerrero determina la distribución y el tipo de amenazas naturales que enfrenta el estado. Las planicies costeras y los valles interiores concentran la mayor exposición a inundaciones, mientras que las sierras y cordilleras presentan alta susceptibilidad a deslizamientos, sismos y procesos erosivos. Esta zonificación es fundamental para la planeación del territorio, el diseño de obras de infraestructura y la elaboración de estrategias de prevención y mitigación de riesgos.

1. **Costa Chica**

   Planicie costera amplia con terrazas marinas y barras arenosas; estuarios y lagunas costeras como Chautengo y Marquelia. Predominan la sedimentación litoral, la dinámica de mareas y episodios de erosión en bocanas de ríos como Papagayo y Ometepec.

2. **Costa Grande**

   Planicie costera más angosta, con sierras que descienden abruptamente al mar. Destacan las bahías de Acapulco y Zihuatanejo, formadas por fallas y procesos de subsidencia, así como las cuencas aluviales del río Atoyac. Erosión hídrica intensa en laderas y acumulación de sedimentos en desembocaduras.

3. **Acapulco**

   Anfiteatro natural rodeado por sierras costeras fracturadas de la Sierra Madre del Sur. Presenta penínsulas graníticas, colinas de gneis y esquistos, y la laguna costera de Tres Palos al oriente. Alta meteorización química y movimientos de ladera.

4. **Centro**

   Valles intermontanos y mesetas de origen volcánico, rodeadas por sierras de la Madre del Sur. Incluye la cuenca de Chilpancingo y los valles de Tixtla y Quechultenango, con rellenos aluviales cuaternarios. Alta sismicidad, deslizamientos de ladera y erosión hídrica.

5. **Montaña**

Relieve muy escarpado con altitudes superiores a 3 000 m en picos como el Teotepec. Rocas metamórficas e intrusivas, con cañones profundos del río Balsas y afluentes. Intensa meteorización y procesos de denudación.

6. **Norte**

Parte de la cuenca del río Balsas, con sierras y valles amplios. Valles de Iguala y Taxco; karstificación en calizas y actividad minera que modifica microrelieves. Erosión fluvial destacada.

7. **Tierra Caliente**

Cuenca baja del Balsas, planicies aluviales y lomeríos. Clima cálido-extremo y suelos profundos de depósitos fluviales recientes. Erosión estacional intensa durante lluvias y sedimentación en cauces.

8. **Sierra**

Franja occidental y noroccidental de la Sierra Madre del Sur, con elevaciones abruptas y cañones del río Mezcala. Deslizamientos, erosión hídrica y tectónica activa.

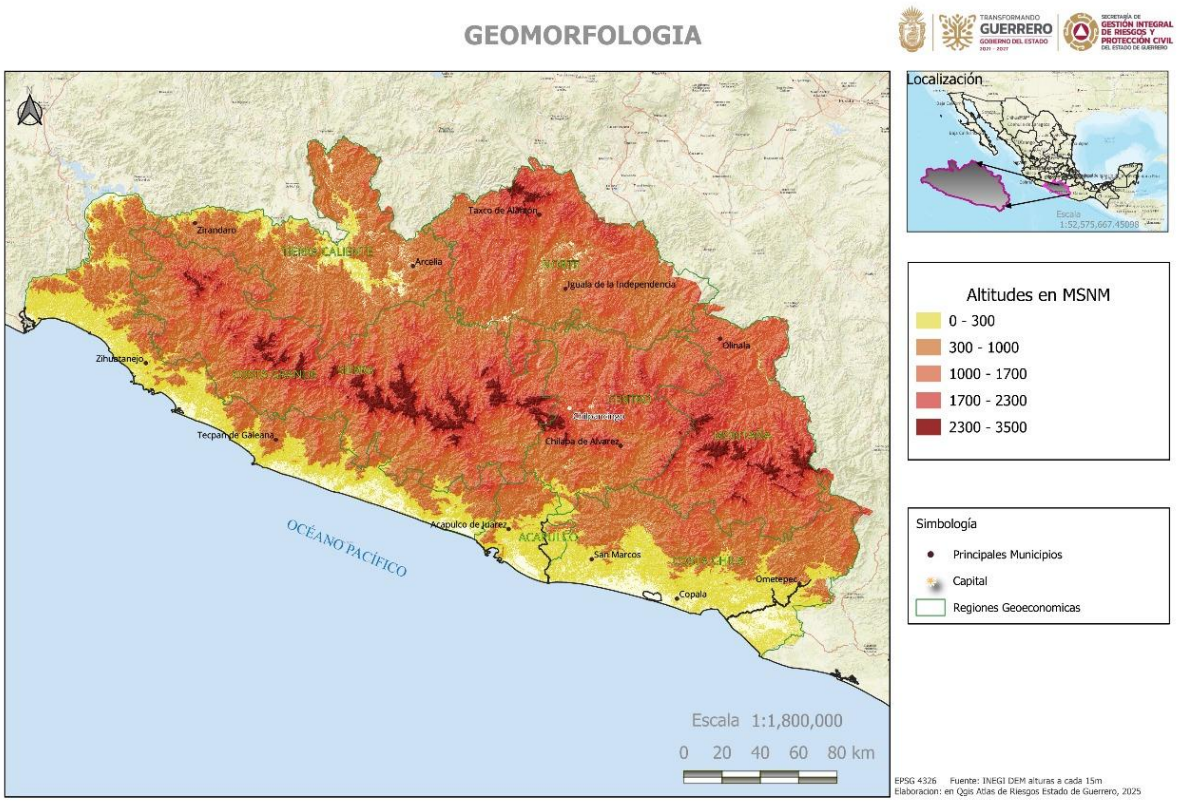


Figura 3. Mapa geomorfológico del estado con las 8 regiones.

3.4 Geología

El Estado de Guerrero, situado en el suroeste de México, constituye una región de crucial interés geológico debido a su emplazamiento en el borde activo de la Placa Norteamericana y la interacción con la subducción de la Placa de Cocos. Su geología es el resultado de una compleja y prolongada historia tectónica que se manifiesta en la yuxtaposición de terrenos tectonoestratigráficos alóctonos y parautóctonos, principalmente el Terreno Guerrero y el Terreno Xolapa, además de la colindancia con el Terreno Mixteco.

El registro estratigráfico de Guerrero abarca desde el Paleozoico Superior hasta el Reciente, con una notable diversidad de litologías:

Basamento Metamórfico (Precámbrico-Paleozoico): Las unidades más antiguas, aflorando especialmente en la Sierra Madre del Sur (Terreno Xolapa) y en el norte (Terreno Mixteco, en áreas colindantes como Taxco), están compuestas por rocas metamórficas de alto y medio grado (gneises, esquistos, cuarcitas) y complejos metamórficos. Estas rocas suelen formar el núcleo de los macizos.

- Secuencias Mesozoicas (Jurásico-Cretácico): Esta es la columna más representativa, especialmente dentro de los dominios del Terreno Guerrero y la Plataforma Guerrero-Morelos:
- Jurásico Superior - Cretácico Inferior (Terreno Guerrero): Domina una secuencia volcano-sedimentaria y metavolcánica (arco insular y cuenca marginal) compuesta por lavas, tobas, sedimentos marinos clásticos y calizas. Formaciones como la Acahuizotla son relevantes en el sur.
- Cretácico Medio-Superior (Plataforma Guerrero-Morelos): Esta secuencia carbonatada de plataforma es fundamental en la porción norte y central. Incluye la Formación Morelos (calizas masivas, micríticas y biomicríticas, a menudo dolomitizadas y mármoles) y, suprayaciéndola, la Formación Cuautla (calizas y lutitas, representando una transgresión-regresión marina).
- Rocas Cenozoicas (Terciario-Cuaternario):
- Paleógeno: El Grupo Balsas (Eoceno) se presenta como una secuencia continental de areniscas y conglomerados sinorogénicos, depositados tras la Orogenia Laramide.

- Neógeno-Cuaternario: Afloramientos de rocas volcánicas extrusivas (riolitas, andesitas, basaltos) y depósitos aluviales y tobáceos recientes asociados al volcanismo posterior en el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur.

Tectónica y Estructura Regional

La estructura de Guerrero es el resultado de la Orogenia Laramide (Cretácico Tardío-Paleógeno) y la tectónica asociada a la subducción activa del Pacífico:

1. Terrenos Tectonoestratigráficos: La región se divide en al menos tres terrenos principales:
    - Terreno Xolapa: En la franja costera, caracterizado por rocas metamórficas de alto grado y el extenso Batolito de la Costa de Guerrero (Cretácico Tardío-Paleógeno, de composición granítica a granodiorítica).
    - Terreno Guerrero: Ocupa gran parte del centro y oeste. Se interpreta como un arco volcánico insular acrecionado, con fuerte deformación por cabalgaduras y pliegues mayores que afectan a sus secuencias volcano-sedimentarias mesozoicas.
    - Terreno Mixteco: Aflora en el noreste, aportando secuencias marinas más antiguas (Jurásico) y el basamento paleozoico.

2. Cabalgaduras y Fallamiento: Existen grandes estructuras de cabalgamiento que superponen los dominios del Terreno Guerrero sobre las secuencias de plataforma (Plataforma Guerrero-Morelos), evidencia de la intensa compresión durante la Laramide. El fallamiento neotectónico es también significativo, relacionado con el régimen extensional y la sismicidad actual asociada a la zona de subducción.

El Estado de Guerrero es una de las provincias metalogenéticas más importantes de México, destacando por:

- Yacimientos Tipo Skarn y Polimetálicos: La intrusión de los cuerpos ígneos del Paleógeno/Neógeno en las calizas cretácicas ha generado importantes sistemas skarn y vetas epitermales. El distrito de Taxco-Iguala es un ejemplo clásico de yacimientos polimetálicos (Ag-Pb-Zn-Au) asociados a rocas metamórficas y calizas.
- Depósitos de Oro y Plata: Existen numerosos depósitos de Au-Ag en el Terreno Guerrero, incluyendo sistemas epitermales y de tipo pórfido, como los de la región de Campo Morado (sulfuros masivos volcanogénicos - VMS).
- Minerales Industriales: La explotación de calizas (para cemento), mármoles y yeso a partir de las Formaciones Morelos y Cuautla es económicamente relevante en la zona centro-norte.

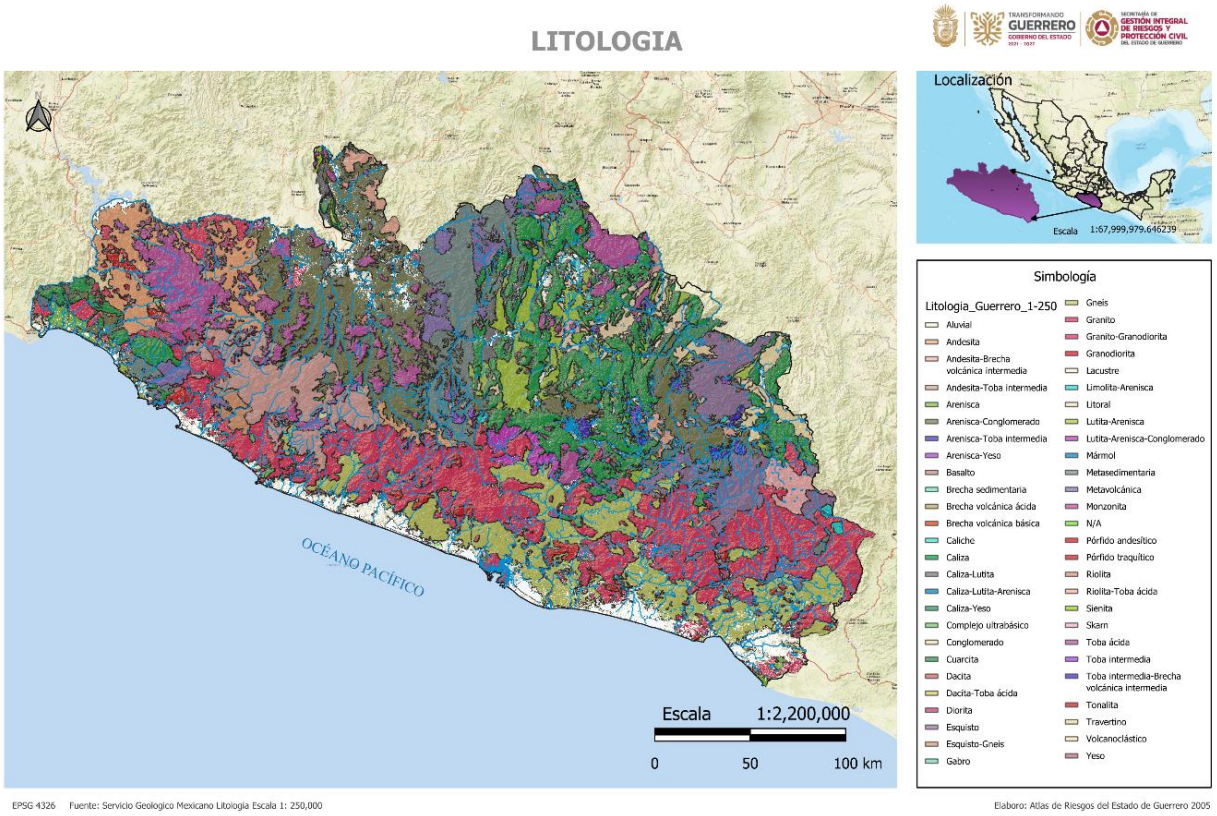


Figura 4. Mapa litológico del estado Fuente: Servicio Geológico Mexicano.

3.5 Edafología

La Edafología proviene de las raíces griegas “édaphos - suelos” y "logos - estudio", estudio del suelo; relacionando la composición y naturaleza del mismo, con las plantas y el entorno que le rodea, es una disciplina que estudia los suelos en relación con la biota y la utilidad de éstos para aprovechamiento. Incluye la génesis, clasificación y cartografía de suelos en relación con las formas del relieve. Para poder identificar zonas con mayor susceptibilidad a procesos erosivos y estructurales es necesario tener una caracterización del sustrato edáfico del territorio estatal (Hubp, 2011).

El Estado de Guerrero, ubicado en la región suroeste de México se divide en ocho regiones socioeconómicas (**Figura 1**). En ellas hay una gran diversidad de suelos y de vegetación debido a sus variadas condiciones topográficas, geológicas y climáticas que van desde zonas costeras tropicales hasta zonas montañosas más frescas (Figueroa., 2024).

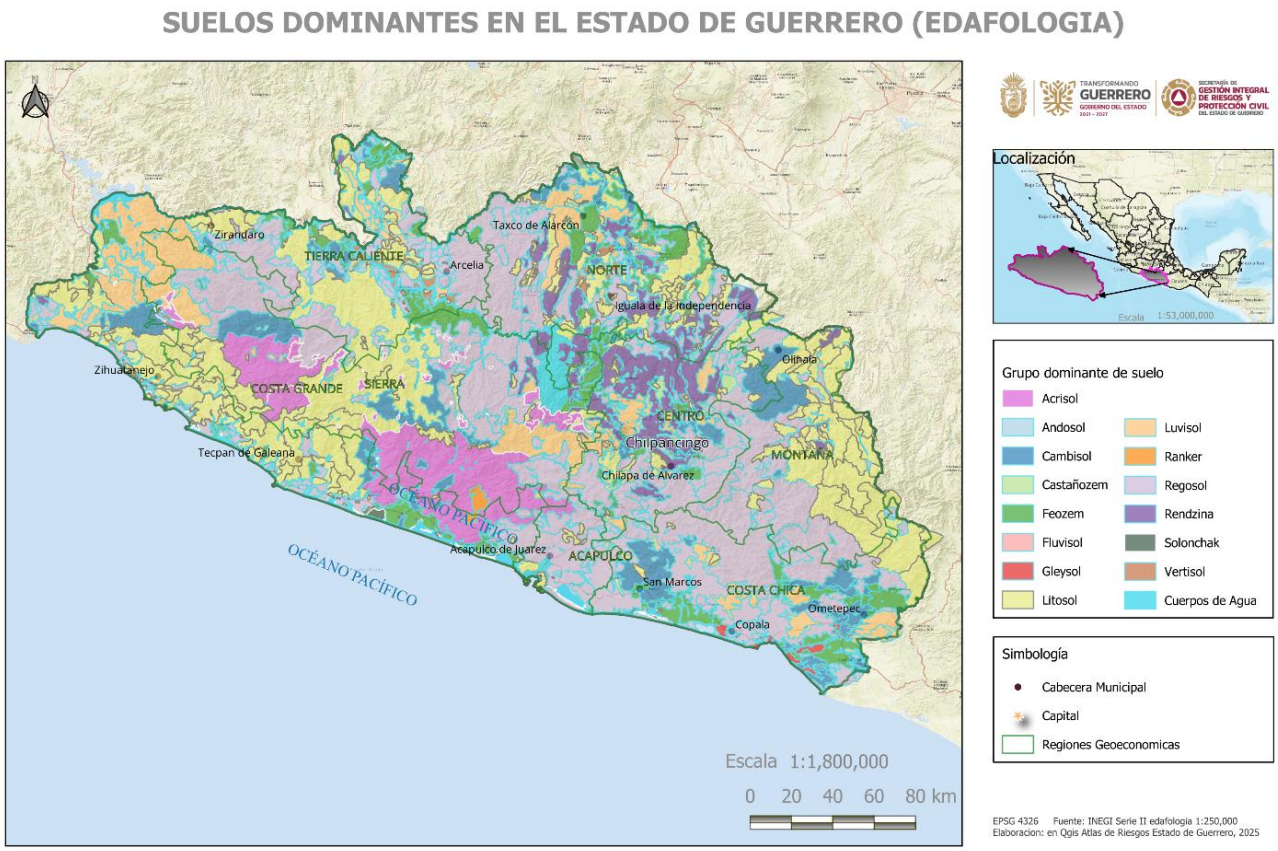


Figura 5. Mapa de suelos dominantes en el estado

Existen catorce tipos de suelo, sin embargo, siete son dominantes en el estado de Guerrero (Figura 5): Andosol (5 %), Arenosol (13 %), Cambisol (25 %), Feozem (3 %), Leptosol (19 %), Luvisol (1 %) y Regosol (34 %) (INEGI, 2021b).

Edafología dominante en el estado de Guerrero	
Nombre	Porcentaje
Andosol	5 %
Arenosol	13%
Cambisol	25%
Feozem	3%
Leptosol (Litosol)	19%
Luvisol	1%
Regosol	34%

Andosol (T). De las palabras japonesas an: oscuro; y do: tierra. Literalmente, tierra negra. Suelos de origen volcánico, constituidos principalmente de ceniza, la cual contiene alto contenido de alófano, que le confiere ligereza y untuosidad al suelo. En el estado de Guerrero están presentes en las regiones Centro, Costa Grande, Sierra y Tierra Caliente, con generalmente de colores oscuros y tienen alta capacidad de retención de humedad (Fig. 5). En condiciones naturales presentan vegetación de bosque o selva. Tienen generalmente bajos rendimientos agrícolas debido a que retienen considerablemente el

fósforo y éste no puede ser absorbido por las plantas. Sin embargo, con programas adecuados de fertilización, muchas regiones consiguen rendimientos muy altos. Tienen también uso pecuario especialmente ovino; el uso más favorable para su conservación es el forestal. Son muy susceptibles a la erosión eólica.

Arenosol (O) Del latín *arena:* arena. Literalmente, suelo arenoso. Suelos que se localizan principalmente en zonas tropicales o templadas muy lluviosas del sureste de México. La vegetación que presentan es variable. Se caracterizan por ser de textura gruesa, con más del 65% de arena al menos en el primer metro de profundidad. En México son muy escasos, y su presencia se limita principalmente a las llanuras y pantanos ejemplos en el estado los tenemos en las regiones Acapulco, Centro, Costa Chica, Costa Grande, Montaña y Sierra. Estos suelos tienen una alta permeabilidad, pero muy baja capacidad para retener agua y almacenar nutrientes. La susceptibilidad a la erosión en los Arenosoles va de moderada a alta. Los Arenosoles más susceptibles a la degradación por cambio de uso son los de clima húmedo.

Cambisol (B). Del latín *cambiare:* cambiar. Literalmente, suelo que cambia. Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación o clima excepto en los de zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. También pertenecen a esta unidad algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate. Son muy abundantes, se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables pues dependen del clima donde se

encuentre el suelo. En el estado de Guerrero se localizan en las regiones Acapulco, Centro, Costa Chica, Costa Grande, Norte, Sierra y Tierra Caliente, las cuales son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

Feozem (H). Del griego *phaeo:* pardo; y del ruso *zemljá:* tierra. Literalmente, tierra parda. Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems y los Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos. Los Feozems son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los menos profundos, están situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobre todo de la disponibilidad de agua para riego, en la región Norte suele usarse para la agricultura de temporada.

Leptosol (LP). Anteriormente se conocían como Litosoles (I), del griego Lithos, piedra. Actualmente representan a suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80 % de su volumen ocupado por piedras o

gravas. Son muy susceptibles a la erosión por las diversas actividades humanas. Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. En el estado de Guerrero se localizan en las regiones Centro, Costa Chica, Montaña, Norte y Sierra.

Luvisol (L). Dellatin *luvi, luo:* lavar. Literalmente, suelo con acumulación de arcilla, que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas con vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracteriza por tener enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, como y el extremo oeste de la Sierra, aunque en algunas ocasiones también pueden encontrarse en climas más secos como localidades del municipio de la Unión. La vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser obscuros. Se destinan principalmente a la agricultura con rendimientos moderados. En algunos cultivos de café y frutales en zonas tropicales, de aguacate en zonas templadas,

donde registran rendimientos muy favorables. Con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería. Los aserraderos más importantes del país se encuentran en zonas de Luvisoles, sin embargo, debe tenerse en cuenta que son suelos con alta susceptibilidad a la erosión. En México 4 de cada 100 hectáreas está ocupada por Luvisoles.

Regosol (R). Del griego *reghos:* manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, texturas variadas y baja aptitud agrícola, se parecen bastante a la roca que les da origen. En el Estado de Guerrero están presentes en las regiones Centro, Costa Chica, Costa Grande, Montaña, Norte, Sierra y Tierra Caliente En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Se incluyen en este grupo los suelos arenosos costeros y que son empleados para el cultivo de coco y sandía con buenos rendimientos. En Jalisco y otros estados del centro se cultivan granos con resultados de moderados a bajos. Para uso forestal y pecuario tienen rendimientos variables.

3.6 Hidrología

La hidrología es la ciencia que estudia el agua de la Tierra en todas sus manifestaciones, su ocurrencia, circulación y distribución, tomando en cuenta sus propiedades físicas y químicas y así como su interacción con el medio ambiente y los organismos vivos. Su ámbito de competencia comprende la historia completa de la existencia del agua sobre la tierra desde su origen geológico y su dinámica (U.S. Federal Council for Science and Tecnology, 1962).

El presente apartado tiene como objetivo describir y analizar el contexto de la hidrología superficial y subterránea del Estado de Guerrero. Estos datos incluyen el análisis hidrográfico de las ocho Regiones, Cuencas y Subcuencas Hidrológicas con su respectiva red hidrológica principal, así como, la descripción jerárquica y configuración y las principales características de los acuíferos del Estado de Guerrero. También describiendo las características hidrogeológicas de los acuíferos guerrerenses, contribuyendo como un insumo clave para la planeación de territorio y la identificación de riesgos asociados a fenómenos hidrometeorológicos y la sobe explotación de recursos subterráneos.

La hidrografía de Guerrero es muy diversa porque este estado mexicano con varias vertientes al mar, directo a una amplia franja costera frente al océano Pacífico. Además, posee una gran cantidad de lagunas y ríos que recorren buena parte de su territorio.

Contando con una hidrología continental altamente heterogéneo atravesando por una densa red de ríos predominantemente pluvial de agua dulce destacando el Río Balsas con orígenes desde lugares como

Puebla y Tlaxcala y que contribuyen el principal colector del norte y centro del estado. A este sistema se suman numerosos afluentes de origen local que corren desde las sierras hacia el Pacífico, configurando cuencas de respuesta rápida a eventos de precipitación extraordinario.

Los embalses, lagunas y lagos también cuentan como cuerpos de agua dulce, a excepción de las lagunas saladas en la zona de la costa. Estas lagunas saladas se conocen como albuferas, y contienen agua tan salada, o un poco menos salada, que la del océano.



Figura 6. Cuencas hidrológicas del estado.

Los cuerpos de agua dulce incluyen embalses de almacenamiento (presas de regulación y generación hidroeléctrica), lagunas interiores y lagos de origen tectónico o endorreico, como la laguna de Tixtla. Por contraste, en

la zona litoral se desarrollan lagunas costeras y albuferas que se comunican de manera intermitente con el mar. Estas últimas presentan salinidades variables, dependiendo de la dinámica mareal, la evaporación y el aporte fluvial. Ejemplos representativos son las lagunas de Tres Palos, Coyuca y Chautengo.

Las aguas superficiales del Estado de Guerrero están distribuidas en tres regiones hidrológicas: RH18 “Balsas”, RH19 “Costa Grande” y RH20 “Costa Chica-Rio Verde”.

Región Hidrológica 18 “Balsas”.

La Región Hidrológica RH18 “Balsas” cubre el 53,31% de la superficie del estado, abarcando el centro y norte de la entidad. Las corrientes fluyen al río Balsas, que a la vez vierte sus aguas en el océano Pacífico. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río Balsas-Mezcala (22,07%), Rio Balsas-Zirándaro (14,72%), Rio Balsas-Infiernillo (5,46), Rio Tlapaneco (5,61%), Rio Grande de Amacuzac (3,24%) y Rio Cutzamala (2,21%).

El Río Balsas nace en el valle de Puebla por la unión de los ríos San Martín y Zahuapan. En el estado de Guerrero la corriente principal, toma el nombre del río de Mezcala en la parte oriental; la de río Balsas a partir del poblado de Balsas y la de Río Zacatula en su tramo final. El recorrido de la corriente principal es de 771 Km de los cuales 522 corren sobre Guerrero, 107 sobre Puebla y 142 sobre Oaxaca.

RH-18B Cuenca Río Balsas- Mezcala

Se subdivide en 9 subcuencas de tipo abiertas:

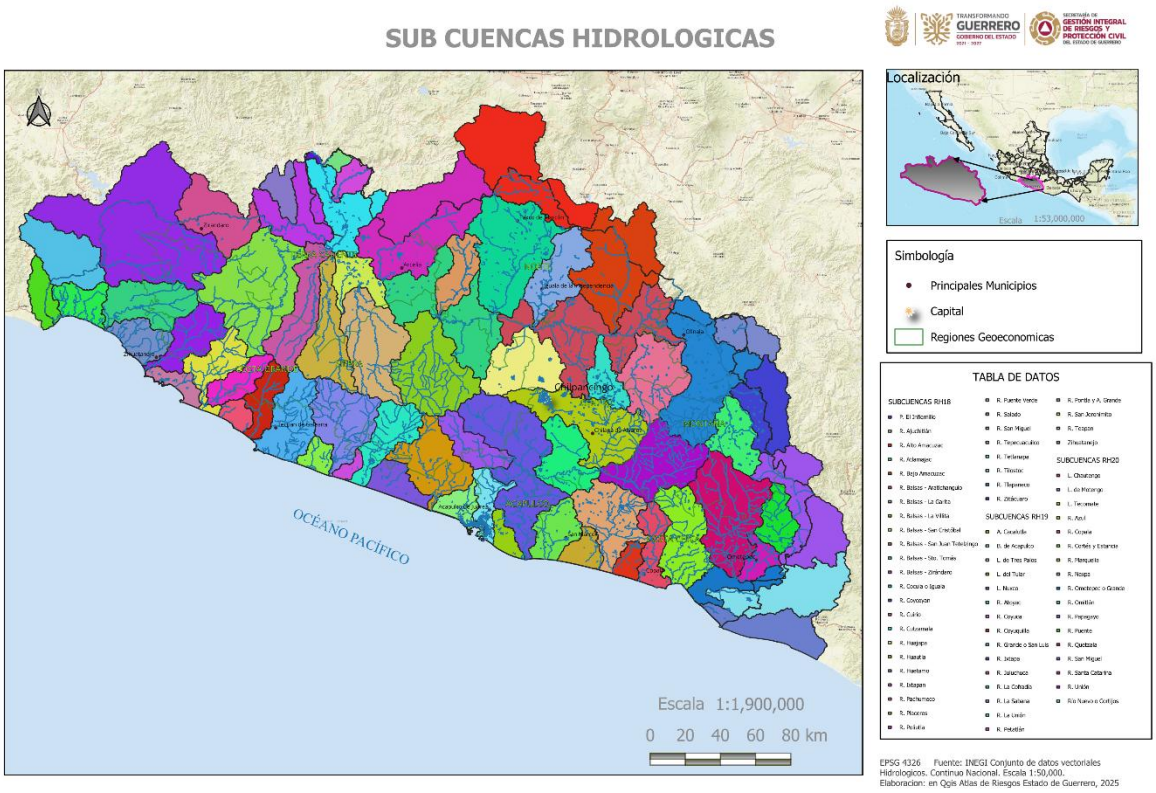


Figura 7. Subcuencas hidrológicas del estado. INEGI, 2010.

Clave	Subcuenca	Área (Km^2)	Perímetro	Tipo
RH-18Ba	Río Balsas - San Juan Tetelzingo	2669.2100	561.4900	Abierta
RH-18Bb	Río Balsas – Santo Tomás	2045.4300	407.6300	Abierta
RH-18Bc	Río Huautla	1905.7700	248.8500	Abierta
RH-18Bd	Río Huajapa	1299.9800	192.7700	Abierta
RH-18Be	Río Tetlanapa	549.6100	152.0400	Abierta
RH-18Bf	Río Pachumeco	1395.4600	222.4900	Abierta

RH-18Bg	Río Tepecuacuilco	1125.8200	223.5800	Abierta
RH-18Bh	Río Cocula o Iguala	2354.000	290.5800	Abierta
RH-18Bi	Río Puente Verde	703.5100	165.5100	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

RH-18C Cuenca Río Balsas- Zirándaro

Se subdivide en 8 subcuencas de tipo abiertas:

Clave	Subcuenca	Área (Km^2)	Perímetro	Tipo
RH-18Ca	Río Balsas – San Cristóbal	616.0900	170.3800	Abierta
RH-18Cb	Río Balsas – Zirándaro	1069.8500	260.8900	Abierta
RH-18Cc	Río Huetamo	416.5600	131.4200	Abierta
RH-18Cd	Río Placeres	2628.5200	311.4400	Abierta
RH-18Ce	Río Cuirio	1199.8400	248.0600	Abierta
RH-18Cf	Río San Miguel	1235.3300	243.4100	Abierta
RH-18Cg	Río Ajuchitlán	1706.2000	235.4800	Abierta
RH-18Ch	Río Poliutla	2951.4900	326.4400	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

RH-18D Cuenca Río Balsas- Infiernillo

Se subdivide en 4 subcuencas de tipo abiertas:

Clave	Subcuenca	Área (Km²)	Perímetro	Tipo
RH-18Da	Río Balsas-Aratichanguio	1216.9500	218.0100	Abierta
RH-18Db	Presa el Infiernillo	4590.9800	468.6600	Abierta
RH-18Dc	Río Balsas – La Garita	1220.6800	198.4600	Abierta
RH-18Dd	Río Balsas – La Villita	474.5700	133.1000	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

RH-18E Cuenca Río Tlapaneco

Se subdivide en 4 subcuencas de tipo abiertas:

Clave	Subcuenca	Área (Km²)	Perímetro	Tipo
RH-18Ea	Río Tlapaneco	2390.0200	346.6500	Abierta
RH-18Eb	Río Atlamajac	840.4500	163.6600	Abierta
RH-18Ec	Río Coycoyan	1197.3900	200.1300	Abierta
RH-18Ed	Río Salado	629.9600	159.7800	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

RH-18F Cuenca Río Grande de Amacuzac

Se subdivide en 2 subcuencas de tipo abiertas:

Clave	Subcuenca	Área (Km²)	Perímetro	Tipo
RH-18Fa	R. Bajo Amacuzac	2280.9600	330.0600	Abierta
RH-18Ff	R. Alto Amacuzac	2611.9800	337.5700	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

RH-18G Cuenca Río Cutzamala

Se subdivide en 2 subcuencas de tipo abiertas:

Clave	Subcuenca	Área (Km²)	Perímetro	Tipo
RH-18Ga	Río Cutzamala	1112.7200	261.9800	Abierta
RH-18Gb	Río Zitácuaro	1893.6800	329.1300	Abierta
RH-18Ge	Río Ixtapa	1695.3500	259.8700	Abierta
RH-18Gg	Río Tilostoc	2803.5100	432.8200	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

La Región Hidrológica RH19 “Costa Grande” cubre el 19,5% de la superficie del estado, abarcando el suroeste de la entidad. Sus corrientes desaguan directamente en el océano Pacífico. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río Atoyac y Otros (8,06%), Río Coyuquilla y Otros (5,80%) y Río Ixtapa y otros (5,64%).

