

ATLAS DE PELIGROS DEL MUNICIPIO DE Paraíso



ATLAS DE PELIGROS DEL MUNICIPIO DE Paraíso



LIC. CARLOS MANUEL MERINO CAMPOS

Gobernador del Estado Libre y Soberano de Tabasco

M.A. JOSÉ TIBURCIO SOLÍS MARTÍNEZ

Coordinador General de Protección Civil del Estado de Tabasco

LIC. ANA LUISA CASTELLANOS HERNÁNDEZ

Presidenta Municipal de Paraíso

Primera edición, 2024

© **H. Ayuntamiento de Paraíso; Tabasco.**

Calle Ignacio Comonfort S/N, La Candelaria, CP. 86600.

Paraíso, Tabasco; México.

Este documento fue elaborado con recursos públicos gestionados por el H. Ayuntamiento de Paraíso, con el apoyo del Instituto de Protección Civil del Estado de Tabasco (IPCET) para el uso de la ciudadanía; por lo que se permite la reproducción parcial o total de su contenido, sea a través cualquier medio mecánico o electrónico, siempre y cuando se otorguen los créditos (cita o referencia) correspondientes a los autores y autoridades que correspondan.

Sobre el estudio:

El desarrollo de esta investigación y análisis estuvo a cargo del Laboratorio de Ecología del Paisaje y Cambio Global, del Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART), en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Coordinadores:

Lilia María Gama Campillo y Eduardo Javier Moguel Ordóñez.

Colaboradores:

Coral Jazvel Pacheco Figueroa, Juan de Dios Valdez Leal, Ena Edith Mata Zayas, Hilda María Díaz López, Ruth del Carmen Luna Ruiz, Fabiola de la Cruz Burelo, Ricardo Alberto Collado Torres, José Manuel Figueroa MahEng, Claudia Villanueva García, Dora María Frías Márquez & Elías José Gordillo Chávez.

Sugerencia para referenciar:

Gama Campillo, L.M. & Moguel Ordóñez, E.J. (Coords.). (2024). *Atlas de Peligros del Municipio de Paraíso* (p. xxx). H. Ayuntamiento de Paraíso.

Ilustración de portada: Mapa del Estado de Tabasco, con referencia al municipio estudiado.

Diseño de portada: Fernando Rodríguez Quevedo, Lilia María Gama Campillo, Ricardo Alberto Collado Torres & Hilda María Díaz López. División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Diagramación y maquetación: Fernando Rodríguez Quevedo. Área Editorial de la DACBiología-UJAT.

Hecho e impreso digitalmente en Villahermosa, Tabasco; México.

Contenido

Lista de Tablas	3
Lista de Figuras.....	4
Prologo	7
Presentación.....	8
Introducción y Antecedentes	10
Marco normativo	14
Caracterización del Municipio.....	17
Datos Generales del Municipio	17
Mapa Base.....	19
Caracterización de los elementos del medio físico	20
Geología	21
Geomorfología	23
Fisiografía	25
Subcuencas	26
Edafología	28
Clima.....	30
Vegetación y Uso del suelo	32
Caracterización de los elementos demográficos, sociales y económicos.....	34
Densidad y distribución de la población	36
Datos de etnicidad	39
Escolaridad	41
Acceso a servicios de salud.....	43
Indicadores de Pobreza, Carencia Social, Vulnerabilidad y Marginación	47
Población Económicamente Activa	53
Identificación y Análisis de Fenómenos Perturbadores: Amenazas por Fenómenos de Origen Natural.....	58
¿Qué son los fenómenos naturales?	58
Fenómenos Geológicos.....	60
Vulcanismo.....	61
Vulcanismo en el estado de Tabasco.....	63
Sismos.....	67
Sismicidad en la región Sureste.....	72

Sismos en el municipio de Paraíso	74
Inestabilidad de Laderas.....	77
Erosión.....	80
Tipos de Erosión.....	81
Tipos de Erosión en Tabasco.....	82
Erosión costera.....	83
Erosión fluvial en Paraíso.....	86
Erosión costera en el municipio de Paraíso.....	87
Fenómenos hidrometeorológicos	89
Inundaciones.....	89
Hidrología de Paraíso.....	91
Peligro por inundaciones	92
Recomendaciones.....	97
Sequías.....	99
<i>¿Qué es la sequía?</i>	100
<i>Categorías de Sequía</i>	101
<i>Condiciones de sequía en el municipio de Paraíso</i>	102
<i>Frecuencia de ocurrencia de sequía en el municipio</i>	102
<i>Ocurrencia mensual de las categorías de sequía</i>	104
<i>Indicadores del deterioro del abastecimiento de agua</i>	107
<i>Medidas de mitigación contra Sequías</i>	108
Tormentas Tropicales	109
Ciclones tropicales que han afectado a Tabasco y Paraíso en los últimos 40 años	111
Peligro por ciclones.....	114
Peligro por Marea de tormenta	116
<i>Consideraciones</i>	118
Incendios.....	119
Incendios en Tabasco.....	124
Incendios en el municipio de Paraíso	128
Conclusiones Generales.....	133
Referencias	135

Lista de Tablas

Tabla 1. Información general del municipio	18
Tabla 2. Datos de las unidades geomorfológicas del municipio de Paraíso.....	24
Tabla 3. Datos de los tipos de suelos del municipio de Paraíso.....	29
Tabla 4. Datos de los usos del suelo y vegetación del municipio.	33
Tabla 5. Datos de etnicidad de la población del municipio.	40
Tabla 6. Datos de escolaridad del municipio.	42
Tabla 7. Datos de afiliación al sistema de salud del municipio y localidades con mayor población.	44
Tabla 8. Datos de discapacidad de la población del municipio.	46
Tabla 9. Porcentaje de pobreza de los diferentes grupos de población vulnerables en 2015 y 2020.....	49
Tabla 10. Porcentaje de población afectada de acuerdo a los indicadores de CONEVAL 2015 y 2020.....	50
Tabla 11. Datos de la población económicamente activa e inactiva del municipio	56
Tabla 12. Datos del censo económico 2019 (INEGI, 2022), respecto a las actividades productivas	57
Tabla 13. Datos de los Sismos registrados históricamente en el municipio de Paraíso por el Sistema Sismológico Nacional	75
Tabla 14. Cuencas y subcuencas que cubren el territorio del municipio de Paraíso	92
Tabla 15. Grados de peligrosidad por inundaciones de acuerdo al IPI	93
Tabla 16. Ciclones tropicales que han afectado a Tabasco en el periodo de 1980 a 2021	112
Tabla 17. Clasificación de la inundación generada por la marea de tormenta	116
Tabla 18. Máxima elevación (h) que alcanzó la marea de tormenta en ciclones tropicales que afectaron directamente a Tabasco o sus cercanías.....	117

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa base del municipio del municipio de Paraíso.....	20
Figura 2. Mapa geológico del Municipio de Paraíso	22
Figura 3. Mapa de Geomorfología del Municipio de Paraíso.....	25
Figura 4. Mapa de la distribución de los tipos de suelos del municipio de Paraíso.....	30
Figura 5. Mapa de Vegetación y Uso del suelo del municipio de Paraíso	34
Figura 6. Mapa de la densidad de la población del municipio	38
Figura 7. Distribución de la población rural/urbana de 1990 al 2020.....	38
Figura 8. Distribución de la población por edades de acuerdo a los datos del censo de 2020.	39
Figura 9. Gráfico de la población afiliada por sistema de salud del municipio.....	45
Figura 10. Comparativo de los datos del estado y el municipio en relación a pobreza, vulnerabilidad y no vulnerabilidad.....	49
Figura 11. Grado de rezago social longitudinal de las localidades en 2005, 2010 y 2020	50
Figura 12. Grado de accesibilidad a carreteras pavimentadas de las localidades del municipio	51
Figura 13. Porcentaje de población con carencias sociales del municipio	52
Figura 14. Comparativo del grado de marginación considerando las localidades del municipio	52
Figura 15. Mapa con la distribución de las localidades y su grado de marginación.....	53
Figura 16. Principales actividades de la población identificada como no económicamente activa en el municipio	55
Figura 17 Escenarios potenciales del alcance de la nube de ceniza para el volcán el Chichonal considerados por CENAPRED; al norte y al este asociado a los posibles vientos dominantes.....	66
Figura 18. Escenario potencial modificado de la figura anterior para el alcance de la nube de ceniza asociada al volcán el Chichonal, considerando la información mencionada en las reuniones con autoridades municipales	67
Figura 19. Regionalización sísmica de acuerdo con la CFE (S/F), con datos de los sismos con magnitud igual o mayor a 5 en la región de acuerdo a la base de datos del Sistema Sismológico Nacional.	72

Figura 20. Total, de sismos registrados en la región, de acuerdo con la base de datos del Sistema Sismológico Nacional, con datos de 1900 al 2023.....	73
Figura 21. Total, de sismos mayores a magnitud 5 registrados en la región, de acuerdo con la base de datos del Sistema Sismológico Nacional, con datos de 1900 al 2023.....	74
Figura 22. Gráfico con datos comparativos de los sismos registrados en el municipio de Paraíso.	76
Figura 23 Total, de sismos registrados en la región, de acuerdo con la base de datos del Sistema Sismológico Nacional, con datos de 1900 al 2023.....	76
Figura 24. Mapa de las zonas con inestabilidad de laderas del estado de Tabasco	80
Figura 25. Mapa de las zonas con inestabilidad de laderas del estado de Tabasco	87
Figura 26. Zonas con erosión fluvial en el municipio de Paraíso.....	88
Figura 27. Cuerpos de agua que se encuentran o transitan por el municipio de Paraíso	91
Figura 28. Zonificación del Peligro por inundaciones en el municipio de Paraíso .	93
Figura 29. Proporción de la superficie municipal de Paraíso expuesta al peligro de inundación.	94
Figura 30. Erosión de los márgenes de ríos cuando aumenta el volumen de agua que transportan en épocas lluviosas e inundaciones. Ranchería Aquiles Serdán, Municipio de Paraíso.....	94
Figura 31. Zonificación del grado de vulnerabilidad a inundaciones en el municipio de Paraíso	95
Figura 32 Zonas habitacionales a orillas de cauces de agua, lo cual favorece las inundaciones de las viviendas en la época de lluvias. Municipio de Paraíso.	96
Figura 33. Proporción de la superficie municipal de Paraíso vulnerable a inundación	96
Figura 34. Típica vivienda en zona inundable en época de lluvias, aunque todo el año cuenta con un tirante de agua. Municipio de Paraíso.....	97
Figura 35. Frecuencia de meses con algún grado de sequía en el periodo de 2003-2022. Municipio de Paraíso, Tabasco	103
Figura 36. Ocurrencia de diversas categorías de Paraíso e sequía por quinquenio en el periodo de 2003-2022. Municipio de Paraíso Tabasco.....	104

Figura 37 Ocurrencia estacional (mensual) de las condiciones de sequía en el periodo de 2003-2022. Municipio de Paraíso, Tabasco.	105
Figura 38. Ocurrencia de condiciones de sequía mensual en el periodo de 2003-2022. Municipio de Paraíso, Tabasco	105
Figura 39. Categorías de sequía en el municipio de Paraíso durante los meses del año 2009.	106
Figura 40. Categorías de sequía en el municipio de Paraíso durante los meses del año 2010	107
Figura 41. Trayectoria de ciclones tropicales sobre el estado de Tabasco (periodo 1980-2021).	113
Figura 42. Precipitación pluvial máxima en 24 horas registrada para el municipio de Paraíso originada por diversos ciclones tropicales que afectaron a Tabasco	114
Figura 43 Grado de peligro por presencia de ciclones para el municipio de Paraíso	115
Figura 44 Datos de incendios registrados de 1970 a 2023, tomada del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales.....	124
Figura 45. Datos del total de puntos de calor para el estado de Tabasco de 2013 al 2024, tomada del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales. ...	125
Figura 46. Localización de puntos de calor registrados en durante enero-junio de 2024 para Tabasco.....	126
Figura 47. Número de puntos de calor registrados de enero a junio del 2024 por tipo de vegetación y uso del suelo del estado de Tabasco	127
Figura 48. Mapa con puntos de calor de enero a junio del 2024 y los usos de suelo y vegetación donde son principalmente reportados	128
Figura 49. Mapa del municipio de Paraíso con los datos de puntos de calor de enero a junio del 2024	129
Figura 50. Mapa con los puntos de calor seleccionados de acuerdo a su certidumbre de ser incendios de enero a junio del 2024	130
Figura 51 Focos de calor en Paraíso modelados a partir de los datos de las figuras 49 y 50 de enero a junio del 2024	131
Figura 52. Gráfico con los datos de distribución de los puntos de calor de enero a junio del 2024 en los diferentes tipos de vegetación y uso del suelo del municipio de Paraíso	132
Figura 53. Gráfico con la distribución mensual de los puntos de calor para los meses de enero a junio del 2024	132

Prologo

Nuestro Estado, se encuentra en un lugar privilegiado donde abunda el agua, la tierra fértil, la energía del sol y el petróleo; sin embargo, nuestra naturaleza es tan exuberante como desafiante y los ríos que abonan vida a la planicie tabasqueña nacen bajo un clima con lluvias extremas y tormentas. Históricamente Tabasco está lleno de retos y superaciones, de adaptación y resiliencia ante los desastres naturales derivados principalmente de fenómenos hidrometeorológicos.

Bajo este contexto, conocer los peligros a los cuales está expuesta la población es un imperativo para arrebatarse a la naturaleza el riesgo y abonar a que Tabasco tenga ciudades, localidades y caminos cada vez más seguros en los cuales prosperar. Claro está que esto implica una responsabilidad, pues al reconocer nuestro entorno como un reto, está en nuestras manos el evitar que sus características geográficas se tornen en desastre.

En este sentido, los Atlas constituyen un documento que contiene información y mapas para identificar áreas propensas a riesgos como: inundaciones, deslizamientos de tierra, sismos, huracanes, incendios, entre otros; para identificar a la población e infraestructura que está más expuesta a los diferentes riesgos.

Por lo anterior, el presente Atlas de Peligros, ha sido elaborado con el objetivo de proporcionar información detallada y accesible a las autoridades y a la población del municipio de Paraíso, a cerca de los diversos peligros que enfrenta el municipio, describiendo no solo los riesgos, sino que también ofrece estrategias prácticas para la gestión ante los efectos del cambio climático.

Con base en lo anterior, el 03 de marzo de 2022, el Instituto de Protección Civil del Estado de Tabasco, celebró el Convenio de Colaboración para la elaboración del "Atlas de Peligros Municipales", con los 17 municipios que conforman el Estado de Tabasco, y con la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, para que de manera conjunta, se realizara un documento capaz de alertar a las autoridades municipales y a su población de los riesgos más importantes en su municipio y de esa manera, mantenerse alerta ante la amenaza de algún fenómeno natural o antropogénico, que pudiera ocurrir en el territorio paraiseño.

Agradezco profundamente a la presidente Municipal Ana Luisa Castellanos Hernández ya que sin su interés en dejar en su municipio un documento tan importante, no habría sido posible consolidar el proyecto, así como a todos aquellos que hicieron posible la materialización de un proyecto tan importante como lo es el "**Atlas de Peligros Municipales del Municipio de Paraíso**".

Sin duda, la prevención y la preparación son tareas de todos, juntos podemos construir un Tabasco más resiliente y seguro.

¡Que hermoso es Tabasco!

M.A. José Tiburcio Solís Martínez
Coordinador General de Protección Civil del Estado de Tabasco

Presentación

De acuerdo a los datos de las Naciones Unidas, la población mundial alcanzó los 8,000 millones de personas a mediados de noviembre del año 2022, y se espera que aumente a casi 11,000 millones¹, para finales de siglo, con una mayoría en zonas urbanas, lo que incrementará el nivel de exposición a posibles peligros naturales. Además, los desastres asociados a estos han incrementado por varias razones:

1) El cambio climático global, causado principalmente por las emisiones generadas por nuestras actividades productivas, que ha provocado cambios en los patrones climáticos, lo cual resulta en eventos meteorológicos extremos como son tormentas más intensas, sequías prolongadas, inundaciones, ciclones y tornados más poderosos, todos ellos capaces de generar daños significativos en la población, sus bienes y los ecosistemas.

2) El crecimiento poblacional, en zonas urbanas con grandes poblaciones, especialmente en zonas propensas a desastres, exponen no solo a las personas sino a sus bienes, esto especialmente en zonas vulnerables como bordes de los ríos o zonas costeras.

3) La degradación ambiental y deforestación, que contribuyen a la exacerbación de los desastres, por la tala indiscriminada de bosques y selvas que reduce la capacidad de los ecosistemas de absorber el agua de lluvia y escurrimientos, aumentando el riesgo de inundaciones, además, la degradación del suelo y la pérdida de la biodiversidad pueden aumentar la vulnerabilidad de las comunidades a eventos extremos.

4) La interconectividad global es un fenómeno que, tanto a nivel físico como digital, tiene potencial de magnificar los desastres naturales generando un impacto más amplio. Este potencial está asociado a que facilita que se propaguen los impactos más rápidamente a través de las redes de transporte y comunicación, afectando hasta regiones distantes, además de que, al existir una mayor interdependencia económica, esto puede agravar los impactos económicos detonados por los desastres.

¹ <https://www.un.org/es/global-issues/population#:~:text=La%20poblaci%C3%B3n%20mundial%20es%20m%C3%A1s,y%202000%20millones%20desde%201998>.

5) La falta de planificación y medidas de mitigación que sean adecuadas para disminuir la vulnerabilidad de las comunidades frente a los peligros naturales, aunado a problemas que se presentan por la falta de infraestructuras adecuadas y resistentes, además de la inexistencia de sistemas de alerta temprana y falta de concienciación de la población, que resulta en una limitada capacidad de respuesta y recuperación, ante los peligros que pueden agravar sus impactos.

Estos factores, además se dan en un entorno creciente de pobreza y desigualdad global que se refleja localmente. Esto, sin duda, es un amplificador de los impactos de los peligros naturales, que requieren de un análisis crítico que pueda evaluar su importancia actual, con una visión de futuro, que permita tomar decisiones debidamente informadas en diferentes temas asociados tanto a la planificación territorial, como a las políticas de atención y sobre todo de prevención de futuros peligros para el municipio.

El presente documento, inicia con una introducción al tema que considera los antecedentes de este tipo de herramienta, los objetivos de la misma, así como una descripción general del proyecto, la metodología empleada, y el alcance de la cartografía elaborada. Le sigue una sección con el marco normativo que da fundamento jurídico al este instrumento y otra sección que hace referencia a datos generales del municipio como el área de estudio y el mapa base que la representa. Las tres secciones que siguen, son primero las caracterizaciones de los elementos físicos y los elementos socio-económicos, y posteriormente los agentes de peligro considerados, que se dividen en tres partes de acuerdo al convenio del proyecto: peligros geológicos, hidrometeorológicos e incendios forestales; con sus respectivos cuadros y figuras, terminado con un apartado de conclusiones generales.

Introducción y Antecedentes

Los peligros naturales son fenómenos geológicos, meteorológicos o biológicos que pueden causar daños significativos al medio ambiente y a las comunidades humanas. Estos fenómenos incluyen terremotos, huracanes, inundaciones, erupciones volcánicas y deslizamientos de tierra, entre otros. Estudiar los peligros naturales es crucial para entender cómo se vinculan con los desastres naturales para desarrollar estrategias efectivas de mitigación y acciones de respuesta a los impactos. Este conocimiento es particularmente relevante para México, ya que es un país vulnerable a diversos peligros naturales. Estudiar los diferentes tipos de estos permite a las autoridades anticipar eventos catastróficos y tomar medidas preventivas. Acciones como el monitoreo de terremotos y la construcción de edificios sismorresistentes pueden reducir significativamente las pérdidas durante un sismo. Del mismo modo, los sistemas de alerta temprana para huracanes y la planificación urbana adecuada en zonas de riesgo pueden salvar vidas y proteger propiedades.

México enfrenta múltiples peligros naturales debido a su ubicación geográfica y características climáticas. Está situado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, que es una región con alta actividad sísmica y volcánica. Además, su posición continental, entre dos océanos, lo expone a huracanes y tormentas tropicales. Estas condiciones hacen que el estudio y la gestión de los peligros naturales sean esenciales para la seguridad y el desarrollo sostenible del país.

Particularmente, la zona del Golfo de México donde se ubica el estado de Tabasco, es especialmente vulnerable a los huracanes, debido a su localización en el trayecto de muchas tormentas tropicales que se forman en el Atlántico, y el Mar Caribe, que atraviesan en muchos casos la Península de Yucatán, saliendo al Golfo de México. Cada año, la temporada de huracanes presenta una amenaza recurrente para los estados costeros de esta región (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. 2001). Además, el impacto de los huracanes no solo se limita a la pérdida de vidas humanas y propiedades, también tiene efectos económicos significativos, especialmente en la industria petrolera y pesquera, que son vitales para la economía local y nacional, con potencial para causar derrames de petróleo y otros contaminantes, afectando gravemente los ecosistemas marinos y costeros.

Para mitigar los efectos de los peligros naturales, es esencial implementar medidas de adaptación y resiliencia. En el Golfo de México, esto incluye la construcción de infraestructuras resistentes a huracanes, la restauración de manglares y dunas costeras que actúan como barreras naturales, y la implementación de sistemas de alerta temprana y

evacuación eficientes. Además, la educación y la concientización pública también juegan un papel crucial, comunidades bien informadas y preparadas pueden responder de manera más efectiva ante un desastre. Programas de capacitación y simulacros regulares pueden mejorar la capacidad de respuesta y reducir el pánico durante una emergencia real.

En ese sentido, los "Atlas de peligros" son una herramienta cartográfica que proporciona información detallada sobre los diferentes tipos de estos en una determinada área geográfica, incluyendo mapas, gráficos y datos asociados a fenómenos como terremotos, inundaciones, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas, incendios forestales, entre otros. En la década de 1960, con el aumento de la conciencia sobre los desastres naturales, muchos países comenzaron a desarrollar atlas de peligros como parte de los esfuerzos de gestión de riesgos, donde se identificaban áreas propensas a los mismos, para poder considerarlos en la planificación urbana y establecer políticas de prevención y mitigación. Durante los 80's, el avance de tecnologías de Sistemas de Información Geográfica [SIG], permitió la creación de atlas de peligros que integraban datos geoespaciales y modelos para proporcionar información más detallada y precisa.

La gestión integral de riesgo, inicia en el mundo oficialmente con la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres en la ciudad de Sendai en Japón, que dio origen a lo que se conoce como el Marco de Sendai (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015), este es el documento rector establecido en materia de gestión del riesgo en el mundo. Este instrumento, establece una serie de objetivos, principios y acciones para guiar la gestión global de los riesgos de desastres, para los siguientes 15 años (2015-2030). Los objetivos propuestos para la reducción del riesgo de desastres y fortalecimiento de la resiliencia, se orientan a: 1) Evitar que se produzca nuevos riesgos; 2) Reducir la mortalidad; 3) Reducir el número de personas afectadas; 4) Reducir las pérdidas económicas y, 5) Reducir los daños a la infraestructura y los servicios básicos.

Su enfoque es preventivo, basado en analizar el riesgo, identificando y abordando las causas fundamentales de los estos, incluyendo factores sociales, económicos y ambientales, a través de la gestión para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de las comunidades. Este Marco tiene sustento en lo propuesto en la estrategia de Yokohama, Japón en 1994, para tener un "Mundo Más Seguro", en el tema de reducción de desastres naturales.

El objetivo del Atlas de Peligros del Municipio de Paraíso es conformar la primera fase para la elaborar el Atlas de Riesgos del municipio y tiene dos objetivos específicos:

- Evaluar los diferentes peligros Hidrometeorológicos, Geológicos y de Incendios Forestales para su análisis, conformando una base de datos con información de cada tema, una base cartográfica y los análisis necesarios para elaborar un Atlas de Peligros Municipales.
- Facilitar la jerarquización de los peligros con distintos niveles de atención, en el marco de una política de prevención, para que el municipio de Paraíso establezca prioridades en su planeación.

En particular, el Estado de Tabasco, al que pertenece el municipio, al estar ubicado en la región sureste de México, se encuentra en una de las zonas más vulnerables del país a los peligros naturales. Esta vulnerabilidad se debe a una combinación de factores geográficos, climáticos y socioeconómicos que aumentan el riesgo de desastres naturales, particularmente inundaciones y huracanes. Esta es una región con una topografía baja y plana, caracterizada por amplias llanuras costeras y numerosos ríos, siendo los más importantes el Grijalva y el Usumacinta. Esta configuración geográfica hace que el estado sea particularmente propenso a las inundaciones, especialmente durante la temporada de lluvias, cuando los ríos pueden desbordarse y anegar grandes extensiones de terreno. La pluviosidad de la región, además, es una de las más elevadas del país, lo que agrava esta situación, causando inundaciones recurrentes que afectan a las comunidades locales.