RH-19A Cuenca Río Atoyac y otros

Se subdivide en 8 subcuencas de tipo abiertas:

Clave	Subcuenca	Área (Km^2)	Perímetro	Tipo
RH-19Aa	Laguna de 3 palos	275.3600	94.8900	Abierta
RH-19Ab	Río la Sabana	466.0300	165.0900	Abierta
RH-19Ac	B. de Acapulco	429.0300	161.6500	Abierta
RH-19Ad	Río Coyuca	1300.7700	229.5000	Abierta
RH-19Ae	B. Cacalutla	536.0900	122.7700	Abierta
RH-19Af	Río Atoyac	902.7000	192.8200	Abierta
RH-19Ag	Laguna del Tular	141.7200	65.5300	Abierta
RH-19Ah	Río Técpan	1338.3800000000	214.9100000000	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

RH-19B Cuenca Río Coyuquilla y otros

Se subdivide en 6 subcuencas de tipo abiertas:

Clave	Subcuenca	Área (Km^2)	Perímetro	Tipo
RH-19Ba	Laguna Nuxco	291.3300	82.3200	Abierta
RH-19Bb	Río Grande o San Luis	1173.7400	197.900	Abierta
RH-19Bc	Río Coyuquilla	601.7400	156.9400	Abierta
RH-19Bd	Río Juluchuca	254.7900	74.9700	Abierta
RH-19Be	Río Petatlán	548.6400	142.8800	Abierta
RH-19Bf	Río San Jeronimito	812.1600	212.8400	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

RH-19C Cuenca Río Ixtapa y otros

Se subdivide en 5 subcuencas de tipo abiertas:

Clave	Subcuenca	Área (Km^2)	Perímetro	Tipo
RH-19Ca	Zihuatanejo	327.9200	130.2100	Abierta
RH-19Cb	Río Ixtapa	876.0800	192.7900	Abierta
RH-19Cc	Río Pontla y A. Grande	615.8000	127.8800	Abierta
RH-19Cd	Río la Unión	1188.0400	208.6700	Abierta
RH-19Ce	Río la Cofradía	567.0500	138.6800	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

La Región Hidrológica RH20 “Costa Chica-Rio Verde” cubre el 27,19% de la superficie del estado, abarcando el sureste de la entidad. Sus corrientes desaguan directamente en el océano Pacífico. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río La Arena y otros (0,31%), Río Ometepec o Grande (7,81%), Río Nexpa y otros (7,22%) y Río Papagayo (11,85%).

RH-20C Cuenca Río Ometepec o Grande

Se subdivide en 4 subcuencas de tipo abiertas:

Clave	Subcuenca	Área (Km^2)	Perímetro	Tipo
RH-20Cc	Río Puente	607.8100	136.0300	Abierta
RH-20Cd	Río Quetzala	2047.6900	261.7600	Abierta
RH-20Ce	Río Santa Catarina	360.5300	115.9000	Abierta
RH-20Cf	Río Ometepec o Grande	547.17000	200.5600	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

RH-20D Cuenca Río Nexpa y otros

Se subdivide en 6 subcuencas de tipo abiertas:

Clave	Subcuenca	Área (Km^2)	Perímetro	Tipo
RH-20Da	Río Marquelia	1336.6300	220.8100	Abierta
RH-20Db	Río Copala	642.6500	179.7700	Abierta
RH-20Dc	Laguna Chautengo	273.1500	87.8100	Abierta
RH-20Dd	Río Nexpa	1325.9100	228.6300	Abierta
RH-20De	Laguna Tecomate	388.1300	99.2600	Abierta

RH-20Df	Río Cortés y Estancia	719.9900	140.6200	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

RH-20E Río Papagayo

Se subdivide en 6 subcuencas de tipo abiertas:

Clave	Subcuenca	Área (Km^2)	Perímetro	Tipo
RH-20Ea	Río Papagayo	2546.5800	415.9300	Abierta
RH-20Eb	Río Omitlán	1018.9700	197.0400	Abierta
RH-20Ec	Río Unión	1543.8100	222.0800	Abierta
RH-20Ed	Río Azul	1764.1900	311.8600	Abierta
RH-20Ee	Río San Miguel	660.1300	157.7000	Abierta

Fuente: INEGI, 2010.

Ríos de Guerrero

La humedad proveniente del océano Pacífico se evapora y asciende por convección, condensándose en forma de nubes que, impulsadas por los vientos dominantes, alcanzan las montañas de la Sierra Madre del Sur. Al encontrarse con este relieve, las masas de aire se enfrían, se saturan y generan precipitación orográfica, principal aporte pluvial de la región. El agua de lluvia escurre por las laderas a través de arroyos temporales y ríos permanentes que finalmente retornan al océano, cerrando así el ciclo hidrológico regional.

Entre los sistemas fluviales de Guerrero, destaca el río Balsas, uno de los más extensos y caudalosos de México. Aunque solo una fracción de su recorrido atraviesa el estado, su cuenca drena amplias áreas del centro del país. Nace en la región montañosa de Puebla y Tlaxcala, donde recibe el nombre de río Atoyac, y fluye hacia el oeste a través de Morelos y el Estado de México. Al ingresar a Guerrero adopta el nombre de Mezcala, marcando en varios tramos el límite con Michoacán, antes de descargar en el Pacífico con la denominación de Balsas.

Con una longitud aproximada de 1 000 km y un escurrimiento medio anual de 24 944 hm^3, el Balsas constituye el principal colector de la denominada Depresión del Balsas, cuenca que abarca porciones de la Ciudad de México, Veracruz, Oaxaca e incluso una pequeña franja de Jalisco.

Dentro del territorio guerrerense destacan varios afluentes propios que incrementan de manera significativa el caudal del Balsas. Entre ellos se encuentran el río Alohuixtla, el río Cutzamala y el río de Oro, cuyas aportaciones volumétricas refuerzan el escurrimiento superficial del sistema. La magnitud de este aporte permite el aprovechamiento hidroeléctrico, como lo demuestra la presa Valerio Trujano, ubicada en el

municipio de Tepecoacuilco de Trujano, infraestructura capaz de abastecer de energía eléctrica a gran parte de la región norte del estado.

Geomorfológicamente, esta depresión se sitúa en una zona de convergencia de placas tectónicas: la placa de Cocos y la placa Norteamericana. De acuerdo con la clasificación de Inman y Nordstrom (1971), corresponde a una costa de colisión continental, condición que explica la alta sismicidad y el relieve abrupto que caracterizan a gran parte del sistema hidrográfico.



Figura 8. Ríos de más importantes de Guerrero.

Lagunas

Aparte de ríos, Guerrero tiene varias lagunas. Algunas son consecuencia del recorrido de los ríos hacia su desembocadura, lo cual forma los deltas naturales que vierten el agua del río hacia el mar u océano.

Se diferencian de los lagos por su profundidad, pero más especialmente por la cantidad de sedimentos que contienen. Algunas lagunas como las de Potosí, Mitla o la de Coyuca son albuferas, es decir, están formadas por agua salada dada la cercanía de estas con el mar.

Con un litoral de unos 500 kilómetros de longitud, muchas de estas lagunas litorales son de agua salada, en un mayor o menor grado.

Las lagunas de Guerrero son las siguientes:

- **Tres Palos**: situada al oeste de la bahía de Acapulco, su longitud es de 15 km. y su anchura máxima es de 6 km. Sus orillas están cubiertas por manglares. El río de La Sabana desemboca en su extremo noroeste. Desemboca al mar por un canal situado en su extremo sureste el cual se utiliza como un criadero natural de algunas especies marinas.
- **Tecomate:** albufera situada al oeste del meridiano 99° 15´ de longitud occidental. Desemboca en el mar por medio de un pequeño canal. En sus orillas se explotan salinas.
- **Chautengo:** ubicada entre los municipios de Florencia Villareal, Cuautepec y Copala. Mide 12 km. de este a oeste por 5 km. de anchura máxima. En ella desembocan los ríos de Nexpan y Copala.

Actualmente se desarrolla en ella el proyecto acuícola más grande del estado para la cría y el procesamiento del camarón blanco.

- **Nuxco:** situada en el municipio de Tecpán de Galeana, se comunica con el mar en la barra de Nuxco que está al sur. En ella desemboca el río Nuxco.
- **Mitla:** la laguna está ubicada en los municipios de Benito Juárez, Atoyac y Coyuca de Benítez. Se extiende de oeste a este a lo largo de 21 kilómetros, siendo su anchrura máxima de 3 km., desemboca en el mar a través de un canal al sureste. En esta laguna se practica la pesca.
- **Coyuca:** se extiende paralelamente al litoral de la bahía de Acapulco y tiene una longitud de 10 kilómetros. Está ubicada en el municipio de Coyuca de Benítez, de este a oeste con una anchura máxima de 5 kilómetros. Desemboca al oeste por un canal formando así la conocida Barra de Coyuca. Sus aguas son salinas y abundantes en peces, cuenta con modestos restaurantes y hoteles. Recientemente se edificó en ella un hotel de categoría especial que también colinda con la playa de Pie de la Cuesta.
- **Lagunas de Huamuxtitlán:** compuesta de tres lagunas que se encuentran a corta distancia de la población de Huamuxtitlán: la laguna de Tecoapa y las lagunas Cuatas.
-
- **Laguna de Tuxpan:** se localiza en el muncipio de Iguala y mide 3 kilómetros de largo por 1 kilómetro de ancho. En sus riberas se siembra sandía y melón. El pintoresco pueblo de Tuxpan se asienta a la orilla de esta laguna.

- **Laguna de Tixtla:** tiene una longitud de 1,300 metros y su mayor anchura alcanza apenas los 800 mts. con una profundad de apenas 2mts. Sin embargo, su importancia radica en su lecho, el cual es aprovechado para sembrar maíz, garbanzo, sandía y pepino, cosechas que se recogen totalmente a principios de mayo, debido a que durante las primeras lluvias la laguna aumenta su nivel.

Presas de agua en Guerrero



Figura 9. Principales presas del estado de Guerrero.

Aguas Subterráneas

En referencia a las aguas subterráneas la CONAGUA tiene delimitados 35 acuíferos en la entidad, de los cuales solo 1 está sobreexplotado. En general el estado presenta un balance hídrico positivo; es decir que la recarga supera a la extracción, con un superávit de 753 millones de metros cúbicos. Los acuíferos con mayor reserva son: 1230 Papagayo, 1235 Cuajinicuilapa, 1207 Tlacotepec y 1208 Altamirano-Cutzamala. Entre estos cuatro la reserva es de 452 millones de metros cúbicos.

DISPONIBILIDAD POR ACUÍFERO					
Clave	Acuífero	R	DNC	VEAS	DMA
1201	TLAPA-HUAMUXTITLÁN	22.0	6.2	6.455715	9.344285
1202	HUITZUCO	10.1	0.0	4.690572	5.409428
1203	POLONCINGO	37.5	14.1	2.516988	20.883012
1204	BUENAVISTA DE CUÉLLAR	40.5	13.8	0.272857	26.427143
1205	IGUALA	20.0	0.0	18.096921	1.903079
1206	CHILAPA	26.1	8.6	5.859809	11.640191
1207	TLACOTEPEC	84.7	31.5	2.726908	50.473092
1208	ALTAMIRANO-CUTZAMALA	85.8	40.8	13.080513	31.919487
1209	ARCELIA	31.9	19.2	2.592644	10.107356
1210	PASO DE ARENA	38.8	12.5	2.116900	24.18310
1211	COAHUAYUTLA	20.2	2.9	0.943419	16.356581
1212	EL NARANJITO	35.9	22.5	4.529442	8.870558

1213	LA UNIÓN	65.6	46.6	19.116755	-0.116755
1214	PANTLA	12.1	6.5	2.959965	2.640035
1215	IXTAPA	23.9	7.2	15.933826	0.766174
1216	BAHÍA DE ZIHUATANEJO	3.5	2.1	1.413440	-0.013440
1217	COACOYUL	20.2	9.5	5.861337	4.838663
1218	SAN JERONIMITO	23.0	1.0	14.197919	7.802081
1219	PETATLÁN	57.6	39.1	16.443369	2.056631
1220	COYUQUILLA	30.4	21.4	5.966763	3.033237
1221	SAN LUIS	37.5	24.1	12.858638	0.541362
1222	TECPAN	40.0	17.6	17.567488	4.832512
1223	ATOYAC	81.9	34.9	15.834312	31.165688
1224	COYUCA	23.0	9.9	8.287285	4.812715
1225	CONCHERO	27.9	18.8	3.730783	5.369217
1226	BAHÍA DE ACAPULCO	3.3	2.3	3.575047	-2.575047
1227	LA SABANA	92.0	21.2	35.579939	35.220061
1228	CHILPANCINGO	27.8	4.9	2.143129	20.756871
1229	TEPECHICOTLÁN	36.3	15.4	3.206896	17.693104
1230	PAPAGAYO	316.9	3.0	87.451438	226.448562
1231	SAN MARCOS	29.8	21.9	4.636978	3.263022
1232	NEXPA	43.5	30.4	7.956475	5.143525
1233	COPALA	19.6	10.1	2.977095	6.522905
1234	MARQUELIA	22.9	11.6	6.114291	5.185709
1235	CUAJINICUILAPA	180.0	30.0	38.443148	111.556852

DMA	Disponibilidad Media Anual de Agua subterránea (hm^3 anuales).
DNC	Descarga Natural Comprometida
R	Recarga Media Anual
VEAS	Volumen de Extracción de Aguas Subterráneas
FUENTE: INEGI	

3.7 Clima

El Estado de Guerrero se caracteriza por una topografía variada, que incluye llanuras costeras, sierras y montañas de la región sur de México, con alturas que van desde el nivel del mar hasta más de 3,000 metros en la Sierra Madre del Sur, lo que genera microclimas locales y una gran diversidad ecológica. En el mapa topográfico se observa cómo la sierra recorre gran parte del centro y sur del estado, mientras que las costas del Pacífico presentan relieve más bajo y pendiente suave.

En cuanto al clima, Guerrero presenta una amplia diversidad:

- Clima cálido subhúmedo: 82 % del territorio.
- Clima seco y semiseco: 9 %.
- Clima templado subhúmedo: 5 %.
- Clima cálido húmedo: 3 %.
- Clima templado húmedo: 1 %.

La temperatura media anual es de 25 °C, con una temperatura mínima promedio de 18 °C y máxima de 32 °C.

Las precipitaciones se concentran principalmente en la temporada de verano, de junio a septiembre, alcanzando una precipitación media anual de 1,200 mm, lo que favorece la presencia de ecosistemas tropicales, selvas bajas y vegetación de montaña en las zonas serranas.

Estas condiciones climáticas y topográficas contribuyen significativamente a la vulnerabilidad del estado frente a fenómenos naturales, como lluvias intensas, deslizamientos y sequías localizadas, siendo un factor clave para la planificación de la gestión integral de riesgos.

4 Fenómenos Geológicos

4.1 Inestabilidad de ladera

La inestabilidad de ladera se entiende como la pérdida del equilibrio de una pendiente natural o modificada por la acción humana. Este fenómeno ocurre cuando los materiales que conforman la ladera —ya sea suelo, roca o detritos— no pueden mantener su posición y comienzan a desplazarse ladera abajo. Dichos movimientos pueden manifestarse de diversas formas, como deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, flujos de tierra o movimientos complejos, dependiendo de las características del terreno y de las condiciones que los originan.

En términos físicos, la inestabilidad se produce cuando las fuerzas que impulsan el movimiento, principalmente la gravedad y su componente paralela al plano de la pendiente, superan a las fuerzas que se oponen, como la cohesión del material, la fricción interna y la resistencia al corte. Cuando este equilibrio se rompe, la masa del terreno tiende a movilizarse, buscando una nueva posición de estabilidad.

La susceptibilidad a la inestabilidad de ladera puede definirse como la propiedad inherente del terreno que indica qué tan favorables son sus condiciones para que ocurra una falla o movimiento. Según González (2015), esta se refiere exclusivamente a los factores condicionantes es

decir, aquellos que son parte de las características naturales del terreno—sin incluir los factores desencadenantes.

Entre los agentes condicionantes más comunes se encuentran:

- La litología, que determina la naturaleza y cohesión de los materiales (por ejemplo, suelos arcillosos o rocas fracturadas son más susceptibles).
- La pendiente y su morfología, donde las inclinaciones pronunciadas o los taludes modificados aumentan el riesgo de movimiento.
- La estructura geológica, especialmente la presencia de fracturas, fallas o planos de estratificación que actúan como superficies de deslizamiento potencial.
- El tipo y grado de meteorización, que debilita los materiales con el tiempo.
- La cobertura vegetal, cuya presencia o ausencia influye en la retención de humedad y la estabilidad superficial del suelo.

Por otro lado, los agentes detonantes o desencadenantes son aquellos factores externos que alteran temporalmente el equilibrio del terreno y precipitan el movimiento. Entre los más importantes destacan:

- La precipitación intensa o prolongada, que incrementa la presión de poros, reduce la cohesión y aumenta el peso del suelo.
- La sismicidad, que genera vibraciones capaces de romper la estabilidad de masas ya debilitadas.
- Las modificaciones antrópicas, como cortes inadecuados, sobrecarga por construcciones, deforestación o cambios en el drenaje natural.

En la práctica, la interacción entre los agentes condicionantes y detonantes es lo que determina el grado real de peligro en una zona. Por ello, comprender la dinámica de las laderas y los factores que intervienen en su estabilidad resulta esencial para la gestión integral del riesgo, la planificación territorial segura y la reducción de desastres asociados a los procesos de remoción en masa.

Existen diferentes términos usados para referirse a un deslizamiento dependiendo la disciplina como:

- Procesos de remoción de masas
- Movimientos de ladera
- Procesos gravitacionales
- Deslizamientos
- Desgajamientos
- Derrumbes

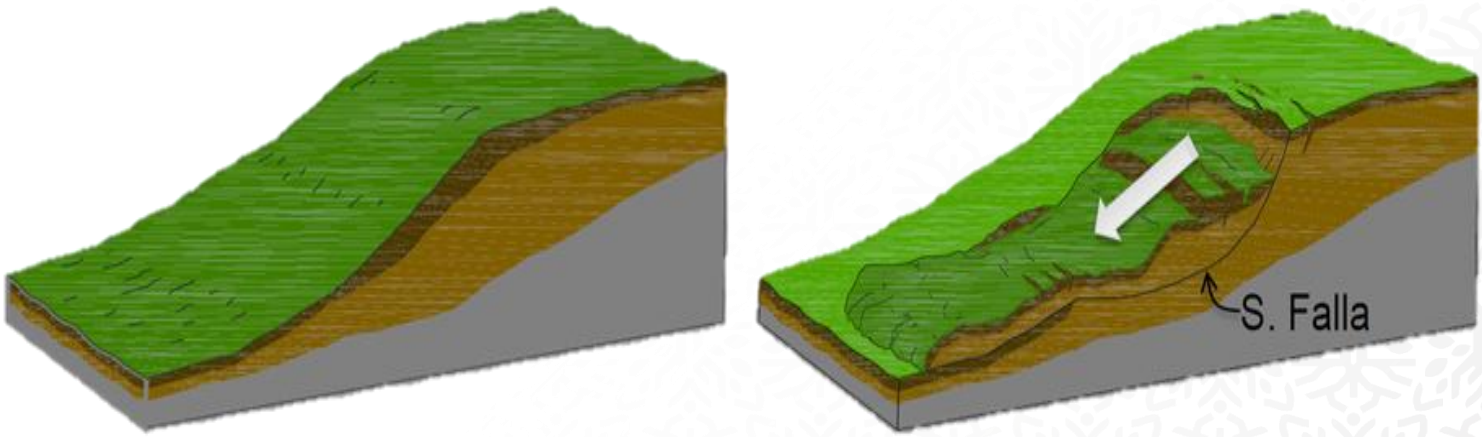


Figura 10.- Ejemplo esquemático de un deslizamiento.

La inestabilidad de laderas está determinada, tanto en su origen como en su evolución, por una serie de mecanismos físicos, geológicos e hidrológicos que actúan de manera conjunta. Estos mecanismos describen el modo en que los materiales —ya sean suelos, rocas o detritos— pierden su equilibrio y se desplazan pendiente abajo.

En general, se clasifican según los procesos que intervienen y la forma en que los materiales se mueven o son transportados.

El comportamiento de una ladera no depende únicamente de un factor aislado, sino de la interacción entre los agentes condicionantes, que establecen la vulnerabilidad del terreno, y los agentes detonantes, que provocan el inicio del movimiento.

Entre los agentes condicionantes más relevantes se encuentran:

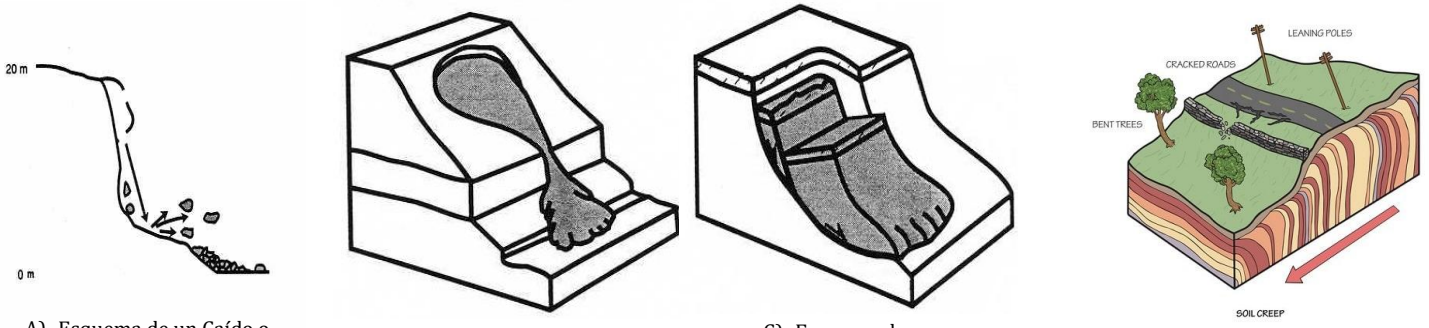
- Las características litológicas y estructurales del terreno, que determinan la resistencia y coherencia de los materiales; por ejemplo, rocas fracturadas o suelos arcillosos saturables son más propensos a fallar.
- La pendiente y la morfología, donde inclinaciones pronunciadas o cortes de talud alteran el equilibrio natural.
- El grado de meteorización, que debilita progresivamente los materiales, reduciendo su capacidad portante.
- La presencia o ausencia de vegetación, la cual influye en la retención de agua y en la estabilidad superficial del suelo.
- Las condiciones hidrogeológicas, como la existencia de niveles freáticos o drenaje deficiente, que pueden generar presiones de poros elevadas.

Por otro lado, los agentes detonantes actúan como catalizadores que rompen el equilibrio preexistente y desencadenan el movimiento. Entre ellos destacan:

- Las precipitaciones intensas o prolongadas, que saturan los materiales, incrementan su peso y reducen su resistencia al corte.
- Los sismos, que generan vibraciones capaces de movilizar masas inestables o fracturar zonas previamente debilitadas.
- Las acciones antrópicas, como excavaciones, deforestación, sobrecarga por edificaciones o modificaciones del drenaje natural, que alteran el balance tensional del terreno.

Los mecanismos básicos de inestabilidad se clasifican en función del tipo de movimiento y de cómo se transportan los materiales. Entre los más comunes se encuentran:

- Caídas: movimientos súbitos en los que fragmentos de roca o suelo se desprenden y caen libremente o rebotan por la pendiente.
- Deslizamientos: desplazamientos de una masa de suelo o roca a lo largo de una superficie definida de ruptura, que puede ser plana o curva.
- Flujos: movimientos en los que los materiales se comportan de manera similar a un fluido, desplazándose de forma continua; típicos en suelos finos o saturados.
- Volcamientos: movimientos rotacionales en los que bloques o columnas de roca giran y se desplazan hacia adelante por gravedad.
- Expansiones laterales y reptación: deformaciones lentas y progresivas del terreno, muchas veces imperceptibles a corto plazo, pero acumulativas en el tiempo.



A)- Esquema de un Caído o Derrumbe

B)- Esquema de un Flujo

C)- Esquema de un Deslizamiento

D)- Esquema de un Desplazamiento lateral

Figura 11. Esquemas de tipo de deslizamientos.

Ejemplo de algunos procesos.



Foto 1.- Rodamiento de roca



Foto 2.- Flujo de lodos.



Foto 3.- Flujo de lodos y rodamiento de roca.



Foto 4.- Desplazamiento lateral



Foto 5.- Flujo de lodo.

4.1.1 Deslizamientos de Ladera

Norponiente, Chilpancingo de los Bravo, Gro.

En la zona norponiente de la ciudad, han sido documentados agrietamientos y asentamientos diferenciales con empuje del terreno sobre las viviendas y calles a lo largo de la ladera, las afectaciones, a decir de los vecinos, son posteriores a los fenómenos hidrometeorológicos de Ingrid y Manuel en 2013, y se han acentuado durante las temporadas de lluvias y los Huracanes Otis en 2023, John en el 2024 y Erick en 2025, aunado a los sismos como los ocurridos el 19 de septiembre de 2017 y el 7 de septiembre de 2021, que potencializan los daños en las viviendas, por lo que esta Secretaría ha emitido los dictámenes de riesgo SPC/DGSIR/DMAR/DFN/001/2021 con fecha 24 de noviembre de 2021, SPC/DGSIR/DMAR/DFN/009/2021 con fecha 20 de diciembre de 2021, SPC/DGSIR/UI/021/2022 con fecha 14 de febrero de 2022 y el dictamen SPC/DGSIR/UI/214/2024 con fecha de 10 de agosto de 2024, donde se ha documentado que en la zona existe un movimiento de reptación, el cual

es muy lento en las capas superiores de laderas arcillosas y está relacionado con procesos de variación de humedad estacionales en el suelo, ya que el agua favorece este fenómeno actuando como lubricante, además del aumento del peso consiguiente, aunando a la actividad sísmica existente , el agrietamiento se debe a varios factores entre los que están: una inadecuada salida de aguas meteóricas y domesticas lo que contribuye al reblandecimiento del terrero y su inestabilidad, acción antropogénica, representada por la implementación de retajes y relleno de plataformas con material no apto y mala compactación para la construcción de viviendas.

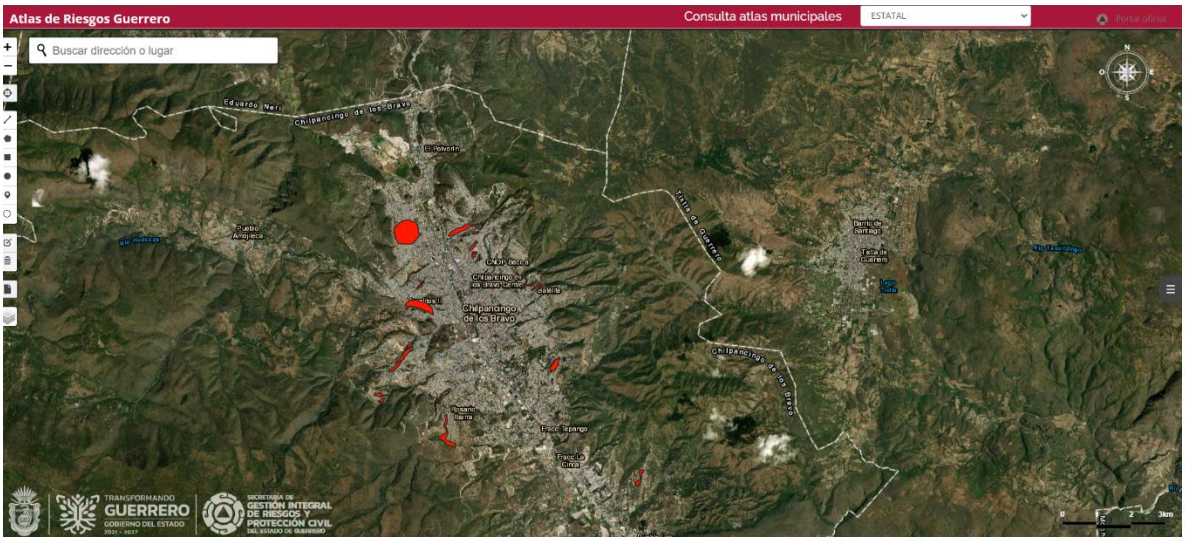


Figura 12. Muestra la plataforma Atlas de Riesgos Guerrero con los deslizamientos en la ciudad de Chilpancingo.

En la zona se identifica un proceso de reptación o movimiento lento de ladera, caracterizado por desplazamientos graduales en las capas superficiales del terreno. Este fenómeno afecta principalmente a materiales arcillosos finos de color beige, los cuales presentan una alta plasticidad y susceptibilidad a la variación estacional de la humedad.

Durante la temporada de lluvias, la infiltración de agua incrementa el contenido de humedad del suelo, actuando como lubricante entre las partículas y aumentando el peso específico del material, lo que favorece la movilidad del terreno. En contraste, durante el estiaje, los procesos de desecación y retracción generan fisuras y tensiones internas que debilitan la estructura del suelo.

La actividad sísmica recurrente en la región contribuye adicionalmente a la inestabilidad, ya que las vibraciones inducen esfuerzos cortantes que aceleran el desplazamiento del material. El agrietamiento observado en la superficie del terreno responde a una combinación multivariable de factores, entre los que destacan:

- Deficiente drenaje pluvial y doméstico, que provoca acumulación e infiltración no controlada de aguas, favoreciendo el reblandecimiento y pérdida de cohesión del terreno.
- Acción antrópica, representada por la modificación de la topografía original mediante cortes, rellenos y conformación de plataformas con materiales inadecuados y escasa compactación, destinados a la construcción de viviendas.
- Sismicidad activa, que actúa como un detonante adicional sobre un sistema de ladera ya debilitado.

En conjunto, estos factores generan un estado de inestabilidad progresiva, característico de zonas con procesos de reptación activa y potencial evolución hacia movimientos de masa de mayor magnitud si no se implementan medidas de mitigación y control adecuadas.

En la zona oeste de Chilpancingo predominan los materiales de la Formación Chilpancingo, de edad Mioceno-Plioceno, conformada principalmente por depósitos arcillosos, limosos y arenosos de color beige a café claro, con intercalaciones locales de gravas y conglomerados finos. Estos materiales corresponden a depósitos continentales de tipo coluvión -aluvial, generados por la sedimentación en antiguos ambientes de abanicos aluviales y llanuras de inundación.

Las arcillas de la Formación Chilpancingo presentan una alta plasticidad y expansividad, lo que las hace susceptibles a procesos de reptación, agrietamiento por desecación y deslizamientos superficiales, especialmente en laderas de pendiente moderada a alta. Su comportamiento geotécnico varía en función del contenido de humedad, siendo inestables cuando se saturan durante la temporada de lluvias.

El rasgo estructural dominante en el área es el río Huacapa, que constituye el lineamiento principal de dirección aproximada N–S, el cual ha controlado la morfología del valle central de Chilpancingo. Este lineamiento está asociado a extensión E-O, que actúan como zonas de debilidad estructural y condicionan la escorrentía superficial y subterránea.

De manera subordinada, se observan lineamientos secundarios con orientación NE–SW, correspondientes a las principales barrancas tributarias del Huacapa que drenan las laderas occidentales del valle de Chilpancingo. Estas estructuras secundarias definen un patrón de drenaje subparalelo, típico de terrenos tectónicamente influenciados y con control estructural sobre la red hidrográfica.

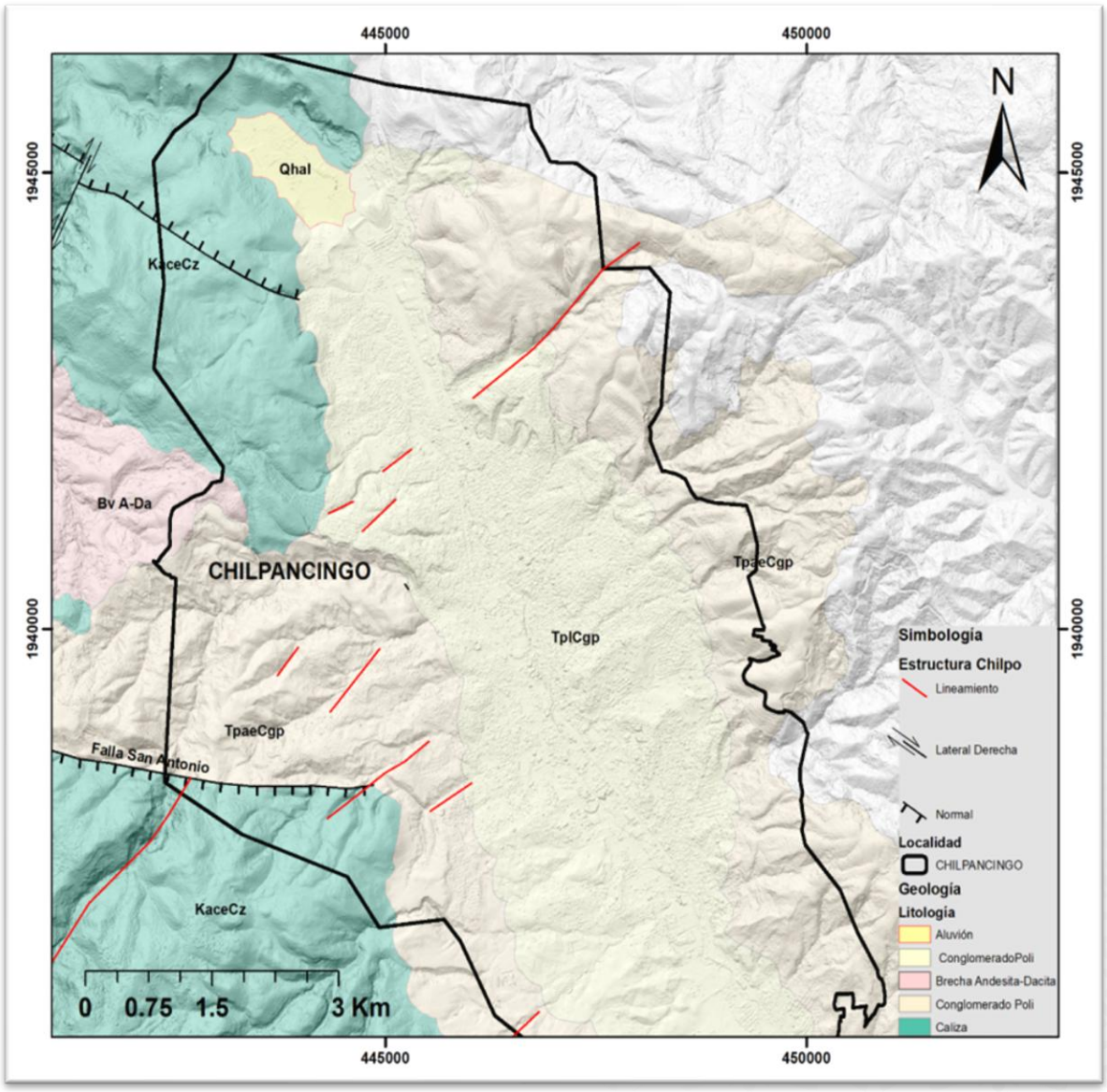


Figura 13. Mapa geológico de Chilpancingo, modificado de SGM.

La zona oeste presenta una combinación de depósitos coluviales, residuales y aluviales recientes, originados por la erosión de los materiales de la Formación Chilpancingo y por el arrastre gravitacional de fragmentos y suelos desde las laderas. Estos depósitos son de baja

consolidación y alta porosidad, lo que los hace particularmente vulnerables a procesos de remoción en masa como reptación, flujos de lodo y deslizamientos superficiales con espesores de hasta 200 m (De Serna, 1965).

La morfología irregular y la presencia de rellenos antrópicos en las zonas habitacionales recientes incrementan la susceptibilidad a la inestabilidad, especialmente en sitios donde se interrumpe el drenaje natural o se sobrecarga el terreno con construcciones.

En la zona norponiente de Chilpancingo se ha documentado la presencia de un sistema de agrietamientos superficiales que, según el testimonio de habitantes locales, comenzaron a manifestarse hace aproximadamente cinco años. Las grietas presentan una orientación preferente Norte–Sur (N–S), coherente con los principales lineamientos estructurales del valle, y en algunos sectores alcanzan longitudes superiores a los 100 metros.

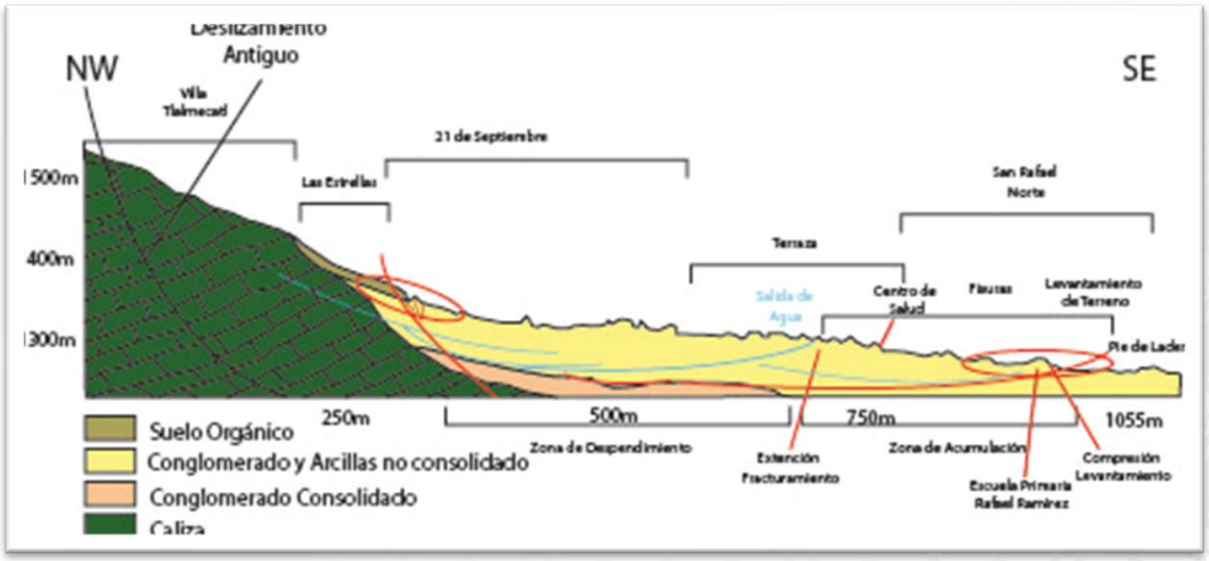


Figura 14.- Perfil esquemático con dirección NW-SE de deslizamiento.

Las primeras afectaciones en viviendas se registraron en la Colonia Tlacaélle (año 2017), donde se observan fisuras en pisos, muros y cisternas, así como desplomes parciales y asentamientos diferenciales en diversas estructuras. Estas deformaciones son indicativas de un movimiento progresivo del terreno, asociado a la reptación activa y a procesos de consolidación diferencial de los depósitos superficiales detonados por los hidrometeorológicos Ingrid y Manuel, e incrementados por la sismicidad activa y procesos hidrometeorológicos presentados en el transcurso de estos años.

Asimismo, se ha identificado que varias de las grietas permanecen activas, ya que no presentan evidencias de relleno natural o antrópico, lo cual sugiere la persistencia de movimientos recientes y la continuidad del proc eso de deformación lenta en la zona.



Agosto, 2024



Febrero, 2025

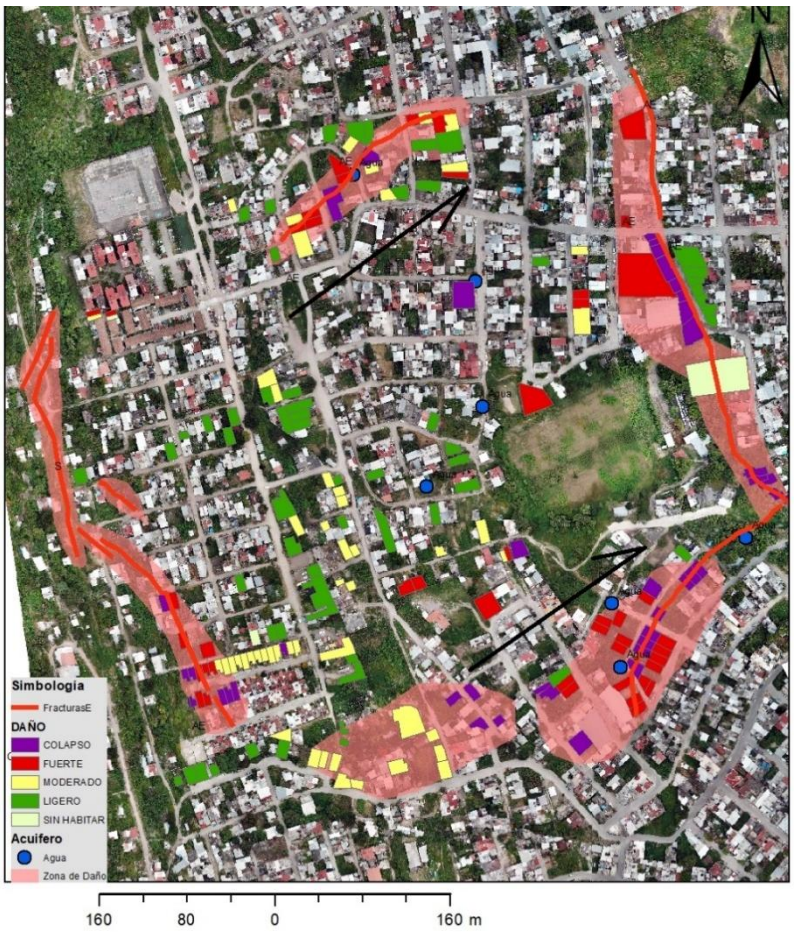


Figura 15. Zona Norponiente en septiembre 2022.

En la Zona Norponiente se han presentado una serie de agrietamientos hace aproximadamente 5 años según algunos vecinos. En algunos lugares se pudo apreciar que las grietas tienen una orientación N-S preferente y algunas son de más de 100 metros. Las afectaciones a viviendas se empezaron a presencias en la Col. Tlacaelle las cuales se vieron afectadas por agrietamiento lo que ha producido fisuras en pisos, cisternas y muros, algunas viviendas se encuentran desplomadas y otras presentan asentamientos diferenciales. En general como se ha mencionado las causas de los agrietamientos se deben al régimen hidrológico, ya que no se ve un adecuado desalojo de las aguas tanto pluviales como domesticas

lo que agrava la situación, a la actividad humana (antropogénica) consistente en la implementación de retajes y rellenos de plataformas para construcción de viviendas que debilitan las laderas y al cambio de facies geológica en la zona. Las grietas en la zona de estudio algunas son activas ya que aún no se observan rellenos de estas, lo que sugiere movimiento.

Las viviendas que presentan daños severos e inhabitables presentan agrietamientos significativos en elementos estructurales principales, como muros de carga, columnas, losas y trabes; en algunos casos, las estructuras ya han colapsado total o parcialmente. En diversas colonias, si bien algunas viviendas no registran afectaciones moderadas o graves, se han identificado fisuras y daños incipientes que anteriormente no eran perceptibles, lo cual sugiere un proceso progresivo de deterioro asociado a la inestabilidad del terreno.

Asimismo, se han observado nuevos agrietamientos en banquetas y vialidades, originados por asentamientos diferenciales del terreno. Estas deformaciones han comprometido la continuidad y funcionalidad de algunas calles, impidiendo el tránsito vehicular seguro.

De acuerdo a la ultima actualizacion 2025 se han contabilizado un total de 353 viviendas consideradas inhabitables y con daños severos en su estructura, 334 viviendas con daños moderados y 673 viviendas con daños ligeros o sin daños al momento de su revisión (gráfica 1).

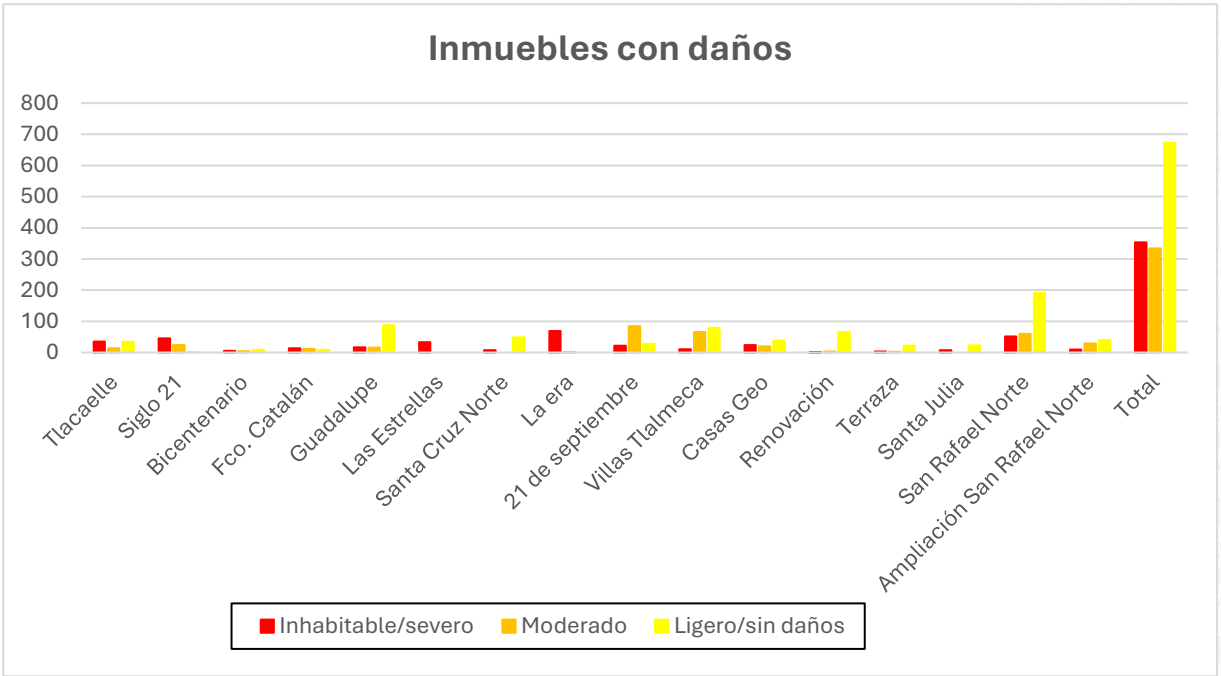


Agosto, 2024



Febrero, 2025

Tabla. 1 nivel de daños en las diferentes colonias con afectaciones marzo 2025.



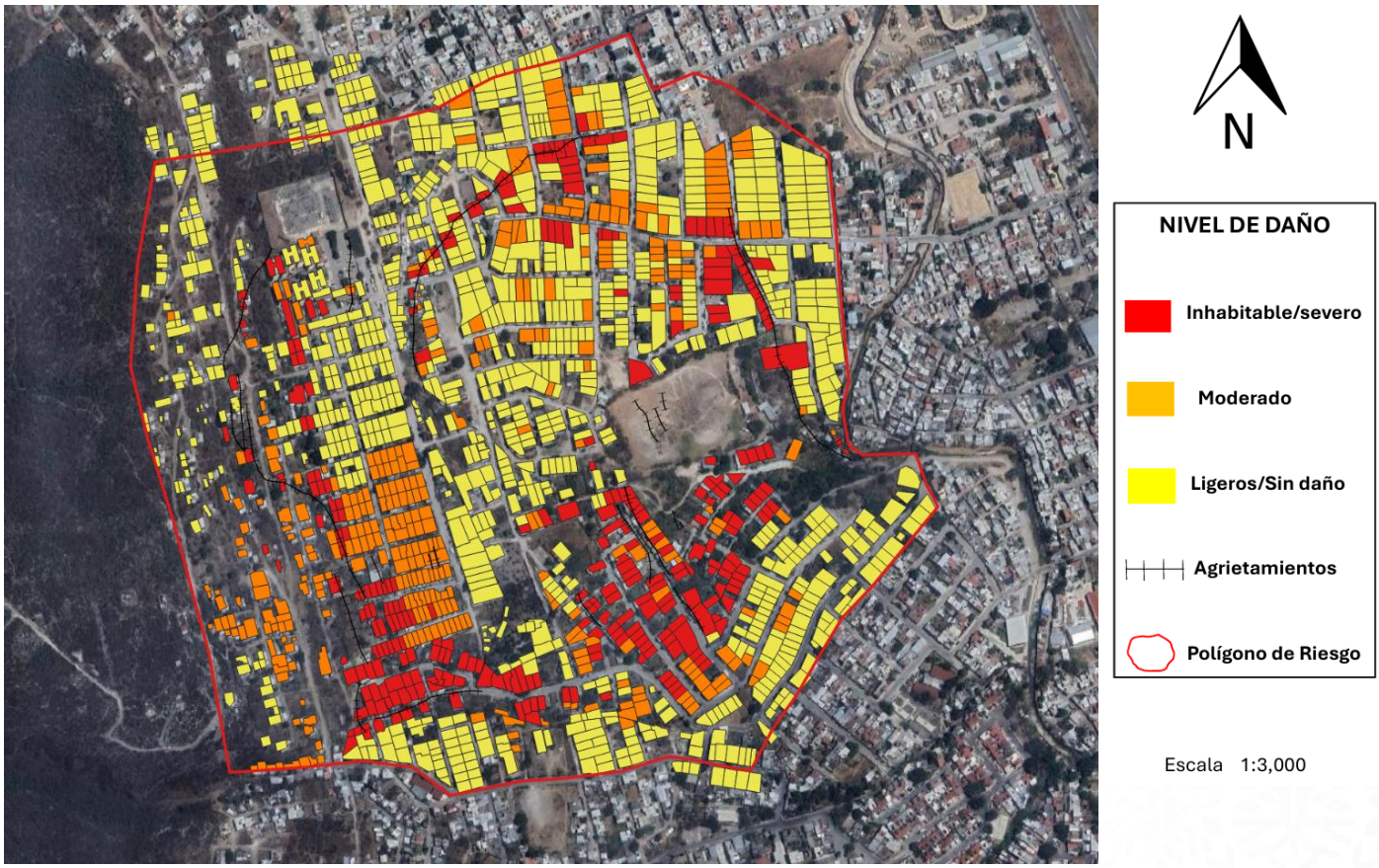


Figura 16. Mapa de clasificación de daños en viviendas 2025.

Actualmente la zona comprende 16 colonias afectadas (Tlacaelle, San Rafael Norte, Ampliación San Rafael, La Era, Villas Tlalmecatl, 21 de septiembre, Las Estrellas, Casas Geo, Terrazas, Santa Julia, Guadalupe, Santa Cruz, Siglo 21, Francisco Catalán, Renovación y Bicentenario) con 315 viviendas consideradas inhabitables al presentar daños severos o colapsos y 371 con daños moderados (abril 2025).

De acuerdo con las condiciones actuales de las viviendas la mayor preocupación para esta secretaría es la presencia de un sismo de una gran magnitud o con epicentro cercano a la zona, debido a que las viviendas con daños estructurales moderados y severos que aún se encuentran habitadas, podrían sufrir colapsos repentinos y por ende la pérdida de vidas humanas.

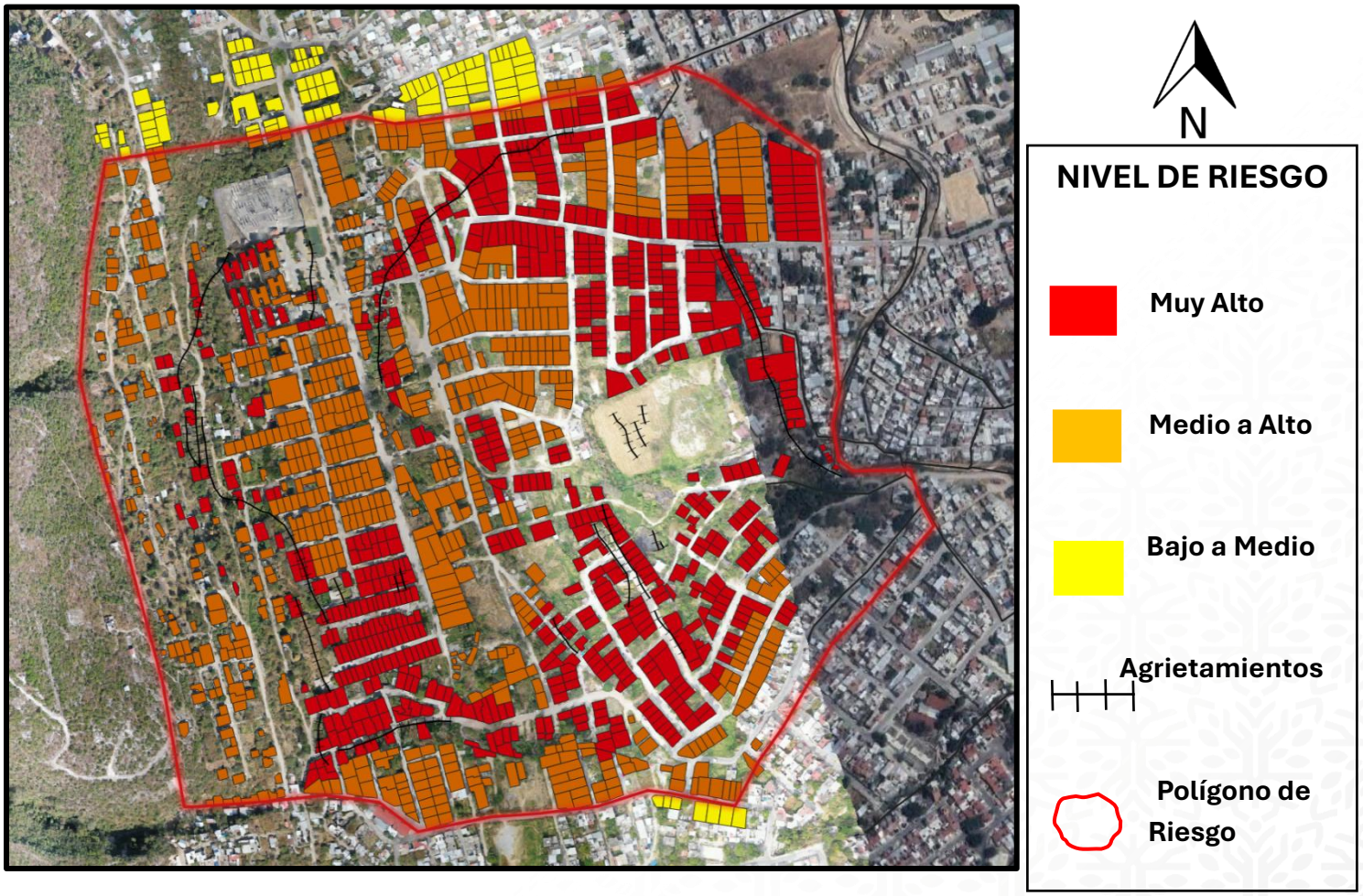


Figura 17. Mapa de riesgos por deslizamiento en la zona norponiente.



Fotografía 6. Agrietamiento en corona de deslizamiento (2025).



Fotografía 7. Afectación en inmueble por fractura (2025).



Fotografía 8. Fractura al norte de la zona (2025).



Fotografía 9. Colapso de barda de una vivienda (2025).

Con el objetivo de caracterizar las condiciones subsuperficiales asociadas al proceso de deslizamiento y determinar la morfología del terreno, se realizaron estudios geofísicos mediante el método de Tomografía Eléctrica de Resistividad (ERT, por sus siglas en inglés) en la zona de estudio.

Se ejecutaron siete perfiles con orientación NNW–SSE y dos perfiles complementarios con orientación casi E–O, abarcando las principales direcciones de la pendiente y zonas de interés geotécnico identificadas previamente en campo. Los perfiles alcanzaron una profundidad de investigación aproximada de 40 metros, lo que permitió obtener una imagen detallada de la distribución de resistividades eléctricas en el subsuelo y, con ello, inferir las condiciones litológicas, niveles de saturación y posibles planos de deslizamiento.

El método se basó en la inyección controlada de corriente eléctrica a través de un arreglo de electrodos dispuestos linealmente sobre la superficie, midiendo la diferencia de potencial generada. A partir de estos datos, se aplicó un proceso de inversión numérica que permitió generar modelos bidimensionales de resistividad aparente, los cuales reflejan la variación lateral y vertical de las propiedades eléctricas de los materiales del subsuelo.

Los resultados evidenciaron contrastes marcados de resistividad que corresponden a materiales con diferentes grados de compactación y humedad. Las zonas con baja resistividad (<100 Ω·m) se asocian a materiales arcillosos o limosos con alto contenido de humedad, condiciones que favorecen la reducción de la resistencia al corte y la activación de movimientos en masa. Por el contrario, las zonas de alta resistividad (>300 Ω·m) representan niveles más competentes, constituidos por suelos compactos o materiales rocosos relativamente secos.

Asimismo, la morfología observada en los modelos indica variaciones en la topografía del basamento y superficies de ruptura potenciales que coinciden con sectores donde se han identificado agrietamientos y deformaciones superficiales. Los perfiles E–O fueron de gran utilidad para correlacionar lateralmente las zonas de baja resistividad detectadas en los perfiles principales y confirmar la continuidad del plano de deslizamiento a lo largo del cuerpo inestable.

Entre los factores relevantes a considerar destacan:

- La heterogeneidad litológica del subsuelo, con transiciones abruptas entre materiales competentes y zonas arcillosas saturadas desde el perfil TRE-09 con tonalidades azules y profundidades de corte o base del deslizamiento de -30m.
- La presencia de niveles de humedad elevados asociados a infiltraciones pluviales y escurrimientos superficiales concentrados.
- La orientación de las fracturas y discontinuidades observadas en superficie, coherente con la dirección de los perfiles y del movimiento principal del deslizamiento.

En conjunto, los resultados de la tomografía eléctrica aportaron información fundamental para comprender la dinámica del deslizamiento, delimitar sus zonas activas y definir los factores condicionantes que influyen en su evolución.

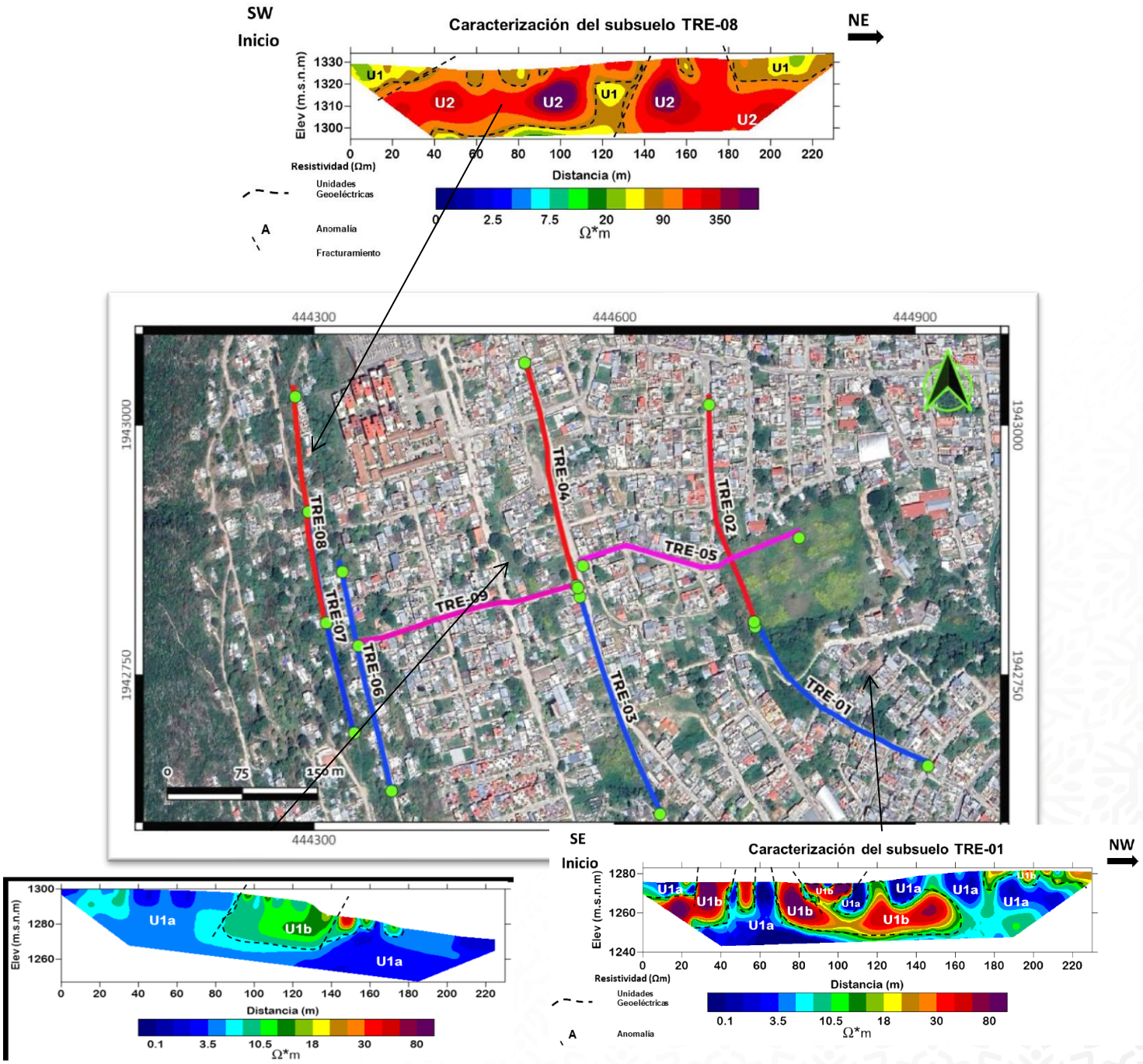


Figura 18: - Perfiles de tomografía eléctrica, a diferentes longitudes.

Se ha desarrollado un Plan de Evacuación con el objeto principal de coordinar y coadyuvar con las autoridades Municipales y la SEDENA, el auxilio a los colonos por medio de una eficaz evacuación y rescate, en caso de una emergencia o desastre, originada por un sismo o un probable deslizamiento de ladera, así mismo el reforzamiento de un sistema de alertamiento durante la actual temporada de lluvias.

DIRECTORIO.

NOMBRE	CARGO	TELEFONOS
DR. Roberto Arroyo Matus	Secretario de la SGIRyPC	747-47-12534
P.T.I.C.F. Jesús Noyola Rocha	Director de Atención a Emergencias de la SGIRyPC	747-47-27042
Q.B.P. Renato Pila Pintor	Coordinador de la Región Centro de la SGIRyPC	747-47-12534
Lic. Gustavo Vela Guevara	Coordinador de Protección Civil y Bomberos de Chilpancingo	747 494 9732
Cmte. Eduardo Cabañas Castillo	Director de Bomberos de Chilpancingo	747 494 9732
Capitán Víctor Sosa	Capitán 35/a. Zona Militar	

Mapa de ubicación de refugios temporales y puntos de concentración.



REFUGIOS

1. Jardín de Niños “Niños Héroes”.
2. Parque SEDUE.
3. Jardín de Niños “María Dolores Rivero”.
4. Escuela Primaria “Pedro Asencio Alquisiras”.

PUNTOS DE CONCENTRACIÓN

1. Cancha de la San Rafael Norte.
2. Sala de Juntas Col. Tlacaelle.
3. Calle Chilpancingo.
4. Esquina Calles El Tepeyac y El Ciruelo.

Figura 19. Ubicación de refugios temporales y puntos de concentración para la zona norponiente.

REFUGIOS TEMPORALES.

1. Jardín de Niños “Niños Héroes”, Calle Tepeyac, Col. Guadalupe, latitud 17.567634°, longitud -99.522964°
   Encargado: Elvia Ramírez García 7471253220
   Capacidad: 150 personas

2. Parque SEDUE, latitud 17.566262°, longitud -99.519244°
   Capacidad: 500 personas

3. Jardín de Niños “María Dolores Rivero”, Calle El Naranjo, Col. El Huajal, latitud 17.577367°, longitud -99.523776°
   Encargado: Ma. Herlinda Mondragón 7471010148
   Capacidad: 150 personas

4. Escuela Primaria “Pedro Asencio Alquisiras”, Calle El Naranjo, Col. El Huajal, latitud 17.578321°, longitud -99.524270°
   Encargado: Oscar Felipe Tena 7541079610
   Capacidad: 300 personas

PUNTOS DE CONCENTRACIÓN.

1. Cancha de la San Rafael Norte, latitud 17.573771°longitud -99.517170°
2. Sala de Juntas Col. Tlacaelle, latitud 17.570601°, longitud -99.518913°
3. Calle Chilpancingo, Col. Lomas de Chapultepec, 17.575501°, longitud -99.524252°
4. Esquina Calles El Tepeyac y El Ciruelo, 17.567721°, longitud, -99.521341°

Mapas de evacuación por sector



SECTOR 1

Colonias:

- Bosques de las lomas (Casas Geo).
- Terraza.
- Santa Julia.
- 21 de septiembre.
- Villas Tlalmecatl.

Refugio:

- Jardín de Niños “María Dolores Rivera”, Col. Ladera (5 minutos de distancia).
- Escuela Primaria “Pedro Asencio Alquisiras”. (5 minutos de distancia).

Evacuación hacia el norte, por la calle Chilpancingo hacia las colonias el Huajal y Lomas de Chapultepec.

Figura 20. Rutas de evacuación para las viviendas del sector 1.



SECTOR 4

Colonias:

- Tlacaelle.
- Siglo XXI.
- Bicentenario.

Refugio:

- Jardín de Niños “Niños Héroes”, Col. Guadalupe (2 minutos de distancia).
- Parque SEDUE (5 minutos de distancia).

Evacuación hacia el sur, por las calles Moctezuma, Cuauhtémoc y calles 1 y 2, hacia las colonias el Guadalupe y Fco. Villa.

La parte este de la colonia Tlacaelle se reunirá en la sala de juntas de la colonia.

Figura 21. Rutas de evacuación para las viviendas del sector 4

Rosario Ibarra, Chilpancingo de los Bravo, Gro.

Ingrid y Manuel 2013

Los fenómenos Hidrometeorológicos Ingrid y Manuel en el año 2013 causaron afectaciones por Inestabilidad de Laderas en el Estado de Guerrero, entre ellos en el Municipio de Chilpancingo, en la colonia Rosario Ibarra, donde el Centro Nacional de Prevención de Desastres realizó una visita y emitió la siguiente nota informativa.

"Se trata de una colonia ubicada en el sector sur de Chilpancingo donde también prevalecen conglomerados, limolitas y caliches. La colonia manifiesta agrietamientos
muy particulares que no corresponden a las típicas formas de un deslizamiento de
ladera. En esta zona también se han reportado movimientos telúricos, caídos y flujos
de suelos y rocas. Especialmente en el extremo oeste de la colonia donde se presume que existe una falla geológica activa. Ello se infiere por la forma del escarpe y la distribución de agrietamientos que se mapearon durante la visita de campo."

Aquí se pudieron observar varias viviendas que han sido agrietadas por el movimiento del subsuelo y se recomendó a los habitantes no habitar las viviendas dañadas. Debido que existe una alta densidad de población en esta colonia, se recomienda que se inicie a la brevedad posible, un programa de monitoreo topográfico y, de ser posible, se instale una estación sísmica, ya que los habitantes mencionan que desde el lunes 16 de septiembre las vibraciones del subsuelo se han incrementado, incluidas el tamaño de las grietas. Se recomienda reubicar las viviendas que están siendo afectadas por los agrietamientos (escarpes).