Independientemente de las inundaciones resultantes de eventos de precipitación extraordinarios, Tabasco está expuesto a huracanes y tormentas tropicales que se forman en el Atlántico llegando al Golfo de México ya sea por el canal de Panamá o a través de la Península de Yucatán, e incluso de algunos que golpean por el Pacífico al estado de Chiapas con efectos en el Sur de Tabasco. Estos fenómenos meteorológicos pueden traer lluvias intensas y vientos fuertes, que no solo causan daños directos a las infraestructuras, sino que también exacerban las inundaciones al aumentar el caudal de los ríos y los cuerpos de agua. El huracán Stan en 2005 y las intensas lluvias de 2007 son ejemplos de eventos que causaron devastación significativa en el estado, desplazando a miles de personas y destruyendo viviendas y cultivos.

La vulnerabilidad de Tabasco no solo se explica por sus características naturales, sino también por factores socioeconómicos. El estado tiene importantes niveles de marginación, lo que limita la capacidad de las comunidades para prepararse y responder adecuadamente a los desastres naturales. Muchas viviendas en áreas rurales y urbanas aún, están construidas con materiales precarios y carecen de la infraestructura necesaria para resistir inundaciones y tormentas. Además, la falta de acceso a servicios básicos y a programas de capacitación y concientización sobre la gestión de riesgos agrava la situación.

Cabe señalar, que la degradación ambiental también juega un papel crucial en la vulnerabilidad de Tabasco. La deforestación de las zonas de selva y la destrucción de humedales y manglares, que actúan ya sea absorbiendo los escurrimientos o como barreras naturales contra inundaciones, han reducido la capacidad del entorno para absorber y mitigar el impacto de las lluvias intensas y las marejadas ciclónicas. La pérdida de estos ecosistemas no solo incrementa la frecuencia y severidad de las inundaciones, sino que también afecta la biodiversidad y los medios de vida de las comunidades locales que dependen de estos recursos naturales.

En ese sentido, debido a que el municipio de Paraíso, como parte del territorio tabasqueño, está expuesto a fenómenos que afectan su espacio geográfico y ponen en peligro a su población, se hace necesario desarrollar un instrumento que identifique y dimensione estos fenómenos. Por lo mismo, el Instituto de Protección Civil del Estado de Tabasco, firmó un convenio con la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, para la “Elaboración de los Atlas de Peligros Municipales del Estado de Tabasco”, lo que permitirá que la administración del H. Ayuntamiento de Paraíso cuente con un instrumento con el que, a través de la integración y procesamiento de información histórica, estadística y geográfica organizada y actualizada, construya una estrategia de prevención de estos fenómenos.

Por consiguiente, el convenio específico estableció que el Instituto de Protección Civil del Estado de Tabasco [IPCET], como el responsable de gestionar con las diferentes instancias oficiales, la información necesaria para la identificación de los peligros municipales. En consecuencia, el IPCET, solicitó apoyo de las instancias de los tres niveles de gobierno, para tener acceso a información oficial, conforme la temática de cada peligro, que permitió realizar el análisis que aquí se presenta. Mismo que fue fortalecido a través de mantener una estrategia de vinculación con las autoridades del municipio, realizar talleres de trabajo y visitas de campo.

El presente instrumento fue integrado conforme a las metodologías que aplican de acuerdo a las guías y términos de referencia del Centro Nacional de Prevención de Desastres y la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, para cada tipo de peligro analizado. El alcance de cada análisis y los resultados cartográficos, dependió directamente de la información gestionada por el IPCET, que fue adaptada a las particularidades físico-geográficas del municipio (Centro Nacional de Prevención de Desastres [CENAPRED], 2021a). En ese sentido, la escala de elaboración dependió, tanto del área de estudio, como de la fuente y tipo de información; y la escala de representación cartográfica se determinó acorde tanto a la modelación realizada en cada caso y de la información representada.

El análisis se realizó, utilizando de un sistema de información geográfico, con la información gestionada por el IPCET de las principales instituciones de acopio de información del territorio de los tres niveles de gobierno. Esta información fue procesada de acuerdo a la metodología señalada, para identificar las áreas de incidencia de los fenómenos, y el grado de peligro al nivel correspondiente. Una vez identificados los peligros, se efectuó una zonificación y se generó la cartografía correspondiente para apoyar la localización de zonas de peligro. En el documento se integra la cartografía donde se encuentran delimitadas las zonas de peligro según corresponda debidamente categorizadas por cada tipo de fenómeno natural al que se encuentra expuesto el municipio, que corresponden a el anexo cartográfico que acompaña la entrega.

Marco normativo

En México, los “Atlas de Peligros” son un instrumento base para la construcción de una Gestión del Riesgo a nivel territorial, ayudan a identificar la vulnerabilidad de la población y generar medidas de prevención. Sin embargo, especialmente en esta época en que los cambios hidrometeorológicos están siendo cada vez más evidentes, es importante mantener estos instrumentos actualizados constantemente para mantener su vigencia.

Como parte importante de la agenda internacional, desde hace décadas el tema de reducción de los impactos asociados a eventos de desastres, Naciones Unidas ha promovido entre todos los países, la adopción de acciones que promuevan la Gestión de Riesgo a través de su oficina para la Reducción del Riesgo de Desastres [UNDRR] con base en el Marco de Sendai, que es el primer acuerdo de la agenda de desarrollo, que ofrece a los Estados miembros una serie de acciones concretas que se pueden tomar para proteger los beneficios del desarrollo contra el riesgo de desastres (ONU, 2015), que son vinculantes con la normatividad en México.

Actualmente, el marco normativo de Protección Civil en México, se encuentra compuesto por diversas leyes, reglamentos y normas que establecen las bases legales para la prevención, mitigación, preparación, respuesta y recuperación ante desastres y situaciones de emergencia. En orden de jerarquía, esta normativa inicia con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [CPEUM] (2024), de la que derivan, la Ley General de Protección

Civil [LGPC] (2023)², que es la ley principal que regula la protección civil en México, donde se establecen los principios, objetivos y políticas generales en esta materia, así como las responsabilidades de las autoridades y los derechos y obligaciones de los ciudadanos.

Así mismo en la Ley General de Desarrollo Social [LGDS] (2024), se incluye la atención y reducción de los riesgos de desastres y se establecen las bases para la coordinación de acciones entre los diferentes niveles de gobierno y la participación de la sociedad civil en la protección civil. En el mismo sentido, varias leyes de carácter federal complementan estos preceptos legales destacando: la Ley General de Asentamientos Humanos [LGAH] de 1993, hoy Ley General de Asentamientos Humanos Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano [LGAHOTDU] (2024), la ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente [LGEEPA] (2024) y la Ley General de Cambio Climático [LGCC] (2024).

De igual forma, la normatividad secundaria como son reglamentos y normas, se vinculan a este tema para precisar los diferentes niveles de atribución, como es el caso del Reglamento de la Ley General de Protección Civil [REG_LGPC] (2015), que contiene disposiciones más detalladas sobre los mecanismos de coordinación, los planes de protección civil, la prevención y la respuesta ante desastres, entre otros aspectos. Además, están las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en el tema de Protección Civil, con datos técnicos respecto a medidas de seguridad en el ámbito de la protección civil, que dan los requisitos mínimos y las medidas de seguridad para la prevención y respuesta ante diferentes riesgos, como incendios, sismos, inundaciones, entre otros, como los ejemplos que se señalan a continuación:

- NOM-008-SEGOB-2015; Personas con discapacidad, con las acciones de prevención y condiciones de seguridad en materia de protección civil en situación de emergencia o desastre. DOF 12-03-2012.
- NOM-003-SEGOB-2011; Señales y avisos para protección civil: colores, formas y símbolos a utilizar. DOF 23-12-2011.
- NOM-006-SEGOB-2015; Características y especificaciones de prevención, alertamiento y evacuación. DOF 21-02-2017.

² Actualmente existe una propuesta de Ley presentada por el ejecutivo federal con fecha 3 de octubre del 2023, publicada en la Gaceta Parlamentaria de la LXV Legislatura, donde se presenta una iniciativa de la Ley General de Protección Civil y Gestión del Riesgo de Desastres, remitida por la Cámara de Diputados al Senado de la República, como proyecto aprobado con fecha de 22 de marzo del 2024.

- NOM-026-STPS-2008; Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. DOF 25-11-2008.
- NOM-002-STPS-2010; Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo. DOF 9-XII-2010.

Cabe destacar que, en México, de acuerdo al artículo 115 constitucional, el municipio está facultado a la regulación de su territorio en el ámbito de su competencia, respecto a sus jurisdicciones territoriales que se asocian a políticas de ordenamiento territorial, e infraestructura. En ese sentido, es también el otorgante primario de los servicios de protección civil y, por lo tanto, el primer responsable en términos de estructura gubernamental, de prevenir, gestionar y mitigar los riesgos ante los peligros naturales y antropogénicos.

Conocer el grado de peligro que tienen los principales fenómenos hidrometeorológicos y geológicos en el espacio municipal, permite que las autoridades locales tomen mejores decisiones para un desarrollo con resiliencia ante posibles peligros, particularmente a través de la prevención. Esta información fortalecerá mediante el conocimiento de los peligros potenciales, a la toma de decisiones que orienten a las autoridades, y particularmente las de protección civil, así como a la población, sobre los principales fenómenos que pueden afectar el territorio que habitan.

Para el Estado de Tabasco, que es el promotor del Proyecto “Atlas de Peligros Municipales”, la Protección Civil tiene un enfoque de Gestión Integral de Riesgos, que proviene del Artículo 3ro de la Ley General de Protección Civil (2023): Artículo 3. “Los distintos órdenes de gobierno tratarán en todo momento que los programas y estrategias dirigidas al fortalecimiento de los instrumentos de organización y funcionamiento de las instituciones de protección civil se sustenten en un enfoque de gestión integral del riesgo.”

Además, estos instrumentos como señala el Artículo 4to. de la misma Ley, deben ceñirse al Plan Nacional de Desarrollo [PND] (2019) y al Programa Nacional de Protección Civil (2022). En ese sentido, en el PND, se menciona la importancia de una Estrategia Nacional de Seguridad en todos los ámbitos necesarios en el territorio, considerando importante tener instituciones estratégicas para lograrlo, que a su vez fortalezca el construir un país con bienestar.

Asimismo, según el Artículo décimo de la Ley General de Protección Civil, la Gestión Integral de Riesgos, considera como parte importante de inicio, la identificación de peligros. En ese sentido, y apegados al Plan Nacional de Desarrollo y al Programa Nacional de Protección Civil, se plantea el proyecto “Atlas de Peligros Municipales”.

De acuerdo con esta normativa, los Ayuntamientos tienen varias responsabilidades en materia de Protección Civil, incluyendo asegurar el correcto funcionamiento del Sistema Municipal en este tema, además de: coordinar sus labores con el Estado y la Federación; incorporar el programa Municipal de Protección Civil en el Plan de Desarrollo Municipal; destinar recursos para infraestructura y equipamiento; emitir declaratorias de Emergencia y Desastre; constituir fondos municipales para la prevención y atención de Emergencias y Desastres; firmar convenios de colaboración con el Estado; fomentar una cultura de prevención; atender inicialmente las emergencias en su jurisdicción; informar a las autoridades del sector sobre permisos de uso de suelo de empresas de riesgo; y cumplir con las demás disposiciones de la Ley de Protección Civil. En ese sentido, destaca la incorporación del Programa de Protección Civil Municipal, en el Plan de Desarrollo Municipal y la constitución de un fondo para la prevención y atención de emergencias y desastres de origen natural. En apoyo a las responsabilidades citadas, este proyecto busca elaborar la primera fase de un Atlas de Riesgos, a través de la identificación de los Peligros Municipales, como un marco de trabajo, y para conformar más adelante el Atlas de Riesgos Municipal. Este proceso estuvo acompañado de trabajo de campo en el municipio, para concentrar los conocimientos y experiencias locales en un documento y en el material cartográfico, como herramientas de consulta pública y toma de decisiones.

Debido a la importancia del tema, se consideró como definición de Peligro asociado a eventos naturales: “Toda aquella situación que afecta alguna de las dimensiones de nuestro bienestar, o sea que es posible la ocurrencia de un incidente potencialmente dañino. Es decir que el peligro es todo aquel suceso capaz de ocasionar una situación de daño ya sea a la salud de la población o bien a la integridad de sus bienes.” Por lo mismo se señala que el peligro puede ser activo, en el momento en el cual se presenta el suceso, o potencial cuando el suceso o fenómeno que lo genera no está activo, pero puede existir a corto, medio, o largo plazo, dependiendo de la naturaleza de las causas que crean peligro, con base a lo considerado por CENAPRED (2021a).

Caracterización del Municipio

Datos Generales del Municipio

El municipio de Paraíso de 484.84 km² (ocupa el 1.6% de la superficie del estado), se localiza en la región de la Chontalpa al norte del estado de Tabasco en la costa del Golfo de México. Se ubica entre los paralelos 18°16' y 18°27' de latitud norte; los meridianos 92°59'

y 93°32' de longitud oeste; altitud entre 0 y 10 m s.n.m., con una población de acuerdo al último censo del INEGI (2021a) de 96,741 habitantes (tabla 1). Por su extensión ocupa el sexto lugar en el estado, de acuerdo con Taracena Padrón (1957), su nombre se asocia a un frondoso árbol conocido como [Paraíso] de la familia Meliaceae, introducido de Asia y común en las zonas tropicales de México, que se encontraba en un desembarcadero utilizado por los viajeros para atracar sus embarcaciones, al margen derecho del Río Seco, donde empezó a desarrollarse la localidad a la que le quedó ese nombre que se funda oficialmente el 25 de abril de 1923 (López-Reyes, 1980). El 18 de diciembre de 1883, según la Ley Orgánica de la División Territorial del Estado de Tabasco, se crea oficialmente el municipio de Paraíso y a finales de 1890 (López-Reyes, 1980). Limita al norte con el Golfo de México y el municipio de Centla; al este con los municipios de Centla y Jalpa de Méndez; al sur con los municipios de Jalpa de Méndez y Comalcalco; al oeste con los municipios de Comalcalco, Cárdenas, y el Golfo de México. (INEGI, 2010b).

Tabla 1. Información general del municipio.

Indicador	Personas	Porcentaje
Población	96,741	100
Mujeres	49,069	50.72
Hombres	47,672	49.27
Rural	47,190	48.78
Urbana	49,550	51.21

Cuenta con 48 localidades, 30 de las cuales tiene más de mil habitantes, además de 14 ejidos, 25 rancherías, 10 colonias, y una villa. En este municipio se localiza un puerto de altura, uno de los más importantes de la región y el más importante del estado “Dos Bocas”.

La economía del municipio se basa principalmente en los sectores pesquero y energético (petróleo), de acuerdo con el INEGI, más del 45 por ciento de la producción pesquera, proviene de Paraíso. Sin embargo, la economía del municipio se basa principalmente en el sector secundario, con la producción y extracción de petróleo crudo y gas natural. El sector primario, conformado por la agricultura, la ganadería y la pesca aportan un menos del 1% a la producción total del municipio. Los principales productos agrícolas que se cultivan en nuestro municipio son los siguientes: Cultivos cíclicos: maíz, frijol y sandía. Cultivos perennes: cacao, coco, naranja, pimienta, mango, toronja, limón agrio y tamarindo. La actividad turística se sustenta en las playas que son de las más visitadas del Estado, entre las que destacan Paya Paraíso, Playa Dorada, Playa Caracol, y La Barra.

Mapa Base

Un componente clave en cualquier tipo de caracterización es el uso de un mapa base. Un mapa base es una representación gráfica que proporciona un marco de referencia común para la integración y análisis de diversos tipos de información espacial. Un mapa base incluye elementos fundamentales como fronteras geográficas, redes hidrográficas, vías de comunicación, límites administrativos, y características topográficas. Estos elementos sirven como referencia para superponer y analizar datos adicionales, tales como información demográfica, socioeconómica y ambiental. Además, un mapa base permite la integración de diversos conjuntos de datos geoespaciales, facilitando el análisis multidimensional, facilitando la comunicación de resultados y hallazgos a diferente público, incluidos tomadores de decisiones, investigadores y el público en general.

En este caso el análisis de peligros, inicia con la construcción de un mapa base que permita la ubicación geográfica de los mismos, y que incluye los límites oficiales correspondientes y los elementos geográficos básicos oficiales determinados por el INEGI (2010a), como límites geográficos, vías de comunicación, y cuerpos de agua, mismos que utilizados para sobreponer las diferentes capas de información que se identifican o se desarrollan a lo largo de este documento, de acuerdo con lo que defina la metodología utilizada (figura 1) y forman parte de la información entregada para ser sobrepuesta por los usuarios en caso necesario.

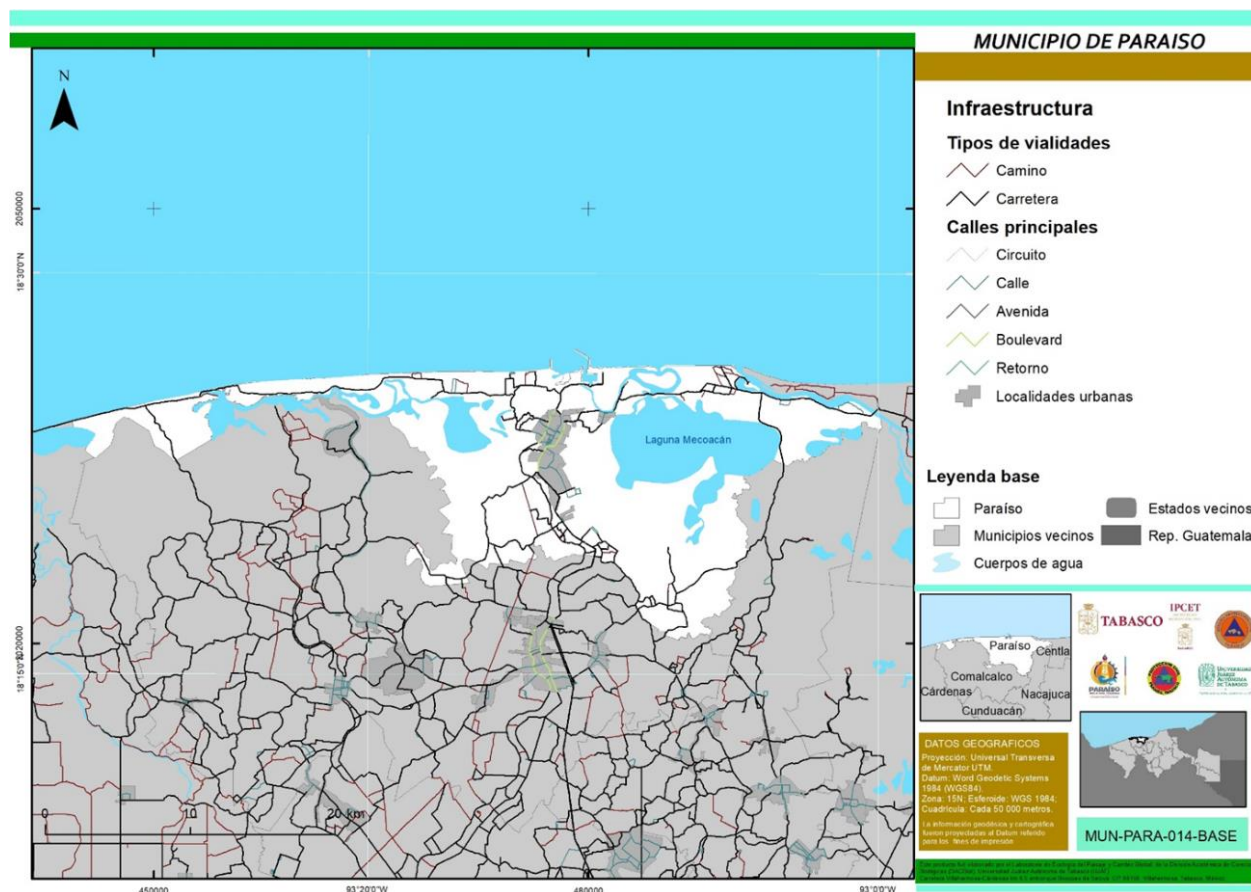


Figura 1. Mapa base del municipio de Paraíso.

Caracterización de los elementos del medio físico

La caracterización del medio físico es fundamental para entender el entorno natural y planificar el uso sostenible de los recursos. Los elementos más importantes de este tipo de caracterización incluyen el relieve, el clima, la hidrografía, la geología y el suelo. Estos componentes interrelacionados determinan las condiciones ambientales del paisaje y las posibilidades de desarrollo de una región, planificar su uso sostenible, y la mitigación de peligros naturales, contribuyendo así a un desarrollo más sostenible y resiliente.

En general el relieve es crucial porque influye en otros factores del medio físico, como el clima y la hidrografía, además, el clima explica las condiciones atmosféricas en una región, y la hidrografía estudia la distribución y características de los cuerpos de agua, como ríos, lagos

y acuíferos. Por otro lado, la geología se enfoca en la composición y estructura de la corteza terrestre e incluye el estudio de rocas, minerales, y procesos geológicos como la tectónica de placas, la erosión y la sedimentación. Asimismo, el suelo es la capa superficial de la Tierra donde crecen las plantas, y su gestión adecuada es crucial para prevenir la degradación y la desertificación. En este sentido, la cartografía utilizada para la caracterización del medio físico proviene del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2024), fuente oficial de dicha información, gestionada por el IPCET para su uso en este proyecto.

Geología

La geología es fundamental en el análisis de peligros naturales debido a su enfoque en el estudio de la composición, estructura y procesos dinámicos de la Tierra. Este campo de estudio proporciona conocimientos cruciales sobre fenómenos geológicos que pueden representar riesgos significativos para las comunidades humanas y el medio ambiente.

Además, la geología permite la identificación y comprensión de diversos peligros geológicos, como terremotos, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas y tsunamis. Estos eventos pueden tener impactos catastróficos en la vida humana, la infraestructura y los ecosistemas, por ejemplo, el análisis de fallas geológicas y la actividad sísmica ayuda a identificar áreas propensas a terremotos, lo que es crucial para la planificación urbana y la construcción de edificaciones sismorresistentes.

En ese sentido, los estudios geológicos proporcionan los datos necesarios para evaluar diferentes peligros naturales, esto incluye la frecuencia y magnitud de los eventos geológicos, así como su posible impacto en áreas específicas, su evaluación es vital para desarrollar mapas de peligros y guías de planificación territorial que ayuden a mitigar los efectos de desastres naturales. Con un conocimiento detallado de la geología de una región, se pueden diseñar infraestructuras más seguras y resilientes, en particular, en áreas propensas a deslizamientos de tierra, se pueden implementar medidas de estabilización del suelo y restricciones de uso. Además, en regiones volcánicas, la geología ayuda a establecer zonas de exclusión y rutas de evacuación. También es importante en la protección de recursos naturales que pueden ser afectados por peligros geológicos. Asimismo, la conservación de suelos y la prevención de erosión son aspectos fundamentales para la sostenibilidad ambiental y la agricultura.

Geológicamente, el territorio de municipio es del periodo Cuaternario, con rocas del origen Palustre (29.27%), Aluvial (22.27%), Litoral (18.47%) y Lacustre (7.85%) (figura 2). Tiene una planicie baja de inundación lagunar, con materiales finos a arenosos acumulados por corrientes de agua salobre, por las corrientes que comunican a las lagunas costeras; protegida por la planicie de cordones de playa. Se presenta una acumulación de turba por el anegamiento y por los residuos del manglar, además, la planicie palustre, permanece inundada con agua dulce la mayor parte del año, tiene una capa de turba sobre los sedimentos aluviales resultado de la descomposición de los materiales aportados por la vegetación hidrófila (Zavala-Cruz *et al.*, 2016).

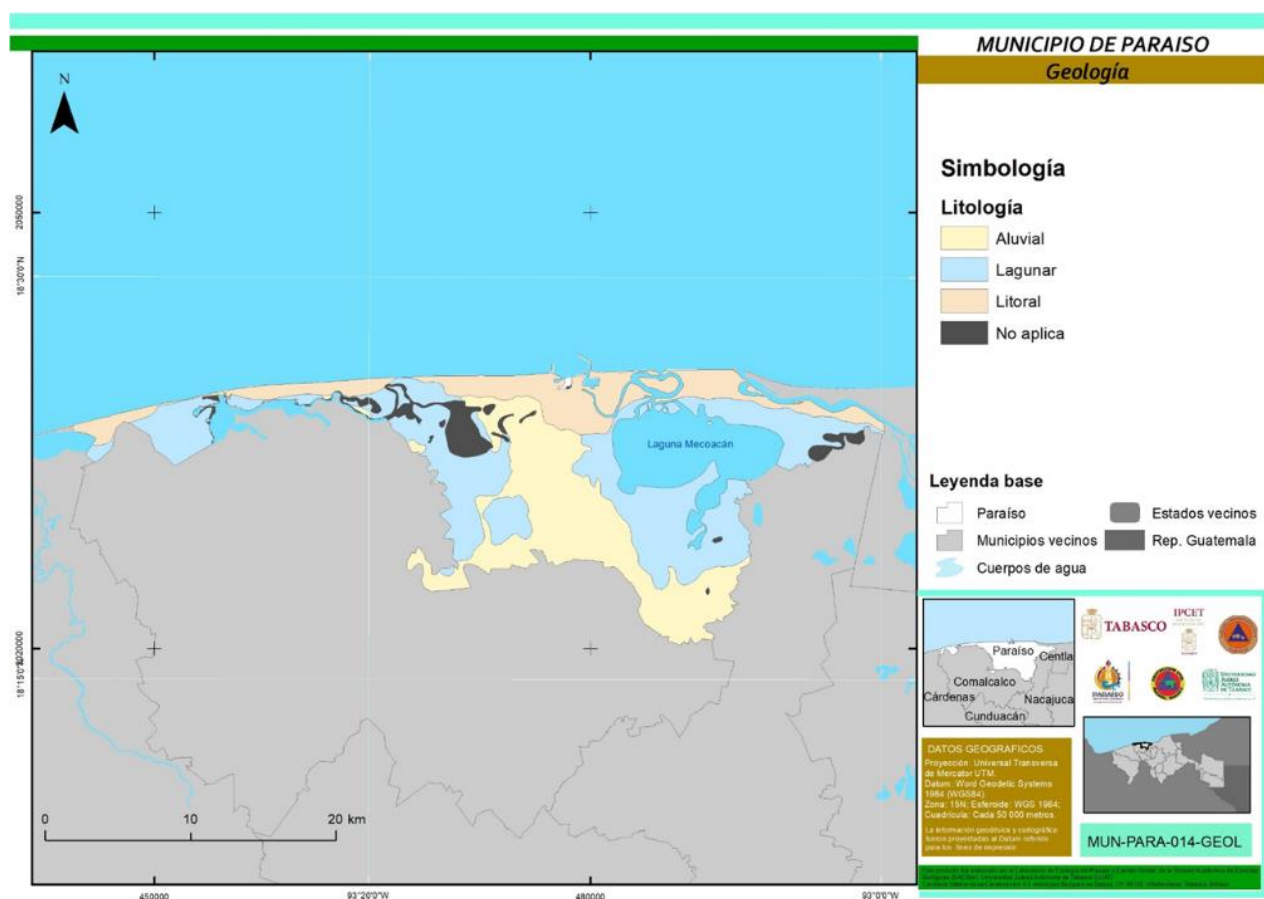


Figura 2. Mapa Geológico de Paraíso.

Geomorfología

La geomorfología ayuda a identificar zonas susceptibles a diversos peligros naturales, como deslizamientos de tierra, inundaciones, avalanchas y erosión costera. Al estudiar las características del terreno, como pendientes, tipos de suelo y la presencia de fracturas, los geomorfólogos pueden determinar las áreas que están en mayor riesgo, por ejemplo, terrenos con pendientes pronunciadas y suelos inestables son más propensos a deslizamientos de tierra.

En general, la geomorfología proporciona una comprensión profunda de los procesos naturales que moldean el paisaje, como la erosión, la sedimentación, la actividad fluvial y los movimientos de masas. Estos procesos pueden desencadenar o exacerbar peligros naturales, en ese sentido, la erosión fluvial puede debilitar las orillas de los ríos, aumentando el riesgo de inundaciones y desbordamientos, eventos que se presentan en Tabasco.

Además, al analizar la historia y la evolución del paisaje, los geomorfólogos pueden prever la frecuencia y la magnitud de los eventos peligrosos. Esta evaluación es vital para la planificación y la implementación de medidas preventivas, esto es, en áreas propensas a deslizamientos, la geomorfología puede ayudar a desarrollar estrategias de mitigación, como la reforestación o la construcción de muros de contención.

En general, la geomorfología emplea diversas técnicas de monitoreo para predecir y evaluar los cambios en el paisaje que puedan indicar un riesgo inminente. El uso de herramientas como el mapeo topográfico, imágenes satelitales y sensores remotos permite detectar movimientos de tierra, cambios en la vegetación y otros indicadores de peligros naturales. Este monitoreo continuo es fundamental para emitir alertas tempranas y tomar medidas de prevención.

Por lo que se refiere a la información geomorfológica, esta es crucial para la planificación y mitigación de peligros. Con un conocimiento detallado de las características y los procesos del terreno, es posible diseñar infraestructuras y políticas de uso del suelo que minimicen el impacto de los desastres naturales, como muestra de esto, en áreas inundables, la geomorfología puede guiar la construcción de defensas fluviales y la ubicación de asentamientos en zonas menos vulnerables.

En ese sentido, la geomorfología también es vital para la conservación de ecosistemas que pueden ser afectados por peligros naturales. Comprender cómo los procesos geomorfológicos influyen en el paisaje permite desarrollar estrategias para proteger y restaurar ecosistemas cruciales, como humedales, dunas costeras y bosques de ribera. Estos ecosistemas no solo son importantes para la biodiversidad, sino que también actúan como barreras naturales que pueden mitigar el impacto de los desastres naturales.

Asociado a la ubicación del municipio, las Unidades Geomorfológicas reciben el nombre de la región en la que se localizan, identificándose cuatro diferentes (tabla 2, figura 3). Los tipos de la geomorfología son típicos de zonas costeras de acumulación con remanentes de cordones litorales.

Tabla 2. Datos de las Unidades geomorfológicas del municipio de Paraíso.

Unidades Geomorfológicas	Superficie	
	Km ²	%
a de la Chontalpa	112	27.6
barrera con dunas y relictos de cordones	28	7.0
cordones de playa antiguos	17	4.3
disposición baja con influencia de marea	248	61.0

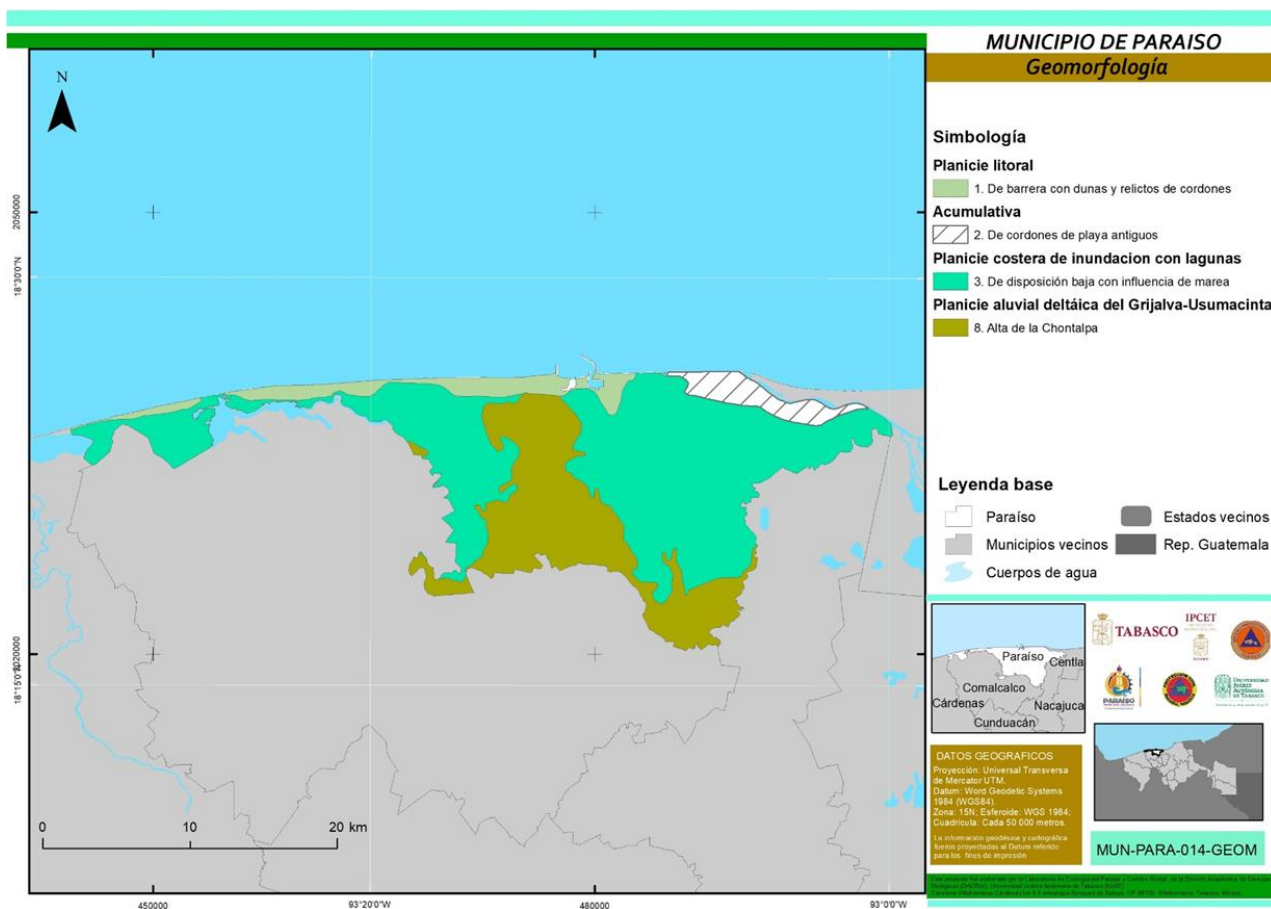


Figura 3. Mapa de Geomorfología del Municipio de Paraíso.

Fisiografía

La fisiografía, analiza las características físicas y naturales del paisaje, este campo proporciona una comprensión integral de cómo las diversas características del terreno, como las formas del relieve, los sistemas de drenaje y las variaciones en la cobertura del suelo, influyen en la ocurrencia y el impacto de los desastres naturales. En ese sentido la fisiografía permite identificar áreas propensas a diversos peligros naturales, como inundaciones, deslizamientos de tierra, sequías y tormentas. Al analizar las características físicas del paisaje, como la pendiente, la elevación y la distribución de las cuencas hidrográficas, se pueden determinar las zonas que están en mayor riesgo, como es el caso de las llanuras aluviales y las zonas bajas son más susceptibles a inundaciones.

Además, la fisiografía proporciona una visión detallada de la dinámica del paisaje, incluyendo la interacción entre los procesos geomorfológicos, hidrológicos y climáticos. Esta comprensión es crucial para anticipar cómo las características físicas del terreno pueden amplificar o mitigar los efectos de los peligros naturales. El análisis fisiográfico incluye la identificación de factores físicos que pueden influir en la severidad y la frecuencia de eventos peligrosos. Esta área de estudio, utiliza diversas herramientas y técnicas para monitorear y predecir cambios en el paisaje que puedan indicar la presencia de peligros naturales. El uso de tecnologías como la teledetección, los sistemas de información geográfica (SIG) y los modelos digitales del terreno permite una vigilancia continua del medio físico. Este monitoreo es crucial para detectar cambios en la topografía y en la cobertura del suelo que puedan preceder a desastres naturales.

Esta información es esencial para la planificación y mitigación de riesgos. Con un conocimiento detallado de las características físicas del terreno, se pueden diseñar infraestructuras y políticas de uso del suelo que minimicen el impacto de los desastres naturales, en particular, en áreas propensas a deslizamientos de tierra, la fisiografía puede guiar la construcción de muros de contención y la implementación de prácticas de gestión sostenible del suelo.

Toda la superficie terrestre del municipio, corresponde a, la Provincia Llanura costera del Golfo Sur, que se extiende desde Veracruz en la subprovincia Llanuras y pantanos Tabasqueños (y que corresponde a una planicie de baja altitud que se prolonga a la costa y dentro del mar, formando lo que se conoce como plataforma continental (INEGI, 2010).

Subcuencas

Delimitar las subcuencas hidrográficas es una práctica esencial en el análisis de peligros naturales, ya que proporciona información crucial sobre la dinámica del agua y el comportamiento de los terrenos en una región específica. Las subcuencas juegan un papel vital en la gestión de inundaciones. Al delimitar las subcuencas, se puede entender mejor cómo se distribuye y fluye el agua en una cuenca mayor, esto permite identificar áreas específicas que son propensas a inundaciones y desarrollar estrategias de mitigación adecuadas. En ese sentido, se pueden diseñar sistemas de drenaje y construir diques en puntos críticos para controlar el flujo de agua y reducir el riesgo de inundaciones.

Las subcuencas influyen en la estabilidad del suelo y en la probabilidad de deslizamientos de tierra. En general, delimitación de subcuencas permite identificar zonas con pendientes pronunciadas y suelos inestables que pueden estar en riesgo. Este conocimiento es crucial para implementar medidas preventivas, como la reforestación, la construcción de muros de contención y la planificación de usos del suelo que eviten construcciones en áreas peligrosas. Este análisis facilita el análisis de la erosión del suelo, ya que permite identificar áreas donde la erosión es más intensa debido a factores como la pendiente, el tipo de suelo y la cobertura vegetal. Este análisis es esencial para diseñar prácticas de conservación del suelo y gestionar adecuadamente el uso de la tierra para prevenir la degradación y la pérdida de suelo fértil. Además, es fundamental para una gestión eficiente de los recursos hídricos y las subcuencas actúan como unidades naturales de gestión, permitiendo una planificación más precisa del uso del agua, la recarga de acuíferos y la distribución de recursos hídricos entre diferentes usuarios. Una gestión adecuada de las subcuencas ayuda a garantizar la disponibilidad y calidad del agua, lo cual es crucial para el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente.

Conocer su delimitación, permite un monitoreo más efectivo de los eventos hidrológicos extremos, como tormentas intensas y sequías. Al tener una comprensión detallada de cómo se comporta el agua en diferentes partes de la cuenca (CONAGUA, 2024), es posible desarrollar modelos predictivos más precisos que pueden emitir alertas tempranas y permitir una respuesta rápida ante eventos extremos. Esto es crucial para minimizar los daños y proteger a las comunidades, y los ecosistemas, que contienen ecosistemas acuáticos cruciales, como ríos, lagos y humedales, que necesitan ser protegidos

El municipio se localiza entre dos grandes regiones hidrológicas, la de Coatzacoalcos (RHA29), que corresponde a parte de la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente lagos hacia el mar. La cuenca hidrológica RH29 es la unidad de gestión determinada por la Comisión Nacional del Agua de este recurso, asociada a la influencia del río Coatzacoalcos. Dentro de esta región el municipio se localiza en la subcuenca del Río Tonalá (32.25%) y es una superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye a través de ese río hasta la zona de lagunas, La otra región de este del municipio corresponde a la subcuenca del río Grijalva que pertenece a la región Hidrológica RH30 Grijalva-Usumacinta. Las corrientes de agua perennes del municipio son: Seco, Verde, y Cuxcuchapa, además de los cuerpos de agua perennes está Grande de las Flores, la Laguna Mecoacán, Tilapa, Tinaja y Cocal.

Edafología

El estudio de los suelos y sus propiedades, es indispensable en el análisis de peligros naturales, al comprender las características y comportamientos del suelo se puede evaluar y mitigar los riesgos asociados con desastres naturales, tales como inundaciones, deslizamientos de tierra, sequías y erosión. La edafología permite evaluar la estabilidad del suelo, para identificar áreas propensas a deslizamientos de tierra. Su estudio muestra que suelos con alta plasticidad, baja cohesión o que están saturados de agua son más susceptibles a deslizamientos. Al entender las propiedades físicas y mecánicas del suelo, como su composición, estructura y capacidad de retención de agua, se pueden tomar medidas preventivas, como la estabilización del suelo y la gestión adecuada del uso del terreno.

En la gestión de inundaciones, es vital conocer las características del suelo, así como su capacidad de infiltración, su permeabilidad y la presencia de capas impermeables que afectan la velocidad y la cantidad de escorrentía superficial durante lluvias intensas. Los suelos con baja capacidad de infiltración pueden provocar un aumento de la escorrentía, incrementando el riesgo de inundaciones. Además, edafología ayuda a identificar estas características y a implementar prácticas de manejo del suelo que mejoren la infiltración y reduzcan la escorrentía.

La erosión del suelo es un problema grave que puede ser exacerbado por eventos naturales como lluvias torrenciales y vientos fuertes, en ese sentido, la edafología estudia los factores que contribuyen a la erosión, incluyendo la textura, estructura y cobertura del suelo. Con esta información, se pueden diseñar estrategias de conservación del suelo, como la reforestación, el uso de coberturas vegetales y la construcción de terrazas, para reducir la pérdida de suelo y proteger la productividad agrícola y la estabilidad de los ecosistemas.

Los suelos del municipio en general se consideran recientes y en su mayoría expuestos a agentes externos como agua o clima. El tipo de suelo más abundante del municipio es el Solonchak (26%) que es un suelo que se presenta en zonas cercanas a las lagunas costeras, salinas y arcillosas, que presentan inundación por agua salobre una buena parte del año. Es típico de la planicie de inundación lagunar con material parental de sedimentos aluviales, lacustres y palustres del Cuaternario. En esta zona de planicie costera de cordones de playa, se desarrollan sobre sedimentos marinos arenosos. Su principal característica es la salinidad, la cual se acrecienta en la época de secas (Palma-López *et al.*, 2017).

Siguen en abundancia los Vertisoles (21.2%) son suelos que después de mezclados en las capas superficiales tienen 30 % o más de arcilla; poseen grietas la mayor parte del tiempo debajo de la superficie especialmente en la época seca, a menos que estén irrigados o húmedos, lo que los vuelve algo plásticos. Estas características hacen que el manejo de este tipo de suelo sea complicado, sin embargo, un buen manejo permite buenas tasas de productividad para algunos cultivos (Palma-López et al., 2017).

Los Gleysoles (13.2%) se caracteriza por tener gran cantidad de arcillas expandibles, por lo que se les considera difíciles para uso de maquinaria. Estos suelos en temporada de lluvias se anegan fácilmente y se vuelven resbalosos e impermeables. Sin embargo, en temporada de estiaje son duros y con profundas grietas, con dificultad para el uso de maquinaria agrícola, rompiendo las raíces de las plantas. Nutritionalmente, son suelos ricos y con un pH que fluctúa de ligeramente ácido a neutro. Finalmente, los Arenosoles, típicos de las planicies costeras de cordones de playa de formación marina del Cuaternario Holoceno es el menos abundante (tabla 3, figura 4).

Tabla 3. Datos de los tipos de suelos del municipio de Paraíso.

Tipos de Suelos	Superficie	
	Km ²	%
enosol	75	18.6
eysol	53	13.2
lonchak	106	26.0
rtisol	86	21.2
aplica	85	21.0

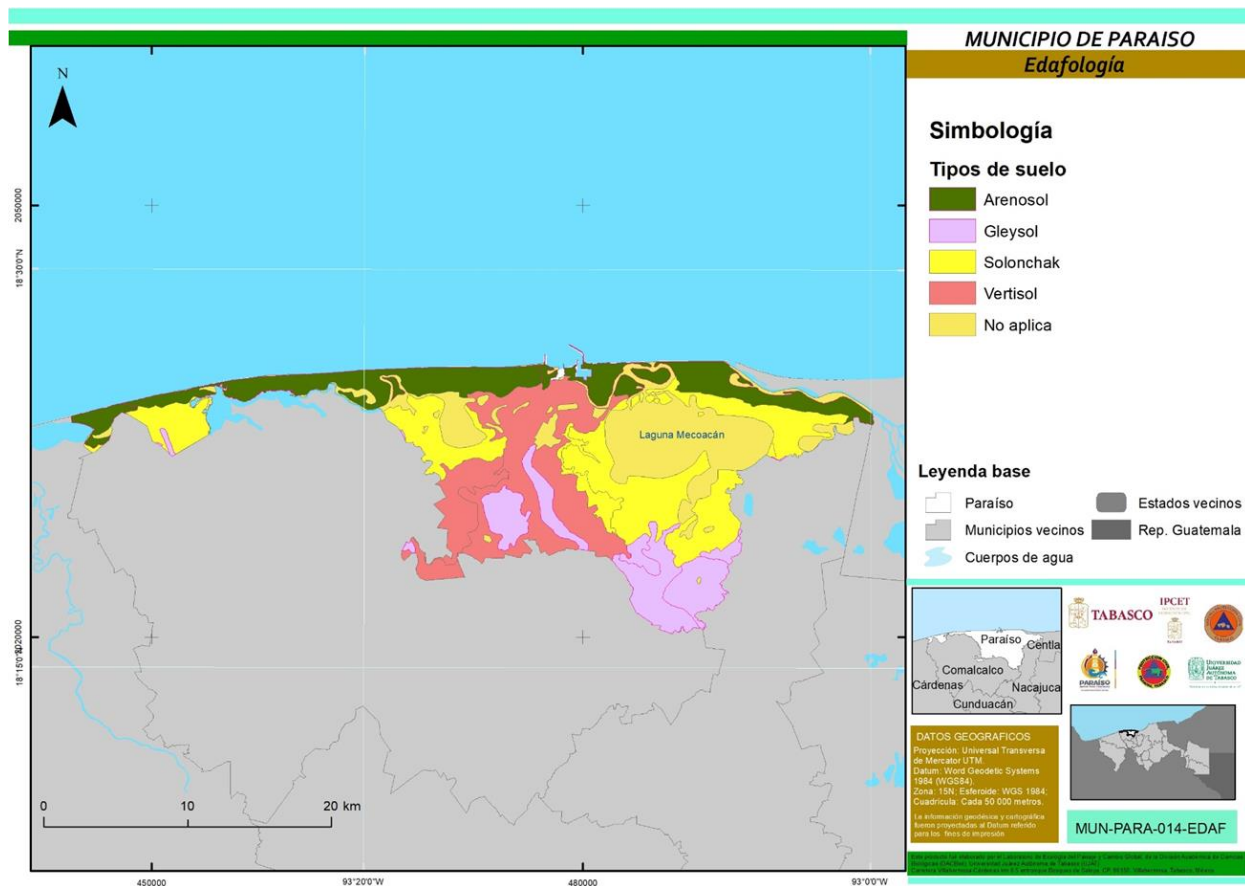


Figura 4. Mapa de la distribución de los tipos de suelos del municipio de Paraíso.

Clima

Entender las características del clima es fundamental en el análisis de peligros naturales debido a la influencia directa que tiene sobre la frecuencia, intensidad y naturaleza de estos eventos. Comprender la dinámica climática de una región permite anticipar y mitigar los riesgos asociados con desastres naturales como inundaciones, sequías, huracanes y olas de calor. El clima determina la ocurrencia de diversos peligros naturales, además, las regiones con climas húmedos y lluviosos son más propensas a inundaciones y deslizamientos de tierra, mientras que áreas con climas secos son susceptibles a sequías e incendios forestales. En general, el análisis climático ayuda a identificar estos peligros y a evaluar su frecuencia y severidad, lo que es crucial para la planificación y la mitigación de riesgos.

Así mismo, el clima influye directamente en los patrones de precipitación, que a su vez afectan la probabilidad de inundaciones, las lluvias intensas y prolongadas pueden saturar el suelo y superar la capacidad de drenaje de las cuencas hidrográficas, provocando inundaciones. En ese sentido, el estudio del clima permite prever estos eventos y diseñar infraestructuras y políticas de manejo del agua que reduzcan el riesgo de inundaciones. Además, las sequías son fenómenos climáticos que resultan de la falta prolongada de precipitación. Por lo mismo, el análisis climático es esencial para comprender los patrones de lluvia y la disponibilidad de agua en una región. Con esta información, se pueden implementar prácticas de gestión del agua, como la construcción de embalses y la adopción de técnicas de riego eficiente, para mitigar los efectos de las sequías y asegurar el suministro de agua durante los periodos secos. Por otro lado, el clima afecta la formación y trayectoria de huracanes, tormentas tropicales y frentes fríos. El análisis de las condiciones climáticas, como la temperatura del mar y la circulación atmosférica, permite predecir estos eventos y emitir alertas tempranas. Esto es crucial para la preparación y respuesta ante huracanes, que pueden causar devastación en términos de daños materiales y pérdida de vidas humanas

En general, el clima desempeña también un papel crucial en la ocurrencia y propagación de incendios forestales. Factores climáticos como la temperatura, la humedad y la velocidad del viento influyen en la probabilidad de incendios. El monitoreo climático y la implementación de medidas de gestión del fuego, como la creación de cortafuegos y la realización de quemas controladas, son esenciales para prevenir y controlar los incendios forestales.