La instalación de un pluviómetro en esta colonia también es pertinente para utilizarlo como un sistema de alerta. Debido a la disposición de los agrietamientos del subsuelo, se recomienda realizar estudios geotécnicos y geofísicos a fin de corroborar o descartar la existencia de una falla geológica activa en este sector. Ello permitirá tomar decisiones respecto de la permanencia o reubicación de las viviendas más afectadas." (Leobardo Domínguez M. y Aldo Castañeda M., Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales, CENAPRED, 2013).

Desde el año 2021 se han llevado a cabo verificaciones en las colonias El Miraval, Nueva Imagen y Rosario Ibarra, ubicadas en la zona poniente del municipio. En estas áreas se realizaron vuelos con dron para la generación de ortofotos y modelos digitales de elevación (MDE), los cuales permitieron un análisis detallado de la morfología y las características físicas del terreno.

Como parte del estudio geotécnico, se ejecutaron dos perfiles topográficos con orientación NW–SE (perfiles A–A´ y B–B´), los cuales atraviesan las zonas más representativas del deslizamiento. Ambos perfiles presentan una pendiente pronunciada de entre 36° y 37° a lo largo de aproximadamente 100 metros de longitud, evidenciando una fuerte inestabilidad de ladera.

El sustrato rocoso identificado corresponde a un conglomerado polimíctico, conformado por clastos de caliza y rocas plutónicas con presencia de cuarzo lechoso, cementados por una matriz poco consolidada (<20%), lo que le confiere baja cohesión y elevada susceptibilidad a la meteorización. Estas características geológicas, combinadas con la inclinación del talud, favorecen el desarrollo de procesos de remoción en masa.

La zona del deslizamiento se desarrolla entre las cotas de 1,440 y 1,380 m s. n. m., adyacente a la Barranca Texcalco, donde se observan fracturas subperpendiculares al cauce principal, indicativas de esfuerzos tensionales y deformaciones progresivas en el cuerpo del deslizamiento.





Fotografía10 y 11. Conglomerado con matriz oxidada, clastos redondeados de caliza y plutónicas, con presencia de cuarzo lechoso (enero, 2025).

En la colonia El Miraval se identifica una zona activa de deslizamiento que evidencia signos claros de inestabilidad del terreno. Mediante el análisis de ortofotos recientes y recorridos de campo, se delimitaron las fracturas principales (marcadas con líneas rojas en las imágenes de referencia), las cuales fueron detectadas posterior al paso del huracán *John*, evento que intensificó la saturación de suelos y desencadenó deformaciones progresivas en la ladera.

Entre las estructuras más representativas se distingue una fractura mayor que atraviesa un bloque de material rocoso con alto potencial de colapso, el cual se encuentra parcialmente desprendido del talud principal. Esta discontinuidad constituye una zona crítica de fracturas local, con evidencias de pérdida de soporte basal y deformación tensional activa.

Asimismo, se observan fracturas abiertas de aproximadamente 20 cm de ancho, con trazado cóncavo orientado en el sentido de la pendiente, lo que sugiere un movimiento incipiente de tipo traslacional. Estas características geomorfológicas representan evidencias primarias de un proceso de deslizamiento de ladera que podría evolucionar hacia un desplazamiento mayor, afectando directamente la zona baja, en dirección hacia la colonia Rosario Ibarra y colonias cercanas al Este.

El conjunto de estas manifestaciones —fisuras abiertas, desplazamientos diferenciales y deformaciones en el terreno— refleja la reconfiguración interna del cuerpo del deslizamiento, influida por factores como la pendiente pronunciada, la litología poco consolidada y la infiltración de agua producto de lluvias intensas. Dichas condiciones demandan un monitoreo técnico constante para evaluar la evolución de las fracturas y el potencial de movilidad del bloque inestable.





Fotografía 12 y 13 Fracturas de hasta 20 cm y bloque macizo con Riesgo de colapso (enero, 2025).



Figura 22. Fracturas en la colonia El Miraval (enero 2025).

Durante los últimos años se han tenido registros de afectaciones en viviendas de la colonia Rosario Ibarra, entre las calles México, Argentina y Panamá. Donde se han observado agrietamientos en muros y pisos derivado del asentamiento del suelo. Actualmente (septiembre 2025) se tienen registrado 5 viviendas con daños severos y 10 viviendas con daños ligeros, en la zona.



Figura 23. Mapa de viviendas con daños en su estructura.





Fotografías14 y 15. Viviendas con daños en su estructura.





Fotografías 16 y 17. Agrietamientos en vialidades y viviendas.

4.1.2 Flujos

Tras el paso del Huracán *John* en septiembre de 2024, se registraron múltiples afectaciones por procesos de inestabilidad de ladera en el estado de Guerrero, incluyendo deslizamientos, flujos de lodo, rodamiento de rocas e inundaciones. Entre las zonas más afectadas se encuentran las colonias La Libertad y Los Manantiales, ubicadas en la Ciudad y Puerto de Acapulco.

Colonia La Libertad

En la colonia La Libertad, se presentó un evento compuesto por deslizamiento de ladera, flujo de lodo y rodamiento de rocas, los cuales impactaron severamente el entorno urbano. Se registraron daños en aproximadamente 20 viviendas y 15 automóviles, producto del arrastre de material y la caída de bloques rocosos.

El deslizamiento principal presenta una longitud aproximada de 570 metros lineales y un área afectada de 14,263.5 m². En el sitio se observa una pendiente promedio de 45°, con un suelo arcillo-arenoso de alta desgaste y susceptibilidad a la pérdida de cohesión en presencia de agua. Estas condiciones han favorecido la formación de cárcavas y canales de erosión activa. Asimismo, se identificaron bloques rocosos de gran tamaño en forma de boleo, cuya morfología redondeada les confiere una alta probabilidad de rodamiento en caso de lluvias intensas o sismos.

Otro elemento relevante es la presencia de varios manantiales en la cima, algunos de ellos perennes, que contribuyen a mantener la humedad del subsuelo y generan presiones de poros elevadas, debilitando aún más los materiales y favoreciendo la movilidad de las masas inestables.

Los agentes condicionantes del fenómeno incluyen las características litológicas y geotécnicas del terreno, la pendiente pronunciada, la presencia de suelos altamente erosionables y la existencia de escurrimientos naturales. A su vez, los agentes detonantes fueron principalmente la precipitación extrema asociada al huracán, la saturación del terreno y, potencialmente, la vibración sísmica local.

El cambio de uso de suelo en algunas zonas —destinadas temporalmente a cultivos de temporada— ha reducido la cobertura vegetal, incrementando la infiltración y el arrastre superficial de materiales. Estas condiciones, combinadas con la topografía escarpada y la naturaleza inestable del terreno, hacen que la susceptibilidad a nuevos deslizamientos, flujos de lodo y rodamiento de rocas sea alta.

Es importante destacar que varias viviendas se encuentran dentro del cauce natural de escurrimiento, lo que incrementa significativamente su nivel de exposición y vulnerabilidad. En consecuencia, ante la ocurrencia de nuevos eventos hidrometeorológicos o sísmicos, el riesgo de afectaciones adicionales en la zona se considera muy elevado.



Figura. 24; fotos 18, 19 y 20. Ortofoto generada a partir de un vuelo Dron, daños en la colonia La Libertad y vista de suelo compuesto por arcillas y arena.

Colonia Los Manantiales

La colonia Los Manantiales se localiza en la parte alta del poblado de La Sabana, en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero. Durante el paso del Huracán *John* en septiembre de 2024, la zona registró flujos de lodo y rodamiento de rocas que descendieron desde la parte alta del cerro perteneciente a la Reserva Natural "El Veladero".

El flujo de lodo se originó en una cuenca con dos aportaciones principales, una de aproximadamente 1,154 metros lineales y otra de 515 metros lineales, que confluyen antes de llegar al área urbanizada. En la zona alta de la cuenca, donde se generó el fenómeno, el entorno aún conserva un paisaje rústico y con escasa intervención urbana; sin embargo, se observó cambio de uso de suelo en algunos sectores, utilizados para cultivo de maíz de temporal, lo cual ha disminuido la cobertura vegetal natural y favorecido los procesos erosivos.

El suelo de la zona presenta una composición arcillo-arenosa, con bloque redondeados de roca granítica, caracterizada por su alta erodabilidad y baja cohesión en condiciones de saturación. Durante lluvias intensas, como las ocasionadas por el huracán, este tipo de suelo experimenta rápida infiltración y pérdida de estabilidad, lo que propicia la formación de cárcavas, escorrentías concentradas y flujos de lodo. Además, la presencia de bloques rocosos en la parte alta de la pendiente incrementa el riesgo de rodamiento y arrastre de rocas, especialmente ante lluvias prolongadas o eventos sísmicos.

Durante las inspecciones posteriores al evento, se identificaron síntomas de inestabilidad de ladera dentro del ámbito urbano de la colonia, entre ellos:

- Agrietamientos en el terreno y pavimentos,
- Asentamientos diferenciales, y
- Evidencia de erosión superficial activa.

Estos indicadores reflejan un estado de fragilidad del terreno y una alta susceptibilidad a que se repitan procesos de flujo de lodo, erosión acelerada y rodamiento de rocas, especialmente durante la temporada de lluvias o ante la ocurrencia de fenómenos sísmicos.

En consecuencia, la colonia Los Manantiales requiere monitoreo permanente, control de escurrimientos, y la implementación de medidas de estabilización y revegetación, con el fin de reducir la exposición y vulnerabilidad de la población frente a futuros eventos de remoción en masa.


Río Colorado
Colorado
Río Colorado
Río Colorado
Río

4.1.3 Caídos de roca o derrumbes

Los caídos de roca y derrumbes de acuerdo con la "Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos", Fenómenos Geológicos (CENAPRED, 2006), se definen como: "movimientos abruptos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes muy fuertes y acantilados, por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre, rodando y rebotando".

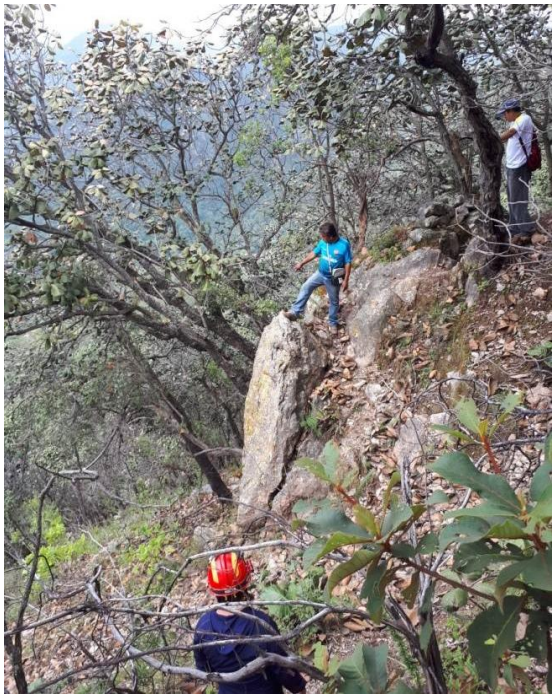
En el estado de Guerrero ocurren numerosos casos de caídos de rocas o derrumbes, principalmente en carreteras y en las regiones de la montaña y la norte, debido a diversos factores naturales, antropogénico o la combinación de ambos, donde históricamente han causado afectaciones e incluso pérdidas humanas.

Taxco de Alarcón (2017).

Geológicamente, la zona es parte de la Sierra de Taxco, que está formada por una secuencia volcánico-sedimentaria que consta por lo menos de catorce unidades de composición y forma de depósito distinto (Jiménez-Bustamante et al., 2013).

La Cima.

En la parte superior de la colonia La Cima, después del sismo del 19 de septiembre de 2017 se presentaron desprendimientos y caídas de bloques de roca riolítica de diferentes tamaños y formas. La colonia está asentada sobre pendientes que van desde los 35° hasta los 55° y los bloques inestables se ubican en pendientes de hasta 90°.





Fotografías 24 y 25. Macizo rocosos sobre la ladera de la Cima.

La Mulata

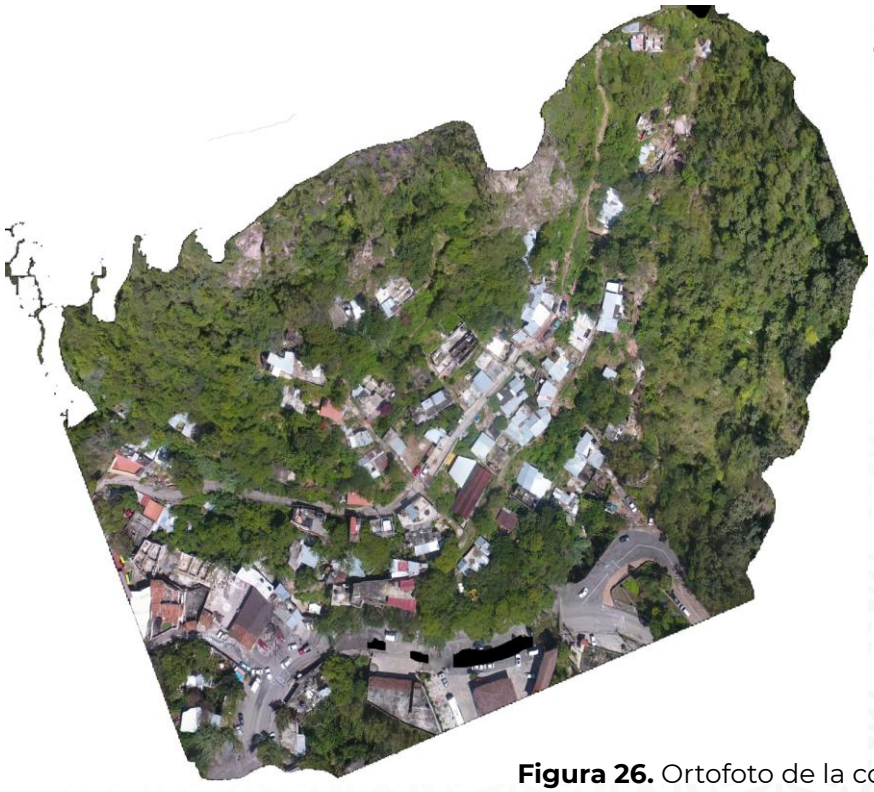


Figura 26. Ortofoto de la colonia La Mulata.




Fotografías 26 y 27. Macizos rocosos en La Mulata.

Carretera Federal Taxco-Cuernavaca.

Las unidades litológicas que se encuentran en la parte superior de la carretera y de la autopista y sus alrededores, corresponden a rocas sedimentarias, volcánicas y a un depósito de talud poco consolidado.

El depósito de talud o pie de talud se ubica en la parte superior de la carretera federal, consta de varios conos de eyección formados por fragmentos o bloques de roca desprendidos del escarpe, y que tienen una pendiente que varía entre 20 y 60 grados.



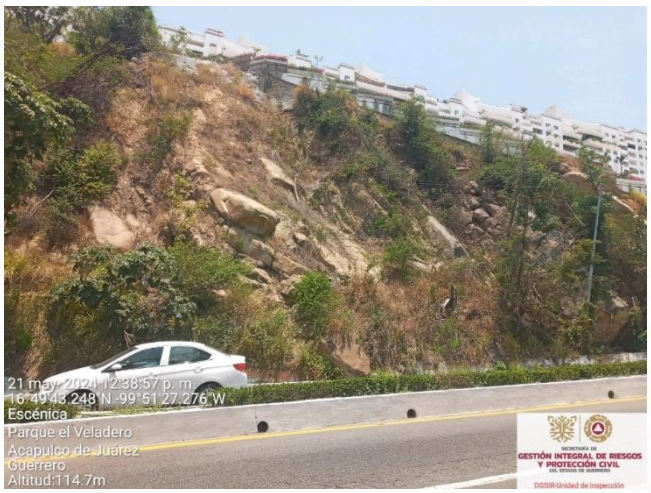

Fotografías 28 y 29. Derrumbes y caídos de rocas sobre carretera federal.

Acapulco (2024).

Av. Escénica.

El huracán Otis que se registró en el mes de octubre del año 2023 ocasiono severos daños a la infraestructura del puerto de Acapulco, entre ellos a la Avenida Escénica Clemente Mejía. Esta secretaría emitió un dictamen de un tramo de la Avenida Escénica el cual sufrió socavación y colapso de la superficie de rodamiento del carril sureste, frente a la zona del hotel las Brisas. Se acude nuevamente a solicitud del director de PROTUR para recorrer la avenida Escénica y determinar los puntos en los cuales existe riesgo de caída de rocas.

La avenida Escénica Clemente Mejía se encuentra construida en un terreno con topografía accidentada (cerros y laderas) el tipo de terreno en su mayoría es rocoso (granito), las secciones de la vialidad en su mayoría son en balcón, quedando una zona de la vialidad con taludes naturales que algunos tramos están revestidos y estabilizados con zampeado sobre el talud y otra zona con terraplenes Es una de las vialidades más importantes de Acapulco, ya que comunica la zona tradicional con la zona Diamante.





Fotografías 30 y 31. Zona con posibles caídos de rocas en la escénica.





Fotografías 32 y 33. Vista de rocas ubicadas en la ladera de la avenida escénica.

Chilpancingo de los Bravo.

Tepechicotlán (2022).

El tramo carretero donde se presentaron los caídos de rocas se ubica en el kilómetro 4 de la carretera Tepechicotlan-Petaquillas, al Sureste de Chilpancingo, en las coordenadas geográficas 17° 29' 1.84'' latitud Norte, 99° 25' 19.05'' longitud Oeste y a 1,260 metros sobre el nivel del mar.

El día 21 de junio de 2022, en el km 4 de la carretera de Tepechicotlan-Petaquillas, se presentó el rodamiento o caídos de 10 rocas, con dimensiones variables de 1 m^3 a los 5 m^3; 7 son de gran tamaño (de 4 m^3 a 5 m^3) sobre el tramo carretero antes mencionado afecto ambos carriles de la carretera dañando la carpeta asfáltica, cunetas y restringiendo el paso vehicular, una vivienda resulto afectada en el portón metálico del acceso principal propiedad del C. Elías Alberto Mejía Salazar, asi como el estacionamiento y explanada del Centro de Salud

El tipo de roca son Ígnea intrusiva: granito-granodiorita, Sedimentaria: caliza, lutita-arenisca-conglomerado y Metamórfica: gneis y metasedimentaria y suelo aluvial.



Fotografía 34. Macizo rocoso con riesgo de caída.



Fotografía 35. Macizo rocoso sobre carpeta asfáltica.





Fotografías 36 y 37. Macizos rocosos caídos en vivienda y centro de salud.



Figura 27. Zona de riesgo por caía de rocas.

4.2 Sismos

Los sismos son las vibraciones de la tierra ocasionadas por la propagación en el interior o en la superficie de ésta, de varios tipos de ondas. La alta sismicidad en el Estado de Guerrero es derivada principalmente por la interacción entre las placas tectónicas, por medio de un proceso de subducción, la subplaca oceánica de Cocos subduce con respecto a la placa continental de Norteamérica, así como a fallas locales que se localizan a lo largo del estado, aunque estas últimas son menos comunes.

El estudio de la actividad sísmica de México comenzó a principios del siglo, sin embargo, los antecedentes históricos de grandes sismos del país fueron registrados en un gran número de documentos. En 1910 se inauguró la red sismológica mexicana y desde esa fecha hasta nuestros días se ha mantenido una observación continua de los temblores cuyos registros se conservan en la Estación Sismológica de Tacubaya y otras instalaciones del Instituto de Geofísica de la UNAM, encargada de operar el Servicio Sismológico Nacional -SSN- y su red de 35 estaciones sismológicas. El SSN reporta en el país, en promedio, la ocurrencia de 4 sismos por día de magnitud M > 3.0. (SGM, 2017).

4.2.1 Contexto sismológico del estado de Guerrero

De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) las zonas sísmicas de México se clasifican en función de la cantidad de sismos que se presentan en determinadas áreas del territorio. Datos del Servicio Sismológico de México (SSM) señalan que en el país existen cuatro zonas sísmicas:

Zona A: Es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.

Zonas B y C: Son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

Zona D: Es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.
Para el estado de Guerrero, se encuentra entre dos zonas sísmicas la D y la parte más norte en la zona C, es importante mencionar que un riesgo sísmico importante en México es la Brecha de Guerrero que tiene cerca de 100 años de acumulación de energía elástica y es probable que en la costa de Guerrero ocurra un gran sismo para liberar energía acumulada, aunque se debe aclarar que con precisión no se sabe cuándo ni dónde y tampoco la magnitud.

Un sismo es un movimiento brusco de la Tierra causado por la liberación repentina de energía. También se le conoce como terremoto, temblor de tierra o movimiento telúrico. Estos se producen cuando las rocas se rompen repentinamente en el interior de la Tierra, la energía liberada se propaga en forma de ondas que provocan el movimiento del terreno.

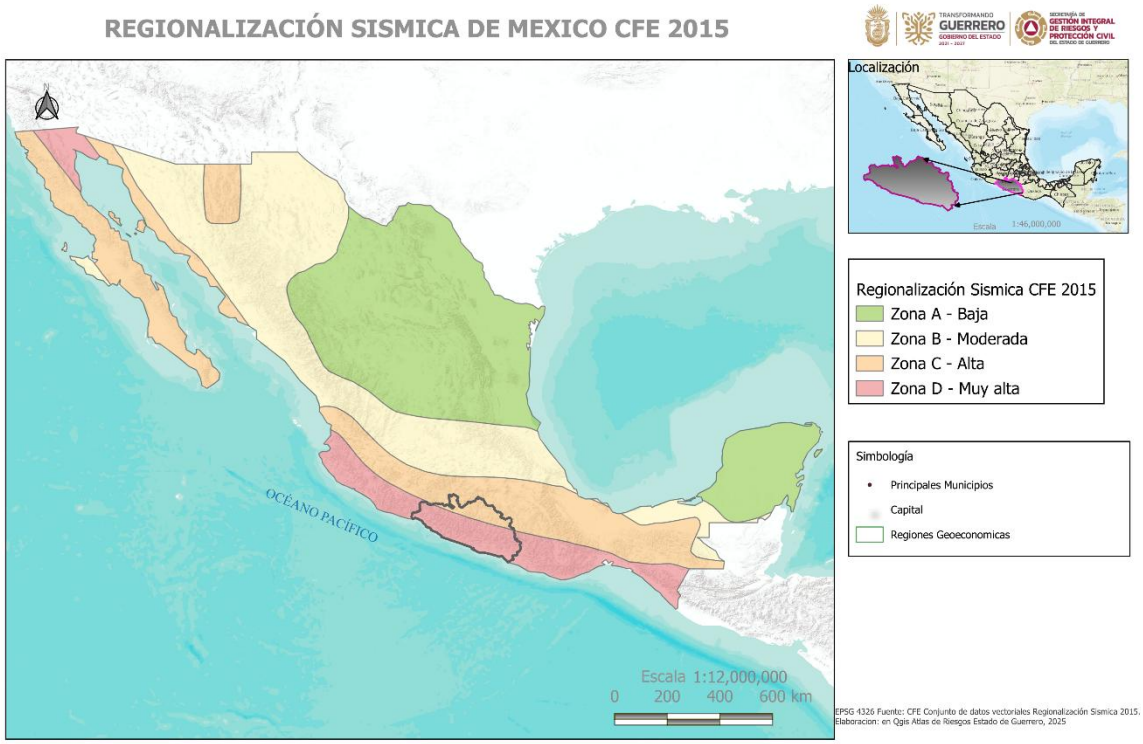


Figura 28. Regionalización sísmica (CFE,2015).

La caracterización de regiones sísmicas mediante el primer orden de regionalización permite comprender mejor las áreas con mayor potencial de generación de terremotos peligrosos, facilitando la planificación de estrategias de mitigación y prevención. Este proceso de regionalización se basa en análisis de datos sísmicos históricos e instrumentales, además de consideraciones geológicas y tectónicas. Además, integra información sobre la actividad sísmica, las características de las fallas, y el comportamiento de las placas tectónicas en diferentes zonas del país (Zuñiga et al., 2017).

Guerrero se ubica principalmente en la región SUB2, SUB3 y NAM que corresponde a la zona donde la placa de Cocos está en proceso de subducción debajo de la placa de Norteamérica. Esta región ha sido identificada como una de las mayores frecuencias de grandes terremotos en México, por lo que es de alta prioridad para el análisis del riesgo sísmico.

- Alta actividad en la interfaz de placas: La interfaz de la subducción en Guerrero es altamente activa, generando terremotos de magnitud significativa, incluyendo eventos históricos y recientes como los de 1985 y 2014. La subducción en esta región presenta un ciclo sísmico complejo con rupturas que a menudo involucran múltiples asperidades en la zona de contacto.
- Tipo de fallas y mecanismos sísmicos: La actividad en Guerrero está dominada por fallas de diferente carácter, pero la mayoría de los grandes eventos se relacionan con fallas inversas o de convergencia, debido a la compresión en la zona de subducción. Los mecanismos focales detectados muestran características de reversa o compresión, indicando que las fuerzas tectónicas en esta área favorecen la acumulación de estrés y su liberación en grandes terremotos.
- Monitoreo y detección: Desde los años 1980, en Guerrero se han instalado redes de acelerógrafos y estaciones sísmicas, como la Red Sismológica Nacional y con la incorporación de acelerógrafos, lo que ha permitido registrar con mayor precisión los eventos, identificar rupturas complejas y estudiar la relación entre la sismicidad y las características de la interfaz de placas. Esto ha mejorado la comprensión del comportamiento sísmico y la probabilidad de eventos futuros.

- Historial y potencialidad: La historia sísmica en Guerrero incluye algunos de los terremotos más destructivos en México, como el de 1985 (M_w 8.0) y otros incidentes en 2014, que causaron daño en la zona costera y en ciudades internas. La región también presenta un patrón en el que terremotos preceden por foreshocks o eventos menores, indicando un proceso de acumulación de estrés en la interfaz.
- Impacto social y vulnerabilidad: La alta actividad sísmica, combinada con la población densamente asentada en ciudades como Acapulco y varias áreas rurales, incrementa el riesgo para la población. La existencia de fallas en zonas urbanas vulnerables requiere acciones preventivas, promoción de planes de emergencia, y una mejor conciencia pública respecto a la amenaza sísmica.

La región SUB2, en la que se ubica, contiene fallas con potencial para generar terremotos de gran magnitud, dado el proceso de subducción de la placa de Cocos. La actividad en esta zona ha sido intensamente monitoreada, permitiendo que las instituciones tengan un conocimiento cada vez mayor para evaluar y gestionar el riesgo sísmico. Sin embargo, su historia sísmica y sus características tectónicas subrayan la necesidad de continuar desarrollando estrategias de mitigación en la región, dado su potencial para producir eventos que puedan afectar gravemente áreas pobladas y estructuras críticas.



Figura 29. Zonas sismo tectónicas (Zúñiga, 2017).

De acuerdo con los periodos de recurrencia estimados por evento con M_w >/ 7.5 en las regiones NAM es de aproximadamente 44 años, obtenido considerando la fecha de loe eventos históricos relevantes y se estima la recurrencia, aunque son cierta incertidumbre dada la variabilidad de los años. Se estima que los eventos de gran magnitud en esta zona no son muy frecuentes, pero tienen una recurrencia relativamente larga.

Para la zona SUB3, los valores indagan un periodo de recurrencia aproximado de 73 años

Desde 1985, en el mes de septiembre, se han registrado cinco sismos con magnitud mayor o igual a 7. Cronológicamente corresponden con los eventos registrados del:

- 19 y 20 de septiembre de 1985 en las costas de Michoacán y Guerrero (magnitudes 8.1 y 7.6, respectivamente);

- 7 y 19 de septiembre de 2017 en el centro de México y golfo de Tehuantepec (magnitudes 8.2 y 7.1, respectivamente);
- 7 de septiembre de 2021 en las costas de Guerrero (magnitud 7.1).

Gran parte de estos son recordados principalmente por los daños materiales y pérdidas humanas que causaron, en todo tipo de infraestructura.

Un sismo de una magnitud considerable, el cual puede ser mayor a 5.5 de magnitud, puede potencializar un daño por falta de mantenimiento e intemperismo, evidenciar deficiencias constructivas o vicios ocultos en las construcciones.

Imágenes del sismo ocurrido en septiembre de 1985.





Imágenes tomadas de internet.

Imágenes del sismo del 19 de septiembre de 2017.





Foto 38 y 39. Agrietamientos en muros característicos de la ocurrencia de un sismo

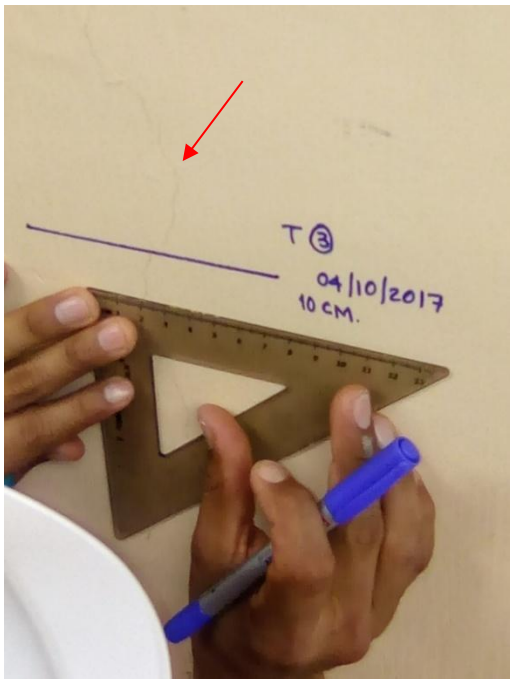






Foto 40, 41 y 42. Agrietamiento en muro, nodo y deficiencia constructiva por adosamiento en mocheta.





Foto 43 y 44. Agrietamientos severos en muro y columna de una vivienda

En la identificación de daños se observó, que estos son debido a la falta de mantenimiento, por adosamientos que vulneran o reducen su capacidad de carga, así también, a las deficiencias constructivas de origen.

Es de suma importancia que cuando se realicen construcciones estas sean apegadas a los reglamentos y normas de construcción vigentes, así también, que la autoridad municipal competente no solo expida las licencias de construcción, que también vigile, observe y asesore al momento de que se estén realizando las obras de construcción.

4.2.2 Registro y monitoreo de la actividad sísmica en el estado de Guerrero

Un sismo es un rompimiento repentino de las rocas en el interior de la Tierra. Esta liberación repentina de energía se propaga en forma de ondas que provocan el movimiento del terreno (SSN).

La República Mexicana, geológicamente hablando, es el resultado de múltiples procesos tectónicos llevados a cabo durante su evolución. El territorio mexicano está situado sobre cinco placas litosféricas, en cuyos límites encontramos trincheras, centros de expansión y fallas

transformantes. La mayor parte del territorio continental pertenece a la placa Norteamericana, mientras que la península de Baja California pertenece a la placa del Pacífico; en el litoral del Pacifico se tiene la microplaca de Rivera, la placa de Cocos, y la del Caribe.

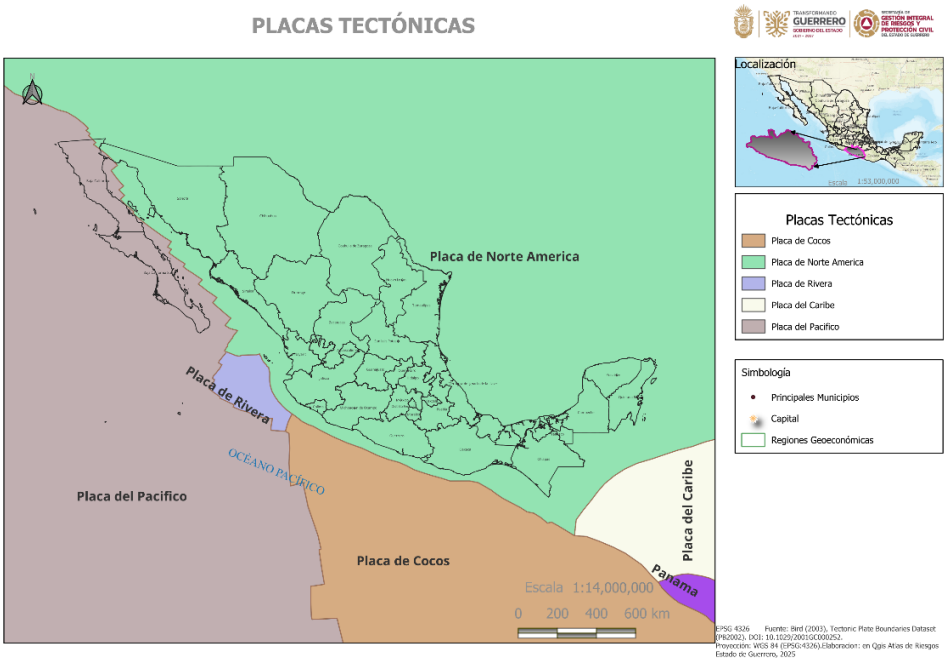


Figura 30. Placas Tectónicas.