El municipio tiene un solo tipo clima del grupo de los cálidos húmedos (Am(f)), donde se tienen lluvias todo el año, al tener un alto porcentaje de posibilidades de lluvia invernal, pero la mayor parte de las lluvias fuertes son en verano. En general los veranos son largos, cálidos y nublados; los inviernos son cortos, calurosos, y mayormente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 21 °C a 33 °C y rara vez baja a menos de 19 °C o sube a más de 34 °C.

La temperatura media varía entre 26°C a 28°C. Se presenta poca variación de las precipitaciones a lo largo del año, aunque estas disminuyen en invierno. Los veranos son largos, de mayo a septiembre, cálidos y nublados; los inviernos son cortos, calurosos y mayormente despejados. Durante el transcurso del año, La temperatura varía de 20°C a 34°C y rara vez baja a menos de 17°C en las zonas con mayor altitud o sube a más de 38 °C.

El mes más cálido del año en Paraíso es agosto con una temperatura máxima promedio de 28°C y mínima de 25 °C. La temporada más fría dura 2.5 meses, de diciembre a mediados de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria en esa época es de menos de 28°C. El

mes más frío del año es enero, con una temperatura mínima promedio de 21°C y máxima de 27°C.

El régimen de precipitación se caracteriza por un total de caída de agua que va de 1,500 a 2,500 milímetros al año, septiembre el más lluvioso con un promedio de 23 días al mes con lluvia de, el mes con menos lluvias regularmente es abril.

Vegetación y Uso del suelo

Saber el tipo de vegetación tiene una influencia significativa en el análisis de peligros naturales ya que ayuda a la mitigación de eventos extremos. Comprender la distribución y las características de la vegetación permite evaluar y mitigar los riesgos asociados con desastres naturales como inundaciones, deslizamientos de tierra, sequías e incendios forestales. La vegetación contribuye significativamente a la estabilización del suelo mediante sus raíces, que actúan como una red que mantiene el suelo en su lugar y previene la erosión. En zonas con pendientes pronunciadas, la vegetación ayuda a reducir el riesgo de deslizamientos de tierra al fortalecer la cohesión del suelo, en ese sentido, en las áreas sin vegetación, los suelos son más susceptibles a la erosión y a los deslizamientos, especialmente durante eventos de lluvia intensa.

La vegetación, también desempeña un papel crucial en la regulación del ciclo hidrológico, las plantas interceptan la lluvia, reduciendo la velocidad del agua que llega al suelo y aumentando la infiltración. Además, las raíces de las plantas ayudan a mejorar la estructura del suelo, facilitando la percolación del agua y reduciendo la escorrentía superficial. Esto es vital para la reducción del riesgo de inundaciones y para la recarga de acuíferos. Por otro lado, la vegetación ribereña, que se encuentra a lo largo de los cursos de agua, es particularmente importante para mitigar las inundaciones. Esta vegetación actúa como una barrera natural que reduce la velocidad del flujo de agua, promoviendo la sedimentación y disminuyendo la erosión de los bordes. En las llanuras de inundación, la vegetación puede absorber grandes cantidades de agua, reduciendo la magnitud de las inundaciones aguas abajo.

Además, vegetación o el uso del suelo que se realice, influye en mitigar o exacerbar el riesgo de incendios forestales. Mientras que la vegetación densa y saludable puede actuar como una barrera contra la propagación del fuego, la acumulación de material vegetal seco y muerto puede aumentar el riesgo de incendios. La gestión adecuada de la vegetación,

incluyendo la eliminación de combustible vegetal acumulado y la promoción de prácticas de manejo forestal sostenible, es crucial para prevenir y controlar incendios forestales. De igual forma, seguir las recomendaciones sobre las quemas agrícolas permite que no tener incendios no deseados.

En el municipio un poco más de la mitad del territorio es de zonas de humedales, lagunas y manglar o vegetación secundaria de estos tipos de vegetación (61.7%), solo el 32.52% es utilizado para actividades agropecuarias (tabla 4, figura 5).

Tabla 4. Datos de los usos del suelo y vegetación del municipio.

Categoría	km ²	%
Agricultura de temporal permanente	96	23.7
Entamientos humanos	15	3.8
Reservo de agua	92	22.8
Desprovisto de vegetación	7	1.8
Manglar	114	28.1
Agostizal cultivado	34	8.4
Agostizal halófilo	1	0.3
Agostizal inducido	1	0.3
Palmar	0	0.0
Agostizal	29	7.3
Vegetación halófila hidrófila	2	0.5
Vegetación secundaria arbustiva de manglar	10	2.6
Vegetación secundaria arbustiva de vegetación halófila hidrófila	1	0.4

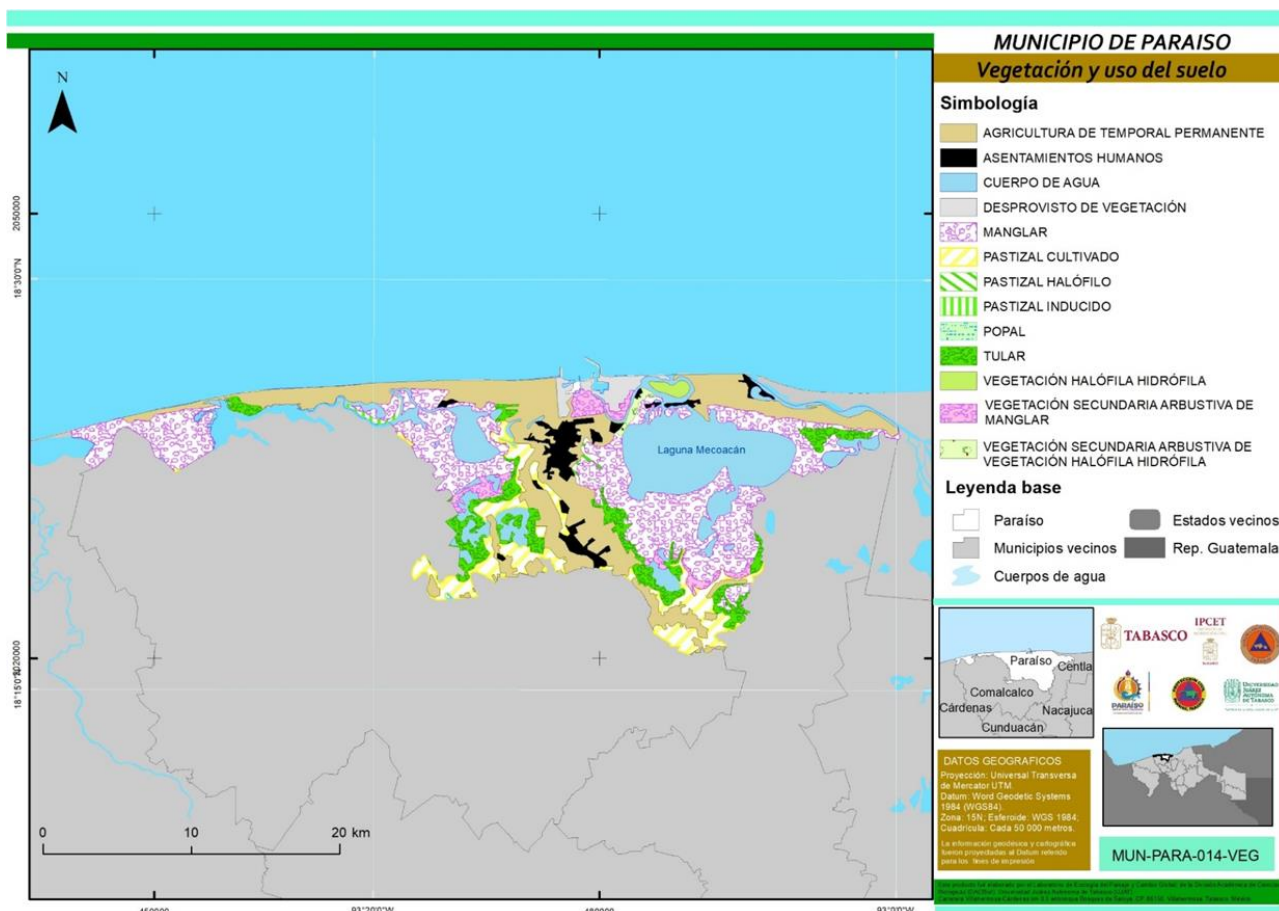


Figura 5. Mapa de Vegetación y Uso del suelo del municipio de Paraíso.

Caracterización de los elementos demográficos, sociales y económicos

Para poder comprender y abordar la gestión de riesgo y la implementación de políticas de mitigación en cualquier región, es imprescindible conocer las características sociales y económicas de la población. En México y, específicamente, en Tabasco, la caracterización de los elementos demográficos, sociales y económicos proporcionan un marco integral que permite a los tomadores de decisiones diseñar estrategias efectivas y focalizadas. Particularmente respecto a la demografía se incluyen factores como la distribución de la

población, la densidad poblacional, la edad, el género y la composición étnica. En el contexto de los peligros naturales, estos factores son esenciales para identificar grupos vulnerables, como serían, las personas mayores y los niños, que suelen ser más susceptibles a los impactos de los desastres debido a su limitada capacidad para responder y recuperarse rápidamente. En Tabasco, una región propensa a inundaciones, conocer la distribución y densidad poblacional ayuda a planificar evacuaciones y asignar recursos de manera eficiente.

Respecto a los factores sociales, estos abarcan la educación, el acceso a servicios de salud, la cohesión comunitaria y la infraestructura social. Una comunidad con altos niveles de educación y acceso a servicios de salud está mejor equipada para responder a los desastres. En ese sentido, las redes comunitarias y el apoyo mutuo son fundamentales para la recuperación después de un desastre, ante eventos como las inundaciones que son recurrentes en Tabasco, las comunidades con fuertes lazos sociales tienden a organizarse mejor y recuperarse más rápidamente.

Por otro lado, los factores económicos incluyen el nivel de ingresos, el empleo, la estructura económica y el acceso a recursos financieros. La economía de una región determina la capacidad de sus habitantes para prepararse, responder y recuperarse de los desastres. Con respecto a la economía, si esta, está basada en la agricultura y la pesca, la misma podría ser particularmente vulnerable a las inundaciones, además las familias con ingresos bajos tienen menos capacidad para invertir en medidas de mitigación y suelen vivir en áreas de mayor riesgo. Además, el impacto económico de los desastres puede tener efectos a largo plazo en la región, afectando el empleo y el desarrollo económico.

México es un país con una gran diversidad geográfica y climática, lo que lo hace vulnerable a una variedad de desastres naturales, incluidos terremotos, huracanes, y especialmente inundaciones en regiones como Tabasco. La caracterización de los elementos demográficos, sociales y económicos permite:

1. **Identificación de Vulnerabilidades Específicas:** Cada región tiene características únicas que influyen su vulnerabilidad. En Tabasco, las inundaciones recurrentes requieren un análisis detallado de la densidad poblacional y la infraestructura crítica para planificar respuestas efectivas.
2. **Planificación y Políticas Informadas:** Los datos demográficos y socioeconómicos son esenciales para desarrollar políticas de gestión de riesgos que aborden las necesidades específicas de la población. Esto incluye la planificación la distribución de recursos y la construcción de infraestructuras resilientes.

3. **Asignación de Recursos:** La información económica permite a los gobiernos y organizaciones no gubernamentales asignar recursos de manera eficiente. En áreas con economías vulnerables, se pueden diseñar programas de apoyo financiero para fortalecer la resiliencia económica de las comunidades.

4. **Fortalecimiento de la Resiliencia Comunitaria:** La comprensión de los factores sociales, como la cohesión comunitaria y el acceso a la educación y salud, permite implementar programas que fortalezcan la capacidad de recuperación de las comunidades.

En ese sentido, una caracterización de los elementos demográficos, sociales y económicos es una herramienta vital en el análisis de peligros naturales. En el contexto de México y Tabasco, esta caracterización permite diseñar estrategias de gestión de peligros que sean inclusivas, equitativas y eficaces. Al entender las particularidades de las poblaciones afectadas, los tomadores de decisiones pueden implementar políticas que no solo respondan a las emergencias, sino que también fortalezcan la resiliencia a largo plazo de la población.

Densidad y distribución de la población

En una región propensa a peligros naturales, comprender la densidad y distribución de la población es esencial para una gestión eficaz del riesgo. La densidad poblacional permite identificar áreas o con alta concentración de personas o con población con distribución dispersa, que, en caso de un desastre, podrían enfrentar mayores desafíos para la evacuación y el acceso a recursos de emergencia. La distribución de la población, por otro lado, revela la localización de comunidades en zonas de riesgo, como llanuras inundables y costas vulnerables a tormentas.

Conocer estos patrones demográficos es crucial para la planificación y respuesta ante emergencias. Permite a las autoridades diseñar planes de evacuación eficientes, establecer rutas de escape y ubicar refugios temporales en lugares estratégicos. Además, facilita la asignación de recursos de manera equitativa y oportuna, asegurando que las áreas más densamente pobladas reciban la atención necesaria.

En el contexto de Tabasco y otras regiones del sureste, donde las inundaciones son frecuentes, esta información es vital para la implementación de infraestructuras resilientes y

programas de mitigación. Integrar el análisis de la densidad y distribución de la población en la gestión de riesgos naturales no solo mejora la eficacia de la respuesta ante desastres, sino que también fortalece la resiliencia comunitaria y reduce la vulnerabilidad de las poblaciones afectadas.

La población del municipio de Paraíso de acuerdo al último censo de INEGI (INEGI, 2021), es de 96,741 habitantes, lo cual representa el 4.0 por ciento de la población del Estado de Tabasco. La densidad media de población del municipio es de 237.4 habitantes por km², (figura 6). Los habitantes se encuentran distribuidos en 48 localidades, aunque 32.96% se encuentran en dos localidades la cabecera municipal con 25,555 y Quintín Arauz con 6,334 habitantes. Sin embargo, si se consideran las nueve localidades que tienen más de 2,500 habitantes en el municipio, resulta que el 55.18% de la población del municipio vive en zonas urbanas. Con base en esta clasificación, el resto de la población vive en las 39 localidades con poco menos de la mitad de la población del municipio, se consideran rurales conforme a la clasificación del INEGI³.

En general, la población ha tenido un crecimiento importante entre 1990 y 2020 incremento casi en 50%% más, especialmente la población viviendo en zonas urbanas (figura 7), donde paso de ser la mayoría rural en 1990 a urbana actualmente. Los rangos de edad que concentraron con mayor población fueron: de 5 a 9 años (8,886 habitantes), de 10 a 14 años (8,821 habitantes) y de 0 a 4 años (8,061 habitantes), entre ellos concentraron el 26.63% de la población total (figura 8). Sin embargo, los últimos años debido a la construcción de la Refinería Olmeca, existe un importante número de población flotante en el municipio que no es cuantificada.

³ https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P

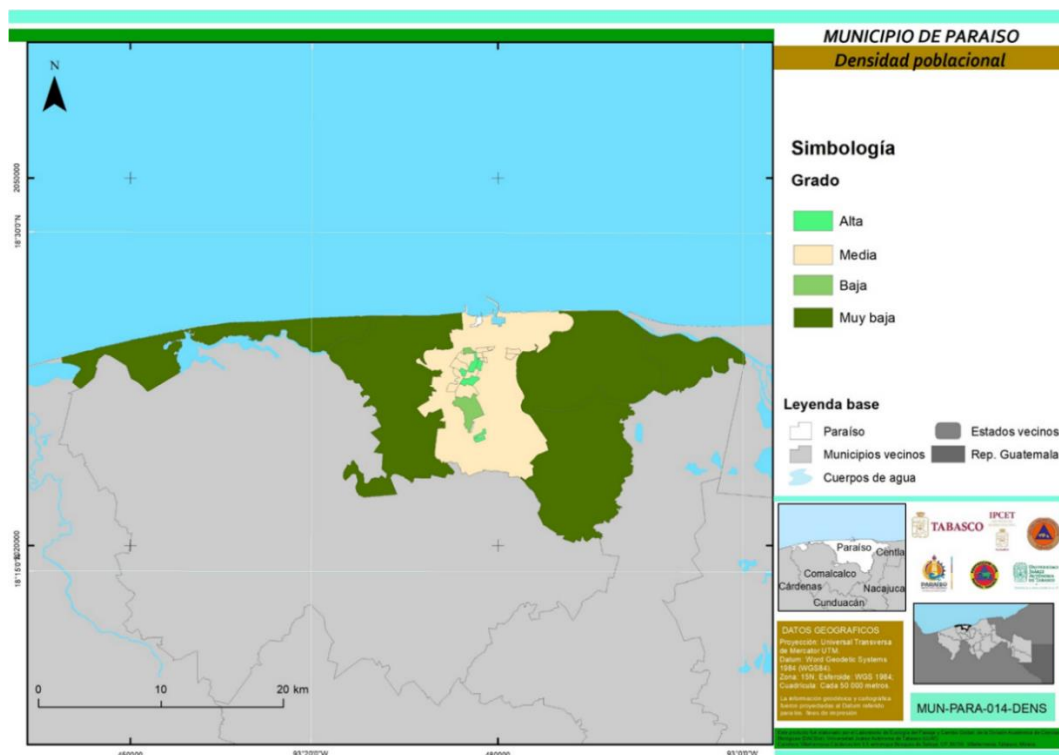


Figura 6. Mapa de la densidad de la población del municipio.

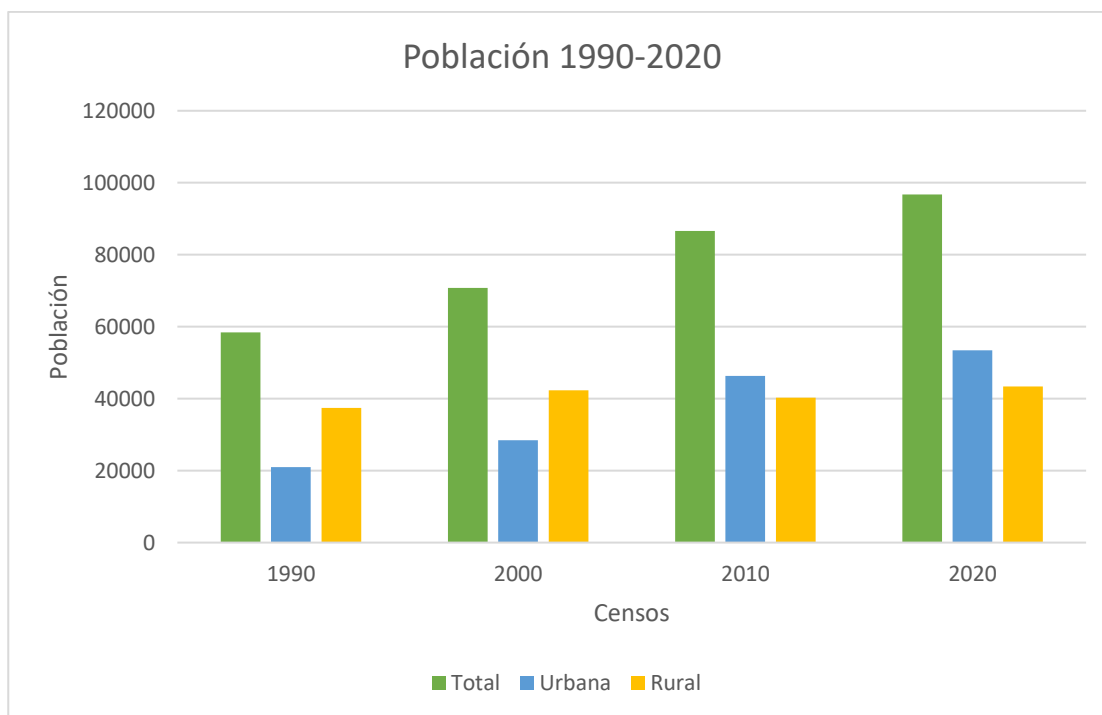


Figura 7. Distribución de la población rural/urbana de 1990 al 2020.

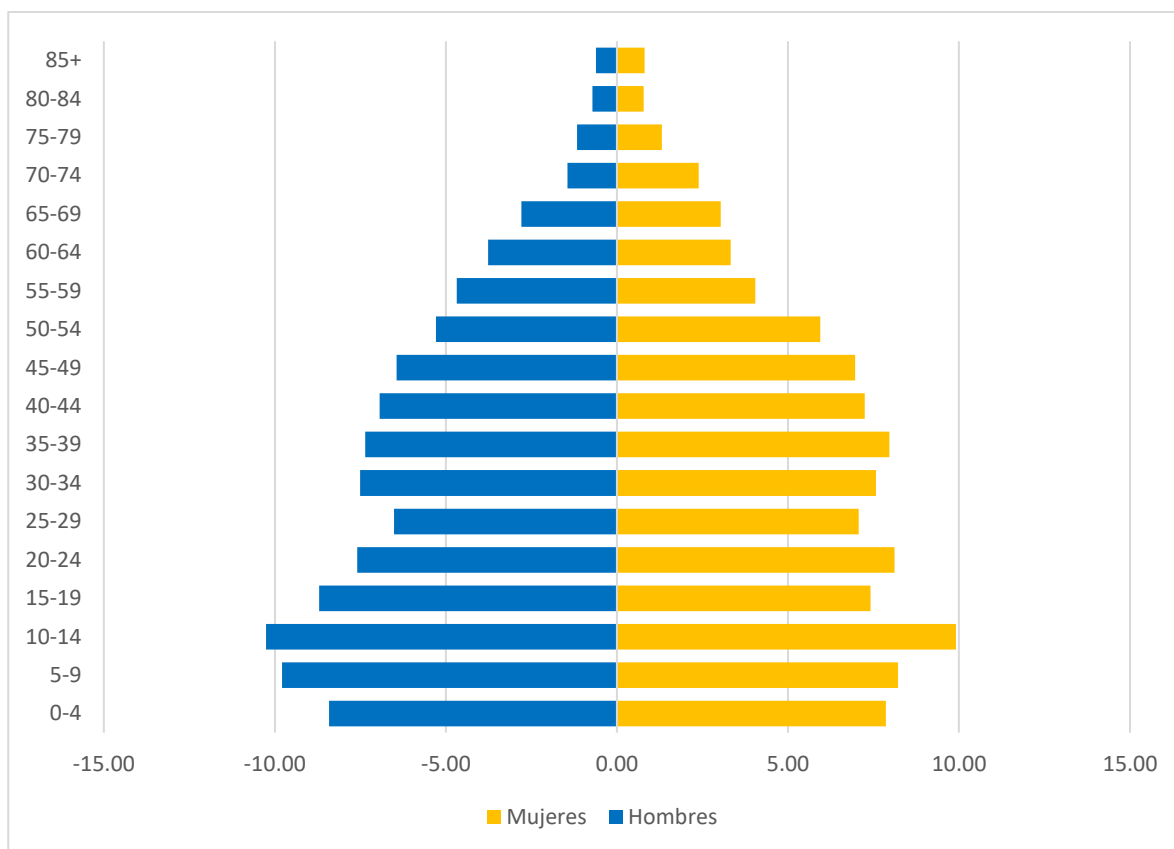


Figura 8. Distribución de la población por edades de acuerdo a los datos del censo de 2020.

Datos de etnicidad

Es primordial tener en cuenta la etnicidad de la población al analizar los peligros naturales, ya que las comunidades indígenas y otros grupos étnicos a menudo enfrentan vulnerabilidades particulares debido a factores socioeconómicos, culturales y geográficos específicos.

Generalmente las comunidades indígenas tienden a vivir en áreas más aisladas y con menor acceso a infraestructuras básicas y servicios de emergencia. Esta localización geográfica, combinada con una infraestructura menos desarrollada, incrementa su vulnerabilidad frente a desastres naturales. Además, las barreras lingüísticas y culturales pueden dificultar la

comunicación y la implementación de medidas de prevención y respuesta por parte de las autoridades.

Identificar la etnicidad de la población permite a los responsables de la gestión de riesgos diseñar estrategias de mitigación y respuesta más inclusivas y culturalmente adecuadas. Esto incluye la traducción de materiales informativos a lenguas indígenas, la capacitación de líderes comunitarios en gestión de desastres y el respeto a los conocimientos y prácticas tradicionales de las comunidades en relación con su entorno natural. La consideración de la etnicidad en la planificación y respuesta ante desastres naturales mejora la eficacia de las intervenciones y fortalece la resiliencia de todas las poblaciones afectadas.

De acuerdo al Censo del 2020, el 0.22% de la población es de ascendencia indígena, aunque solo el 1.0% de ese porcentaje, que está entre 3 años o más no habla español (tabla 5), las lenguas más frecuentes son el Zapoteco y Ch’ol, además de que un 0.31% de la población considera ser afrodescendiente.

Tabla 5. Datos de etnicidad de la población del municipio.

oblación que habla lengua indígena (de 3 años y más)	.22%
oblación que no habla español de hablantes de lengua indígena (de 3 años y más)	.00%
enguas indígenas más frecuentes	
apoteco	7.8%
h’ol	9.7%
oblación que se considera afromexicana, negra o frodescendiente (de 3 años o más)	.31%

Escolaridad

La escolaridad influye significativamente en la capacidad de las personas para comprender, prepararse y responder a los peligros naturales. Las personas con mayor nivel educativo tienden a estar mejor informadas sobre los peligros naturales y las medidas de prevención, y son más proclives a seguir las recomendaciones de las autoridades durante una emergencia. La educación también facilita la comprensión de información crítica, como pronósticos meteorológicos y alertas de evacuación, y la aplicación de conocimientos prácticos en situaciones de crisis.

Por otro lado, las comunidades con bajos niveles de escolaridad pueden enfrentar mayores desafíos para acceder y comprender la información relevante, lo que aumenta su vulnerabilidad. En estos casos, es crucial implementar programas de educación y sensibilización sobre gestión de riesgos, adaptados a los niveles de comprensión de la población. Conocer la escolaridad de la población permite a las autoridades diseñar estrategias de comunicación y capacitación más efectivas, asegurando que los mensajes clave lleguen a todas las personas de manera comprensible y utilizable.

El municipio cuenta con todos los niveles educativos⁴,, desde preescolar, hasta educación superior con la Universidad Politécnica del Golfo. No se tiene educación indígena por el bajo porcentaje de ese grupo. Sin embargo, existen seis unidades de educación especial y 8 telesecundarias como estrategia para acercar la educación en áreas rurales (IDOM, 2021). El porcentaje de población que asiste a la escuela de acuerdo al censo del 2020 mayor a 14 años es de 8.34%, siendo el grado de escolaridad promedio de 10.33 años (tabla 6). En 2020, los principales grados académicos de la población de Paraíso fueron Secundaria (30.2%), Primaria (23.6%), Preparatoria o Bachillerato General (19.8%), Licenciatura (19.3%). La Universidad Politécnica del Golfo oferta cinco licenciaturas y un posgrado⁵, con una matrícula actual de 1,373 (SEECO, 2023). La tasa de analfabetismo fue de 3.27%, con 37.8% de hombres y 62.2% de mujeres.

⁴ <https://www.siged.sep.gob.mx/SIGED/escuelas.html>

⁵ Anuario estadístico de la población escolar en educación superior ciclo 2020-2021, ANUIES.

http://www.anuies.mx/gestor/data/personal/anui05/anuario/Anuario_Educacion_Superior_2021-2022.zip

Tabla 6. Datos de escolaridad del municipio.

Nombre de la localidad	Porcentaje de población analfabeta	Población de 14 a 24 años que asiste a la escuela	Grado promedio de Escolaridad
raíso TOTAL MUNICIPIO	2.39	8,07	10.33
raíso Cabecera Municipal	1.49	2,24	11.93
erto Ceiba (Carrizal)	1.82	22	10.03
erto Ceiba	1.96	22	9.96
ertad 1ra. Sección (El Chivero)	4.62	20	8.66
ancisco I. Madero (Madero)	1.60	28	10.57
octezuma 1ra. Sección	2.79	27	9.57
octezuma 2da. Sección	3.26	29	9.21
ente (San Cayetano)	1.68	33	11.65
intín Arauz	1.67	59	11.51
uiles Serdán	5.35	9	9.45
Bellote (Miguel de la Madrid)	4.14	6	8.48
ancisco I. Madero 2da. Sección	1.76	17	9.8
sé María Morelos y Pavón (El Bellote)	2.07	16	9.16
ertad 2da. Sección	2.75	10	9.48
colás Bravo	2.75	22	9.57
ente 1ra. Sección	1.77	21	10.59
treritos	4.16	9	8.47
evo Torno Largo	3.24	10	8.7
Escribano	2.41	12	9.54
s Flores 3ra. Sección (El Cerro)	2.62	6	8.65
colás Bravo 3ra. Sección	1.55	12	10.31
colás Bravo 5ta. Sección (Punta Brava)	4.17	10	9.4
onte Adentro	1.54	9	9.13
octezuma (Francisco I. Madero 3ra. Sección)	3.74	12	9.77
iltepec (Sección Banco)	1.91	11	9.47
ente 2da. Sección (Palma Huaca)	1.52	14	10.42
cidente (San Francisco)	3.08	9	9.47
iltepec (Sección Pénjamo)	3.00	15	9.1
iltepec (Sección Tanque)	4.53	11	8.65

Acceso a servicios de salud

Respecto a la salud de la comunidad, es importante identificar que este elemento influye directamente en su capacidad para enfrentar, resistir y recuperarse de cualquier evento adverso ocasionado por enfrentar un peligro natural. Las personas con condiciones de salud preexistentes, como enfermedades crónicas, discapacidades o problemas de salud mental, son más vulnerables durante y después de enfrentar un peligro natural. La falta de acceso a servicios de salud adecuados y continuos puede exacerbar estas condiciones, complicando la respuesta y recuperación. Además, los desastres naturales pueden provocar brotes de enfermedades infecciosas debido a la contaminación del agua, la falta de saneamiento y el hacinamiento en refugios temporales.

Saber el estado de salud de la población permite a las autoridades de salud pública y de gestión de riesgos diseñar planes de emergencia más efectivos y específicos. Esto incluye la preparación de suministros médicos adecuados, la planificación de evacuaciones asistidas para personas con movilidad reducida y la instalación de refugios accesibles y equipados con servicios médicos. También es fundamental para implementar campañas de prevención y educación sanitaria que aborden los riesgos específicos asociados con los desastres naturales

El municipio cuenta con cinco instalaciones para hospitalización, tres particulares, uno de la Secretaría de Salud y uno de PEMEX. También hay 34 unidades de consulta quince de la Secretaría de Salud y 16 particulares, su mayoría de medicina general para consulta externa, además de una unidad de apoyo. Las opciones de atención de salud más utilizadas son: los Centros de Salud u Hospital de SSA y consultorios de farmacias. Las entidades de salud que agruparon el mayor número de personas afiliadas fueron INSABI, IMSS e ISSSTE (tabla 7, figura 9).

Tabla 7. Datos de afiliación al sistema de salud del municipio y localidades con mayor población.

Localidades	Población	No afiliadas	Afiliadas
	Total	%	%
País TOTAL MUNICIPIO	96,74	27.07	72.89
País Cabecera Municipal	25,55	28.33	71.62
uerto Ceiba (Carrizal)	2,74	19.37	80.58
uerto Ceiba	2,80	32.43	67.56
bertad 1ra. Sección (El Chivero)	3,04	32.79	67.20
ancisco I. Madero (Madero)	3,17	18.64	81.32
octezuma 1ra. Sección	3,18	28.20	71.72
octezuma 2da. Sección	3,09	34.21	65.75
ente (San Cayetano)	3,44	26.23	73.76
intín Arauz	6,33	21.80	78.11
uiles Serdán	1,12	21.80	75.71
Bellote (Miguel de la Madrid)	1,18	20.71	79.28
ancisco I. Madero 2da. Sección	1,81	37.77	62.22
sé María Morelos y Pavón (El Bellote)	2,31	20.34	79.52
bertad 2da. Sección	1,19	21.97	78.02
colás Bravo	2,39	26.98	73.01
ente 1ra. Sección	2,02	38.77	61.22
treritos	1,39	17.74	82.25
evo Torno Largo	1,69	24.46	75.53
Escribano	1,53	30.83	69.16
s Flores 3ra. Sección (El Cerro)	1,06	13.96	85.94
colás Bravo 3ra. Sección	1,22	29.73	49.59
colás Bravo 5ta. Sección (Punta Brava)	1,38	29.73	70.12
onte Adentro	1,03	19.61	80.38
octezuma (Francisco I. Madero 3ra. Sección)	1,33	27.86	72.13
iltepec (Sección Banco)	1,87	24.56	75.43
ente 2da. Sección (Palma Huaca)	1,37	21.48	78.51
cidente (San Francisco)	1,46	7.39	92.60
iltepec (Sección Pénjamo)	1,96	22.07	77.92
iltepec (Sección Tanque)	1,41	19.14	80.85

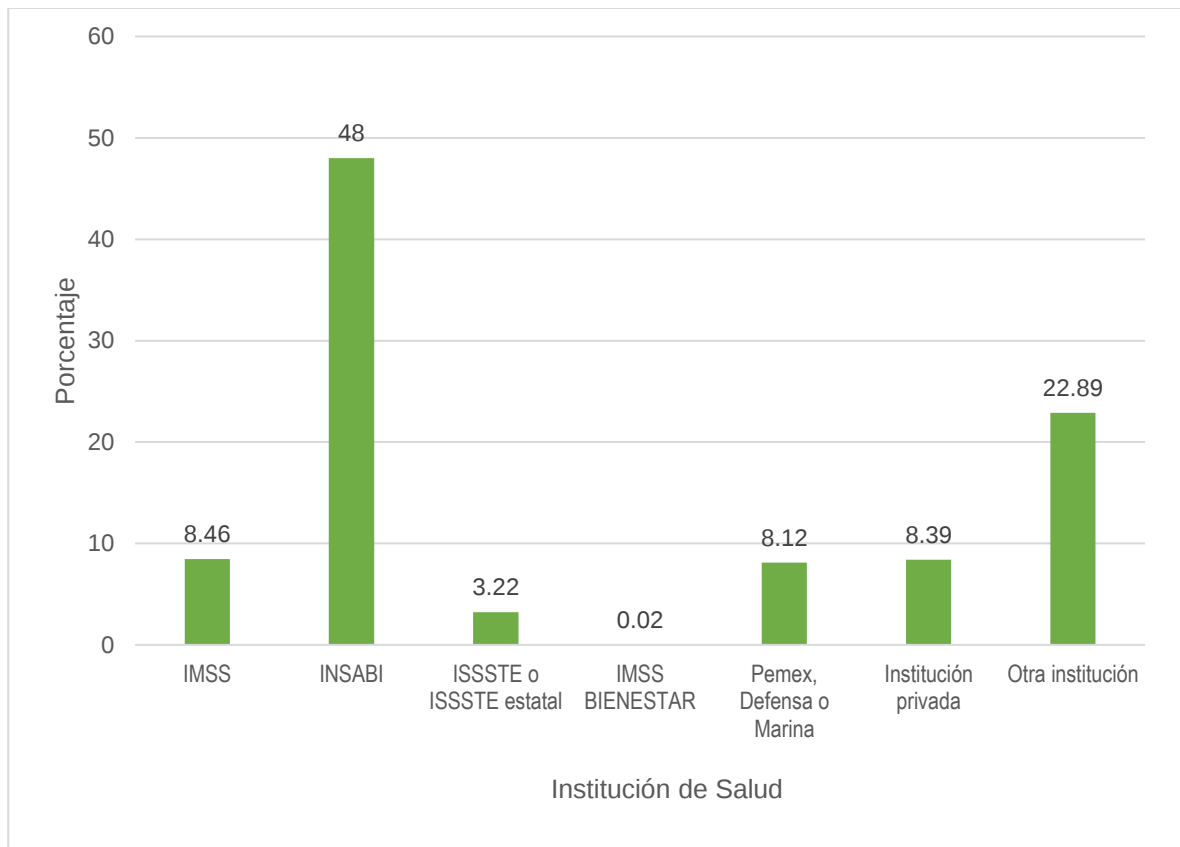


Figura 9. Gráfico de la población afiliada por sistema de salud del municipio.

Las principales causas de discapacidad de la población del municipio fueron motriz y visual (tabla 8).

Tabla 8. Datos de discapacidad de la población del municipio.

Localidad	Población	Discapacidad			
	Total	%	Motriz	Visual	Auditiva
raíso TOTAL MUNICIPIO	96,74	4.92	2,24	2,10	89
raíso Cabecera Municipal	25,55	3.93	53	41	20
erto Ceiba (Carrizal)	2,74	3.24	3	4	1
erto Ceiba	2,80	5.80	7	9	3
ertad 1ra. Sección (El Chivero)	3,04	3.34	4	2	2
ncisco I. Madero (Madero)	3,17	3.12	5	3	2
ctezuma 1ra. Sección	3,18	5.08	6	7	3
ctezuma 2da. Sección	3,09	7.68	10	12	4
ente (San Cayetano)	3,44	2.03	3	2	1
intín Arauz	6,33	3.82	11	9	4
uiles Serdán	1,12	12.32	4	9	3
Bellote (Miguel de la Madrid)	1,18	4.64	2	1	
ncisco I. Madero 2da. Sección	1,81	4.35	4	3	
sé María Morelos y Pavón (El lote)	2,31	4.06	6	2	1
ertad 2da. Sección	1,19	3.75	1	1	1
olás Bravo	2,39	6.55	7	5	2
ente 1ra. Sección	2,02	8.14	6	10	3
reritos	1,39	7.97	3	4	2
evo Torno Largo	1,69	3.83	2	3	1
Escribano	1,53	3.06	3	1	
s Flores 3ra. Sección (El Cerro)	1,06	2.71	1	1	
olás Bravo 3ra. Sección	1,22	6.38	4	4	1
olás Bravo 5ta. Sección (Punta ava)	1,38	7.05	5	3	2
nte Adentro	1,03	3.38	2		
ctezuma (Francisco I. Madero 3ra cción)	1,33	3.97	3		1
iltepec (Sección Banco)	1,87	4.15	3	2	1
ente 2da. Sección (Palma Huaca)	1,37	3.84	2	2	1
cidente (San Francisco)	1,46	3.56	2	1	1
iltepec (Sección Pénjamo)	1,96	8.49	6	10	1
iltepec (Sección Tanque)	1,41	9.00	6	5	1

Indicadores de Pobreza, Carencia Social, Vulnerabilidad y Marginación

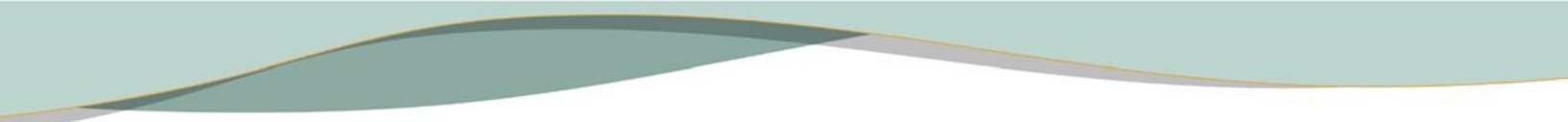
Debido a que Tabasco es una región especialmente vulnerable a peligros naturales como inundaciones, conocer la situación de pobreza y rezago social en esta área es crucial para comprender y mitigar los impactos de estos desastres. La pobreza, el rezago social y la marginación, influyen en la capacidad de las comunidades para prepararse, responder y recuperarse de eventos naturales adversos.

En ese sentido, la pobreza se relaciona directamente con la vulnerabilidad de las personas ante los desastres naturales. Las familias en situación de pobreza suelen vivir en áreas de alto riesgo debido a la falta de acceso a viviendas seguras y tierras adecuadas. Estas viviendas, a menudo están construidas con materiales precarios, y no pueden soportar el impacto de inundaciones o tormentas. Además, las personas pobres tienen menos recursos para invertir en medidas preventivas, como seguros, mejoras en la infraestructura de sus viviendas, o la creación de reservas de emergencia.

Por otro lado, el rezago social que se refiere a la falta de acceso a servicios básicos como educación, salud, agua potable y saneamiento, puede limitar la capacidad de las comunidades para responder eficazmente a los desastres naturales. Ha sido señalado, que la falta de educación hace más difícil la comprensión y la implementación de medidas de prevención y respuesta ante emergencias. Además, la deficiencia en los servicios de salud agrava la situación durante y después de un desastre, ya que las comunidades no pueden recibir atención médica adecuada en momentos críticos.

Asimismo, la situación de pobreza y rezago social también afectan la capacidad de recuperación de las comunidades después de un desastre. Las familias con bajos ingresos tardan más en reconstruir sus hogares y recuperar sus medios de vida. Esto prolonga el periodo de vulnerabilidad y puede llevar a un ciclo de pobreza persistente. Además, el impacto económico de los desastres en regiones pobres es mayor, ya que la economía local, a menudo dependiente de la agricultura y la pesca, sufre pérdidas significativas que afectan a toda la comunidad.

Identificar la situación de pobreza, rezago social o marginación es esencial para diseñar estrategias de mitigación y adaptación eficaces. Las políticas deben centrarse en fortalecer la infraestructura social y económica, mejorar el acceso a servicios básicos y promover la educación sobre riesgos y prevención. En ese sentido, es fundamental implementar



programas de asistencia financiera y técnica para ayudar a las comunidades vulnerables a mejorar sus viviendas y preparar planes de emergencia.

El analizar los peligros naturales en Tabasco sin considerar la situación de pobreza y rezago social resulta en una comprensión limitada de las verdaderas vulnerabilidades de la región. Conocer estos factores permite desarrollar estrategias más inclusivas y efectivas que no solo aborden la mitigación y respuesta ante desastres, sino que también fortalezcan la resiliencia de las comunidades a largo plazo. Integrar la dimensión social y económica en el análisis de riesgos naturales es, por tanto, indispensable para proteger y mejorar la calidad de vida de las poblaciones más vulnerables. Para asegurar el acceso de toda la población al desarrollo social, se han implementado diferentes políticas públicas que buscan mejorar la calidad de vida de las personas y mejorar el desarrollo social.

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL], ha generado diferentes criterios metodológicos que se han adoptado para la medición multidimensional de la pobreza. Con respecto a los indicadores de pobreza y vulnerabilidad en el municipio, en la figura 10, se muestra en un comparativo, como estos valores son más altos en el municipio que en el Estado, y en la tabla 9, como la población vulnerable se distribuye de acuerdo a estos indicadores y por indicador en la tabla 10. Además, en ese sentido, en la figura 11, se muestra la distribución de las localidades con rezago social longitudinal, comparando el estado, con el municipio, así como el grado de accesibilidad a carreteras pavimentadas en la figura 12, ya que el grado de conectividad es un factor que da acceso al desarrollo.

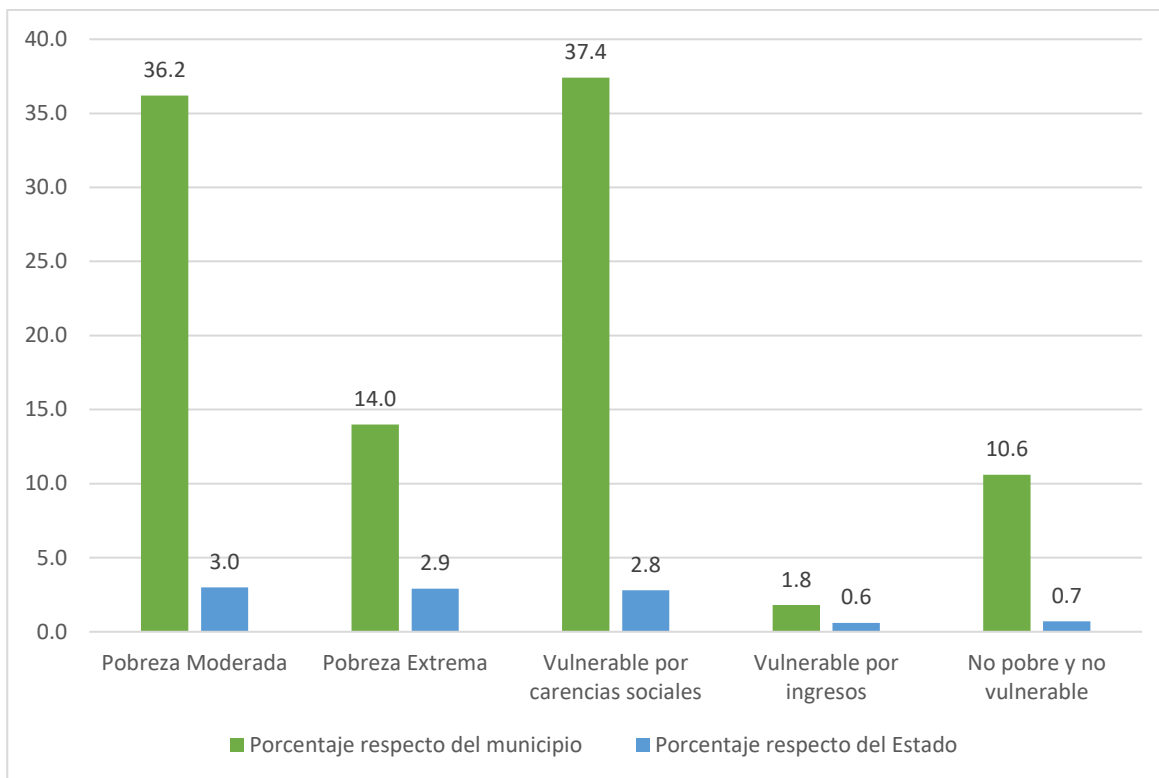


Figura 10. Comparativo de datos del Estado y el municipio en relación a los datos de pobreza y vulnerabilidad. Fuente: CONEVAL, 2024.

Tabla 9. Porcentaje de pobreza de los diferentes grupos de población vulnerables en 2015 y 2020. Fuente: CONEVAL, 2024.

Grupo poblacional	Porcentaje	
	201	202
Mujeres	39.	50.
Hombres	38.	49.
Mujeres, niños y adolescentes (0 a 17 años)	44.	59.
Población joven (18 a 29 años)	37.	4
Población adulta (30 a 64 años)	36.	45.
Población adulta mayor (65 años o más)	41.	4
Población indígena	5	62.
Rural	43.	57.
Urbano	33.	41.

Tabla 10. Porcentaje de población afectada de acuerdo a los indicadores de CONEVAL 2015 y 2020. Fuente: CONEVAL, 2024.

Indicador	Porcentaje	
	2015	2020
Rezago educativo	12.	10.
Acceso a los servicios salud	18.	31.
Acceso a la seguridad social	66.	62.
Calidad y espacios de la vivienda	6.	6.
Acceso a los servicios básicos en la vivienda	25.	26.
Acceso a la alimentación nutritiva y de calidad	19.	31.
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos	36.	45.
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza extrema por ingresos	10.	20.