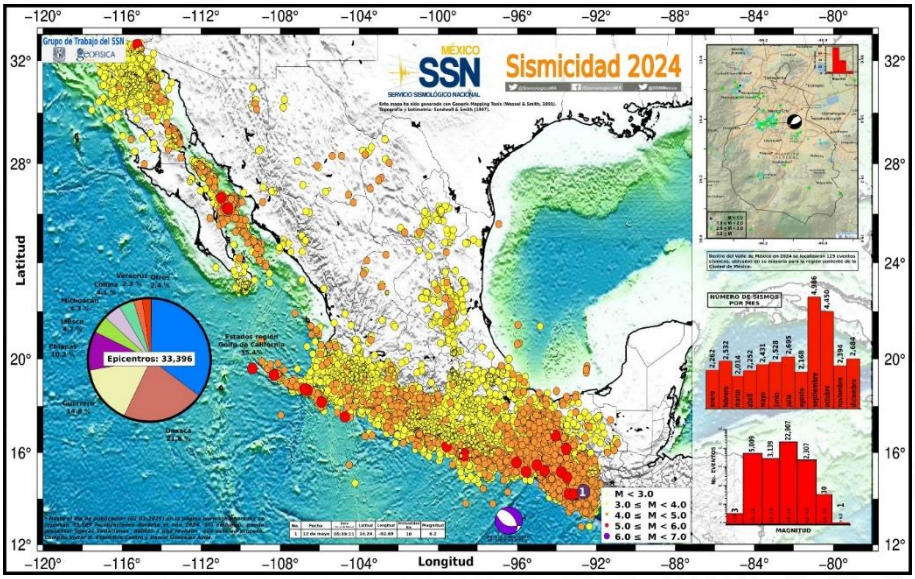


Figura 31. Eventos sísmicos en la República Mexicana en el 2024. (SSN)

México es uno de los países del mundo con mayor actividad telúrica, ya que, según estadísticas, se registran más de 90 sismos por año con magnitud superior a 4 grados en la escala de Richter, lo que equivale a un 60% de todos los movimientos telúricos que se registran en el mundo.

Con base en el registro estadístico, los estados con mayor riesgo y donde ocurren sismos de gran magnitud que pueden afectar a la Ciudad de México son: Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Estado de México y Veracruz. En la república mexicana en el año 2024 se registraron 33, 396 eventos sísmicos

El estado de Guerrero, ubicado en la costa del Pacífico Mexicano, es una de las regiones sísmicamente más activas del país. Esta alta actividad sísmica se debe a su posición geográfica, donde interactúan la placa tectónica de Cocos y la placa Norteamericana.

El Estado de Guerrero ha sido epicentro de sismos significativos y ha sido afectado por sismo cercanos:

- **Sismo del 28 de julio 1957**: Conocido como el “Sismo del Ángel”, tuvo una magnitud de 7.5 y causó daños considerables en Acapulco y otras localidades costeras.
- **Sismo del 14 de marzo de 1979**: El sismo de Petatlan tuvo una magnitud de 7.6.
- **Terremoto de 1985**: Aunque el epicentro estuvo en Michoacán, el sismo de magnitud 8.1 afectó gravemente a Guerrero y provocó una catástrofe nacional, especialmente en la Ciudad de México.
- **Sismo de 2014**: Un terremoto de magnitud 7.2 sacudió el estado el 18 de abril, causando daños materiales y cortes de energía, pero sin pérdidas humanas significativas.

- Sismo del 19 de septiembre de 2017, a 12 km al suroeste de Axochiapan, Morelos, no ocurrió en las zonas del Estado de Guerrero, pero si afecto las regiones Norte, Centro, Costa Chica y Montaña.
- **Sismo de 2021**: El 7 de septiembre, un sismo de magnitud 7.1 con epicentro cercano a Acapulco causó daños en infraestructuras y viviendas, además de generar alerta entre la población.

La interacción entre las placas tectónicas es la principal causa de los sismos en Guerrero. La placa de Cocos se subduce debajo de la placa Norteamericana a lo largo de la costa del Pacífico, generando una zona de intensa actividad sísmica conocida como el Cinturón de Fuego del Pacífico. Este proceso tectónico provoca acumulación de energía que, al liberarse, produce sismos de diversas magnitudes.

Guerrero es un Estado que registra alrededor del 25% de la sismicidad que tiene nuestro país. Esto se debe a la entrada de la Placa de Cocos (placa oceánica) por debajo de la Placa Norteamericana (placa continental). El punto de encuentro entre estas dos placas ocurre frente a las costas del Pacífico, desde el Estado de Jalisco, hasta el de Chiapas. En lo que va del año 2025 la actividad sísmica para el Estado ha registrado 4927 eventos.

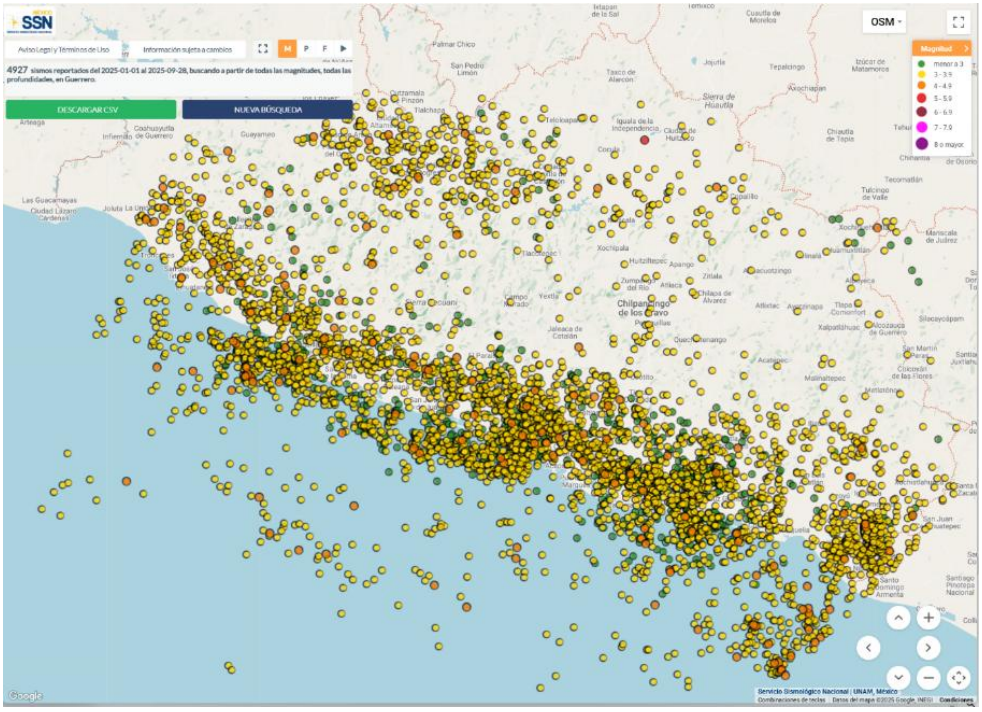


Figura 32. Eventos sísmicos en el estado de Guerrero del 01-01-2025 al 28-09-2025. (SSN)

La ocurrencia y recurrencia de sismos ha llevado a la implementación de medidas de prevención y protocolos de emergencia. Sin embargo, muchas comunidades aún son vulnerables debido a construcciones y autoconstrucciones no sismo-resistentes o y falta de infraestructura adecuada. Los sismos afectan no solo las edificaciones sino también servicios básicos como agua, electricidad y comunicaciones.

El Gobierno Federal en coordinación y cooperación con el Gobierno Estatal han establecido sistemas de alerta sísmica que proporcionan segundos valiosos para evacuar o tomar medidas de protección. Programas de educación y simulacros periódicos que buscan concientizar a la población sobre cómo actuar antes, durante y después de un sismo. La construcción

de edificaciones bajo normas sismo-resistentes es crucial para minimizar daños.

A pesar de los avances significativos, existen desafíos como la urbanización descontrolada y la falta de recursos en comunidades rurales. Es esencial fortalecer la infraestructura, actualizar los protocolos de emergencia y promover una cultura de prevención. La colaboración entre gobierno, instituciones educativas y sociedad civil es vital para aumentar la resiliencia ante futuros eventos sísmicos, es de interés considerar una herramienta con casos de éxito como la “Cartilla breve para refuerzo de la vivienda rural de autoconstrucción contra sismo y viento” del CENAPRED.

En las siguientes imágenes se muestran algunos daños causados por el sismo del 19 de septiembre de 2017.





Foto 45 y 46. Agrietamiento por cortante, en muro de carga de un edificio de una escuela.





Foto 47 y 48. Vidrio fragmentado y caída de mobiliario en oficinas.





Foto 49 y 50. Imágenes se muestran algunos daños causados por el sismo del 7 de septiembre de 2021





Foto 51 y 52. Colapso de una vivienda de adobe y agrietamiento por cortante en muro de carga de una vivienda.



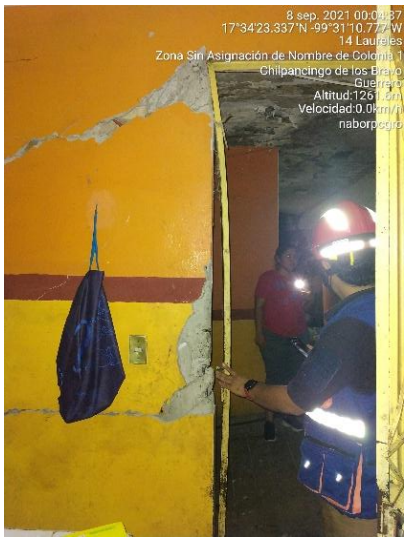




Foto 53, 54 y 55. Colapso de muros de viviendas.

Los daños a la infraestructura o la vulnerabilidad se deben a construcciones deficientes sin apego a la normativa ni al tipo de zona sísmica, edificaciones antiguas o incluso aunque se cumpla con la normatividad las modificaciones a estructuras sin la supervención de un especialista hacen que la capacidad sismorresistente que se tenía se disminuya.

Es de suma importancia que los Reglamentos y Normas de construcción sean aplicadas, difundidas y actualizadas, así también para el caso de las viviendas rurales de autoconstrucción debido a los usos y costumbres de localidades de las regiones de la Montaña, Costa Chica, Centro y Sierra se considere la “La Cartilla Breve de Refuerzo de la Vivienda Rural de Autoconstrucción Contra Sismo y Viento”, a fin de mitigar los efectos y daños que puedan causar los eventos sísmicos.

5. Fenómenos Hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos son eventos naturales que ocurren en la atmósfera y que están relacionados con el agua, estos pueden ser perturbadores y causar desastres.

Algunos ejemplos de fenómenos hidrometeorológicos, son los siguientes:

- Ciclones tropicales, Tormentas severas, Inundaciones, Sequías, Huracanes, Marejadas, Nevadas, Lluvias Fuertes, Tormentas de arena o polvo, Tormentas eléctricas.

Los fenómenos hidrometeorológicos pueden causar grandes pérdidas económicas y sociales, así como pérdidas de vidas humanas.

Los riesgos hidrometeorológicos se han incrementado en las últimas décadas debido a la mayor variabilidad climática y los efectos del calentamiento global.

Los desastres hidrometeorológicos pueden ser causados por eventos como inundaciones, sequías, huracanes, tormentas severas, y desplazamientos del terreno, estos pueden ser significativamente severos si interviene un agente afectable, como zonas urbanas, infraestructura y personas. Cabe resaltar que los “Desastres No son Naturales”.

5.1 Ciclones Tropicales

Algunos fenómenos hidrometeorológicos, que han afectado significativamente al estado de Guerrero son:

- Huracán Pauline (octubre de 1997)
- Tormenta Tropical Ingrid y Manuel (septiembre de 2013)
- Huracan Otis (octubre de 2023)

Huracan Jhon (septiembre de 2024)

Tormenta Tropical Ingrid y Manuel (2013).

"Durante la temporada 2013 de ciclones tropicales se presentó una situación inédita sobre México: dos ciclones tropicales se presentaron de manera simultánea: la tormenta tropical *Manuel* por el Pacífico y el huracán *Ingrid* por el Golfo de México, suficientemente cerca uno del otro como para permitir cierta interacción en la manifestación de sus precipitaciones pluviales sobre el territorio nacional. A pesar de que ninguno de ellos, por sí mismo, resultaba especialmente peligroso, alcanzando *Manuel* un pico en su velocidad de vientos máximos sostenidos de 111 km/h (clasificado como *tormenta tropical),* e *Ingrid* un pico en su velocidad de vientos máximos sostenidos de 139 km/h (clasificado como un *huracán categoría* I), el hecho es que produjeron uno de los desastres de mayor envergadura de los que se tenga registro en el país. El intervalo de acción simultánea de estos dos ciclones tropicales fue de 72 horas, de las 08:00 (hora del Centro de México; en adelante, todas las horas se referirán a este horario) del 13 de septiembre a las 08:00 del 16 del mismo mes de 2013. Aunque al final de este intervalo *Ingrid* apenas iniciaba su incidencia sobre el noreste de

México, *Manuel* se había declarado como disipado (temporalmente) desde cuatro horas antes cerca de Bahía de Banderas.

Para las 16:00/16sep, *Ingrid* fue declarado una depresión tropical. Aunque el remanente de *Manuel* se volvió a regenerar al recuperar contacto con las aguas cálidas del Pacífico mexicano, esto no ocurrió sino hasta las 16:00/16sep, por lo que la porción final de ambos ciclones tropicales no resultó simultánea y por ello no se considera como sujeto del presente estudio. En esta segunda etapa de *Manuel,* la regeneración alcanzó el nivel de huracán categoría I antes de reincidir en tierra sobre las costas de Sinaloa" Rosengaus, M. (2016).

Cabe mencionar que los pronósticos de ocurrencia o Periodo de Retorno (Tr) de los fenómenos hidrometeorológicos Ingrid y Manuel es de 50 a 100 años de acuerdo a científicos en la materia

Reseña del Huracán "Jhon" (SMN).

En el transcurso del día 23 de septiembre de 2024, la Tormenta Tropical "Jhon" se desplazó lentamente hacia el nor-noreste, bajo la influencia del flujo asociado con la vaguada monzónica; se intensificó a huracán de categoría 1 en la escala Saffir-Simpson a las 12:00 horas del 23 de septiembre, presentando vientos máximos sostenidos de 140 km/h y rachas de 165 km/h, a 135 km al sur de Punta Maldonado, Gro., y a 160 km al oeste-suroeste de Puerto Escondido, Oax.

A las 15:00 horas de ese día, John se intensificó a huracán de categoría 2 en la escala Saffir-Simpson, a 90 km al sur de Punta Maldonado, Gro., con vientos máximos sostenidos de 155 km/h y rachas de 195 km/h, mientras se desplazaba hacia el norte a 9 km/h. En este momento, se estableció zona de prevención por efectos de huracán desde el este de Acapulco, Gro., hasta Bahías de Huatulco, Oax., y se mantuvo la zona de prevención por

efectos de tormenta tropical desde el este de Bahías de Huatulco hasta Salina Cruz, Oax.

A las 21:00 horas del día 23 de septiembre, John se convirtió en un huracán de categoría 3 en la escala Saffir-Simpson, alcanzando vientos máximos sostenidos de 195 km/h con rachas de 220 km/h. Su centro se localizaba a 20 km al oeste de Punta Maldonado, Gro., y presentaba desplazamiento hacia el norte a 13 km/h, por lo que se preveía que tocara tierra entre Punta Maldonado y Copala, Gro., antes de las 23:00 horas. Las imágenes de satélite infrarrojas mostraban que las paredes del ojo tenían temperatura de los topes de nubes cercana a los -80 °C.

John tocó tierra como un huracán de categoría 3 a las 21:15 horas (hora del centro de México) del 23 de septiembre, al sur-suroeste de Marquelia, Gro., con vientos máximos sostenidos de 195 km/h y rachas de 220 km/h. El sistema mantuvo su desplazamiento hacia el norte sobre el territorio de Guerrero, y a las 00:00 horas del 24 de septiembre se degradó a huracán de categoría 2, a 75 km al este de Acapulco, Gro., debido a su interacción con la Sierra Madre del Sur, presentando vientos máximos sostenidos de 160 km/h, rachas de 200 km/h y desplazamiento hacia el nor-noroeste a 13 km/h.

5.1.1 Afectaciones por el impacto de los sistemas ciclónicos en el estado de Guerrero

Guerrero está altamente expuesto a Ciclones Tropicales, que son el riesgo natural de mayor impacto. Estos fenómenos generan múltiples peligros como vientos fuertes, oleaje, marea de tormenta y lluvias extraordinarias que provocan inundaciones e inestabilidad de laderas.

La vulnerabilidad del estado es aumentada por su orografía compleja y los asentamientos en zonas de riesgo, de acuerdo al análisis e identificación de daños a los elementos expuestos se realiza la cuantificación para robustecer y mejorar los modelos de riesgos.

5.1.2 Inundaciones pluviales y fluviales

Los Fenómenos Hidrometeorológicos son por agentes perturbadores que se generan por la acción atmosférica, tales como: ciclones tropicales y sus efectos: viento, oleaje y marea de tormenta; también lo son las tormentas severas y sus manifestaciones: tormentas de granizo, electricidad, tornados y corrientes descendentes; lluvias y sus manifestaciones: inundaciones costeras, pluviales, fluviales y lacustres; tormentas de polvo; nevadas, heladas, frentes fríos; ondas cálidas y gélidas; así como sequías, mar de fondo y tormentas de polvo. Las modelaciones de peligro se definirán a partir de su intensidad, recurrencia o período de retorno.

Inundaciones.

De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO,2012), la definición oficial de inundación es: “aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce”. En este caso, “nivel normal” se debe entender como aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, inundación es una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que puede generar pérdidas. Existen diferentes procesos que pueden dar origen a las inundaciones tal es el caso de las inundaciones costeras por marea de tormenta las cuales se presentan a causa de los ciclones tropicales debido al ascenso del nivel medio del mar debido a la marea y permite que éste penetre tierra adentro, en las zonas costeras, generando el cubrimiento de grandes extensiones de terreno.

Inundaciones Fluviales.

Se presentan por el desbordamiento de un río, el cual es incapaz de conducir el agua en exceso producto de una lluvia. El tiempo que dura la inundación dependerá de la velocidad del flujo dentro del río (CENAPRED,2018).

Las inundaciones fluviales son una de las amenazas naturales más comunes, y provocan impactos más desastrosos y persistentes en todo el mundo que las inundaciones costeras y pluviales (IPCC, 2012). Desde el punto de vista hidrológico, una inundación fluvial se produce cuando el nivel del agua de un río aumenta, superando la cota de coronación de las bandas fluviales y desbordándose en las tierras circundantes, conocidas como llanuras aluviales, normalmente a causa de un exceso de lluvia o de deshielo (Leandro *et al.,* 2010). La gravedad de las inundaciones fluviales depende de la duración y la intensidad (cantidad de lluvia en volumen) de las precipitaciones, del contenido de agua del suelo debido a las precipitaciones anteriores y de las propiedades del suelo, así como de las características del terreno circundante (Zurich, 2019). Los dos tipos principales de inundaciones fluviales son (i) la inundación por desbordamiento, que se produce cuando el agua aumenta hasta desbordar los márgenes de un río, y (ii) la inundación repentina, caracterizada por un torrente de agua de gran velocidad y corta duración que se produce debido a precipitaciones de gran intensidad o a la rotura repentina de una presa o un dique (Yang y Liu, 2020).

Zona de inundación Quechultenango

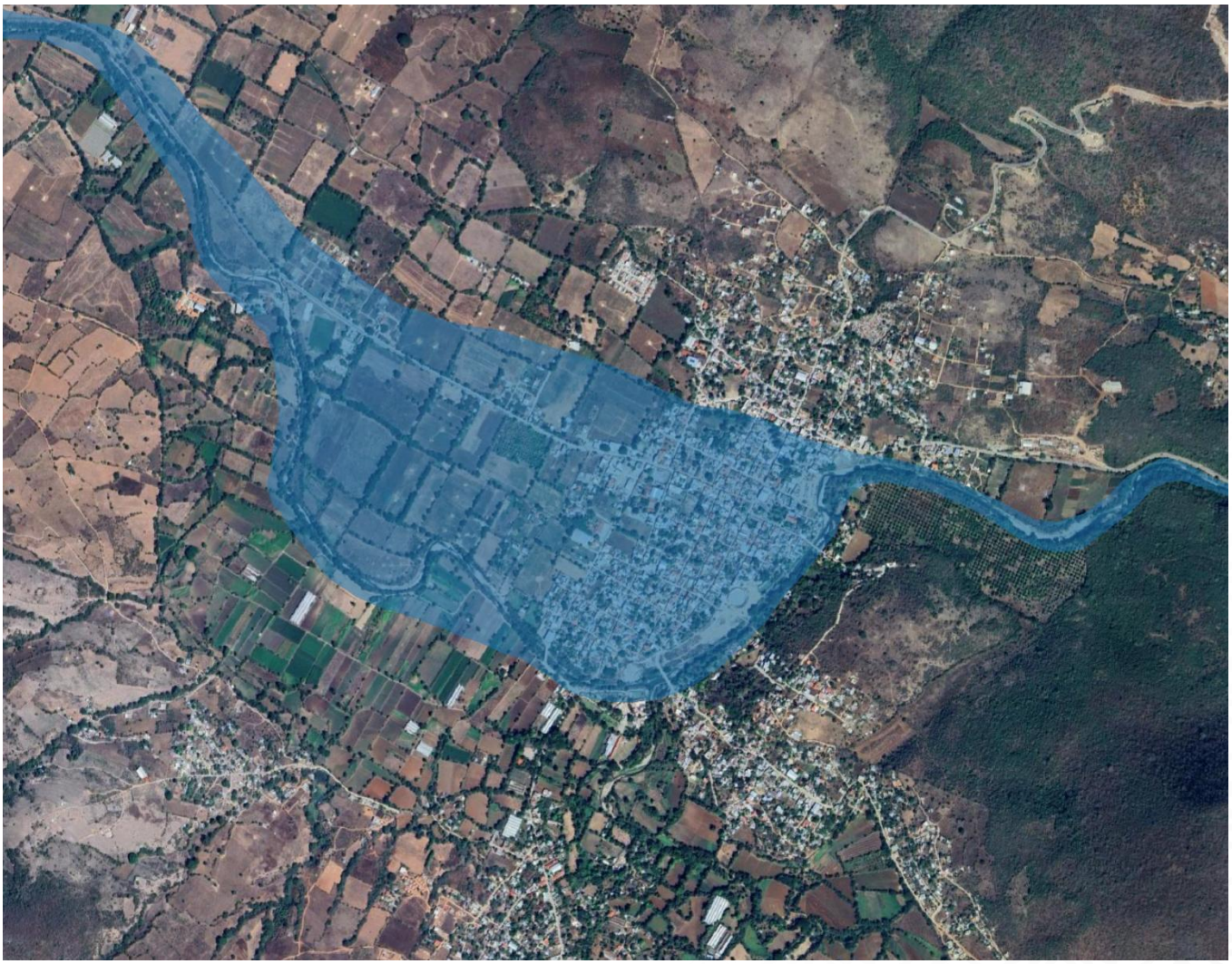


Figura 33. Zona de Inundación de la Cabecera Municipal de Quechultenango.

Zona de inundación Chilpancingo



Figura 34. Zona de Inundación en las colonias al sur de Chilpancingo.

Inundaciones Pluviales.

Son consecuencia de la precipitación, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días, hasta que se evapore y el terreno recupere su capacidad de infiltración.

La precipitación pluvial se mide en milímetros y en cierto lapso (intensidad). El tiempo de duración de la lluvia es muy importante. No es lo mismo que llueva 50 mm en 24 h, a que esos 50 mm se registren en 2 h.

Las inundaciones pluviales son causadas por lluvias intensas o prolongadas que generan un exceso de agua en áreas específicas. Este tipo de inundación se produce cuando la capacidad de absorción del suelo es superada por la cantidad de precipitación. Cuando llueve más rápido de lo que el suelo puede absorber o cuando la lluvia persiste durante un período prolongado, el agua puede acumularse rápidamente y provocar inundaciones. Estas inundaciones pueden permanecer horas o días, hasta que el agua se evapore o se extraiga y el suelo recupere su capacidad de infiltración. (CENAPRED, 2009).

Inundaciones Lacustres.

Las inundaciones lacustres se refieren al incremento del nivel medio de un cuerpo de agua, como humedales, lagos o lagunas.

Huracán John

El **huracán John** fue un ciclón tropical que afectó la costa sur del Pacífico mexicano en septiembre de 2024. La undécima tormenta tropical, cuarto huracán y el segundo huracán mayor de la temporada de huracanes del Pacífico de 2024, John, se originó en un área de baja presión en alta mar en el sur de México. Esta baja presión se convirtió en la depresión tropical Diez-E durante la tarde del 22 de septiembre, fortaleciéndose en la tormenta tropical John la mañana siguiente. Al experimentar una rápida intensificación, John pasó de ser una tormenta tropical moderada a un huracán de categoría 3 el 24 de septiembre. Fue con esa intensidad que John tocó tierra en Marquelia, más tarde ese día. Una vez tierra adentro, John se debilito rápidamente y se disipó en la sierra madre del sur del estado de Guerrero ese día más tarde. Sin embargo, los remanentes de nivel medio de John regresaron al mar; al día siguiente, el ciclón se reformó en una tormenta tropical en alta mar en el sur de México. En general, este huracán se caracterizó por un lento desplazamiento en su trayectoria durante su paso por México.

Tras la formación de John como ciclón tropical a las 21:00 UTC del 22 de septiembre, se emitieron alertas y avisos de tormenta tropical en Guerrero y Oaxaca. A medida que John se intensificaba rápidamente, algunos de estos se convirtieron en Avisos de Huracán. Se prepararon más de 80 refugios de emergencia y se evacuó a 3.000 personas. Una vez que John tocó tierra, las áreas a lo largo de la costa sufrieron deslizamientos de tierra mientras caían más de 250 mm (10 pulgadas) de lluvia en partes de Guerrero y Oaxaca.[2][3]

Laguna de Tixtla (Huracán John, 2024).



Fotografía 56. Tirante y espejo de agua de la inundación en Tixtla por el Huracán John,



Figura 35. Zona de Inundación en la cabecera Municipal de Tixtla (Huracán John, octubre, 2024).

Huracán Manuel

El huracán Manuel fue el decimosexto ciclón tropical formado durante la temporada de huracanes del Pacífico de 2013, así como el séptimo de ellos en alcanzar la categoría 1 de huracán. Fue el ciclón más destructivo de dicha temporada tras afectar seriamente el estado de Guerrero, al sur de México.

Laguna de Tixtla (Huracán Manuel, 2013).

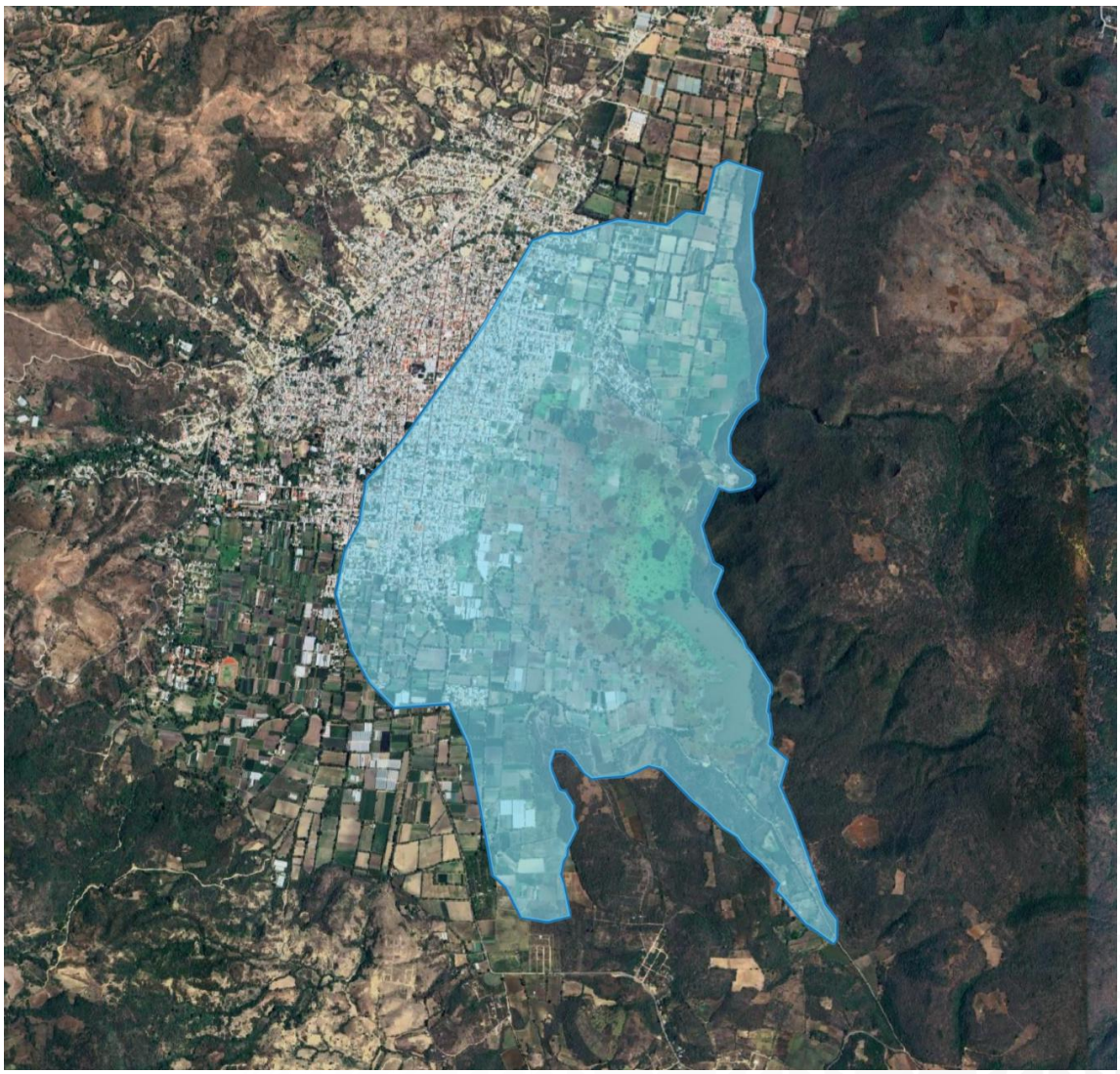


Figura 36. Zona de Inundación en la cabecera Municipal de Tixtla (Huracán Manuel, 2013).

5.1.3Modelación de riesgos por inundaciones fluviales y pluviales del estado de Guerrero

La CAPASEG de Guerrero contrató a las empresas Productora Metálica S.A. de C.V. y Rossbach de México S.A. de C.V. para un "Estudio y diagnóstico de la red hidrológica en la franja de la costa" (Regiones Hidrológicas 19 y 20) con el fin de prevenir afectaciones a los sistemas de agua potable y drenaje por inundaciones.

El estudio se realizó sin nuevo levantamiento de datos o visitas de campo, utilizando solo información disponible para evaluar el riesgo de inundación. Las conclusiones, aunque enfocadas en la infraestructura de agua, son útiles para múltiples aplicaciones del Gobierno del Estado, incluyendo la evaluación del riesgo para la población general.

Debido a las limitaciones de tiempo y datos, el alcance del estudio se ajustó, decidiendo qué porciones serían modeladas y a qué nivel de sofisticación.

El Informe Final se estructura en ocho capítulos que incluyen:

1. Introducción y Antecedentes (Términos de Referencia y estudios previos).
2. Análisis de datos sobre climatología, hidrología, demografía y vulnerabilidad.
3. Análisis de Precipitación en 25 cuencas (50 años de datos) para determinar promedios de diversos periodos de retorno.
4. Análisis Hidrológico en 10 sitios vulnerables con registros históricos para calcular los caudales característicos por periodo de retorno.
5. Análisis Hidráulico en esos 10 sitios para generar mapas de extensión, velocidad y tirante de inundación. Cuatro sitios usaron topografía LIDAR para mayor confiabilidad.

5.2 Modelos Inundación

Los Términos de Referencia (T. de R.´s) del presente estudio establecen que el trabajo se realice con los datos disponibles, es decir sin campañas de campo adicionales para obtención de datos. Por otro lado, establece como la zona a estudiar la porción de Guerrero dentro de las Regiones Hidrológicas 19 y 20, no solo puntos o zonas específicas dentro de esta delimitación, sino toda esta franja costera del estado. Los datos más importantes para este tipo de estudio, uno que pretende establecer caudales y delimitar/caracterizar las zonas inundadas para diferentes periodos de retorno, son los datos hidrométricos (caudales en m^3/s) sobre los diversos cauces en la región de interés. Estas mediciones hidrométricas, donde existen, integran de alguna manera las cuencas aguas arriba del sitio de medición, pero evidentemente se encuentran en un muy limitado número de puntos, 22 en toda la zona de interés. Estas estaciones hidrométricas en ningún caso cuantifican los caudales que desembocan de las cuencas hacia el mar, por encontrarse en o cerca de poblaciones ubicadas en la transición entre la zona de sierra y la llanura costera, no directamente sobre la línea litoral. Esto implica que, utilizando estos datos idóneos, no se puede estudiar la totalidad de la zona de interés especificada. Para poder estudiar la totalidad del área de interés es necesario recurrir a datos disponibles sobre la totalidad del área especificada y, en general, estos datos se refieren a los de precipitación diaria. Se cuantifica el número de estaciones climatológicas en la zona. Las mediciones pluviométricas en sí son puntuales, pero cuando la densidad de estas es suficiente, es común obtener de ellas los campos de lluvia completos sobre áreas de interés utilizando algún mecanismo de interpolación, como lo son los polígonos de Thiessen, el método de isoyetas o, como se explicará

adelante, un método similar al de isoyetas, pero más afín a la época moderna con procesamiento vía computadora.

En general, se considera que la densidad suficiente para poder obtener los campos completos de precipitación diaria se adquirió a partir del inicio de la década de los 60´s. Por otro lado, siguiendo recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), los estudios climatológicos se realizan sobre muestras de décadas completas con una mínima duración de 30 años. Por lo que en el presente estudio se utilizan cinco décadas completas: 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, en otras palabras 50 años desde el 1º de enero de 1961 hasta el 31 de diciembre de 2010. La forma particular de este juego de datos pluviométrico se detalla en la siguiente sección.