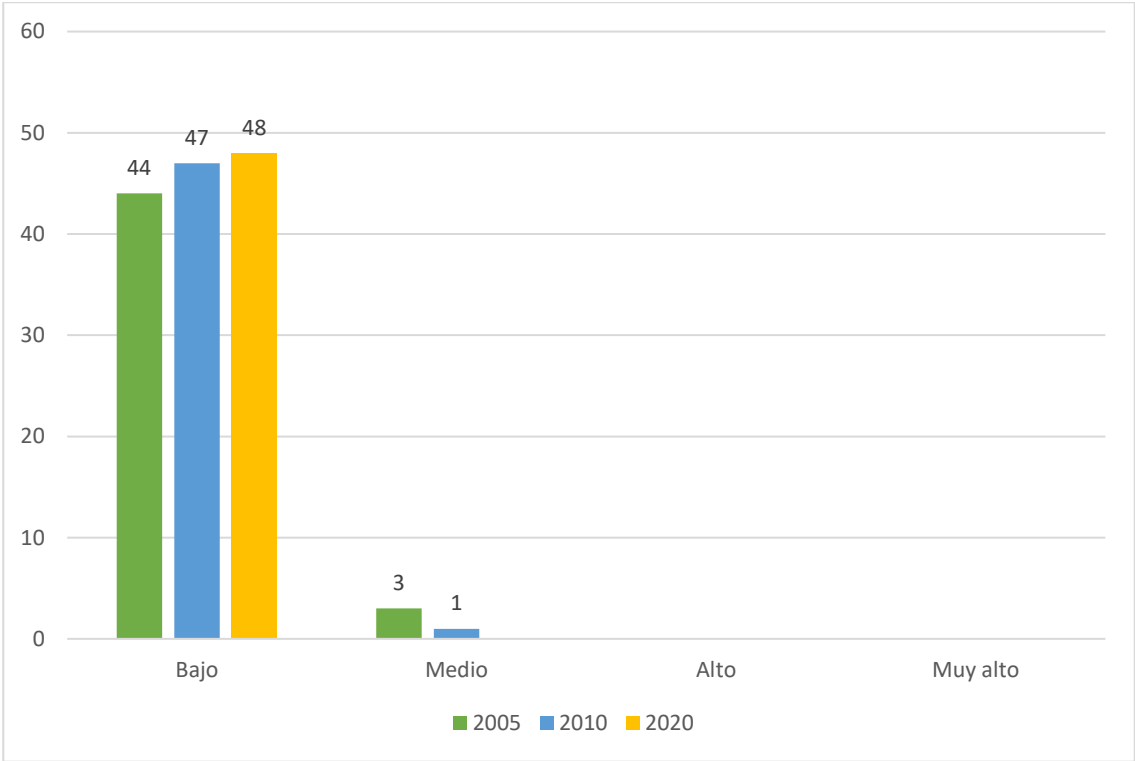


Figura 11. Grado de rezago social longitudinal de las localidades en los años 2005, 2010 y 2020. Fuente: CONEVAL, 2024.

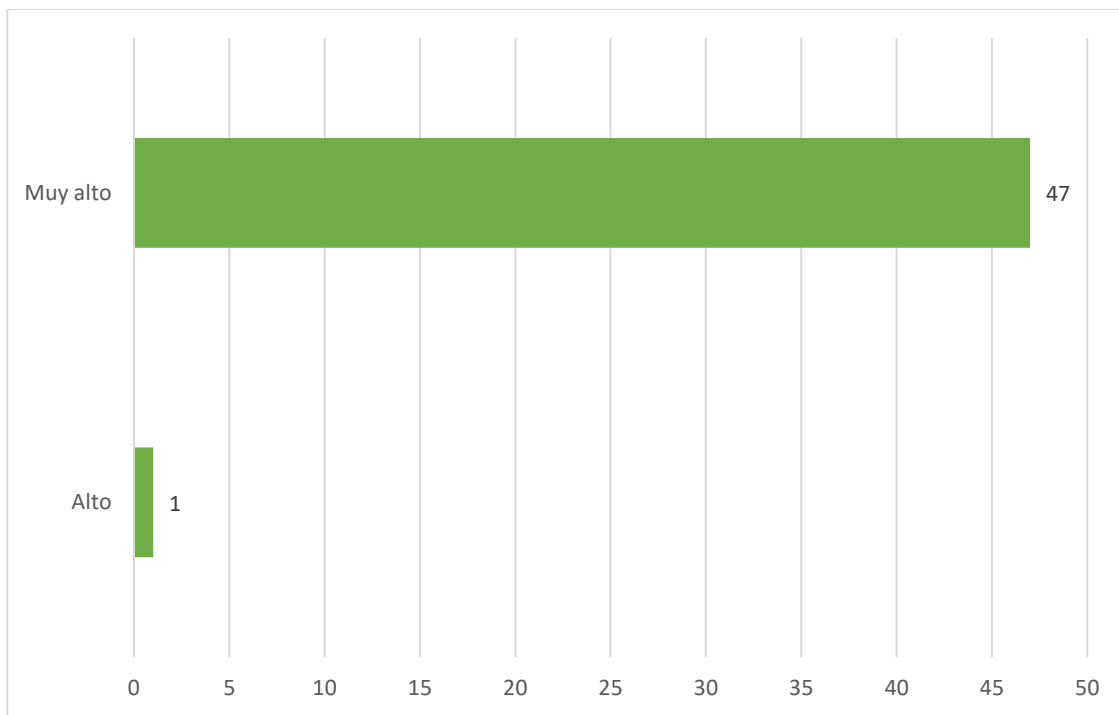


Figura 12. Grado de accesibilidad a carreteras pavimentadas de las localidades del municipio. Fuente: CONEVAL, 2024

Las principales carencias sociales⁶ identificadas en Paraíso fueron: carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda y carencia por acceso a la alimentación nutritiva y de calidad (figura 13). En comparación con Tabasco cuyo índice de marginación es Alto, Paraíso tiene un índice de marginación Muy bajo (figura 14), la mayor parte de las localidades del municipio están en un grado de marginación muy bajo (figura 15).

⁶ <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Medici%C3%B3n/Indicadores-de-carencia-social.aspx>

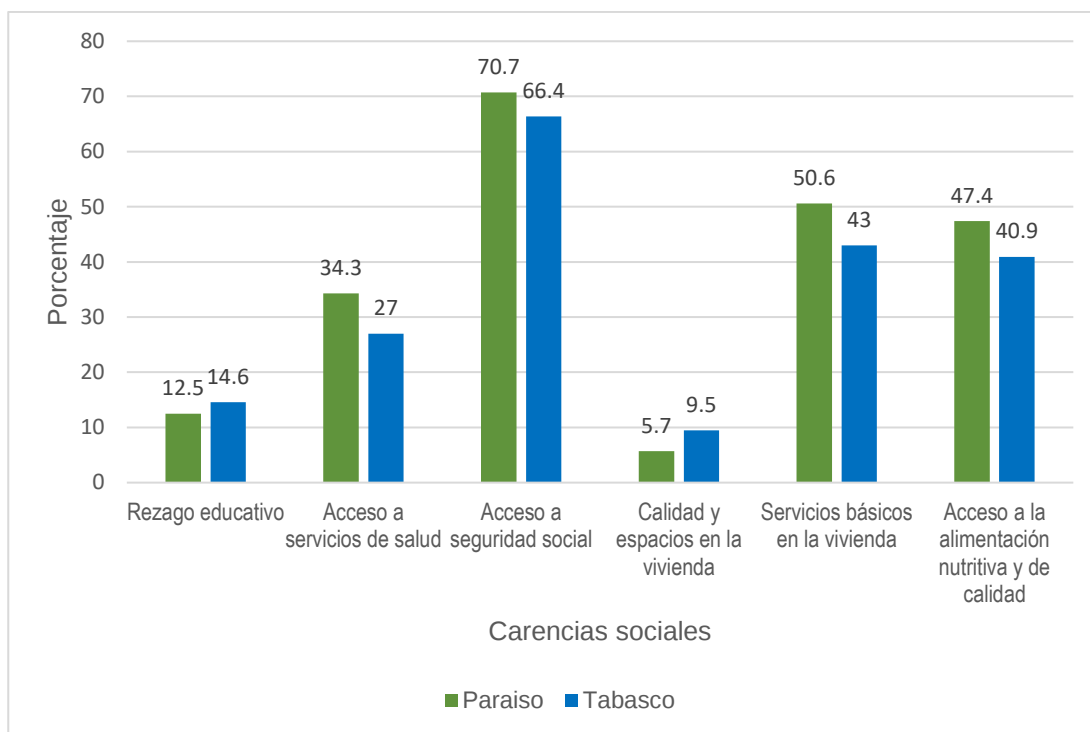


Figura 13. Datos de carencias sociales del municipio.

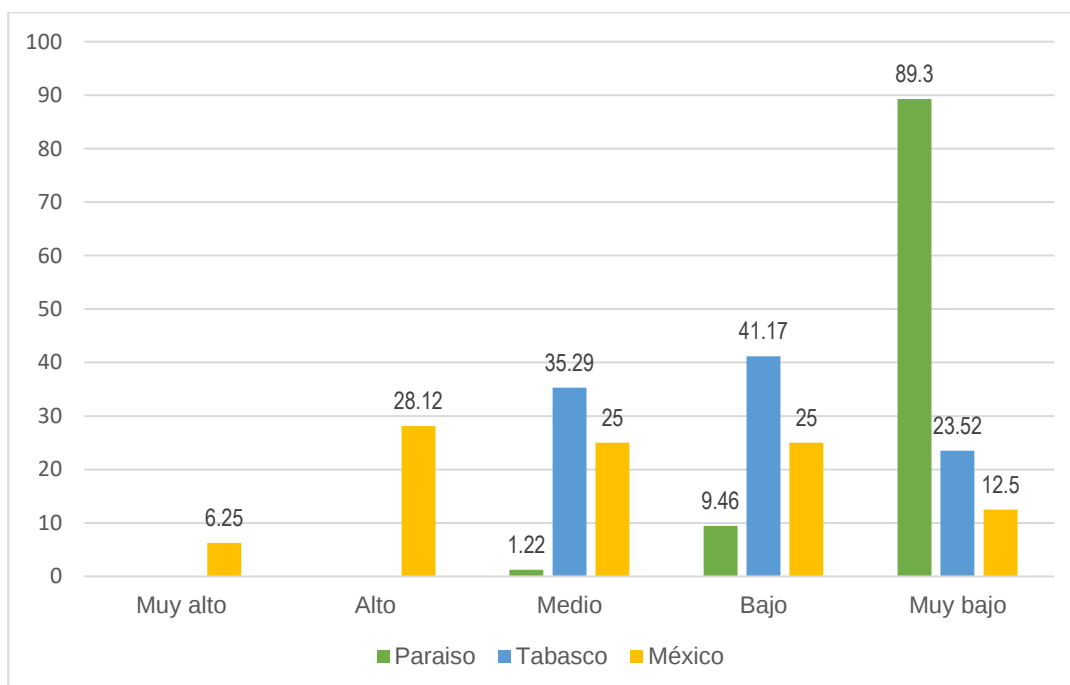


Figura 14. Comparativo del grado de marginación considerando las localidades del municipio.

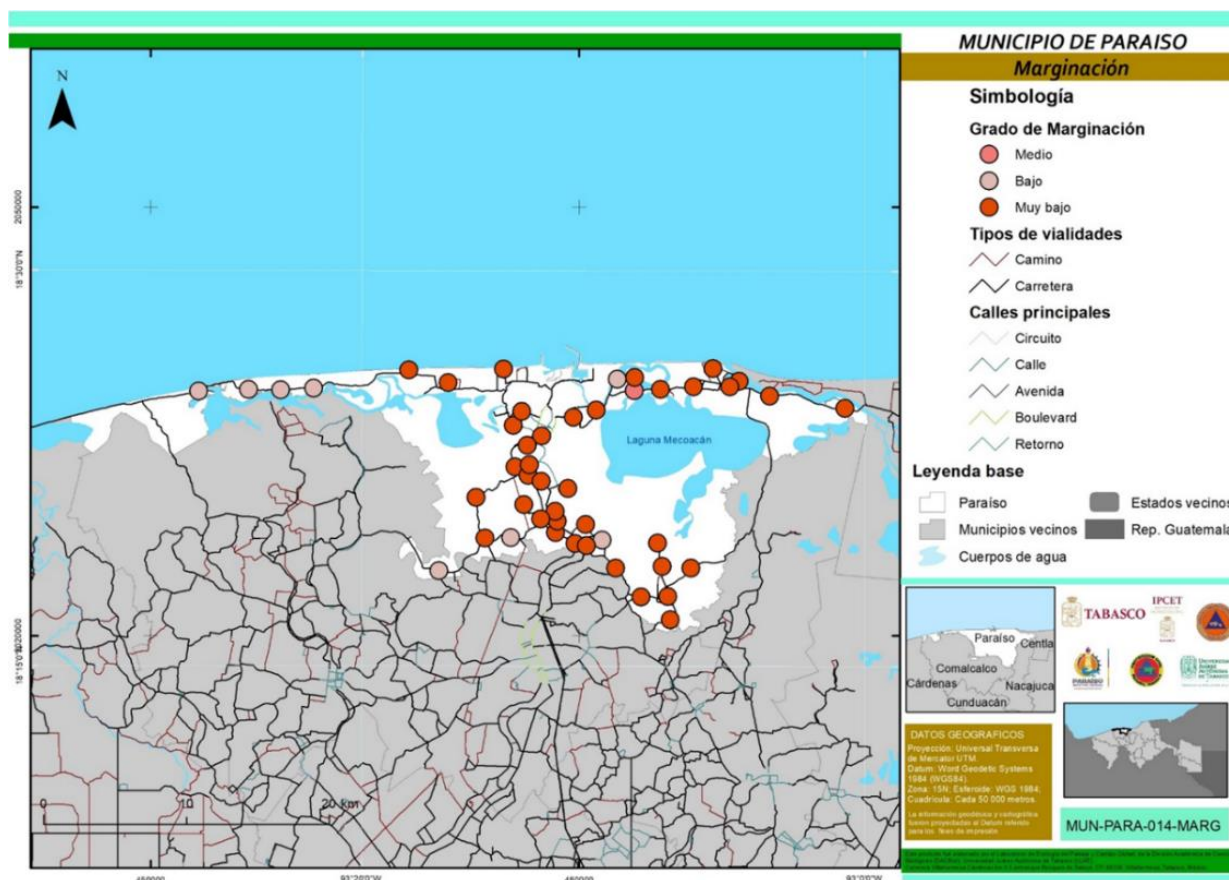


Figura 15. Mapa con la distribución de las localidades y su grado de marginación.

Población Económicamente Activa

Entender la situación económica de la población para un análisis eficaz de los peligros naturales influye directamente en determinar su capacidad para prepararse, responder y recuperarse de eventos adversos. Las familias con ingresos bajos son más vulnerables a los desastres naturales debido a varias razones. En primer lugar, suelen vivir en áreas de mayor riesgo, como llanuras inundables, debido a la falta de acceso a viviendas seguras. Estas viviendas, a menudo construidas con materiales precarios, no pueden soportar el impacto de inundaciones o tormentas. Además, las personas con menos recursos tienen menos capacidad para invertir en medidas preventivas, como seguros, mejoras en la infraestructura de sus viviendas o la creación de reservas de emergencia. La situación económica también afecta la capacidad de respuesta y recuperación después de un desastre. Las comunidades

con bajos ingresos tienen menos acceso a recursos financieros y apoyo institucional, lo que prolonga el periodo de recuperación. Las pérdidas económicas sufridas durante un desastre pueden tener efectos a largo plazo, afectando el empleo y el desarrollo económico local. Además, la falta de recursos puede dificultar la reubicación temporal o permanente de las personas afectadas.

Las actividades económicas de la región influyen directamente en la vulnerabilidad y capacidad de recuperación de las comunidades frente a estos eventos adversos. El tipo de actividades productivas determina la susceptibilidad de la economía local a los desastres naturales, donde la agricultura y la pesca son predominantes, las inundaciones pueden devastar cultivos y afectar gravemente la pesca, dejando a muchas familias sin ingresos. Por otro lado, conocer la distribución y la importancia de estas actividades permite identificar las áreas y sectores más vulnerables y diseñar estrategias específicas de mitigación y adaptación.

Por otro lado, la cantidad y tipo de actividades productivas en la zona, también afectan la capacidad de recuperación económica después de un desastre. Las economías diversificadas, que no dependen de una sola actividad productiva, tienden a recuperarse más rápidamente. En contraste, las economías basadas en sectores específicos como la agricultura o el turismo pueden enfrentar mayores desafíos para recuperarse, ya que estos sectores pueden sufrir daños extensivos. Entender la estructura económica local es crucial para planificar medidas de apoyo y recuperación que sean efectivas y sostenibles.

Respecto a la población económicamente activa en el municipio que corresponde a la cantidad de personas que se encuentran en la etapa de la vida laborable o productiva, de acuerdo al censo del 2020, el 59.2%, y del 40.6 calificado como inactivo, del cual más del 80% se dedicaba principalmente a labores del hogar y estudiar (figura 16).

En la tabla 11, se ven los datos de esta relación en las localidades con mayor población. Según los datos del Censo Económico de 2019, el sector económico que concentró más unidades económicas en Paraíso fue el Comercio al por menor (1,001 unidades), le sigue servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas (523 unidades) y en tercer lugar, Otros servicios excepto actividades gubernamentales (476 unidades) (INEGI, 2022) (tabla 12)⁷.

⁷ <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>

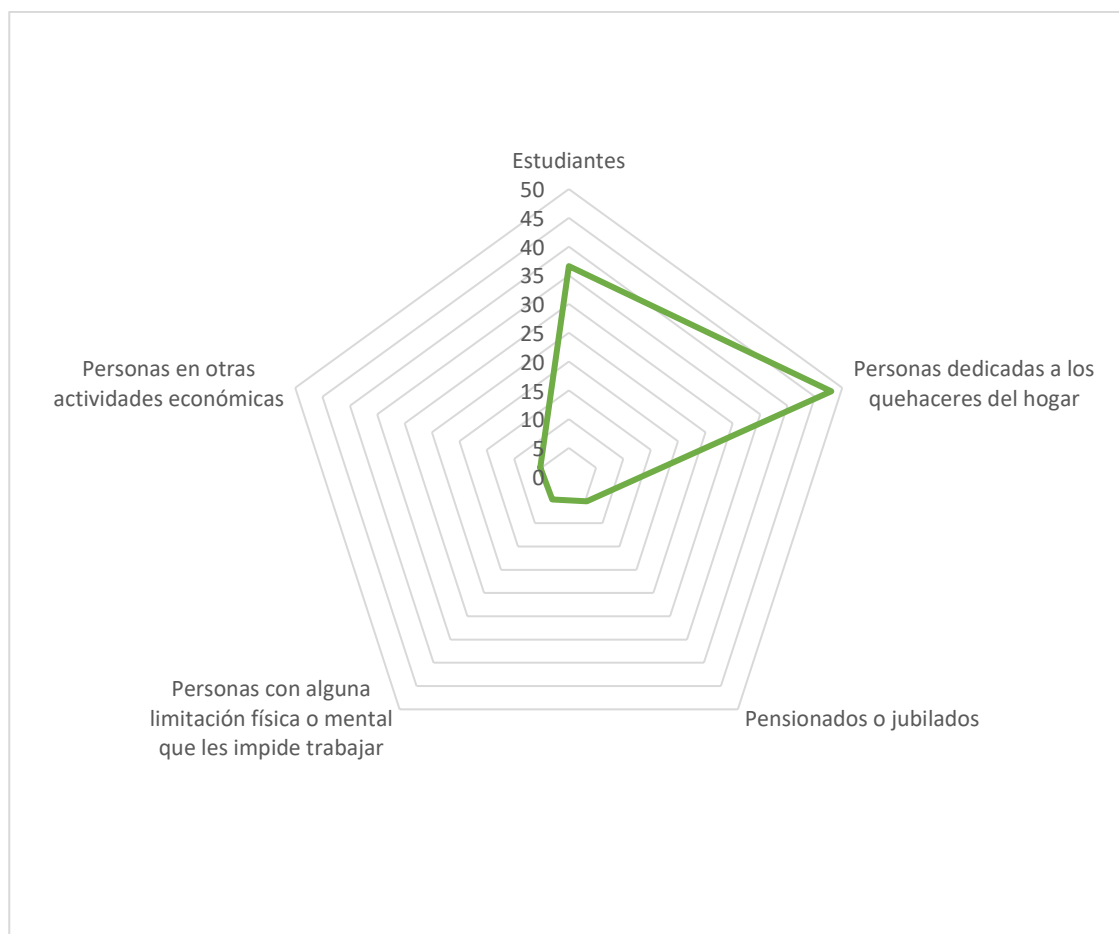


Figura 16. Principales actividades de la población identificada como no económicamente activa en el municipio.

Tabla 11. Datos de la población económicamente activa e inactiva del municipio.

Localidad	Población total	Población de 12 y más		PEA	PEIA
	Hab	Hab	%	%	%
Paraíso TOTAL MUNICIPIO	96,741	70,963	73.35	46.65	31.96
Paraíso Cabecera Municipal	25,555	19,529	76.41	45.83	35.36
Puerto Ceiba (Carrizal)	2,746	1,957	71.26	42.75	34.55
Puerto Ceiba	2,806	2,137	76.15	47.43	32.75
Libertad 1ra. Sección (El Chivero)	3,049	2,125	69.69	39.22	36.83
Francisco I. Madero (Madero)	3,170	2,372	74.82	43.78	35.67
Moctezuma 1ra. Sección	3,187	2,246	70.47	42.86	32.31
Moctezuma 2da. Sección	3,098	2,251	72.65	55.16	22.95
Oriente (San Cayetano)	3,446	2,460	71.38	42.62	34.73
Quintín Arauz	6,334	4,608	72.75	44.58	33.83
Aquiles Serdán	1,120	836	74.64	69.19	10.71
El Bellote (Miguel de la Madrid)	1,183	786	62.21	40.74	33.13
Francisco I. Madero 2da. Sección	1,816	1,316	72.46	47.41	30.72
José María Morelos y Pavón (El Bellot	2,315	1,624	70.15	50.23	25.65
Libertad 2da. Sección	1,197	897	74.93	48.87	31.16
Nicolás Bravo	2,394	1,725	72.05	44.02	34.16
Oriente 1ra. Sección	2,027	1,534	75.67	46.37	34.48
Potreritos	1,392	937	67.31	56.60	16.23
Nuevo Torno Largo	1,696	1,210	71.34	42.92	32.37
El Escribano	1,534	1,073	69.94	47.84	27.57
Las Flores 3ra. Sección (El Cerro)	1,067	857	80.31	62.79	22.39
Nicolás Bravo 3ra. Sección	1,222	901	73.72	69.39	8.91
Nicolás Bravo 5ta. Sección (Punta Brava)	1,389	972	69.97	40.46	36.50
Monte Adentro	1,035	743	71.78	43.96	32.94
Moctezuma (Francisco I. Madero 3ra. Sección)	1,335	957	71.68	40.00	37.52
Chiltepec (Sección Banco)	1,877	1,291	68.77	42.30	32.12
Oriente 2da. Sección (Palma Huaca)	1,378	1,031	74.81	38.96	40.27
Occidente (San Francisco)	1,460	1,018	69.72	70.61	5.34
Chiltepec (Sección Pénjamo)	1,966	1,438	73.14	49.44	29.90
Chiltepec (Sección Tanque)	1,410	1,004	71.20	43.47	33.61

Tabla 12. Datos del censo económico 2019 respecto a las actividades productivas.

Tipo de actividad	Número de unidades	Porcentaje representado
6) Comercio al por menor	100	32.6
2) Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	52	17.0
1) Otros servicios excepto actividades gubernamentales	47	15.5
1) Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	18	5.9
2) Servicios de salud y de asistencia social	12	3.9
1) Industrias manufactureras	11	3.8
4) Servicios profesionales, científicos y técnicos	8	2.7
2) Servicios financieros y de seguros	7	2.3
3) Comercio al por mayor	7	2.3
1) Servicios educativos	7	2.2
3) Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	5	1.6
3) Industrias manufactureras	5	1.6
8) Transportes, correos y almacenamiento	5	1.6
6) Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	3	1.2
1) Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, otros servicios recreativos	3	1.2
3) Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	3	1.0
2) Industrias manufactureras	2	0.9
3) Construcción	1	0.5
1) Información en medios masivos	1	0.5
1) Minería	1	0.3
2) Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	1	0.3
9) Transportes, correos y almacenamiento		0.0
Total	3,06	

Identificación y Análisis de Fenómenos Perturbadores: Amenazas por Fenómenos de Origen Natural

¿Qué son los fenómenos naturales?

Los fenómenos de origen natural son eventos o procesos que ocurren en la naturaleza, sin la intervención directa de la actividad humana. Estos eventos son el resultado de fuerzas y procesos naturales que actúan en el medio ambiente.

Las amenazas causadas por estos fenómenos de origen natural, pueden tener un impacto significativo en la sociedad humana y el ambiente. Estas amenazas incluyen fenómenos atmosféricos como los huracanes, sismos, tornados y tormentas de polvo, que pueden convertirse en peligros naturales y causar destrucción y pérdida de vidas. Es importante señalar que algunos eventos catalogados como peligros de origen biológico, como las enfermedades infecciosas comunes y emergentes, también pueden representar una amenaza para las comunidades, ya que factores como la urbanización y el cambio climático influyen en su propagación. Sin embargo, los fenómenos de origen antropocéntrico no son considerados en este análisis.

En ese sentido, los desastres naturales resultantes de eventos geológicos e hidrometeorológicos como las condiciones meteorológicas extremas y los cambios climatológicos, pueden afectar en gran medida al funcionamiento de los sistemas que dan soporte a las actividades humanas como son los tendidos eléctricos y representar una amenaza para el suministro de esta energía entre otros. Además, no se debe descartar, el riesgo de que se produzcan catástrofes a partir de fuentes naturales, ya que estos peligros pueden tener interacciones importantes con las zonas pobladas, y una alta probabilidad de ser procesos con forzantes que se mantengan en el tiempo, como es el caso de la elevación del nivel medio del mar asociado al calentamiento global.

Este tipo de eventos de acuerdo a su origen pueden tener frecuencias, magnitudes e intensidades diferentes. Si bien estas características en la naturaleza los representan, son también las que se utilizan para medir su peligrosidad cuando interactúan con las personas y sus bienes. Comprender y gestionar estas amenazas es crucial para proteger los medios de

vida de las personas y el medio ambiente, por lo que se debe hacer hincapié en la importancia de considerar las dimensiones humanas de estos eventos en la gestión del riesgo.

En este documento, se aborda específicamente las amenazas causadas por los fenómenos de origen natural. O sea, aquellos que ocurren cuando un evento natural extremo es destructivo para la vida humana y la propiedad, como es un terremoto que daña una casa, un negocio, una escuela o una comunidad. Es importante señalar, que los eventos naturales forman parte de los sistemas naturales del planeta y han estado ocurriendo durante la existencia del mismo, mucho antes de que existiera la humanidad, y lo que los ha convertido en peligros, es la exposición que hoy las poblaciones tienen a ellos. Sin embargo, en ocasiones sucede que una frecuencia, o intensidad en un sitio puede tener baja peligrosidad, mientras que en otro se potencia, esto puede estar asociado tanto a las condiciones previas en las que se da el evento en sí o las condiciones del sitio en donde se da el mismo.

En ese sentido, estos eventos naturales y en ocasiones “atípicos”, para los registros que se tienen, se han vuelto amenazas, ya que afectan nuestros bienes y servicios, incluyendo el patrimonio cultural, resultado de tener una condición de una población vulnerable, expuesta y poco preparada. De ahí, la necesidad de estrategias de protección y gestión adecuadas para garantizar la continuidad de los sistemas que mantienen nuestra capacidad de desarrollo y bienestar.

El análisis de estos fenómenos para este documento de peligros municipales incluye: fenómenos geológicos, hidrometeorológicos e incendios

- Fenómenos geológicos: Tales como sismos, erupciones volcánicas, y deslizamientos de tierra.
- Fenómenos hidrometeorológicos: Como tormentas, huracanes, lluvias, nieve y otros eventos atmosféricos, incluyendo inundaciones, sequías, ríos que desbordan, y otros eventos relacionados con el agua.
- Incendios

Fenómenos Geológicos

La Tierra es un planeta dinámico que siempre está en transformación. Su estudio en el planeta, considera fenómenos como los eventos de erupciones que se dan en el fondo del océano, cuando el agua caliente que se escapa por grietas libera grandes cantidades de minerales disueltos, mientras que, en las áreas continentales, los volcanes expulsan lava y cenizas volcánicas. En ese sentido, todos estos procesos naturales, mantienen al planeta en un estado de construcción y cambio continuo al nuestro planeta.

Para entender mejor los fenómenos geológicos asociados a los peligros que se describirán, se requiere puntualizar algunos conceptos básicos. La corteza terrestre es una capa sólida y muy delgada en comparación con el tamaño total del planeta y debajo de esta corteza, se encuentra el manto, que está en un estado líquido y viscoso conocido como magma. Las únicas partes sólidas del planeta son la corteza y el núcleo, que interactúan entre sí, generando eventos geológicos diversos en el subsuelo como son los sismos. Sin embargo, también se registran eventos en la superficie terrestre que modifican el paisaje como es la erosión costera por el oleaje y los vientos.

Además, es importante tener en cuenta que la escala de tiempo de la Tierra es muy diferente a la humana. Mientras que nuestro paso por el planeta es en un promedio de varias décadas, tal vez en algunos contados casos extraordinarios, de un siglo, la Tierra tiene aproximadamente 4,600 millones de años de existencia. Por lo tanto, los eventos geológicos que se describen como normales y frecuentes en la historia del planeta, tendrían para nosotros, una frecuencia e intensidad, que pareciera en la mayoría de los casos escapar de nuestra percepción. En ese sentido, el “manto terrestre” experimenta un fenómeno conocido como convección, donde las partículas más densas y pesadas se hunden, mientras que las menos densas ascienden, creando presión sobre la corteza terrestre que produce un movimiento. Este movimiento del magma empuja los bordes de las placas tectónicas, generando grandes presiones en las zonas de contacto donde se da algún contacto, que al liberar energía ocasionan desplazamientos que nosotros podríamos en algunos casos percibir como actividad sísmica.

En general, esta dinámica geológica produce diversas amenazas naturales. Entre las más conocidas están los sismos y el vulcanismo, que se miden en diferentes escalas, como es el caso de los sismos, que se mide con la escala de Richter, mientras que la fuerza y el tipo de

una erupción volcánica determinan su impacto. Otros fenómenos geológicos incluyen tsunamis y derrumbes, que también pueden tener consecuencias significativas.

Vulcanismo

El vulcanismo es uno de los procesos geológicos más potentes de la Tierra. Implica la emisión de magma, gases y cenizas desde el interior del planeta hacia su superficie a través de volcanes o grietas. Este fenómeno tiene una influencia significativa tanto en el modelado del paisaje terrestre como en la vida humana y el clima global. Estos eventos se originan en el manto terrestre, donde las altas temperaturas y presiones funden las rocas para formar magma. El magma asciende debido a su menor densidad comparada con las rocas circundantes y puede llegar a la superficie a través de fracturas y puntos débiles en la corteza terrestre. Cuando el magma emerge, se le llama lava.

Existen diferentes tipos de volcanes, incluyendo los estratovolcanes, los volcanes en escudo y los conos de ceniza, cada uno con características y tipos de erupciones distintas. Los estratovolcanes, por ejemplo, tienen erupciones explosivas y son responsables de algunos de los eventos volcánicos más devastadores, mientras que los volcanes en escudo, como los de Hawai, tienen erupciones más fluidas y menos violentas. Como fenómeno, el vulcanismo no está distribuido de manera uniforme en la Tierra. La mayoría de los volcanes se encuentran en los límites de las placas tectónicas, especialmente alrededor del Cinturón de Fuego del Pacífico, que rodea el Océano Pacífico y es la región más activa volcánicamente del mundo.

En general, las erupciones volcánicas crean nuevas formaciones geográficas, como islas, montañas y mesetas. Además, pueden tener un impacto significativo en el clima. La emisión de cenizas y gases como el dióxido de azufre en grandes cantidades, puede llevar a la formación de aerosoles en la estratosfera, reflejando la luz solar y causando un enfriamiento temporal del clima global. De la Cruz Reyna (2008) señala que en el mundo existen alrededor de 1,300 volcanes continentales activos, que en los últimos 10,000 años han tenido algún tipo de actividad, de los que solo 550, tienen registros históricos con una tasa eruptiva de 50 a 60 erupciones al año. Algunos eventos destacan, como es el caso en 1991, de la erupción del Monte Pinatubo, cuya erupción, ocasionó una disminución global de la temperatura promedio, por la cantidad de ceniza en la atmósfera que bloqueaba la entrada de los rayos solares. Sin embargo, es importante señalar por otro lado, que las erupciones también pueden

generar beneficios, ya que los suelos de origen volcánico son extremadamente fértiles, debido a los minerales que contienen, lo que lo hace ideales para la agricultura, de tal forma que sus laderas son conocidas por sus suelos ricos y productivos.

En general, debemos los eventos asociados a los volcanes, presentan numerosos peligros para las poblaciones humanas, ya que las erupciones pueden destruir comunidades enteras, los flujos de lava, las nubes de ceniza y los lahares (flujos de lodo volcánico) pueden causar muertes y desplazamientos masivos de poblaciones en especial para las que se encuentran cercanas a estos. De la Cruz Reyna (2008), refiere varias propuestas de diferentes investigadores, que se han generado para poder medir la magnitud que tienen las erupciones volcánicas, las cuales consideran entre otras variables: el poder dispersivo y el potencial destructivo, incluyendo también datos de la energía liberada, con lo que se propone una tabla con valores con una escala que va de uno a ocho dependiendo de la combinación y magnitud de varias de estas variables.

Entre los eventos naturales peligrosos considerados por CENAPRED, se encuentra la actividad volcánica que en general es poco frecuente en México, pero con potencial de afectaciones catastróficas, incluyendo casos importantes de mortandad. Sin embargo, la ubicación de los mayores impactos es generalmente puntual de acuerdo a su ubicación y tamaño de la estructura, no así la extensión a donde puede llegar la dispersión de las cenizas que se produzcan. Respecto a la producción de cenizas y gases tóxicos, conocer la composición del material particulado (MP) emitido durante las erupciones, permite saber sus posibles efectos en la salud, ya que el mismo puede tener además la presencia de materiales pesados peligrosos a la salud, o tener partículas tan pequeñas que afecten el aparato bronquial de quien las respire, causando graves daños a la salud (Santamaría-Juárez, *et al.*, 2022). Por lo mismo, los monitoreos de actividad volcánica, incluyen en algunos casos como es el del volcán Popocatepetl, el análisis de las cenizas que se emiten, para valorar su potencial en impactos a la salud.

En general, los volcanes tienen periodos donde pasan de momentos de actividad a momentos de inactividad y viceversa, estos largos momentos de inactividad, suelen generar la idea no solo de que en general no son activos, sino que podrían estar extintos. Sin embargo, es importante dar un seguimiento y no considerarlos inactivos, ya que al no estudiarlos como un potencial peligro, puede traer consigo consecuencias catastróficas, cuando se activan. En ese sentido, es importante identificar los periodos de actividad reciente y/o importante, para comprender su posible comportamiento respecto al tipo y magnitud de una actividad futura, lo que permitirá definir los posibles peligros que pudieran asociarse a cada volcán. Esta información permite generar planes de contingencia, que darían como resultado, una reducción potencial en pérdidas humanas y económicas.

México se ubica en un extremo de lo que se llama la placa tectónica de América del Norte, donde convergen las placas de Cocos y Rivera, y se forma el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, que cruza el país de oeste a este. En esta franja se localizan los volcanes más activos y potencialmente peligrosos para nuestro país. Espinasa-Pereña *et al.* (2021) señalan, que existen 46 centros volcánicos que podrían considerarse activos o potencialmente activos. Si bien toda la región es investigada, de estos, once son monitoreados por CENAPRED por su reciente o histórica actividad, que los pone en un status de posible peligrosidad.

Considerar este tema, permite, no solo clasificar este tipo de peligro, sino determinar entre otras cosas cuáles son las zonas de influencia de posibles impactos y no serían adecuadas para actividades, así como la generación de planes de monitoreo, seguimiento y mitigación de riesgo y en caso de ser necesaria una evacuación.

Vulcanismo en el estado de Tabasco

En el caso de Tabasco, el principal peligro por vulcanismo es el volcán del Chichonal o Chichón (ambos nombres son correctos) que se ubica en el estado de Chiapas, con una capacidad de generar dispersión de ceniza a casi todo Tabasco. Sin embargo, de acuerdo con Vázquez *et al.* (2019), el Tacaná en Guatemala, podría tener también la capacidad de generar dispersión de ceniza que llegaría a los municipios de Tenosique, Balancán y Emiliano Zapata.

El volcán del Chichonal, destaca en importancia debido tanto a la cercanía geográfica, ya que se encuentra al sur cerca de la frontera con Tabasco, a los 17°21'38" latitud norte y 93°13'28" de longitud oeste en Chiapas, como por su historial eruptivo, por lo que cualquier actividad volcánica podría tener consecuencias significativas para esta región, que se han dado históricamente. Este es un volcán de tipo estratovolcán, que quiere decir que tiene una estructura que está compuesta por varias capas de materiales volcánicos acumulados a lo largo de las erupciones volcánicas pasadas. Los materiales estudiados de su estructura, muestran que se ha registrado potencial explosivo y la capacidad de generar flujos piroclásticos, avalanchas de ceniza importantes y la emisión de gases volcánicos.

En cuanto a eventos importantes, el Chichonal tiene importancia significativa, de acuerdo con Espíndola *et al.* (2000), ya que pocos volcanes en el mundo tienen tanta actividad. Los

registros muestran, que al menos 12 erupciones han ocurrido asociadas a este volcán en los últimos 8,000 años, de las cuales, al menos nueve de ellas fueron similares o mayores a la última registrada en 1982. Estos eventos explosivos, produjeron en su mayoría depósitos de flujo y ceniza que ocurrieron alrededor de 550, 900, 1250, 1500, 1600, 1900, 2000, 2500, 3100, 3700 y 7700 años antes de Cristo, además los registros muestran que el periodo de reposo entre estas erupciones ha variado de 100 a 600 años (Espíndola *et al.*, 2000).

La erupción más reciente fue de tipo pliniana (Espíndola *et al.*, 2000), se registró en dos etapas, la primera el 28 de marzo y la segunda el 3 y 4 de abril de 1982, y fue catalogada como una de las más destructivas en la historia de México, causando la pérdida de vidas humanas y una extensa destrucción de viviendas y tierras agrícolas en las cercanías del volcán. Resultado de esta explosión, se generaron columnas eruptivas y lluvia de fragmentos y cenizas. Las columnas de “tefra” se elevaron y penetraron hasta la estratósfera, aproximadamente a 28 km sobre el nivel del mar, el valor máximo, y fueron registradas con el satélite Nimbus-7 TOMS de la NASA (Global Volcanism Program, 2024), mostrando un diámetro de 100 km.

Los efectos de esta erupción de acuerdo a los datos históricos también se sintieron en Veracruz y Tabasco, donde se registraron lluvias ácidas y caída de cenizas, afectando la calidad del aire y la salud de la población. Actualmente, asociado a esta última erupción, se generó un programa que da seguimiento a los reportes asociados al mismo, al representar este, un peligro potencial para Tabasco en caso de una nueva erupción, ya que registros históricos de la erupción muestran importantes cantidades de cenizas emitidas en dirección de Tabasco, En Villahermosa, ubicada a unos 70 Km de distancia estas llegaron con un espesor de cinco centímetros y se considera que, la mayor parte del material arrojado fue dispersado a una distancia máxima de 130 km en la dirección del viento.

La amenaza a Tabasco asociada a este volcán, es principalmente la llegada de cenizas volcánicas. La emisión de cenizas durante una erupción puede afectar la calidad del aire y la visibilidad en Tabasco. Esta ceniza puede acumularse en los techos, con capacidad de provocar su colapso dependiendo de la precariedad de los materiales, por lo que debe removerse teniendo gran cuidado de no arrojarla al drenaje o al agua potable ya que al humedecerse se compacta y su peso produce colapsos. Además, la ceniza volcánica es abrasiva y corrosiva, lo que puede dañar infraestructuras, sistemas de transporte y maquinarias.

CENAPRED (figura 17) tiene considerados escenarios potenciales del alcance de la nube de ceniza, de presentarse otro evento eruptivo en el Chichonal en el Visor del Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos, con diferentes espesores de cenizas

(<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html>). Estos posibles escenarios de acuerdo al visor, van hasta una distancia potencial de 40 km, sin embargo, al revisar la imagen, se aprecia que con un espesor posible de 4.72 cm de acuerdo al modelo, esta podría llegar más allá de la costa del Municipio de Paraíso al Norte (que es una distancia de alrededor de 120 km.) Es importante señalar también, que, en el trabajo de gabinete realizado con las autoridades de los diferentes municipios, se nos informó que las cenizas en 1982 prácticamente llegaron a todo el estado, con reportes tan lejos como el municipio de Emiliano Zapata, Balancán y Tenosique. Esto significaría, una distancia de más de 170 km de del punto de origen, esto es potencialmente posible, ya que depende de los vientos que se den en el momento del evento, por lo que se propone en la figura 18, un escenario potencial máximo para Tabasco que abarcaría en dirección este, prácticamente todo el estado.

La ceniza de la erupción de 1982 del Chichonal que llegó a casi todo el territorio tabasqueño, de acuerdo a lo que señalan personas de los diferentes municipios visitados, es un parámetro a considerar respecto a este peligro. Particularmente para la región al sur del estado, debido a la cercanía con el volcán, ya que la cantidad de ceniza que podría llegar es considerable en relación a la cercanía, y representa un peligro en particular para la zona sur, sin embargo, dada la cercanía y el volumen de población, la zona de la Chontalpa, es también una región que podría tener impactos importantes de ceniza con afectación a la salud de la población. De acuerdo a los reportes, en su última erupción, se estima que la capa que cubrió a esta región solo fue de centímetros, sin embargo, se reportaron afectaciones a bienes y salud de los locales.

En ese sentido, se considera importante dar seguimiento a la estrategia de monitoreo que realiza el gobierno de Chiapas de este volcán, para estar al tanto de la actividad del mismo. Así mismo, promover la generación de planes de contingencia, y un programa de divulgación a la población sobre los peligros volcánicos y cómo actuar en caso de una erupción y una potencial llegada de ceniza, al representar esta de primera instancia un peligro a la salud.

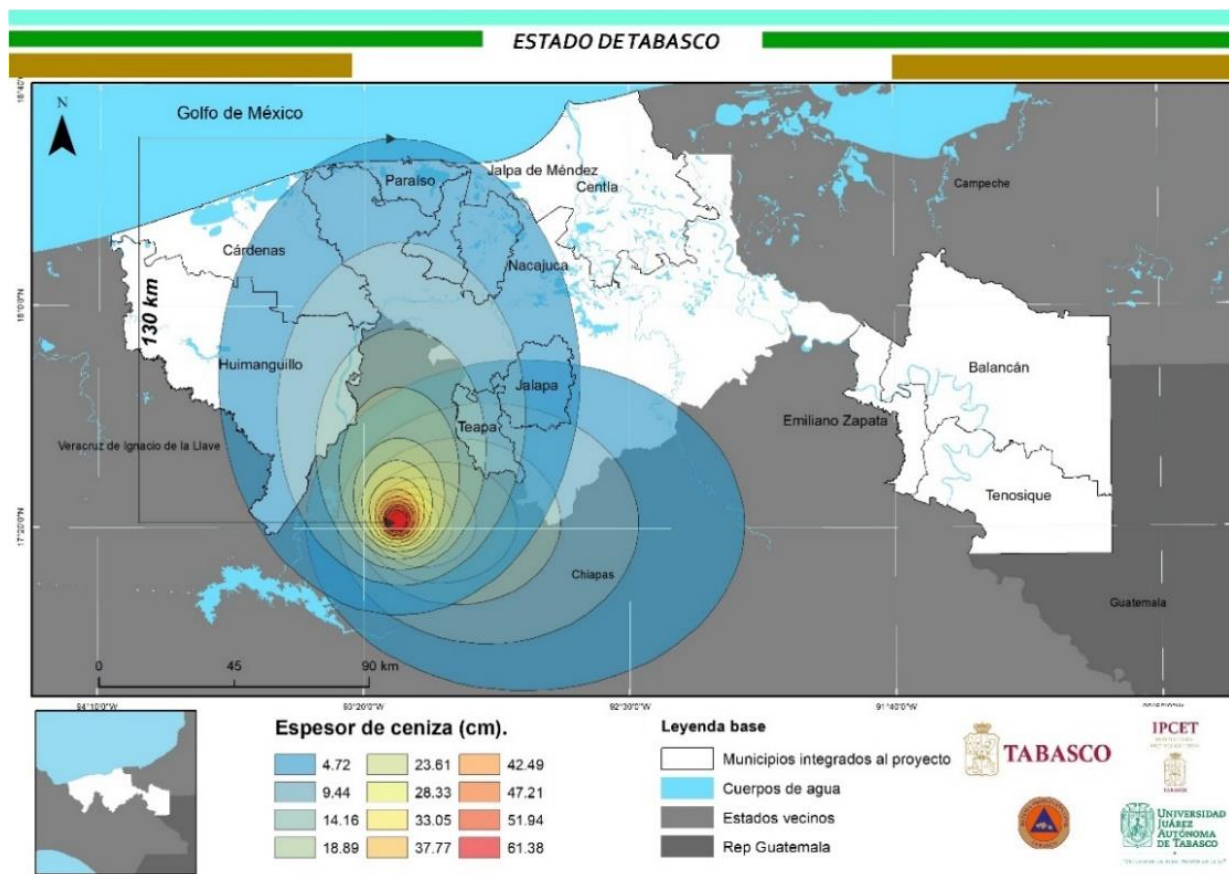


Figura 17. Escenarios potenciales del alcance de la nube de ceniza para el volcán el Chichónal considerados por CENAPRED; al norte y al este asociado a los posibles vientos dominantes. Fuente: CENAPRED, (2023).

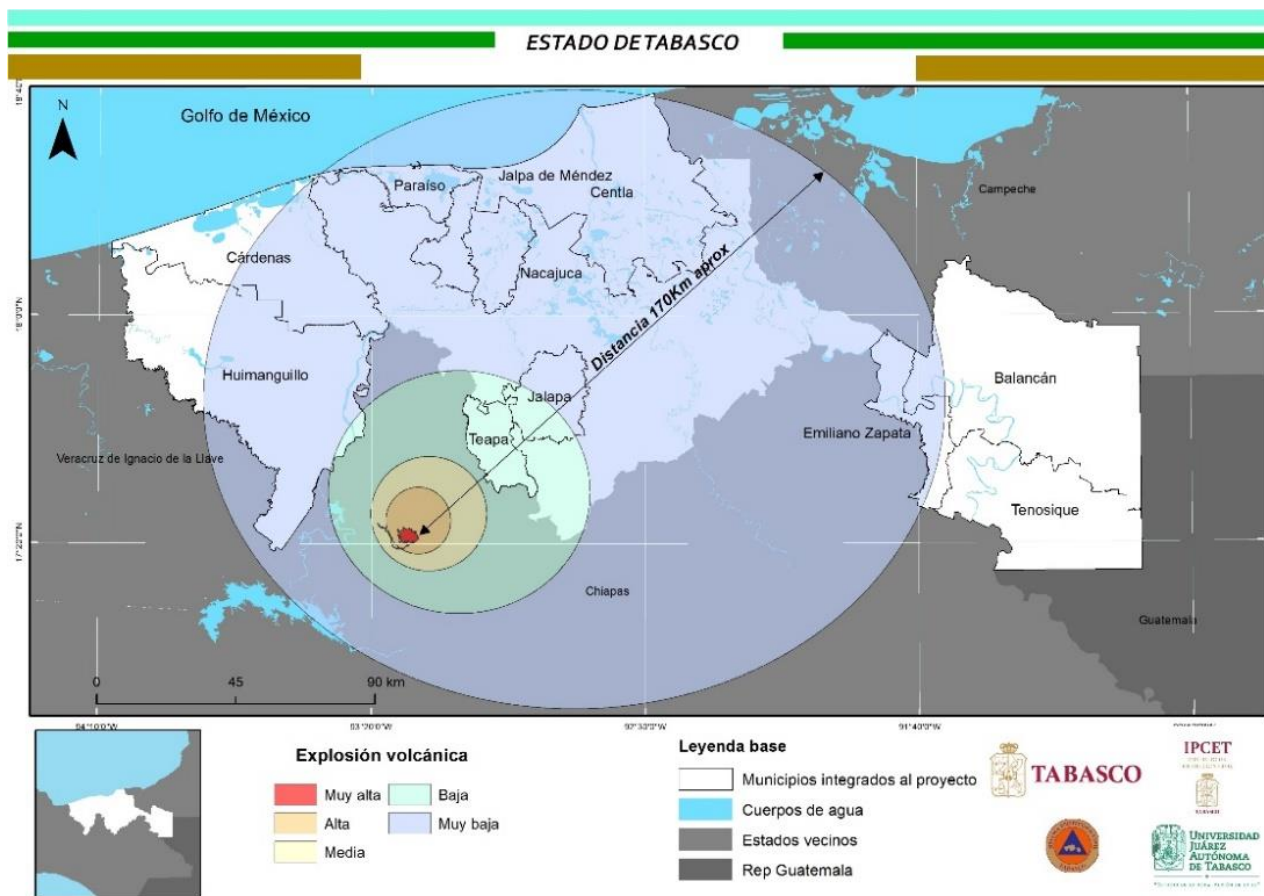


Figura 18. Escenario potencial modificado de la figura anterior para el alcance de la nube de ceniza asociada al volcán el Chichonal, considerando la información mencionada en las reuniones con autoridades municipales.