Datos disponibles para la totalidad del área de interés

De acuerdo a datos en los T. de R.´s el área total de la zona de interés es de 29,636 km^2 y de acuerdo a las estaciones disponibles se cuenta con 121 estaciones climatológicas convencionales (en adelante, por brevedad ECC´s), es decir en promedio una cada 245 km^2, o alternativamente estaciones separadas entre sí por aproximadamente 15.65 km. A nivel nacional el pico de densidad de ECC´s en todo el país se alcanzó aproximadamente en el lustro 1980-1984. A partir de entonces, el número de ECC´s operando simultáneamente ha venidos disminuyendo paulatinamente. Por otro lado, no todas las 121 EEC´s tienen un intervalo de registro que cubra exactamente los 50 años deseados para el análisis, como se puede comprobar en anexos impresos y electrónicos. También es cierto que muchas de las ECC´s presentan fallas de operación o de reporte en días aleatoriamente distribuidos dentro de su intervalo nominal de operación. Con lo que

podemos decir que en un día típico en el intervalo 1961-2010 una ECC operante por cada 400 km^2 (o ECC´s separadas entre sí por aproximadamente 20 km) sería más realista.

De operar directamente con las series de precipitaciones diarias puntuales de cada EEC y obtener de ellas los valores correspondientes a diversos periodos de retorno, aun contando con series completas (por ejemplo 1961-2010), la aplicabilidad de estos valores sería para zonas extremadamente pequeñas alrededor de la ubicación de la estación. En este caso el interés no es tanto puntual, como general, puesto que, en primera instancia, es la precipitación promedio en una cierta cuenca la que determina el caudal que fluirá a través de la sección transversal en el desfogue de dicha cuenca. Típicamente las cuencas en que estamos interesados tienen áreas del orden de 1,000 km^2 cada una. Por lo que pretenderíamos definir el campo de lluvias diarios sobre toda la zona de interés con una resolución tal que permitiera definir correctamente las láminas diarias promedio dentro de esta cuenca prototipo del orden de 1,000 km^2 y de una manera tal que no existiera hueco alguno en el tiempo, es decir que tuviera valores todos y cada uno de los días desde 1961 hasta 2010.

Segmentación geográfica de la zona de interés.

Los T. de R.´s del estudio solicitado presenta mapas que subdividen la totalidad de la zona de interés en 50 cuencas y subcuencas distintas. Sin embargo, dichos mapas no contienen georeferenciación en ellos (no existen puntos en ellos sobre los cuales las coordenadas longitud y latitud sean conocidas), por lo que obtener contornos de dichas 50 cuencas que sí estén georreferenciados (polígonos cuyos vértices

tengan coordenadas longitud-latitud o, alternativamente, coordenadas UTM) requiere de fuentes de información adicionales.

Es por ello por lo que se recurrió a información oficial de la autoridad nacional en el tema, la Comisión Nacional del Agua (en adelante CONAGUA). El mapa más detallado conseguido corresponde a la época de un antecesor de la CONAGUA, la Secretaría de Recursos Hidráulicos (en adelante SRH) (1975).

Cálculo de serie de tiempo de precipitación diaria promedio en cada cuenca.

En el tradicional método de *los polígonos de Thiessen* la lámina de precipitación promedio dentro de una cuenca se calcula como un promedio pesado de las láminas medidas en cada uno de un limitado número de sitios con medición, el peso proporcional a la fracción del área de la cuenca que se encuentra dentro de cada polígono alrededor de su punto de medición. Estos polígonos tienen diversos tamaños dependiendo de la ubicación relativa de los puntos de medición con respecto a la cuenca, inclusive se usan mediciones externas, pero cercanas, a la cuenca.

En la versión adaptada para datos interpolados en malla regular, como el que se aplica en el presente estudio, el equivalente del polígono de Thiessen es la celda alrededor de cada uno de los nodos pertinentes, con la posibilidad también de utilizar algunos nodos estrictamente fuera (pero cerca) de la cuenca. La lámina promedio es simplemente el promedio pesado de los valores nodales pertinentes a la cuenca, con los pesos relativos proporcionales a la fracción del área total de la cuenca que se encuentra dentro de cada celda. Estas celdas, en

contraste con los polígonos de Thiessen, tienen tamaños casi idénticos uno a otro.

En este caso particular en que la malla es regular en el dominio longitud-latitud, hay ligeras variaciones entre las áreas debido a la variación de la longitud de un arco de un grado de longitud como función de la latitud a la que se encuentre. Así pues, las diferencias en los pesos relativos de cada nodo están asociados a que en unas celdas existe una gran fracción del área total de la cuenca, mientras que en otras celdas hay solo partes marginales de la cuenca.

Resulta pues muy sencillo calcular la serie de tiempo de precipitaciones promedio dentro de la cuenca, a partir de contar con las series de tiempo de cada uno de los nodos, con lo que se cuenta del juego de datos MAYA v1.1 . Basta multiplicar cada serie nodal por su respectivo peso relativo (mismo que permanece constante a lo largo de los días a lo largo de los 50 años) y sumarlos.

A continuación, ejemplificaremos con una de las 25 cuencas de la sección, digamos al centro de la zona de interés, la de Coyuca con numeración 15 en dicha sección. En la figura 37 se muestra el contorno de la cuenca del río Coyuca sobre la malla regular de nodos (y celdas) del juego de datos MAYA v1.1. Para cada una de las celdas que contiene parte del área de la cuenca se anota la fracción de la misma dentro de ella, es decir el peso que se le dará a la serie del nodo en su centro.

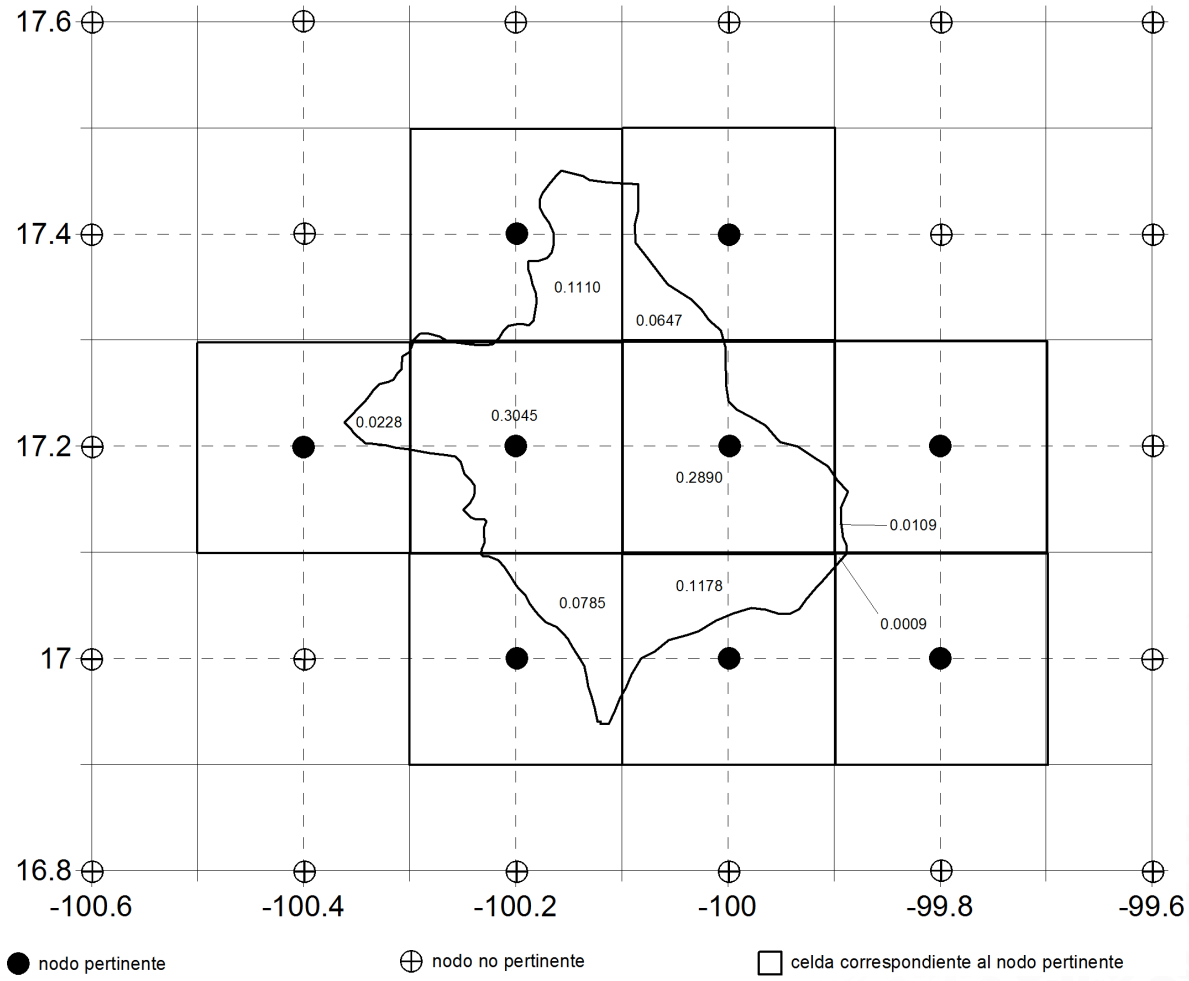


Figura 37. Esquema sobre el cálculo de la lámina de precipitación promedio en la cuenca de Coyuca a partir de los datos en MAYA v1.1 (los números representan la fracción de la cuenca dentro de cada celda pertinente).

Este cálculo se automatizó con software propietario que toma como entrada el contorno de la cuenca de interés y genera como salida un archivo de texto con sufijo. AyF (recordando “áreas y fracciones”) que para el caso de la cuenca de Coyuca se ve como:

9, Coyuca

-100.2,17,101.53339,7.85E-02

-100,17,152.30008,0.11771738

-99.8,17,1.1806208,9.13E-04

-100.4,17.2,29.483841,2.28E-02

-100.2,17.2,393.90412,0.30446052

-100,17.2,373.85511,0.28896403

-99.8,17.2,14.152244,1.09E-02

-100.2,17.4,143.7248,0.11108929

-100,17.4,83.643121,6.47E-02

Cuenca total,1293.7773,1

La primera línea es un encabezado que contiene simplemente el número de nodos (y celdas) pertinentes y el identificador de la cuenca. La última línea es un resumen de la cuenca total que contiene su cálculo de área total (en el caso de Coyuca 1293.7773 km^2) y la verificación de que los pesos relativos suman exactamente 1. Las líneas intermedias, una para cada nodo pertinente (nueve para el caso de Coyuca) contienen cuatro columnas separadas por comas con: la longitud del nodo (en grados), la latitud del nodo (en grados), el área de la cuenca dentro de la celda correspondiente a dicho nodo (en km^2), la fracción del área de la cuenca total que se encuentra dentro de la celda (adimensional).

Finalmente, con software propietario, aunque se puede fácilmente hacer también en una hoja de cálculo de Excel, se calcula la serie de tiempo de láminas diarias promedio sobre la cuenca de Coyuca como el promedio pesado ya mencionado, cuyas partes inicial y final se ven como:

Para cada una de las 25 cuencas: del contorno de la cuenca (sufijo. bln), de las series de tiempo nodales pertinentes, del correspondiente archivo. AyF ya descrito y de la serie de lámina de precipitación promedia calculada.

Ésta última nos proporciona una historia de 18,250 días consecutivos (excepto por los ausentes 29´s de febrero de los años bisiestos) de la lámina promedio diaria en cada una de las 25 cuencas, mismas que sirven de base para obtener las muestras de máximos anuales en la próxima sección. Pero es importante recalcar que no solamente se tiene el valor promedio, sino que los datos entregados incluyen la distribución espacial de la lluvia en cualquiera de esas 18,250 fechas.

Muestra de máximos anuales de precipitación diaria en cada cuenca

Una vez que se tienen las series de tiempo de lámina de precipitación diaria para los 50 años para cada una de las 25 cuencas, se puede proceder a extraer de las mismas las muestras de sus máximos anuales, para eventualmente obtener valores característicos para diversos periodos de retorno (ver sección 5.4.1.6). Esta tarea se facilita si la serie de tiempo se expresa en forma matricial con los valores de cada año en columnas y los valores para cada fecha diaria del año en renglones. Esta recolocación se realizó con software propietario, quedando las matrices como se ilustra en la figura 5.3, nuevamente para el caso de la cuenca Coyuca como ejemplo.

Identificación de valores para diversos periodos de retorno.

Los T. de R.´s establecen que el peligro (como parte del riesgo) debe establecerse a través de valores característicos para diversos periodos de retorno, inclusive sugiriendo la herramienta AX para ajustar la *distribución de probabilidad de valores extremos* más adecuada y con ella extrapolar hasta alcanzar periodos de retorno de hasta 1000 años. Pero en este análisis inicial no se alcanza a calcular ni los caudales ni las extensiones de inundación. Es por ello que en este análisis inicial no se aplica ajuste alguno de distribuciones de probabilidad de valores extremos, sino que

solamente se puntualizan aquellos valores de lámina diaria promedio sobre cada cuenca obtenidos empíricamente de la muestra (usando la definición primitiva de periodo de retorno), limitado por el tamaño de la muestra misma a 2, 5, 10, 25 y 50 años.

Atoyac	Tr = 2 años	59.19 mm
	Tr = 5 años	90.48 mm
	Tr = 10 años	116.74 mm
	Tr = 25 años	133.41 mm
	Tr = 50 años	181.45 mm

5.3 Análisis hidrológico

Métodos y datos requeridos

La forma más directa para realizar el análisis de frecuencia es a través de una evaluación de registros históricos de los caudales observados. Para este análisis de los caudales, se prepara una serie de observaciones de gastos hidrométricos diarios. En cada año de la serie, se selecciona el valor máximo para luego extraer una sub-serie de valores extremos anuales. Esta sub-serie de valores extremos se analiza para establecer los parámetros de una distribución de frecuencia de valor extremo a partir de la cual se pueden estimar los flujos máximos correspondientes a varias frecuencias.

Aunque se prefiere utilizar un período mayor, se consideran comúnmente diez años de datos observados, como el mínimo para estimar los flujos máximos para los períodos de retorno hasta 100 años. Con solo diez años de registro, resulta una incertidumbre considerable para estimar los flujos máximos hasta 1000 años, así como se solicita para este estudio.

En este caso se consideró un mínimo de aproximadamente 25 años de datos disponibles para realizar un análisis de frecuencia de los gastos medidos en una estación. También, se consideró una superposición adecuada con el registro de precipitación disponible para asegurar que los eventos más importantes se representan en el registro de gastos hidrométricos.

En los casos en que no existían datos suficientes para realizar un análisis de frecuencia, se implementa un método alternativo a través de una simulación hidrológica. El método consiste en configurar un modelo hidrológico que simula caudales en función de los datos de precipitación disponibles, calibrados a los datos hidrométricos disponibles para una cuenca adyacente y los parámetros de ese modelo se aplica a un modelo de la cuenca en cuestión para generar un registro de flujo sintético de duración suficiente para realizar un análisis de frecuencia. Este método de transferencia de parámetros se demostró para preparar el análisis en la cuenca de Atoyac.

Selección de sitios vulnerables

El criterio principal para selección de los sitios de análisis y evaluación de inundación fue donde se encuentra un área poblada con un río que atraviesa o bordea la misma. Estos sitios se correlacionan con lugares donde CONAGUA ha operado estaciones hidrométricas en el pasado, proporcionando la oportunidad para un análisis de frecuencia de los datos observados.

En base a estos criterios, identificamos diez ríos clave para análisis. Estos se enumeran a continuación en la tabla siguiente, junto con la estación hidrométrica asociada y el período de registro.

Los criterios principales para seleccionar ubicaciones para la evaluación de inundaciones fueron las áreas pobladas con un río que pasa por o cerca de él. Estas ubicaciones también se correlacionan con ubicaciones donde CONAGUA ha operado medidores de caudal en el pasado, lo que brinda la oportunidad de un análisis de frecuencia de los datos observados.

Cuenca	**Registro**	**Caudal maximo registrado (cms)**	**Fecha de escurrimiento superficial máximo**
La Unión	54 años (1961 – 2015)	1400	15 Sep 1984
Petatlán	53 años (1953 – 2006)	1200	26 Sep 1967
Coyuquilla	53 años (1961 – 2014)	3.3	28 Nov 1978
San Luis	40 años (1953 - 1993)	1500	26 Sept1967
Tecpán	55 años (1953 – 2008)	7500	4 Nov 2002
Atoyac	4 años (1954 – 1958)	330	18 Sep 1957
Coyuca de Benitez	60 años (1953 – 2013)	9200	14 Sep 1984
Sabana	62 años (1953 – 2015)	7900	15 Sep 2013
Papagayo	9 años (1955 – 1964)	1450	25 Sep 1963
Marquelia	34 años (1962 – 1996)	2300	17 Jun 1974

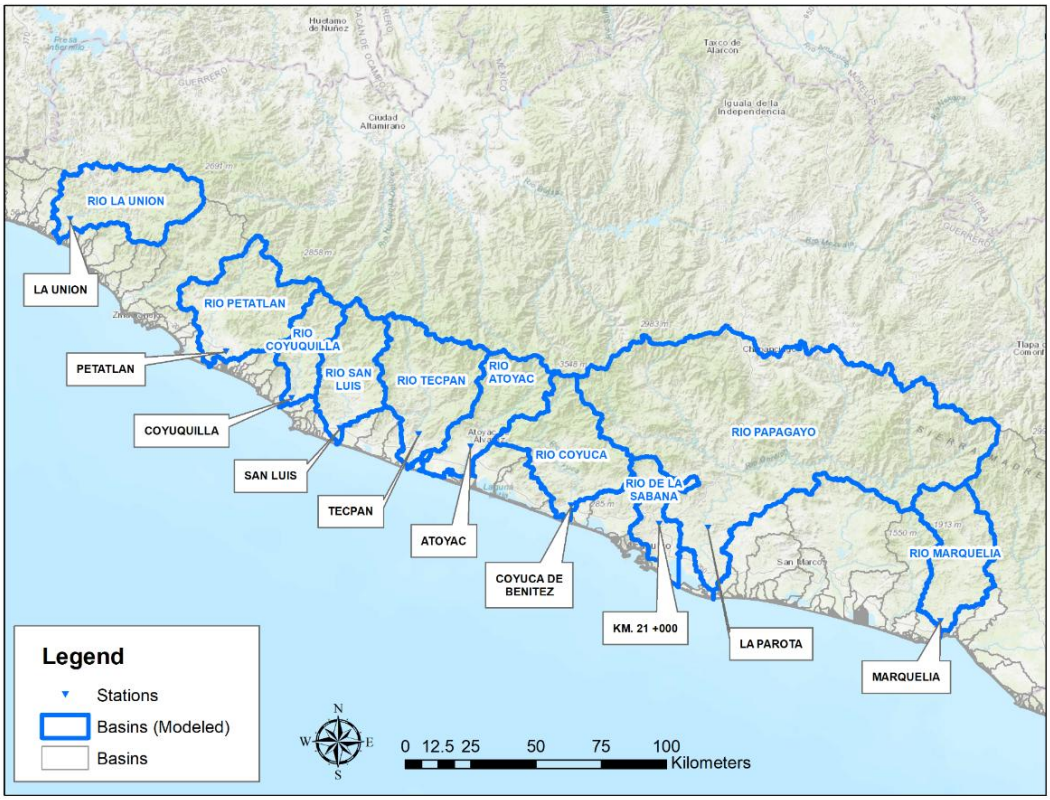


Figura 38. Gráfico con distribución de estaciones, ríos y cuencas.

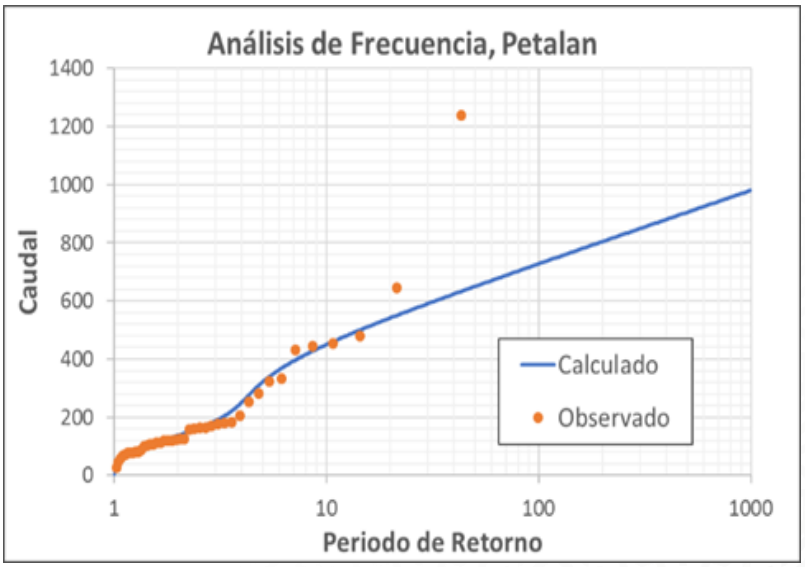
Análisis y control de calidad de datos

Para preparar un análisis de frecuencia, el gasto máximo observado de cada año se selecciona del registro histórico que se obtiene en BANDAS. En base a la serie de gastos máximos, se pueden establecer una parametrización estadística y se puede estimar la distribución de frecuencias de caudal. Para realizar eficazmente este análisis estadístico, es necesario tener un registro de alta calidad y completo lo más posible de gastos observados. Por tanto, para comprobar la calidad de los datos de gasto, se utilizaron datos de precipitación como fuente de comparación, dado que estos se disponen como series de tiempo completo de promedios diarios tras un tiempo de cincuenta años (1961 - 2010) en las cuencas de interés.

La primera prueba de calidad ejecutada es de comparar gráficamente los registros de precipitación y de gasto en cada cuenca para verificar que los eventos meteorológicos más significativos se representaban en la medición de gasto. En los años donde no se reporta medición de gasto para el evento de máximo precipitación del año, el máximo anual de ese año no se considera en el análisis de frecuencia.

Resultados

Se prepararon series de tiempo de valor extremo anual para cada ubicación según el período de registro disponible, y se realizaron análisis de frecuencia para cada una. En todos los casos, la distribución de frecuencia de Double Gumbel fue identificada como la mejor opción. La costa de Guerrero experimenta eventos convectivos locales, tormentas sinópticas y ciclones tropicales, cada uno de los cuales está gobernado por diferentes distribuciones de frecuencia subyacentes. La distribución de Double Gumbel proporciona un buen ajuste en tales circunstancias.



Periodo de Retorno	Gasto (m3/s)
2	138
5	321
10	450
25	569
50	650
100	728
500	905
1000	980

5.2.1 Modelación hidráulica.

Objetivos

El propósito del análisis hidráulico es determinar los niveles de inundación, las profundidades y las velocidades de los flujos máximos en los períodos de retorno clave para cada río seleccionado del análisis.

Métodos y datos

En su nivel más básico, un modelo hidráulico calcula matemáticamente una elevación de la superficie del agua basada en un conjunto de datos, incluida el gasto de entrada al río y las características físicas del cauce y planicie. Estas características están representadas por parámetros como la rugosidad del canal, la forma y la pendiente, que influyen en el nivel del agua que se produce cuando un flujo dado pasa a través del sistema.

Modelo Hidráulico

El software de modelado hidráulico utilizado para este análisis es el Sistema de Análisis de Hidrología del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-RAS) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. (Brunner y CEIWR-HEC 2010). HEC-RAS es un software de modelación hidráulico gratuito y de acceso público y es el modelo estándar en los E.E.U.U. para la preparación de mapas de inundación y para análisis de riesgos y que se ha comprobado como eficaz para estos fines en proyectos en todo el mundo. HEC-RAS puede emplearse en modo de simulación unidimensional (1-D) o bidimensional (2-D). En el modo 1-D, el momentum se calcula como un promedio transversal en cada una de las secciones definidos en la longitud del rio de tal modo que sólo pueden representarse las variaciones de nivel del agua longitudinales y no transversales.

En cada sección transversal, el nivel del agua calculada representa la elevación promedio entre los bancos para ese punto en la simulación.

Dado que las secciones transversales comprenden la base computacional de un modelo 1-D, es sumamente importante definirlas con cautela. Por ejemplo, hay una pérdida importante de energía que resulta de la interacción de las velocidades diferenciales entre el flujo corriente por el cauce principal y los flujos complejos en las áreas de inundación adyacentes. Para representar esta interacción con la aproximación unidimensional, requiere del ingeniero que use su experiencia para definir ambos la elevación en la que las áreas bajas adyacentes al cauce contribuyen al área de flujo activo en cada sección transversal tanto como un coeficiente de fricción mayor para estas áreas. Cuando el nivel del agua supera los umbrales definidos, la profundidad adicional permite una conexión entre las dos áreas y al calcular el flujo por las áreas adyacentes, el modelo representa en forma aproximada el flujo total.

Al contraste, en el modo 2-D, HEC-RAS simula directamente situaciones de flujo complejas. La representación directa de los controles de flujo en el modo 2-D de HEC-RAS permite que un modelo se desarrolla a base de la representación del terreno en el DEM sin tener que definir secciones transversales ni los parámetros de ellas. Por ejemplo, con la definición del cauce en la misma malla computacional, los flujos laterales se representan explícitamente. Situaciones tales como la expansión repentina en la llanura de un río cuando emerge de un cañón u otra restricción lateral, o la desviación de flujo a un cauce secundaria con niveles elevadas se calculan sin que intervenga el ingeniero en forma particular.

Es importante notar que el mayor peso computacional de los modelos bidimensionales los hace más adecuados para la simulación de eventos de duración relativamente corta y de alcance geográfica reducida. La simulación de flujos tras un período de varios meses o años requiere tiempos de ejecución significativos. Por razón de que este proyecto requiere simulación de flujos complejos y no hay opción para verificación in situ de una parametrización de cortes transversales, empleamos HEC-RAS en un modo de simulación bidimensional (2-D).

Para este estudio, los datos de entrada críticos para el análisis hidráulico en cada cuenca hidrográfica incluyen:

a) La representación topográfica del río y la llanura de inundación en forma de un modelo de elevación digital (DEM).

b) Los flujos para periodos de retorno clave identificados en el análisis hidrológico.

El análisis hidráulico emplea un modelo hidráulico bidimensional que dirige el flujo máximo especificado a través del cauce del río, simulando la trayectoria del flujo, la velocidad, la resistencia al flujo y la profundidad en todas las ubicaciones a las que llega el agua. Los resultados del modelo incluyen representaciones espaciales de la extensión, profundidad y velocidad de inundación que se pueden integrar con otras capas del mapa para visualizar los peligros de inundación.

Hidrograma de entrada

La formulación del modelo bidimensional en HEC-RAS utiliza una serie de tiempo de flujo como entrada para una simulación de flujo dinámica (variable en el tiempo). Las entradas proporcionadas por el análisis hidrológico para este estudio, sin embargo, son valores picos

correspondientes a los periodos de retorno. Para cumplir con los requisitos de entrada del modelo y desarrollar una simulación que nos permita verificar el comportamiento correcto del mismo, preparamos hidrogramas de entrada triangulares simples para cada cuenca, utilizando el flujo pico especificado correspondientes a cada período de retorno de interés

Cada hidrograma tenía las siguientes características:

- Flujo base como 10% del flujo pico
- Una base de 72 horas (3 días) por la parte que representa la avenida (el mínimo para asegurar la inundación máxima resultado del gasto pico.
- La parte ascendiente con 1/3 parte de la base
- La parte descendiente con 2/3 parte de la base
- Un periodo de 24 horas antes de la avenida para establecer el flujo inicial
- El gasto pico del análisis hidrológica

Malla computacional

Una parte importante del proceso de modelación hidráulica en dos dimensiones es la creación de la malla computacional en base a los datos de terreno en el DEM. La malla computacional se prepara con una cuadrícula de tamaño mayor de la del DEM, con cada elemento de computación representando el volumen total y las características de las celdas subyacentes correspondientes del DEM. El definir la malla así aumenta la eficacia computacional y resiliencia contra inestabilidad numérica. El definir el tamaño y la resolución de la malla se realizó iterativamente hasta que se presentaban resultados los más realistas posibles. En algunos casos, ampliamos la malla computacional para

acomodar una completa representación del extenso del espejo de agua en la inundación.

Condición de Frontera o de límite

El modelo también requiere la definición del nivel de agua al término del modelo, que se llama la condición de límite. Cada rio analizado termina en el mar, y hubiera sido preferible utilizar nivel de mar como condición de limite, pero dos aspectos del DEM impidieron esta selección.

1. En algunos casos, el terreno del DEM en la costa quedo hasta 7 metros por debajo del nivel del mar, por lo que el uso del nivel del mar (es decir, 0 metros) como condición de límite habría provocado una inundación excesiva en la costa.
2. El DEM no incluyó ningún dato batimétrico, lo cual es especialmente importante en la costa, dado que se espera que en la desembocadura de cada río la elevación del cauce caiga por debajo del nivel del mar, mientras que el DEM sin batimetría, no representa ningún cauce (y ninguna capacidad de conducir flujo) bajo el nivel del terreno de la costa. Esto no permite el uso de nivel de mar utilizando el DEM disponible.

Por eso, Utilizamos la condición hidráulica que se llama profundidad normal como la condición del límite, y definimos el pendiente de fricción de 0.001 en cada caso. El uso de la profundidad normal, junto con la falta de un componente batimétrico para el DEM en la costa, da como resultado una poca sobrestimación de la inundación en las áreas costeras (siendo la sobreestimación máxima la profundidad del flujo al término del modelo).

Representación del Terreno

Una de las entradas críticas identificadas para el modelo hidráulico son los datos del terreno. Las características clave del juego de datos de elevación del terreno son la resolución horizontal de los datos y su precisión vertical. La precisión vertical

es especialmente crítica para la simulación hidráulica y el mapeo de inundaciones debido a su influencia en el flujo. Aunque la resolución del DEM puede aumentarse mediante un proceso de interpolación a una malla más fina, esto no aumenta fundamentalmente el verdadero detalle o la precisión del DEM.

Los datos de DEM para este estudio provienen de dos fuentes principales. Un conjunto de datos disponible de INEGI proporciona una resolución horizontal de 15 metros y una resolución vertical de 1 metro. Una resolución vertical de 1 metro es relativamente cruda, especialmente para el mapeo de inundaciones en una planicie aluvial. Esto resulta con patrones raras en terreno plano donde el cambio de un metro es grande y genera un efecto de terrazas en el DEM como se muestra en la topografía de INEGI, y no representa la forma actual del terreno ni la ubicación actual del río así como en el mapeo de inundación. Otro problema más limitante asociado con este conjunto de datos es que su fuente original es una serie de mapas de curvas de nivel que en muchos casos no logran resolver las rutas del flujo del río. Y por fin, parece que en algunos casos el Rio ha cambiado su curso.

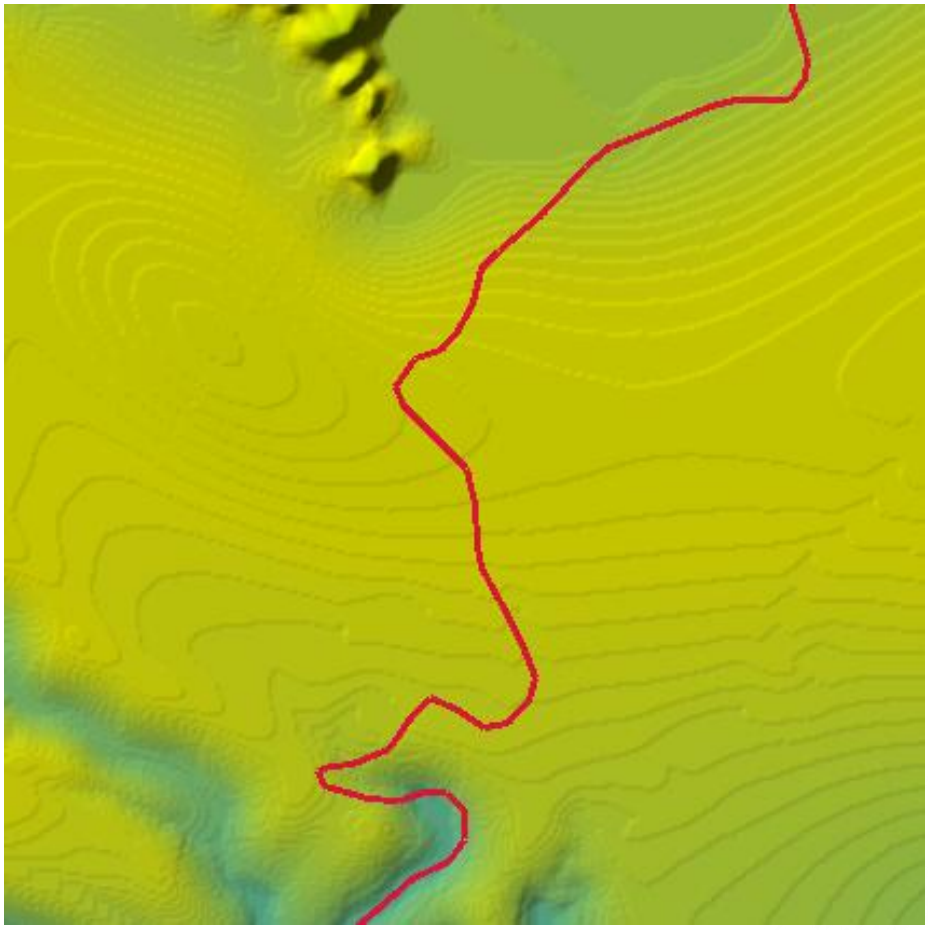


Figura 39. Efecto de terrazas debido a la resolución de 1 metro del DEM de INEGI.

Para un pequeño número de áreas pobladas, los datos LiDAR de alta resolución estaban disponibles con una resolución horizontal de 5 metros y una resolución vertical de 0.01 metros. Estos son Marquelia (completo), Papagayo (la parte baja), y Coyuca (la mayoría). Donde existen estos datos, se fusionaron con el INEGI DEM de 15 metros para obtener un DEM híbrido que aprovecha los datos de mayor resolución cuando están disponibles.

Mapas del Peligro

La plataforma de modelación HEC-RAS permite la preparación de mapas de peligro de inundación. El utilizar esta capacidad requiere atención específica para asegurar que los mapas corresponden a los supuestos de modelación. La herramienta para preparar los mapas se llama "RAS-Mapper" y en su función normal, emite ambos los mapas gráficos tanto como los shapefiles de los límites de inundación junto con los archivos raster de profundidad y velocidad. Proporcionamos estos archivos como parte del producto final. Para fines de visualización, también hemos preparado mapas que muestran estas capas superpuestas en mapas base de imágenes satelitales. Para preparar estos mapas, hemos utilizado las imágenes satelitales DigitalGlobe™ de ESRI en ArcGIS y hemos generado los mapas incluidos en este informe.

Nos da cuenta de que la apreciación del riesgo de inundación se puede mejorar a través de una visualización más accesible del fenómeno de la inundación, la profundidad y la velocidad en contextos que son más familiares para las partes interesadas. Por eso, preparamos las capas de inundación, profundidad y velocidad para los períodos de retorno clave en el formato KMZ de Google Earth que pueden compartir y utilizar cualquier persona que haya instalado la aplicación de Google Earth, lo que es disponible gratuitamente. Esto permite visualizar el impacto de la inundación como una superposición en imágenes satelitales, incluida la capacidad de mostrar vistas en perspectiva en tres dimensiones, como se muestra en la Figura 40.



Figura 40. Representación de un campo de profundidad y extensión de inundación 2D en la salida del océano de Rio La Unión en Google Earth ™

Este tipo de presentación y difusión de resultados puede ayudar a comunicar la importancia del manejo del riesgo de inundación, incluidas las políticas para restringir el desarrollo en áreas propensas a inundaciones, para el manejo adecuado de desarrollo en las cuencas hidrográficas, o para resaltar la necesidad de otras actividades e inversiones para mitigación de inundaciones.

Resultados

A continuación, se presentan resultados por cada cuenca analizada. En cada caso se presentan cuatro figuras para cada cuenca.

La primera figura muestra la malla computacional del modelo hidráulico. La segunda figura presenta el área de inundación por un periodo de retorno de 100 años por toda la longitud del modelo hidráulico. Dentro de esta misma figura se muestra la zona de inundación en el área del modelo hidráulico donde se encuentra la población, para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años.

La tercera figura principal de cada caso muestra la profundidad de inundación por un periodo de retorno de 100 años por toda la longitud del modelo hidráulico. Dentro de esta misma figura se muestra la profundidad en el área del modelo hidráulico donde se encuentra la población.

La cuarta figura muestra la velocidad del caudal por un periodo de retorno de 100 años por toda la longitud del modelo hidráulico. Dentro de esta misma figura se muestra la velocidad del caudal en el área del modelo hidráulico donde se encuentra la población.

Rio Atoyac

El modelo hidráulico del Rio Atoyac incluye 21 Km a lo largo del rio y se compone de una malla computacional de 186,000 celdas de tamaño 30 por 30 metros. El río pasa por el pueblo de Atoyac de Álvarez dentro del municipio de Atoyac donde se ubica la estación hidrométrica Atoyac. Aguas abajo del pueblo, hay un problema fundamental con el DEM que no resuelva el cauce del río principal al mismo que la llanura se extiende.

Resulta que el modelo hidráulico no encuentra la salida al mar y el área aguas arriba de la constricción se llena como un lago hasta encontrar otra salida (u otro punto de drenaje) al oeste. Esto no es realista y por esto los resultados no son confiables, por lo menos aguas abajo del pueblo Atoyac.

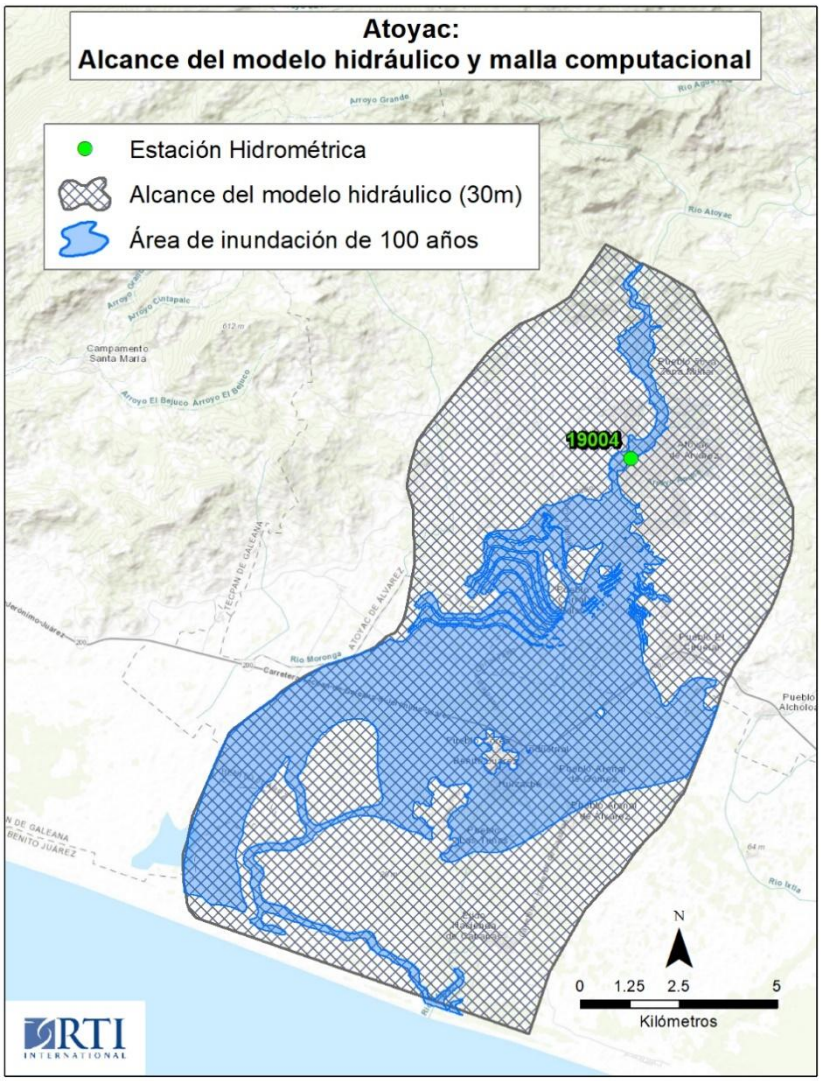


Figura 41. Malla hidráulica del Río Atoyac.

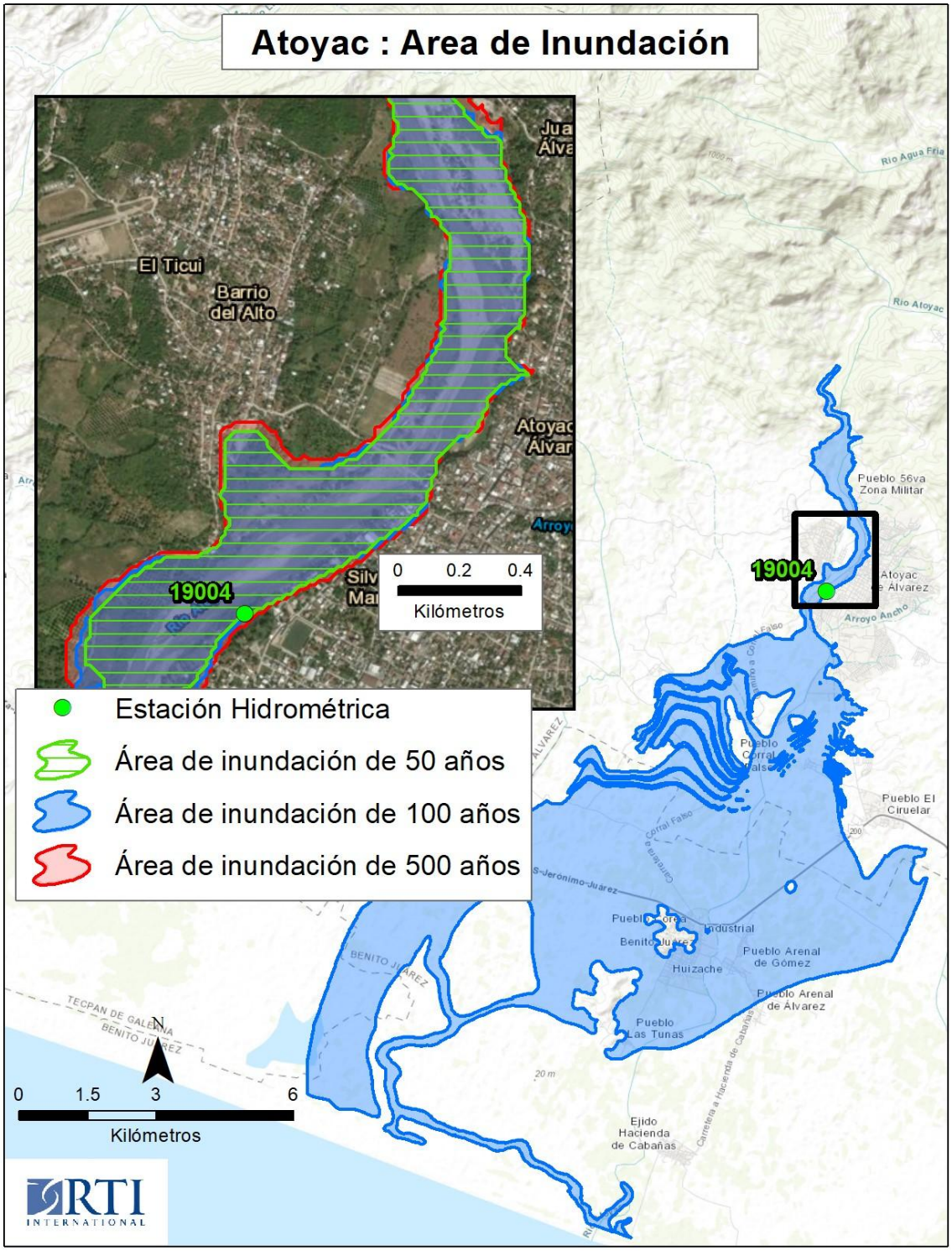


Figura 42. Área de inundación del Río Atoyac.

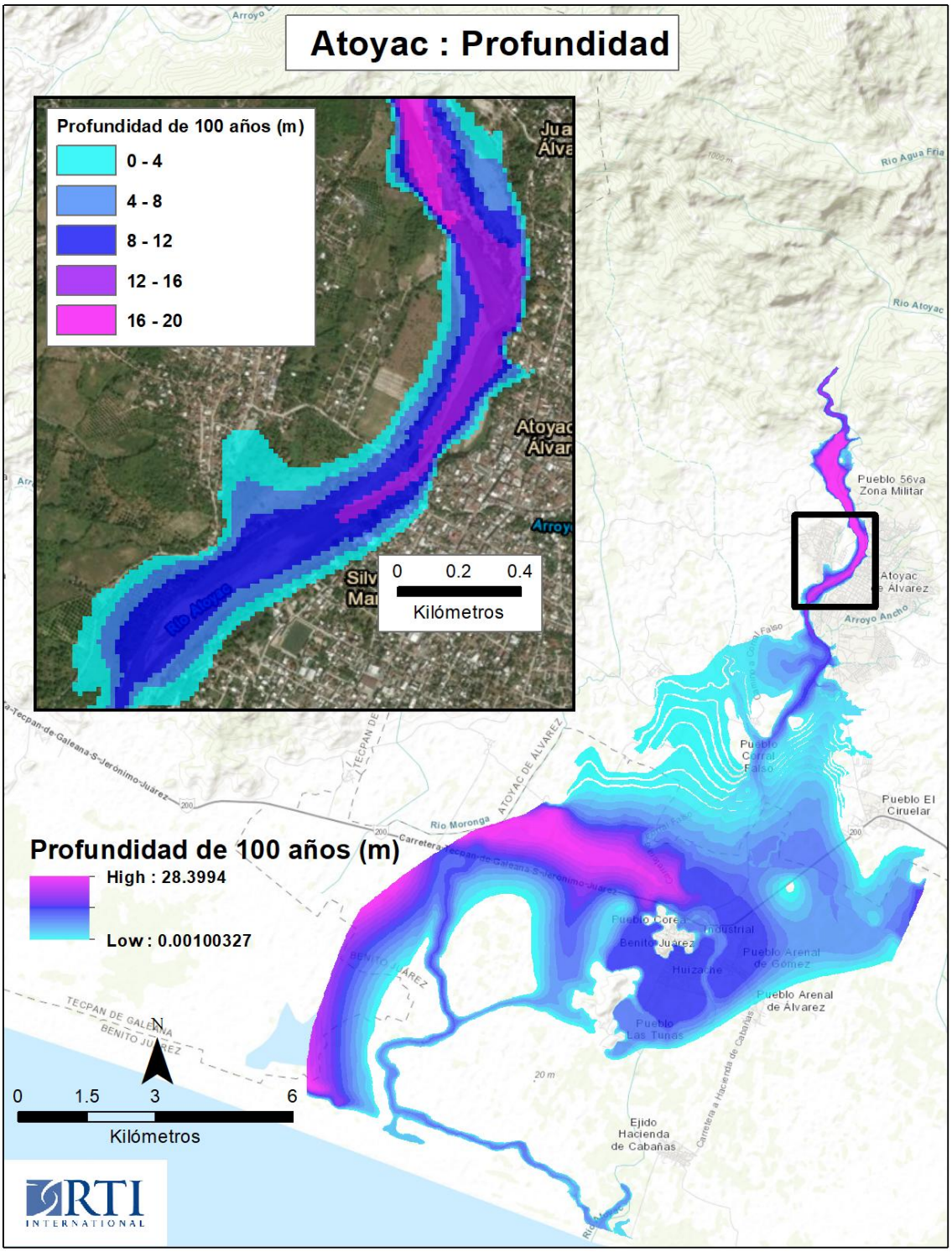


Figura 43. Profundidad de inundación del Río Atoyac.

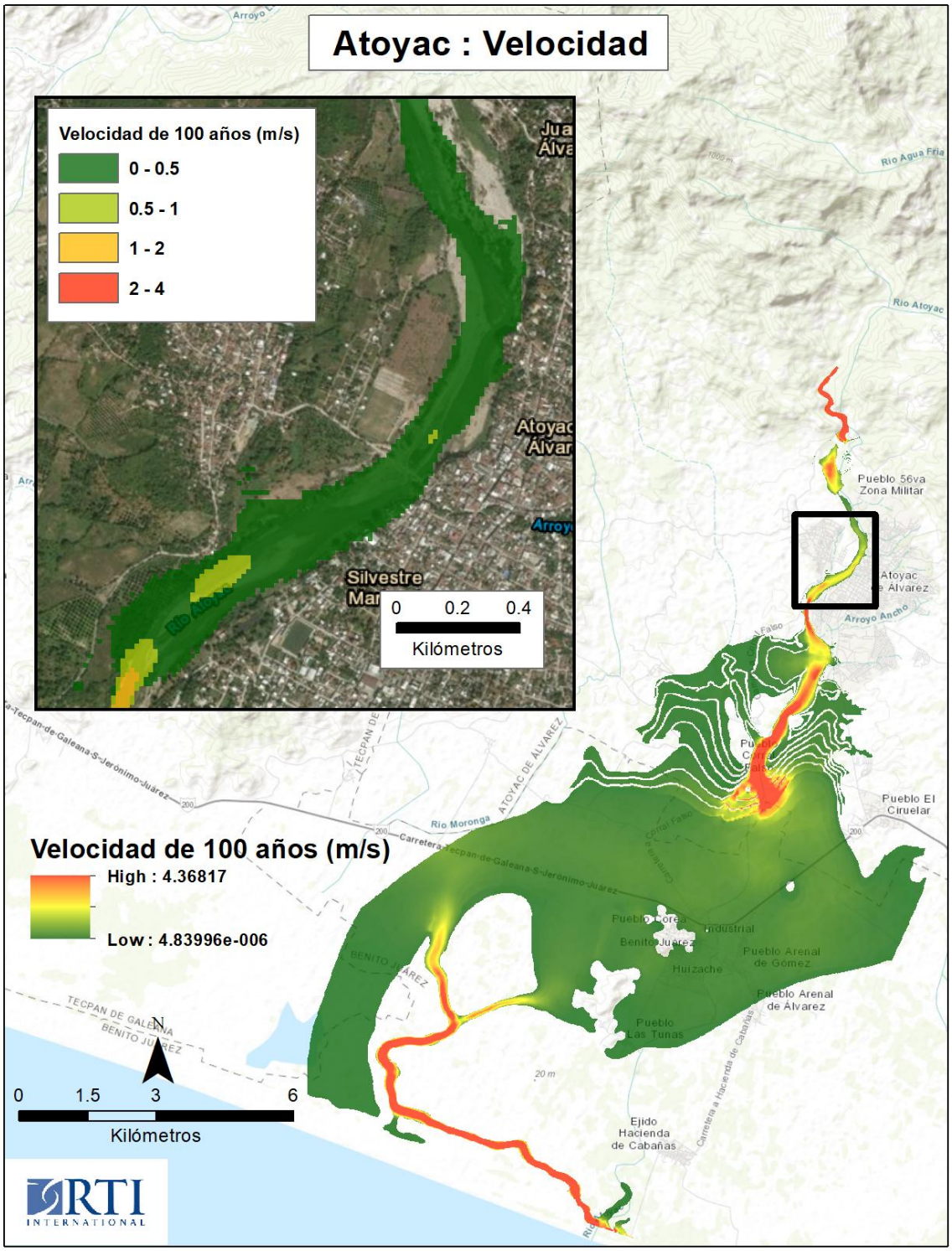


Figura 44. Velocidad de Caudal del Río Atoyac.

6. **Recomendaciones** sobre la red de monitoreo, la necesidad de topografía de alta resolución (LIDAR) y la recopilación de datos de vulnerabilidad (siguiendo lineamientos del CENAPRED).

5.3.1 Sistema de Alerta Temprana Guerrero por inundaciones (SIATGro).

Sistema de Alerta Temprana: El conjunto de elementos para la provisión de información oportuna y eficaz, que permiten a individuos expuestos a una amenaza tomar acciones para evitar o reducir su riesgo, así como prepararse para una respuesta efectiva. Los Sistemas de Alerta Temprana incluyen conocimiento y mapeo de amenazas; monitoreo y pronóstico de eventos inminentes; proceso y difusión de Alertas comprensibles a las autoridades y población; así como adopción de medidas apropiadas y oportunas en respuesta a tales Alertas. (Reglamento de la Ley General de Protección Civil, 2014).

Debido a los antecedentes que se han tenido en el estado de Guerrero por las inundaciones ocasionados por ciclones tropicales y por lluvias intensas locales donde no se contaba con estaciones climatológicas para un monitoreo vía sensores remotos de la precipitación pluvial, en zonas de la montaña, norte, tierra caliente y sierra, aunado a las que fueron destruidas por el Huracán Otis en el 2023.

Por tal motivo era de suma importancia en el corto plazo reducir la vulnerabilidad de los sistemas afectables y mitigar los efectos del sistema perturbador, mediante la formulación de mecanismos coordinados de acción social e interinstitucional que nos permitan

actuar sistematizadamente antes, durante y después de la presencia de una amenaza de esta naturaleza.

El objetivo del SIATGro es ser un mecanismo de alertamiento y coordinación que de manera consensuada genere una respuesta organizada del Sistema Nacional de Protección Civil a la amenaza que constituye un ciclón tropical, mitigando los efectos de este agente perturbador.

Se han instalado 15 estaciones meteorológicas inalámbricas al largo de las costas y en las demás regiones.

Región	Municipio	No. estaciones
Costa Chica	Ometepec	1
	Marquelia	1
Acapulco	Acapulco	2
Costa Grande	Atoyac	1
	Técpan	1
	Zihuatanejo	3
Centro	Chilpancingo	2
	Tixtla	1
Montaña	Tlapa	1
Norte	Taxco	1
Tierra Caliente	Coyuca de Catalán	1

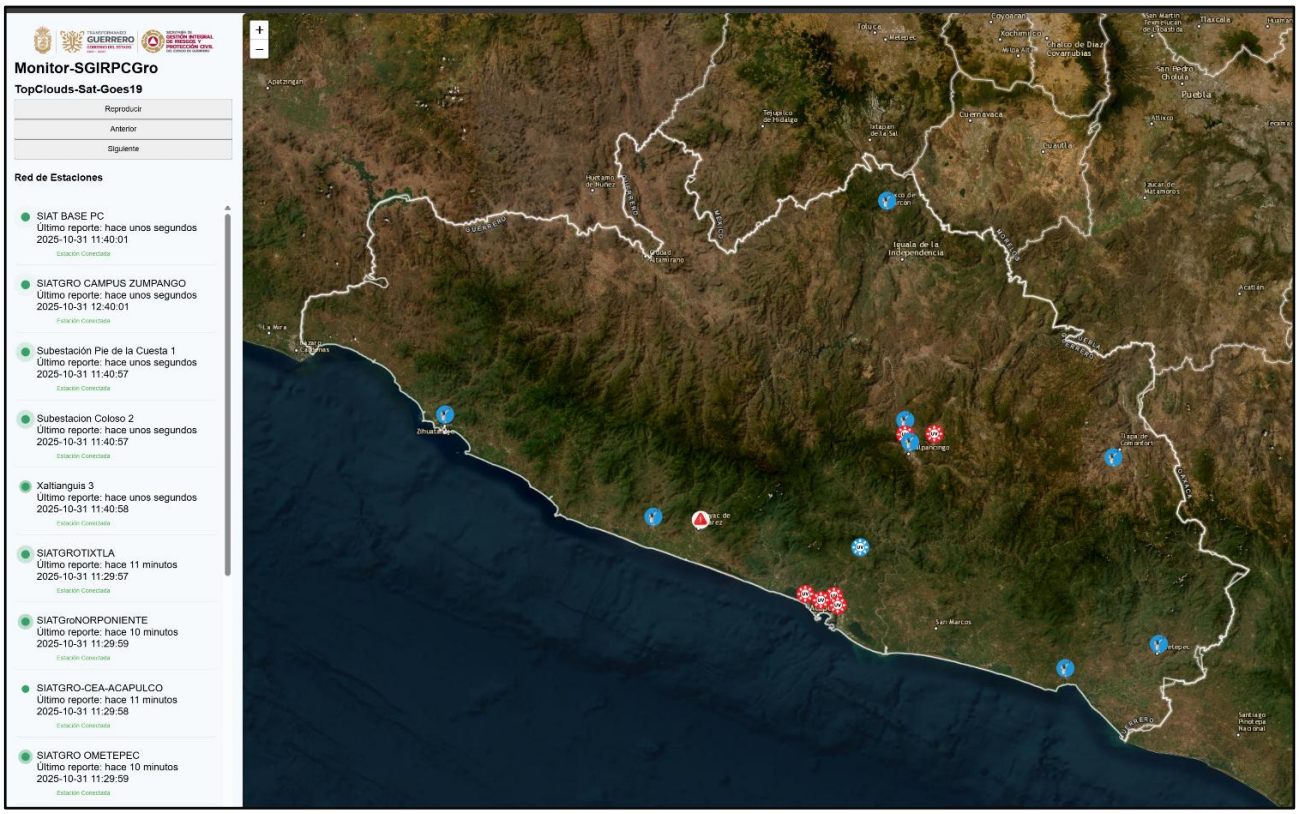


Figura 45. Ubicación de estaciones meteorológicas.

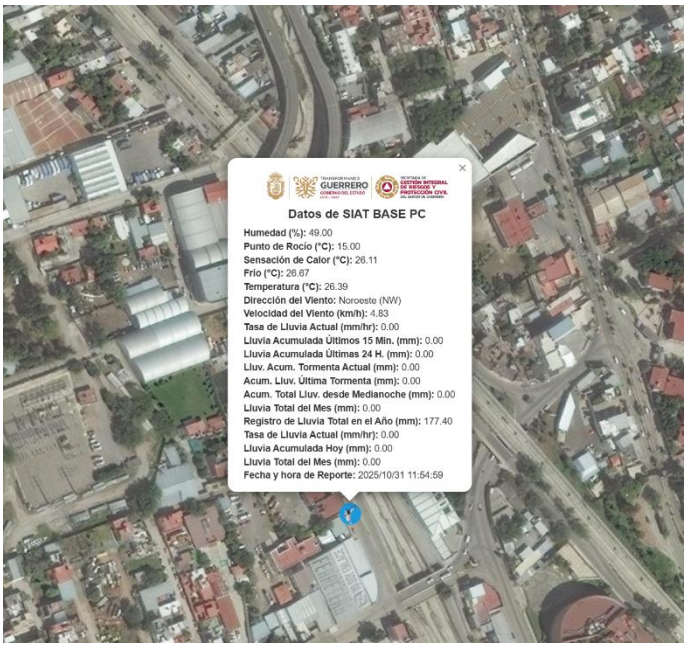


Figura 46. Datos meteorológicos de la estación Base-PC, Chilpancingo.

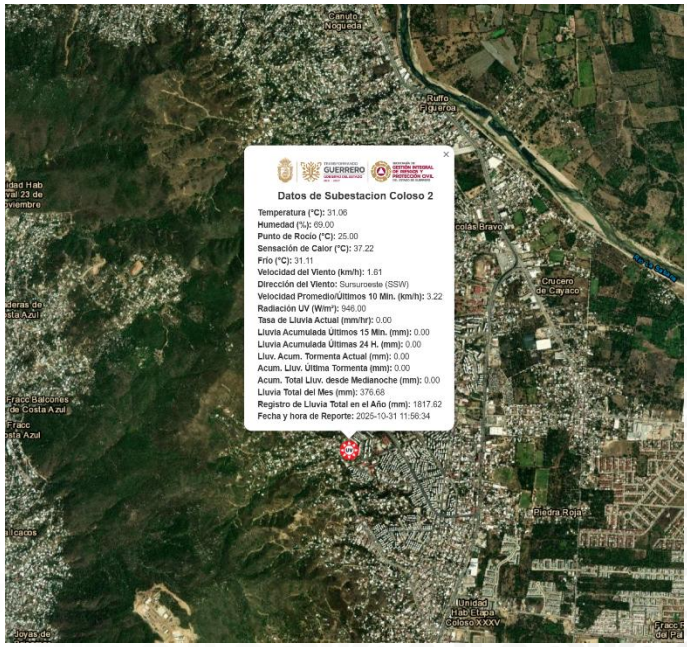


Figura 47. Datos de la Estación Coloso, Acapulco.

La importancia de contar con un monitoreo amplio en el Estado de Guerrero, de la precipitación asociada a eventos meteorológicos severos, y dar seguimiento de su impacto sobre las poblaciones más afectables.

Considerando la implementación de más estaciones meteorológicas en un corto y mediano plazo, se podrá mejorar el sistema de alerta temprana, el cual estará monitoreado 24x7, con personal capacitado que trabajará en coordinación con las autoridades Municipales para el seguimiento de eventos.

Se podrá monitorear lluvias con base en sensores satelitales,radares meteorológicos disponibles e inclusive interpretar los pronósticos de lluvias de diversos modelos numéricos de predicción del tiempo, tanto globales como locales.

6. Fenómenos Químico-Tecnológicos

6.1 Sustancias químicas peligrosas

Una emergencia química es considerada una situación, no planeada e inesperada, que resulta de la liberación, al ambiente, de una o más sustancias químicas las cuales afectan a la población, al ambiente y/o sus bienes.

El 07 de junio del año 2025 la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil, en coordinación con autoridades Municipales, intensificaron acciones preventivas en las inmediaciones de la calle Plácido García Reynoso, en el barrio del Santuario de la ciudad de Tixtla de Guerrero, donde fue localizado un establecimiento comercial con existencia de amoniaco en su interior.

Se realizó el reconocimiento del lugar en coordinación con personal de la minera media luna, utilizando el detector de gas para amoniaco (NH3) en el exterior del inmueble dando resultados de 8 a 25 y 50 partes por millón, de acuerdo a la hoja de seguridad del amoniaco de materiales peligrosos genera los siguientes síntomas:

Las concentraciones umbral de percepción del olor están entre 5 y 25ppm. Concentraciones de amoníaco en el rango de 50 a 100ppm pueden causar irritación leve luego de una exposición prolongada. La irritación inmediata de ojos, nariz y garganta puede ocurrir con niveles de amoníaco.

Se realizó el reconocimiento y medición del material peligroso en el interior de un pozo artesano con resultados negativos posteriormente se ingresó al inmueble por personal de Media Luna con equipo de respiración de aire autónomo (ERA) y trajes encapsulados nivel A de materiales peligrosos y detector de gas para amoniaco; Informando que se encontró tuberías y una pileta de 3x4 metros aproximadamente con una medida de 120 metros aproximadamente, realizando una estimación que en el interior de la pileta se encuentran aproximadamente 10,000 litros de residuos peligrosos, la concentración entre agua y amoniaco se desconoce, el medidor de gas de amoniaco (NH3) marco arriba de 200 partes por millón(PPM) ya que el detector la medición máxima es de 200 partes por millón, también se encuentran gran cantidad dentro de la pileta moldes para barras de hielo contaminados con amoniaco.

Derivado de la inspección técnica realizada para materiales peligrosos se determinaron las siguientes recomendaciones de manera URGENTE:

A) Evacuación de la población a 100 metros a la redonda y cerrar la circulación de vehículos y peatones, dicha acción fue realizada por personal de protección civil Municipal de Tixtla un día antes.





Foto 57 y 58. Muestran el equipo técnico reconocimiento





Foto 59 y 60. Inspección técnico por concentración de amoniaco

7. Fenómenos Sanitario Ecológico

El estado de Guerrero enfrenta diversos fenómenos antrópicos que impactan de manera significativa en su entorno ambiental y social. Estos fenómenos son consecuencia de las acciones humanas, ya sea de forma intencional o derivadas de procesos productivos y de desarrollo urbano, y se clasifican según su origen en tres grandes categorías: sanitario-ecológico, químico-tecnológico y socio-organizativo. Entre ellos, los riesgos sanitario-ecológicos son particularmente relevantes, ya que la concentración urbana y el crecimiento poblacional generan una mayor demanda de servicios básicos, así como un incremento en la producción de residuos sólidos. La adecuada gestión de estos residuos es esencial, pues su acumulación y manejo inadecuado pueden dar lugar a problemas de contaminación, afectando la salud de la población y la integridad de los ecosistemas.

Por otra parte, las actividades comerciales que implican el almacenamiento, transporte y manipulación de sustancias químicas representan un riesgo químico-tecnológico, ya que derrames, fugas o explosiones pueden tener consecuencias graves para las comunidades cercanas y su entorno natural. De manera complementaria, los riesgos socio-organizativos incluyen accidentes en distintos medios de transporte, así como situaciones derivadas de concentraciones masivas de personas, que requieren estrategias de prevención y control para minimizar daños.

7.1 Sitios de Disposición Final

Dentro de este panorama, uno de los desafíos más críticos en Guerrero es la gestión de los sitios de disposición final de residuos sólidos, los cuales constituyen un foco importante de contaminación. La ubicación, el diseño y el manejo de estos sitios influyen directamente en la calidad del suelo,

del agua y del aire, y su inadecuada operación puede generar riesgos sanitarios y ambientales de gran magnitud. Por ello, resulta fundamental abordar el tema de la contaminación derivada de estos espacios, analizando sus impactos y la necesidad de estrategias efectivas para su control y mitigación, en beneficio de la salud pública y la preservación del medio ambiente.

En el país existen diversas leyes, reglamentos y normatividades que regulan las acciones en materia ambiental, establecen los lineamientos para la operación de espacios destinados a la gestión de residuos y definen los criterios técnicos que deben observarse para garantizar un manejo adecuado. Estas disposiciones abarcan tanto el ámbito federal como estatal y se complementan con normas técnicas mexicanas que orientan la práctica operativa.

Ámbito Federal

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Establece el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, así como las bases generales de la política ambiental nacional.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Regula la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente en el territorio nacional.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Define los instrumentos para la prevención, valorización y gestión integral de los residuos, incluyendo responsabilidades compartidas entre los distintos niveles de gobierno.

- NOM-083-SEMARNAT-2003. Establece las especificaciones para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Ámbito Estatal (Guerrero)

- Ley Número 593 para el Aprovechamiento y Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Estado de Guerrero. Regula las acciones relacionadas con la reducción, reuso, reciclaje y disposición final de los residuos sólidos en el estado.
- Ley Número 878 del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Guerrero. Normatividad local que establece los principios y mecanismos de protección, conservación y restauración del ambiente y los recursos naturales en la entidad.

En conjunto, este marco jurídico y normativo constituye la base para la gestión integral de los residuos y la protección del ambiente, garantizando que las acciones emprendidas se realicen bajo parámetros técnicos, legales y administrativos que contribuyan a la sustentabilidad y a la protección de la salud pública.



Figura 48. SDF en la Plataforma del Atlas Estatal de Riesgos.



Figura 49. Levantamiento en campo de información en formato físico y digital (Forms) para evaluar el riesgo de los Sitios de Disposición Final (SDF)



Figura 50. Uso de sistemas de monitoreo aéreo para la identificación y evaluación de riesgos en los Sitios de Disposición Final.





Figura 51 y 52. Sitio de Disposición Final del estado de Guerrero.

No.	NOMBRE DEL SDF	Tipo de SDF	CATEGORÍA DEL SDF	Tonelaje recibido (Ton/dia)	MUNICIPIO	Fecha de visita	LATITUD	LONGITUD	AÑO DE INICIO DE OPERACIÓN	RIESGO EXTERNO
1	Relleno Sanitario de Paso Texca	Relleno Sanitario	A	800 A 850 ton/dia	Acapulco de Juárez	11//2024	16.976217	-99.832233	2000	Químico-tecnológico
2	Basurero del Cerro del Huiteco	Sitio No controlado	A	350A 400 ton/dia	Chilpancingo de los Bravo	23/09/2024	17° 35’44”	-99°29’07"	2019	S/N
3	Basurero Muncipal de Quechultenango	Sitio No controlado	D	6 A 7 ton/dia	Quechultenango	09/01/2025	17.39509727	-99.22804509	1995	Hidrologico Y Químico-tecnológico
4	Basurero Tecpan de Galeana	Sitio No controlado	C	33 ton/dia	Técpan de Galeana	21/01/2025	17.196877	10100.61941	2024	Hidrologico
5	Basurero Municipal Buenavista de Cuellar	Sitio No controlado	D	6 A 7 ton/dia	Buenavista de Cuéllar	27/01/2025	18.48755511	-99.42493105	2017	Geologico
6	Basurero de Mazatlan	Sitio No controlado	D	6 ton/dia	Chilpancingo de los Bravo	04-feb-25	17.448692	-99.8097	2004	Sanitario-ecológico
7	Basurero Municipal Ixcateopan de Cuauhtémoc	Sitio Controlado	C	25 a 30 ton/dia	Ixcateopan de Cuauhtémoc	17-feb-25	18.47237	-99.49875	1991	Sanitario-ecológico
8	basurero municipal de la lagunita	Sitio No controlado	C	10 ton/dia	Tecoanapa	30/05/2025	16°58'19"N	99°16'51"W	2002	Sanitario-ecológico
9	Basurero municipal de cocula	Sitio No controlado	C	15 A 16 ton/dia	Cocula	14/02/2022	18.173869	-99.711139	2015	Sanitario-ecológico
10	Basurero municipal de Huitzuco de los Figueroa	Sitio No controlado	C	30 a 35 ton/dia	Huitzuco de los Figueroa	18/02/2022	18.281697	-99.312247	2008	sanitario-ecológico
11	Basurero municipal de Atoyac de Álvarez	Sitio No controlado	B	50 a 55 ton/dia	Atoyac de Álvarez	02/03/2022	17.185611	-100.411389	2019	sanitario-ecológico
12	Basurero municipal de Zumpango del Rio	Sitio Controlado	C	12 ton/dia	Eduardo Neri	06/06/2025	17.700645	-99.528545	2022	Sanitario-ecológico
13	Basurero municipal de Taxco de Alarcón	Sitio No controlado	B	90-100 ton/dia	Taxco de Alarcón	15/03/2022	18.522695	-99.59107	1993	Sanitario-ecológico
14	Basurero municipal de Zihuatanejo de Azueta	Sitio No controlado	A	120-125 ton/dia	Zihuatanejo de Azueta	01/04/2022	17.684167	-101.586944	2012	Sanitario-ecológico
15	Basurero Municipal Linda Vista	Sitio No controlado	C	23-25 ton/dia	Olinalá	18/09/2023	17.754433	-98.740233	2012	Sanitario-ecológico
16	Basurero Municipal de Huamuxtitlan	Sitio No controlado	C	20-22 ton/dia	Huamuxtitlán	18/09/2023	17.815444	-98.546139	2017	Sanitario-ecológico
17	Basurero municipal de Hueycatenango	Sitio No controlado	C	15-18 ton/dia	José Joaquín de Herrera	11/12/2023	17.2637	-99.016	2017	Sanitario-ecológico
18	Basurero municipal Chilapa	Sitio No controlado	A	115-120 ton/dia	Chilapa de Álvarez	28/09/2023	17.627317	-99.1565	2007	Sanitario-ecológico
19	Basurero Municipal de Iliatenco	Sitio No controlado	D	9-10 ton/dia	Iliatenco	10/10/2023	16.99657	-98.672377	2005	Sanitario-ecológico
20	Basurero Municipal de Tlapa	Sitio No controlado	B	90-95 ton/dia	Tlapa de Comonfort	16/01/2024	17.519367	-98.604833	2010	Sanitario-ecológico
21	Basurero Municipal de Heliodoro Castillo	Sitio No controlado	C	30-35 ton/dia	General Heliodoro Castillo	29/01/2024	17°44’44”	-99.5735	2013	Sanitario-ecológico
22	Basurero Municipal de Tepecuacuilco	Sitio No controlado	C	28-29 ton/dia	Tepecoacuilco de Trujano	21/06/2024	18.289483	-99.4848	2012	Sanitario-ecológico
23	Basurero Municipal de Cuajinicuilapa	Sitio No controlado	C	23-24 ton/dia	Cuajinicuilapa	04/07/2024	16.493861	-98.411861	1987	Sanitario-ecológico
24	Basurero Municipal de Juan R. Escudero	Sitio No controlado	C	23-24 ton/dia	Juan R. Escudero	21/10/2024	17.152222	-99.52025	2019	Sanitario-ecológico
25	Basurero Municipal de Pilcaya	Sitio No controlado	C	12-13 ton/dia	Pilcaya	24/10/2024	18.71995	-99.657148	1991	Sanitario-ecológico

En el diagnóstico realizado se han enlistado 25 sitios de disposición final en operación dentro del estado. Del total, aproximadamente el 90% corresponde a sitios no controlados, los cuales carecen de la infraestructura y medidas necesarias para una gestión adecuada de los residuos, generando con ello riesgos ambientales y de salud pública.

Únicamente el 10% de los sitios identificados cumplen con las características de un relleno sanitario, es decir, cuentan con obras de ingeniería, control de lixiviados y biogás, así como medidas de monitoreo y clausura técnica, de acuerdo con lo establecido en la NOM-083-SEMARNAT-2003.

En la base de datos se recopilo;

- Nombre del Sitio de Disposición Final
- Tipo del Sitio de Disposición Final
- Categoría del Sitio de Disposición Final
- Tonelaje recibido
- Municipio
- Fecha de visita en campo
- Coordenadas geográficas
- Año de operación
- Tipo de riesgos

- **Nombre del Sitio de Disposición Final**

  El nombre del sitio de disposición final es asignado por el personal encargado del mismo, con el propósito de facilitar su identificación dentro de los registros municipales y estatales. Esta denominación constituye un elemento esencial para la gestión integral de riesgos, ya que permite contar con una referencia precisa que facilita la planeación, supervisión y evaluación de las condiciones de operación del sitio.

- **Tipo del Sitio de Disposición Final**

  De acuerdo a la **NOM-083-SEMARNAT-2003:**

  Un **Sitio de Disposición Final** es un lugar donde se depositan los residuos especial en forma definitiva.

Un Sitio Controlado es un sitio inadecuado de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero no cumple con las especificaciones de impermeabilización.

Un Sitio no controlado es un sitio inadecuado de disposición final que no cumple con los requisitos establecidos en esta la norma.

Un relleno sanitario es una obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicionales, los impactos ambientales.

- **Categoría del Sitio de Disposición Final**

Para efectos de la Norma Oficial Mexicana (NOM 083-SEMARNAT-2003) los sitios de disposición final se categorizaron de acuerdo a la cantidad de toneladas de residuos sólidos.

Tabla . Categoría de Sitios de Disposición Final acorde a la a **NOM-083-SEMARNAT-2003**

Tipo	Tonelaje Recibido ton/día
A	500 o más
B	100 y menor de 500
C	50 y menor de 100
D	Menor a 50

- **Tonelaje recibido**

El tonelaje de residuos dispuestos es determinado y registrado por el personal encargado del sitio de disposición final, con base en los datos obtenidos durante la recepción y descarga de los residuos.

- **Municipio**

El estado de Guerrero, ubicado al sur de México, cuenta actualmente con 85 municipios, dividido en 7 regiones, es por eso que, para las visitas de inspección que realiza la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos, lleva un control del municipio y región visitada.

- **Fecha de visita en campo**

La fecha de la visita constituye un elemento fundamental dentro del registro de inspecciones, ya que permite documentar de manera precisa el momento en que se llevó a cabo la verificación o supervisión de las condiciones del sitio.

Contar con la fecha exacta de la visita permite establecer una línea de tiempo confiable que facilita la evaluación de avances, la identificación de cambios en las condiciones del lugar y la programación de futuras inspecciones. Además, en el ámbito de la gestión integral de riesgos, la fecha del registro contribuye a correlacionar los resultados de la visita con posibles eventos o incidentes ocurridos antes o después de la supervisión, fortaleciendo la capacidad de respuesta y la toma de decisiones preventivas. La fecha de visita es levantada por la inspectora o el inspector.

- **Coordenadas geográficas**

Las coordenadas geográficas representan un elemento esencial para la ubicación precisa y confiable de los sitios de disposición final, instalaciones o puntos de interés relacionados con la gestión integral de riesgos. Su registro permite identificar de manera exacta la posición del sitio en el territorio, lo que facilita su localización en mapas, sistemas de información geográfica.

- **Año de operación**

El año de operación constituye un dato fundamental dentro del registro de los sitios de disposición final, ya que permite determinar el tiempo de funcionamiento, la antigüedad de la infraestructura y el grado de cumplimiento normativo conforme a las disposiciones técnicas y ambientales vigentes al momento de su apertura.

Este dato es indispensable para evaluar la vida útil del sitio, planificar su mantenimiento, rehabilitación o clausura, y estimar la capacidad remanente para la disposición segura de residuos. En materia de gestión integral de riesgos, conocer el año de inicio de operaciones facilita identificar posibles factores de vulnerabilidad estructural o ambiental,

derivados del desgaste de materiales, lasaturación de celdas o la ausencia de sistemas de control en instalaciones más antiguas.

Asimismo, el registro del año de operación permite dar seguimiento histórico y técnico a las acciones implementadas por las autoridades municipales y estatales, fortaleciendo la trazabilidad de las inspecciones, la transparencia administrativa y la mejora continua en la gestión de los sitios de disposición final.

- **Tipo de riesgos**

Durante las visitas de inspección y verificación, se ha constatado que no únicamente se identifican riesgos de tipo sanitario, asociados al manejo inadecuado de residuos, generación de lixiviados, fauna nociva o emisiones contaminantes; sino que también pueden encontrarse agentes perturbadores de origen natural, como deslizamientos de terreno, inundaciones, erosión que representan una amenaza adicional para la infraestructura y la seguridad de las comunidades cercanas.

Ponderación para determinar nivel de riesgos:

Para la ponderación de parámetros para determinar el nivel de riesgo de los sitios de disposición final se han considerado los siguientes parámetros acordes a la NOM-83-SEMARNAT-2003

Dispone de báscula
Captura de lixiviados
Tratamiento de lixiviados
Captura de quema de biogás
Producción de electricidad por gas
Geomembrana
Celdas de confinamiento
Cercado
Control de ingreso de residuo
Recubrimiento de tierra
Monitoreo de higiene y seguridad

¿CUENTA SI O NO CON EL PARAMETRO?	PUNTAJE
SI	1
NO	2

- **Otros aspectos:**

Año de inicio de operación	
Rango por año	**Nivel de peligro**
1925-1967	4
1970-1984	3
1985-2002	2
2003-2017	1

Cantidad de RSU recibidos por día	
Rango en t/día	**Nivel de peligro**
0.015 - 9,950	2
10,000 – 49,900	4
50,000 – 100,000	6
> 100,001	8

Establecimiento de nivel de peligro

Rango de puntaje	Nivel de peligro
10-15	Bajo
16-20	Medio
21-24	Alto
25-29	Muy alto

DISPONE DE BASCULA	CAPTURA DE LIXIVIADOS	TRATAMIENTOS DE LIXIVIADOS	CAPTURA DE QUEMA DE BIOGAS	PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD POR GAS	GEOMEMBRANA	CELDAS DE CONFINAMIENTO	CERCADO	CONTROL DE INGRESO DE RESIDUO	RECUBRIMIENTO DE TIERRA	MONITOREO DE HIGIENE Y SEGURIDAD	AÑO DE INICIO DE OPERACIÓN	CANTIDAD DE RSU RECIBIDO POR DÍA	TOTAL DE PUNTAJE	NIVEL DE PELIGRO
SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO	1985-2002	0.015 - 9,950	21	ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	24	ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	1985-2002	0.015 - 9,950	25	MUY ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	24	ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	24	ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	25	MUY ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	1985-2002	0.015 - 9,950	24	ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1985-2002	0.015 - 9,950	26	MUY ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	24	MUY ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	23	ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	25	MUY ALTO
SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	17	MEDIO
SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	1985-2002	0.015 - 9,950	23	ALTO
NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	21	ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	23	ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	24	ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	25	MUY ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	20	MEDIO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	25	MUY ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	24	ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	25	MUY ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	25	MUY ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1985-2002	0.015 - 9,950	26	MUY ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2003-2025	0.015 - 9,950	25	MUY ALTO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1985-2002	0.015 - 9,950	26	MUY ALTO

Figura 53. Ponderación de parámetros de Sitios de Disposición Final.

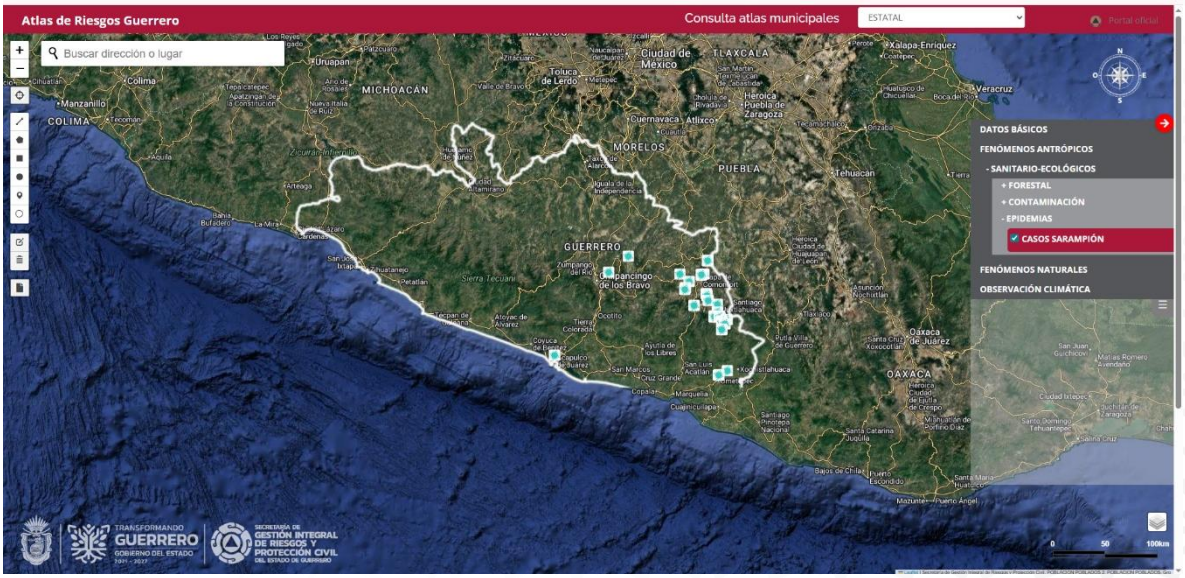


Figura 54. Sitio de Disposición Final del estado de Guerrero.

7.2 Epidemias

Por las condiciones demográficas, climáticas y de movilidad poblacional presentes en el estado de Guerrero, las enfermedades transmisibles representan un componente relevante dentro de los riesgos sanitario-ecológicos que deben ser considerados en los instrumentos de planeación para la gestión integral del riesgo. En este sentido, la reemergencia del sarampión adquiere importancia debido a su alta capacidad de transmisión y a la posibilidad de propagación.

Con base en la información proporcionada por la Secretaría de Salud, los casos confirmados recientemente han sido incorporados al Atlas Estatal de Riesgos, con el propósito de visibilizar su distribución geográfica, identificar áreas con mayor vulnerabilidad epidemiológica y fortalecer la toma de decisiones para la intervención preventiva. La representación espacial del evento permite establecer priorizaciones territoriales, orientar campañas de vacunación, reforzar la vigilancia epidemiológica y promover acciones coordinadas entre los diferentes niveles de gobierno.



De esta manera, la integración de la información epidemiológica en el Atlas de Riesgos contribuye a la detección oportuna, mitigación y control de los riesgos sanitario-ecológicos asociados a enfermedades reemergentes, protegiendo a la población y fortaleciendo la capacidad institucional de respuesta.

7.3 Refugios temporales

Ante la ocurrencia de un fenómeno perturbador, las Direcciones Municipales de Protección Civil, en su carácter de primeros respondientes, tienen la responsabilidad de ejecutar acciones orientadas a la protección de la población, la salvaguarda de sus bienes y la preservación del entorno.

Entre estas acciones se encuentra la selección, apertura y operación de Refugios Temporales, espacios destinados a proporcionar alojamiento, alimentación, atención médica y otros servicios esenciales a las personas cuyas viviendas representen un riesgo o que hayan resultado afectadas por un evento adverso.

La administración de los refugios temporales constituye una función esencial de las autoridades competentes y se vincula directamente con uno de los derechos humanos fundamentales: el derecho a la vida. En situaciones de emergencia, la vida de numerosas personas puede verse amenazada, por lo que su protección implica la participación corresponsable de individuos, familias, comunidades y los distintos niveles de gobierno, todos ellos comprometidos con una respuesta inmediata, coordinada y efectiva.

Sin embargo, la falta de información sobre los riesgos, aunada al rezago social y urbano, ha propiciado que muchas comunidades

establezcan sus viviendas en zonas altamente vulnerables —como laderas inestables, áreas inundables o márgenes de barrancas—. Cuando los riesgos no son gestionados de manera adecuada, estos pueden transformarse en desastres con graves consecuencias humanas y materiales.

Por ello, resulta indispensable que la población guerrerense fortalezca la Gestión Integral del Riesgo de Desastres (GIRD), entendida como el

conjunto de políticas, estrategias, acciones y programas orientados a la prevención, mitigación, preparación, alerta, respuesta y recuperación ante eventos que puedan afectar a la población, sus bienes y su entorno.

La información, la preparación y la participación social son elementos fundamentales para la reducción del riesgo. Solo mediante una respuesta oportuna, organizada y corresponsable de todos los sectores —gobierno, comunidad y particularmente las niñas, niños y adolescentes— se podrá avanzar hacia la construcción de una cultura de prevención y resiliencia ante los desastres.





7.3.1 Atención y diseño

El Estado de Guerrero cuenta con un total de 582 Refugios Temporales distribuidos en sus 85 municipios, los cuales han sido establecidos mediante convenios de colaboración interinstitucional que especifican su ubicación, dirección, capacidad operativa y coordenadas geográficas (latitud y longitud), con el propósito de facilitar su pronta localización y activación durante situaciones de emergencia o desastre.

Estos refugios tienen la capacidad de albergar a 30,096 familias, lo que representa una cobertura potencial de 120,869 personas en condiciones de vulnerabilidad ante la presencia de fenómenos perturbadores de origen natural o antropogénico.

No.	REGIÓN	REFUGIOS TEMPORALES	CANTIDAD DE PERSONAS	CANTIDAD DE FAMILIAS
01	**TIERRA CALIENTE**	54	17,594	4,344
02	**NORTE**	68	12,471	3,113
03	**CENTRO**	103	18,368	4,577
04	**MONTAÑA**	67	12,485	3,114
05	**COSTA CHICA**	147	26,555	6,621
06	**COSTA GRANDE**	104	23,916	5,961
07	**ACAPULCO**	39	9,480	2,366
	TOTALES:	**582**	**120,869**	**30,096**

Objetivo

Fomentar la coordinación, cooperación y comunicación interinstitucional para el establecimiento, operación, mantenimiento y administración de los Refugios Temporales, mediante la formalización de convenios de colaboración entre los tres órdenes de gobierno y los sectores social y privado.

Asimismo, incentivar la participación activa de la sociedad en las acciones de preparación y respuesta ante emergencias o desastres, garantizando que la asistencia humanitaria, la atención y la protección de las personas en situación de riesgo se brinden de manera digna, segura y oportuna, conforme a los principios humanitarios y a los Lineamientos del Manual de Operación de Refugios Temporales emitidos por la Coordinación Nacional de Protección Civil (CNPC).





Foto 61 y 62. Inspección de Refugios temporales.

PLANEACIÓN

La Unidad Municipal de Protección Civil, busca, localiza, evalúa, concierta, coordina e informa a la población la ubicación de los mismos.

Establece la planificación logística específica para cada refugio.

ACTIVACIÓN Y OPERACIÓN INICIAL

Cuando se determine que la población está en riesgo de sufrir el impacto de un fenómeno perturbador y se hace necesaria la evac, uación se pondrán en marcha los procedimientos de recepción, acomodo y canalización (en casos necesarios) de las personas en el refugio

OPERACIÓN Y DESACTIVACIÓN

A la llegada de los damnificados, operar el refugio y sus procedimientos, ajustándolos a la situación y manteniendo comunicación constante con los Sistemas de Protección Civil hasta su desactivación.

Para que un Refugio Temporal sea funcional y cumpla con los estándares establecidos por el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), preferentemente debe contar con las siguientes áreas básicas y de apoyo, garantizando condiciones de seguridad, salubridad y dignidad para las personas albergadas:

- **Área de registro y control de acceso:** espacio destinado a la recepción, registro y control de las personas que ingresan o egresan del refugio, permitiendo mantener un censo actualizado de la población albergada.
- **Área de alojamiento:** espacio principal habilitado para el descanso y resguardo de las personas, con distribución ordenada que preserve la privacidad, la separación por género y la protección de grupos vulnerables (niñas, niños, personas mayores, embarazadas y personas con discapacidad).
- **Área de alimentación:** espacio destinado a la preparación, resguardo y distribución de alimentos, que deberá cumplir con las normas básicas de higiene y sanidad.
- **Área de atención médica y primeros auxilios:** destinada a la valoración inicial, atención básica y canalización de personas enfermas, lesionadas o que requieran atención especial.
- **Área sanitaria:** que incluya servicios higiénicos suficientes, separados por género, con acceso a agua potable y mecanismos de saneamiento básico.
- **Área de estancia infantil:** espacio seguro para el resguardo, recreación y atención de niñas, niños y adolescentes, bajo la supervisión de personal capacitado.

- **Área de resguardo de insumos y suministros:** destinada al almacenamiento seguro de víveres, equipo y materiales de apoyo.
- **Área de coordinación y administración:** donde se ubiquen las personas responsables de la operación, logística, comunicación y enlace con las autoridades municipales, estatales y federales.
- **Área de información y comunicación:** espacio para difundir avisos, orientaciones y medidas de seguridad a las personas albergadas.
- **Área de atención psicosocial:** donde se brinde contención emocional y apoyo psicológico básico a las personas afectadas por el evento perturbador.

Las funciones y responsabilidades del personal que labora en los Refugios Temporales deberán estar claramente definidas, asignadas e identificadas antes de su apertura, conforme a los Lineamientos del Manual de Operación de Refugios Temporales.

El equipo de trabajo deberá incluir, al menos, las siguientes figuras:

- **Coordinador o responsable del Refugio:** encargado de la administración general, enlace interinstitucional y supervisión de las actividades operativas.
- **Encargado de registro y control:** responsable del ingreso, registro y control de las personas albergadas.
- **Encargado de logística y suministros:** administra el almacenamiento, distribución y control de insumos y donativos.
- **Encargado de servicios médicos:** coordina la atención sanitaria, primeros auxilios y canalización de pacientes.

- **Encargado de alimentación:** supervisa la preparación, higiene y distribución de alimentos.
- **Encargado de seguridad:** vela por la integridad física de las personas y el orden interno del refugio.
- **Encargado de atención psicosocial:** brinda apoyo emocional y orientación a la población afectada.
- **Encargado de limpieza y saneamiento:** mantiene las condiciones de higiene y desinfección en las instalaciones.

El personal deberá estar capacitado en gestión integral de riesgos, primeros auxilios, manejo de emergencias, atención humanitaria y protección a grupos en situación de vulnerabilidad, asegurando una atención integral, coordinada y humanitaria en todo momento.



Diagrama de Flujo de administración de Refugios.

Conclusión

El Atlas Estatal de Riesgos del Estado de Guerrero representa un logro institucional de gran relevancia para la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil del estado de Guerrero, al consolidarse como un instrumento técnico, científico y de planeación estratégica orientado a fortalecer las políticas públicas en materia de prevención, mitigación y atención de emergencias.

Su desarrollo integra un amplio acervo de información geoespacial y temática sobre los distintos fenómenos que inciden en el territorio estatal —geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos, sanitario-ecológicos y socio-organizativos—, los cuales fueron analizados y modelados mediante metodologías especializadas y herramientas tecnológicas de vanguardia. Esta estructura analítica, sustentada en bases de datos actualizadas, modelos digitales de elevación y sistemas de alerta temprana, permite generar conocimiento útil y oportuno para la toma de decisiones en los tres órdenes de gobierno.

La implementación de la plataforma digital del Atlas Estatal de Riesgos constituye un avance significativo en la modernización institucional, al ofrecer un medio interactivo que facilita la consulta, actualización y visualización en tiempo real de la información sobre peligros, vulnerabilidad y exposición. Esta herramienta no solo fortalece las capacidades técnicas de las instituciones involucradas en la gestión de riesgos, sino que también amplía el alcance hacia la población, promoviendo la cultura de la prevención y la participación ciudadana informada en la reducción del riesgo de desastres.

En concordancia con los ocho pasos de la Gestión Integral de Riesgos, el Atlas cumple funciones sustantivas en cada etapa:

1. Identificación y conocimiento del riesgo, mediante la integración sistemática de información territorial y temática.
2. Análisis de vulnerabilidad y exposición, con base en variables sociales y de infraestructura.
3. Evaluación del riesgo, a través de estudios técnicos y modelaciones geoespaciales.
4. Prevención y mitigación, como apoyo a la planeación del desarrollo urbano y regional con enfoque de seguridad.
5. Preparación, fortaleciendo los mecanismos de alerta y respuesta temprana, especialmente a través del SIATGro.
6. Respuesta, facilitando la identificación de rutas seguras, refugios temporales y zonas prioritarias de atención.
7. Rehabilitación y reconstrucción, proporcionando escenarios de afectación y recuperación post- impacto.
8. Comunicación y educación del riesgo, promoviendo la difusión y el uso público del conocimiento generado.

De esta manera, el Atlas Estatal de Riesgos del Estado de Guerrero se consolida como un instrumento esencial para la gestión territorial y la gobernanza del riesgo, orientado a salvaguardar la integridad de la población, proteger el patrimonio, y contribuir al desarrollo sostenible del estado. Su continuidad y actualización permanente garantizarán que este esfuerzo institucional siga siendo una base técnica confiable para la

planeación segura, la atención oportuna y la construcción de comunidades más resilientes ante los desastres.

Referencias

Anderson, J., et al. (1989). *Estimación de sismos de magnitud 7.9–8.2 posibles en la región Acapulco–Zihuatanejo*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Repositorio Digital Universitario (RDU UNAM).

Campa, M. F., & Coney, P. J. (1983). Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico. *Canadian Journal of Earth Sciences, 20*(6), 1040–1051.

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). (2023). *Creación del grupo HCTI para huracanes: Otis como caso de estudio*. Secretaría Ejecutiva del Consejo Interinstitucional de Humanidades, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

Congreso de la Unión. (2023). *Ley General de Protección Civil* (reforma publicada el 21 de diciembre de 2023). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC.pdf

Gobierno de México — Coordinación Nacional de Protección Civil / Plataforma Atlas Nacional de Riesgos. (2016). *Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (Guía mínima)*. Recuperado de

El País. (2024). *Intensificación rápida de huracanes por cambio climático. El País*.

El País. (2025). *Huracán Erick intensificado (Guerrero/Oaxaca). El País*.

Elías-Herrera, M., & Manea, V. C. (2015). Petrología y geocronología del batolito costero del sur de México: implicaciones tectónicas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 32*(2), 123–140.

Ferrusquía-Villafranca, I. (1998). *Geología de México*. Instituto de Geología, UNAM.

Figueroa, D. (2024). *Manual para la evaluación ciudadana de los suelos y la vegetación de Guerrero* [Manuscrito inédito].

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2004). *Guía para la interpretación de cartografía: Edafología*.

Hubp, J. L. (2011). *Diccionario geomorfológico* (1.ª ed.). Instituto de Geografía, UNAM.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1999, 2014). *Conjunto de datos fisiográficos de México*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Anuario estadístico y geográfico de Guerrero 2021: Aspectos geográficos*. INEGI.

Lugo-Hubp, J. (1989). *Geomorfología de la República Mexicana*. Instituto de Geografía, UNAM.

Maldonado-Koerdell, M. (1964). Las provincias fisiográficas de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 27*(1), 1–24.

Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar, L. M., Roldán-Quintana, J., Aranda-Gómez, J. J., & Morán-Zenteno, D. J. (1992). *Carta geológica de la República Mexicana*. UNAM – INEGI.

Ramírez-Herrera, M. T., et al. (2024). Depósitos de tsunami resaltan potencial sísmico de alta magnitud en la brecha sísmica de Guerrero, México. *Communications Earth & Environment*. Gaceta UNAM.

Rodríguez Esteves, J., et al. (2017). *Impactos de ciclones como Manuel (2013) en Guerrero*. Redalyc.org.

Sánchez Rivera, G., Cervantes Martínez, A., & Frausto Martínez, O. (2021). *Reseña histórica de los ciclones tropicales en el estado de Guerrero, México (1951–2019)* [Tesis de licenciatura]. Universidad de Quintana Roo. https://risisbi.uqroo.mx

Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2015–2024). *Cartografía geológico-minera, escalas 1:250,000 y 1:50,000 (hojas Chilpancingo, Iguala, entre otras)*. SGM.

Talavera-Mendoza, O., & Ruiz, J. (1998). Geocronología y evolución tectónica del Terreno Guerrero, sur de México. *Geofísica Internacional, 37*(1), 23–41.

Toussaint, J. F. (1988). Evolución geológica del Terreno Guerrero y su acreción al margen continental mexicano. *Revista Geológica de América Central, 8*, 63–84.

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2023). *Monitoreo instrumental de huracanes y el caso Otis*. UNAM.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015–2030*. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

Zúñiga, F. R., Suárez, G., Figueroa Soto, Á., & Ávila Mendoza, A. (2017). A first-order seismotectonic regionalization of Mexico for seismic hazard and risk estimation. *Bulletin of the Seismological Society of America, 107*(4), 1848–1864. DOI:10.1007/s10950-017-9666-0

H. Congreso del Estado de Guerrero. (2024). *Ley número 861 de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil del Estado de Guerrero.* https://congresogro.gob.mx/legislacion/ordinarias/ARCHI/ley-no-861-gestion-integral-riesgos-proteccion-civil-estado-2024-10-15.pdf

Gobierno del Estado de Guerrero / Secretaría de Protección Civil. (2005). *Atlas estatal de riesgos geológicos del Estado de Guerrero.* [PDF].

Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN). (2009). *Identificación geotécnica de laderas potencialmente inestables en las cabeceras municipales de Chilpancingo, Tlapa, Zihuatanejo, Taxco y Acapulco (Acuerdo CE/1 EXT/15-ene-07-08).* CENAPRED / FOPREDEN. https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2003). *NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y complementación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Diario Oficial de la Federación.*

De Cserna, Z. (1965). *Reconocimiento geológico en la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco.* Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (*Boletín del Instituto de Geología*).

Domínguez-Morales, L., & Castañeda-Martínez, A. (2013). Lluvias y sismos: ingredientes claves para la ocurrencia de deslizamientos en Guerrero, a dos años de las lluvias intensas de septiembre de 2011. En *Libro de resúmenes de la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana 2013*. Unión Geofísica Mexicana / CENAPRED. https://ugm.org.mx/

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2006). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos: Fenómenos geológicos*. CENAPRED. http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/44.pdf

Jiménez-Bustamante, L., Bustamante-García, J., & Pérez-Gutiérrez, R. (2013). La secuencia volcánico-sedimentaria terciaria de la Sierra de Taxco y sus implicaciones tectónicas [Comunicación]. En *Libro de resúmenes, 2013*. Unidad Académica de Ciencias de la Tierra / UGM. https://ugm.org.mx/

Servicio Sismológico Nacional (SSN). (2024). *Reportes especiales y resúmenes de sismicidad: Eventos sísmicos en la República Mexicana (2024)*. Instituto de Geofísica, UNAM. https://www.ssn.unam.mx/

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: A special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (SREX)*. Cambridge University Press.

United Nations Office for Outer Space Affairs (UN-SPIDER). (n.d.). *Data application of the month: River flooding* [Recurso en línea]. https://www.un-spider.org/links-and-resources/data-sources/daotm-river-floods

Comisión de Agua Potable y Saneamiento del Estado de Guerrero (CAPASEG). (2015). *Estudio y diagnóstico de la red hidrológica en la franja de la costa (Regiones Hidrológicas 19 y 20).* Productora Metálica S.A. de C.V. y Rossbach de México S.A. de C.V. [Informe técnico].

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2009). *Inundaciones: guía breve sobre efectos y comportamiento de las inundaciones en México.* CENAPRED.