Sismos

Los sismos o temblores, también llamados terremotos cuando son de fuerte intensidad con potencial de causar algún daño, son fenómenos naturales que se identifican por un movimiento inadvertido y brusco del suelo, que es el resultado de la liberación abrupta de energía en la corteza terrestre, creando ondas sísmicas que se propagan por la Tierra. Estos eventos han generado siempre curiosidad y/o temor a la humanidad, motivando su estudio, de inicio para comprender sus causas, pero también sus mecanismos y la dinámica de su generación, así como la posibilidad de mitigar sus efectos. Si bien se ha buscado la posibilidad

de prever su ocurrencia, hoy aún es imposible determinar con exactitud cuando y donde ocurrirán.

Históricamente, los sismos han dejado una huella en la historia de la humanidad, ya que son capaces de alterar nuestra manera de percibir la naturaleza. Se tienen registros de terremotos de antiguas civilizaciones como la Mesopotámica, la China, la Griega y la Romana. En Shensi, China, en 1556, un sismo que duró un par de minutos mató a 800 000 personas (Esquivel Sirvent, 2018). Otro ejemplo notable es el terremoto de Lisboa de 1755, que devastó la ciudad y tuvo un impacto profundo en la filosofía y la ciencia europeas de la época. Este evento motivó una de las primeras investigaciones científicas sistemáticas sobre los sismos, realizada por el Marqués de Pombal, quien recopiló datos de testimonios y observaciones para entender el fenómeno (Martínez Solares, 2001). En Japón, una región particularmente propensa a los terremotos, la historia sísmica está bien documentada. Los japoneses han desarrollado una rica tradición de registros sísmicos que se remonta a varios siglos. El Gran Terremoto de Kanto de 1923, que devastó Tokio y Yokohama, fue un catalizador para el desarrollo de la sismología moderna en Japón y motivó avances en el diseño de edificios resistentes a sismos. En ese sentido, en México a raíz del terremoto de 1985, se reconoce la necesidad de tener un esfuerzo coordinado que se active en eventos de emergencias y desastres y en 1986 se instauración del Sistema Nacional de Protección Civil.

El estudio de los sismos, ha llevado a los especialistas, entre otras cosas conocer mejor el interior del planeta y eventos geológicos como la tectónica de placas. Hoy sabemos, que, salvo los sismos asociados a los volcanes, en general se producen principalmente debido a la interacción entre las placas tectónicas de la Tierra. Nuestro planeta tiene una estructura con diferentes capas esféricas concéntricas, a un núcleo en el centro.

Diferentes investigaciones que se están realizando, han encontrado entre otros datos, que las capas tienen diferentes componentes, logrando identificar algunos de ellos, como es el caso del núcleo dividido en un núcleo externo líquido y un núcleo interno sólido, que está conformado principalmente de hierro y níquel (Espíndola Castro y Pérez Campos, 2018). Le sigue una capa media llamada manto, la parte más abundante, se divide igual en dos partes y está conformada por silicatos ferromagnesianos. La litosfera es la capa superior de la Tierra que comprende la corteza y la parte superior del manto. En ella se dan los procesos geológicos como son la tectónica de placas y la actividad ígnea asociada a los eventos volcánicos.

La litosfera se desplaza lentamente debido a las diferencias de temperaturas y densidad de los compuestos de las capas de la tierra, donde los más ligeros del manto tienden a subir, y los más pesados tenderán a bajar a través del tiempo, estos, han dado forma a los continentes

y océanos que hoy tenemos, y a esto se le conoce como “Tectónica de Placas” (Espíndola Castro y Pérez Campos, 2018).

Estas placas, fragmentos rígidos de la litosfera, que se encuentran en constante movimiento, acumulan de tensiones en los bordes de las placas que pueden resultar en fracturas y desplazamientos repentinos, cuando la tensión supera la resistencia de las rocas, libera energía en forma de ondas sísmicas. Existen catorce grandes placas tectónicas principales y docenas secundarias (Alfaro y Fernández, 2020). Seis de las principales reciben el nombre del continente en el que se encuentran, como la placa norteamericana, la placa africana, la placa sudamericana, la placa euroasiática (que alberga la mayor parte de Asia y Europa), la placa australiana (donde estaría el continente de Oceanía) y la Placa Antártica. Las placas secundarias son más pequeñas, pero no menos importantes en cuanto a su influencia sobre la estructura del planeta. El contacto entre las placas, se debe a sus movimientos, por ejemplo, la placa de Norteamérica, que se mueve al sureste y la de Cocos, que se mueve al noreste, generan una zona de encuentro o subducción. México está constituido, por cinco de estas placas tectónicas: Pacífico, Norteamérica, Caribe, Rivera y Cocos, esta última es donde se origina la mayor sismicidad.

Estos desplazamientos de las placas generan deformaciones y fricciones entre ellas generan desplazamientos súbitos, el primero provee energía, el último la almacena. La fricción actúa como un precursor importante de ondas que se clasifican en dos tipos principales: ondas de cuerpo y ondas superficiales las que nosotros identificamos como sísmicas. Las ondas de cuerpo incluyen las ondas P (primarias) y las ondas S (secundarias). Las ondas P son las más rápidas y pueden viajar a través de sólidos, líquidos y gases, mientras que las ondas S solo se desplazan a través de sólidos (Espíndola Castro y Pérez Campos, 2018). Las ondas superficiales, que incluyen las ondas Love que son un resultado de la interacción de las ondas S horizontales con las capas superficiales de terreno. Mientras que las ondas Rayleigh, viajan a lo largo de la superficie terrestre por interacción entre las ondas P y las ondas S verticales y son responsables de la mayoría de los daños durante un terremoto debido a su alta amplitud y mayor duración.

La intensidad sísmica es un concepto que se aplica al grado de destrucción o efectos locales de un terremoto. La primera escala de intensidad fue propuesta por Giuseppe Mercalli, y constaba de diez grados y actualmente se llama escala de Mercalli modificada y consta de doce grados. La intensidad está relacionada con los efectos que reportan las personas y el grado de daño en las estructuras. Richter en 1935, propuso una fórmula para medir la magnitud de un terremoto y cuantificar el daño (Espíndola Castro y Pérez Campos, 2018). Actualmente los movimientos sísmicos, se detectan con sismógrafos y acelerógrafos. Estos aparatos nos ayudan a medir el tamaño del movimiento en todas direcciones (horizontal y

vertical). Normalmente los movimientos más grandes son en dirección horizontal; sin embargo, en zonas cercanas al epicentro se registran fuertes movimientos verticales.

La evaluación de los sismos ha evolucionado significativamente desde los primeros registros anecdóticos hasta las técnicas sofisticadas actuales. Inicialmente, la evaluación de sismos se basaba en observaciones directas y relatos históricos. Con el advenimiento del sismómetro en el siglo XIX, inventado por el geofísico británico John Milne, se hizo posible registrar las ondas sísmicas de manera cuantitativa. Estos primeros sismómetros permitieron a los científicos medir la magnitud y la localización de los sismos con mayor precisión.

Hoy el sistema más utilizado para evaluar la magnitud es, la “magnitud de momento sísmico” (M_w), esta se determina considerando la cantidad proporcional al área de ruptura (esto es, al tamaño de la falla geológica que se rompió) y al deslizamiento que ocurra en la falla. La magnitud refleja también la cantidad de energía liberada en el sismo y entre cada unidad de medida de magnitud hay una diferencia de 32 veces más; por ejemplo, un sismo de magnitud 6.0 tiene 32 veces más energía que uno de 5.0.

Los sismógrafos modernos son digitales, pero requieren de información proveniente de al menos tres estaciones sísmicas diferentes, cada estación registra la llegada de las ondas P y S; la diferencia de tiempo de arribo entre ellas dependerá de la distancia del epicentro al sismógrafo, por lo que para cada estación se puede trazar un círculo. La intersección de los tres indica la región epicentral. Estos aparatos también pueden dar una escala de la magnitud de momento, que proporciona una medida más precisa de la energía liberada. La intensidad, en cambio, se sigue midiendo con la escala de Mercalli Modificada utilizando en algunas zonas para evaluar el impacto del sismo en el terreno y en las estructuras humanas.

El desarrollo de redes sismográficas globales a lo largo del siglo XX, como la Red Mundial de Sismógrafos (WWSSN), mejoró significativamente la capacidad de detectar y analizar sismos en cualquier parte del mundo. Estas redes proporcionaron datos críticos que permitieron a los sismólogos comprender mejor la dinámica de la tectónica de placas y los mecanismos de ruptura. En México se estableció la red sismológica mexicana en 1910 manteniendo un monitoreo de los temblores, con su sede en la Estación Sismológica de Tacubaya y el apoyo del Instituto de Geofísica de la UNAM, que son encargados de operar el Servicio Sismológico Nacional -SSN-. Este sistema cuenta con una red de 35 estaciones sismológicas, sin embargo, se apoya también en redes operadas por instituciones de investigación y universidades, así como por redes internacionales de monitoreo. De acuerdo con los datos del Servicio Sismológico Nacional, se reportan en México un promedio de cuatro sismos por día de magnitud mayor a tres. Los datos de estas redes de monitoreo pueden ser consultadas en diferentes visores como es el caso de “Sismotectonica”

(<https://www.sgm.gob.mx/Sismotectonica/>), que permite tener información no solo de los sismos, sino además datos geológicos por estado o municipio.

En ese sentido, la sismología se beneficia de tecnologías avanzadas como la tomografía sísmica, que utiliza la propagación de ondas sísmicas para crear imágenes tridimensionales del interior de la Tierra, y los sistemas de monitoreo en tiempo real que emplean satélites y sensores distribuidos globalmente. Estas herramientas permiten una evaluación más precisa y rápida de los sismos, lo que es crucial para las alertas tempranas y la mitigación de desastres.

Como evento natural, sin duda los sismos representan un peligro significativo debido a su capacidad para causar destrucción masiva y pérdidas humanas. Los peligros asociados a los sismos incluyen:

1. **Daños estructurales:** Las ondas sísmicas pueden causar el colapso de edificios, puentes y otras infraestructuras, resultando en numerosas muertes y heridos. La intensidad del daño depende de factores como la magnitud del sismo, la distancia al epicentro, la calidad de la construcción y la geología local.
2. **Tsunamis:** Los sismos submarinos pueden generar tsunamis, olas gigantes que se propagan a través de los océanos y pueden devastar áreas costeras a miles de kilómetros del epicentro. El tsunami del Océano Índico en 2004, generado por un terremoto de magnitud 9.1-9.3, es un ejemplo devastador, con más de 230,000 muertes en 14 países.
3. **Licuefacción del suelo:** En áreas con suelos saturados de agua, las ondas sísmicas pueden provocar la licuefacción del suelo, donde el suelo pierde su rigidez y se comporta como un líquido, causando el colapso de estructuras y la destrucción de infraestructuras subterráneas.
4. **Deslizamientos de tierra:** Los sismos pueden desencadenar deslizamientos de tierra en áreas montañosas, bloqueando caminos y ríos, y causando daños adicionales a las comunidades afectadas.

La mitigación de estos peligros requiere una combinación de planificación urbana, diseño de estructuras resistentes a sismos, sistemas de alerta temprana y educación pública. Los avances en la sismología y la ingeniería sísmica han reducido significativamente las pérdidas humanas y materiales en regiones con alta actividad sísmica, pero el desafío persiste debido a la naturaleza impredecible de los sismos.

Sismicidad en la región Sureste

Con base al referente normativo establecido por la Comisión Federal de Electricidad (2015) para México, el país se divide en cuatro zonas sísmicas, considerando las intensidades del peligro sísmico, dos de baja y dos de alta sismicidad (D Muy alta, C Alta, B Moderada y A Baja), basados en un valor de la aceleración máxima en roca. Esta regionalización tiene el propósito de valorar el posible impacto que tenga un sismo en estructuras asociadas a cuestiones energéticas, sin embargo, está incluido en el Sistema Nacional de Información sobre Riesgos (<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html>) en relación al potencial peligro por sismos en el país.

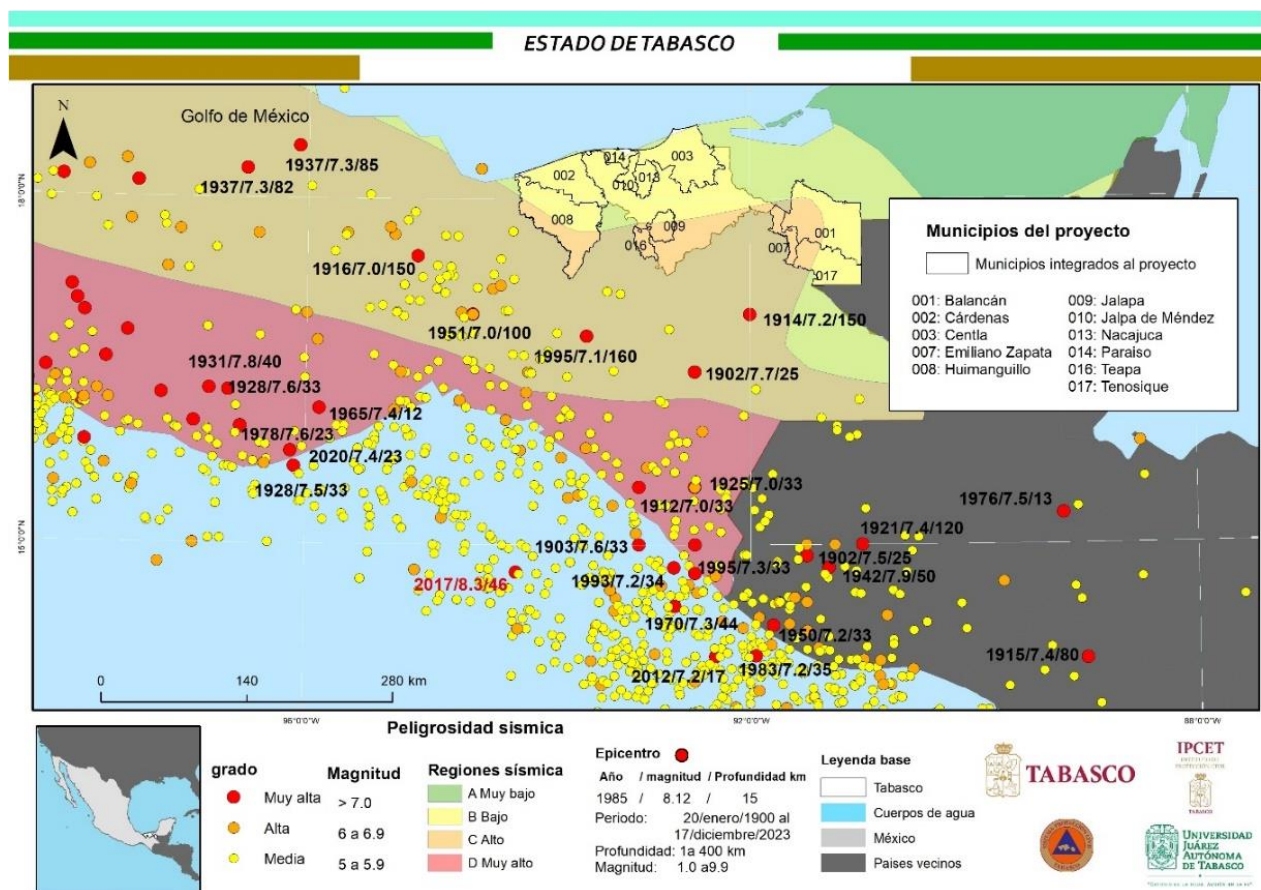


Figura 19. Regionalización sísmica de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (S/F), con datos de los sismos con magnitud igual o mayor a 5 en la región de acuerdo a la base de datos del Sistema Sismológico Nacional.

Tabasco de acuerdo a la Regionalización Sísmica de CFE (S/F), se ubica principalmente en la zona B y parte del suroeste en la zona C. En general de acuerdo a la regionalización realizada por CFE, las zonas B y C (figura 19), consideradas como zonas intermedias, no registran sismos tan frecuentemente o no son zonas que se podrían afectar por altas aceleraciones de las ondas, ya que, de acuerdo al análisis realizado para esta regionalización, no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

El sureste de México es una región con alta actividad sísmica (figuras 20 y 21) debido a su ubicación en la interacción entre la placa de Cocos y la placa del Caribe. La subducción de la placa de Cocos bajo la placa del Caribe a lo largo de la costa del Pacífico es la causa principal de la actividad sísmica en la región. Esta interacción tectónica genera una acumulación de tensiones que, al liberarse, producen sismos de diversa magnitud. Las zonas más afectadas por esta actividad sísmica incluyen los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero principalmente, sin embargo, los sismos de gran magnitud pueden generar efectos se extiende a gran distancia. En Chiapas, por ejemplo, se han experimentado algunos de los terremotos más devastadores en la historia reciente del país. El terremoto del 7 de septiembre de 2017, con una magnitud de 8.2, es uno de los más poderosos registrados en México, causando daños significativos y numerosas pérdidas humanas.

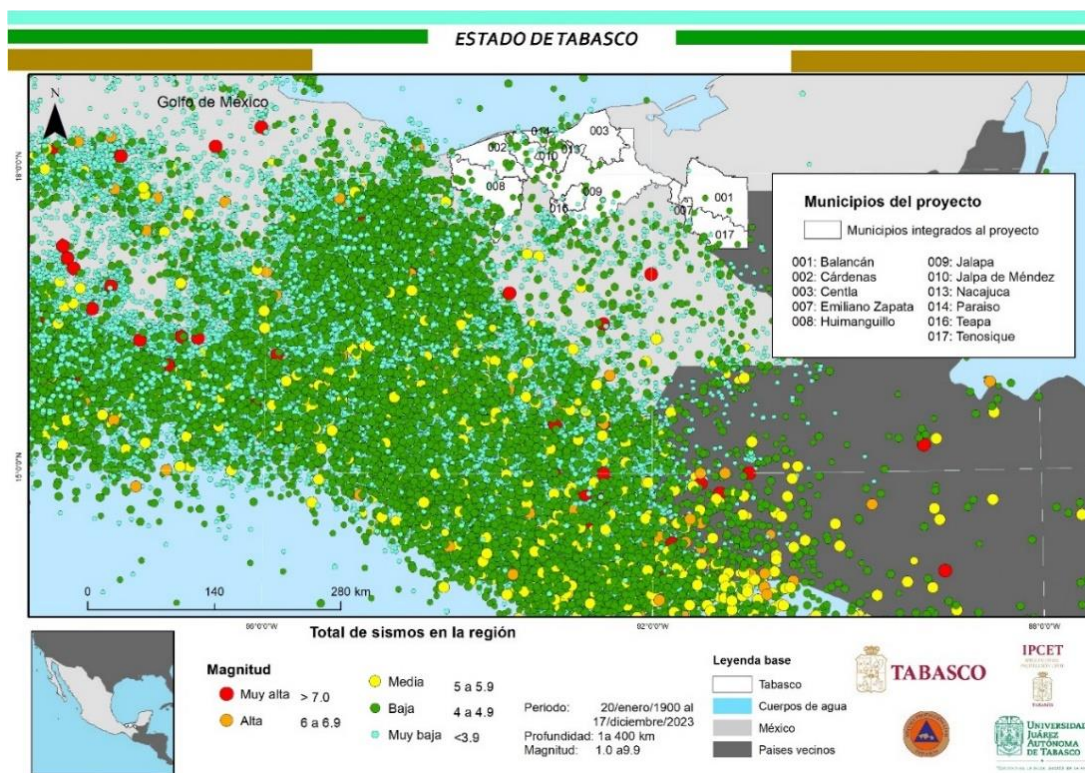


Figura 20. Total, de sismos registrados en la región, de acuerdo con la base de datos del Sistema Sismológico Nacional, con datos de 1900 al 2023.

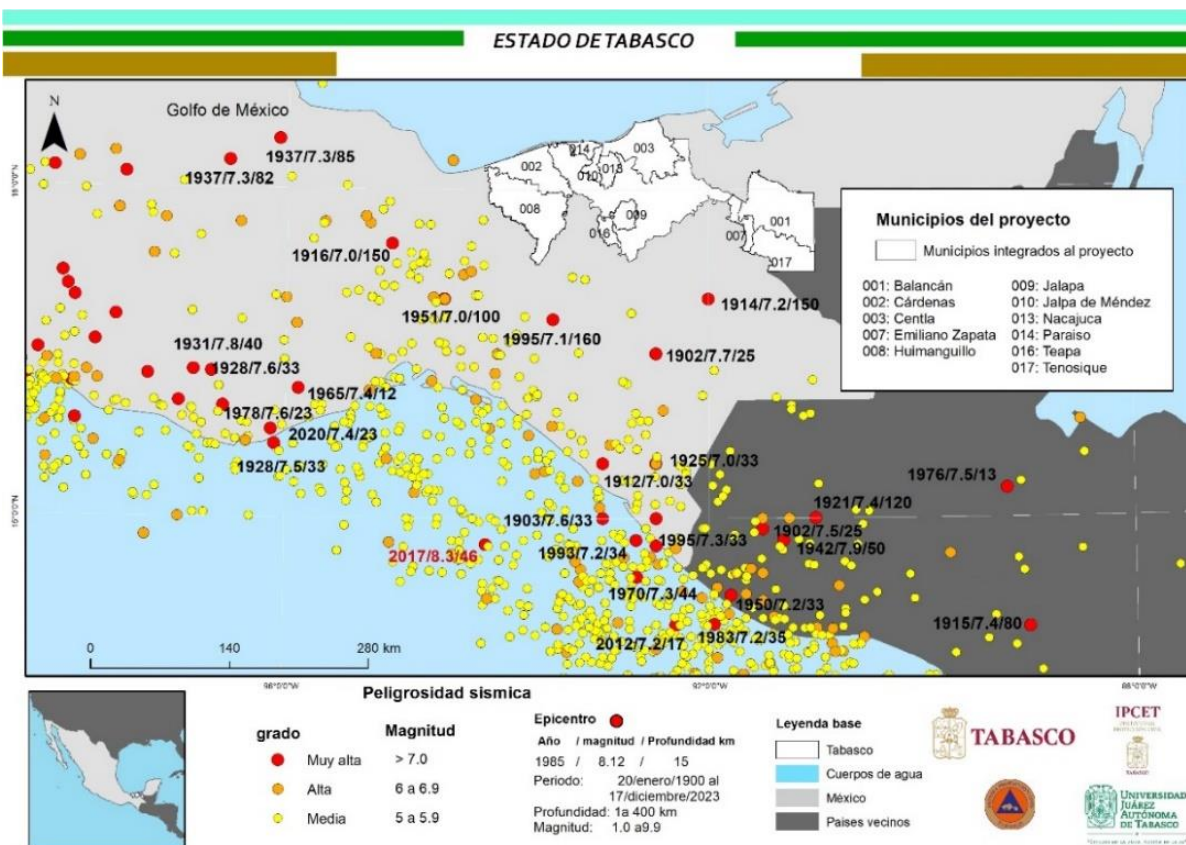


Figura 21. Total, de sismos mayores a magnitud 5 registrados en la región, de acuerdo con la base de datos del Sistema Sismológico Nacional, con datos de 1900 al 2023.

Sismos en el municipio de Paraíso

No se tienen registros de alta sismicidad con hipocentros en el municipio de Paraíso, que se encuentra en una zona de baja sismicidad. Como se aprecia en la figura 18, -la base de datos señala veintiocho eventos-, de acuerdo a estos datos, en 2022 se registró el mayor número de eventos con seis y en 2007 se registró el de mayor magnitud de 4.5 (tabla 13, figuras 22 y 23)⁸. Sin embargo, además, de esta sismicidad local, existe un peligro latente de que se perciban más eventos sísmicos, e incluso de mayor magnitud, debido a la proximidad a la zona de alta actividad tectónica de Chiapas, ya que los sismos originados en esa región, aún en las zonas más lejanas,

⁸ Los eventos fueron cuantificados utilizando los datos del Sistema Sismológico Nacional, sin embargo, la cantidad de los mismos puede variar al ser ubicados sobre el límite geográfico del municipio utilizado de INEGI.

Tabla 13. Datos de los Sismos registrados históricamente en el municipio de Paraíso por el Sistema Sismológico Nacional.

Año/cantidad	Magnitud	Registro
1974	4.1	1
1990	3.9	1
1991	4	1
1996	4.1	1
2003	4.1	1
2004	4.1	1
2007	4.5	1
2013	3.8	1
2015	3.9	1
	4.2	1
2016	3.8	2
2017	3.8	1
	3.9	1
2019	3.9	1
	4.2	1
2021	3.6	1
	3.7	1
	4.1	1
2022	3.6	1
	3.7	3
	3.8	1
	4	1
2023	3.7	1
	3.9	1
	4	1
Total		28

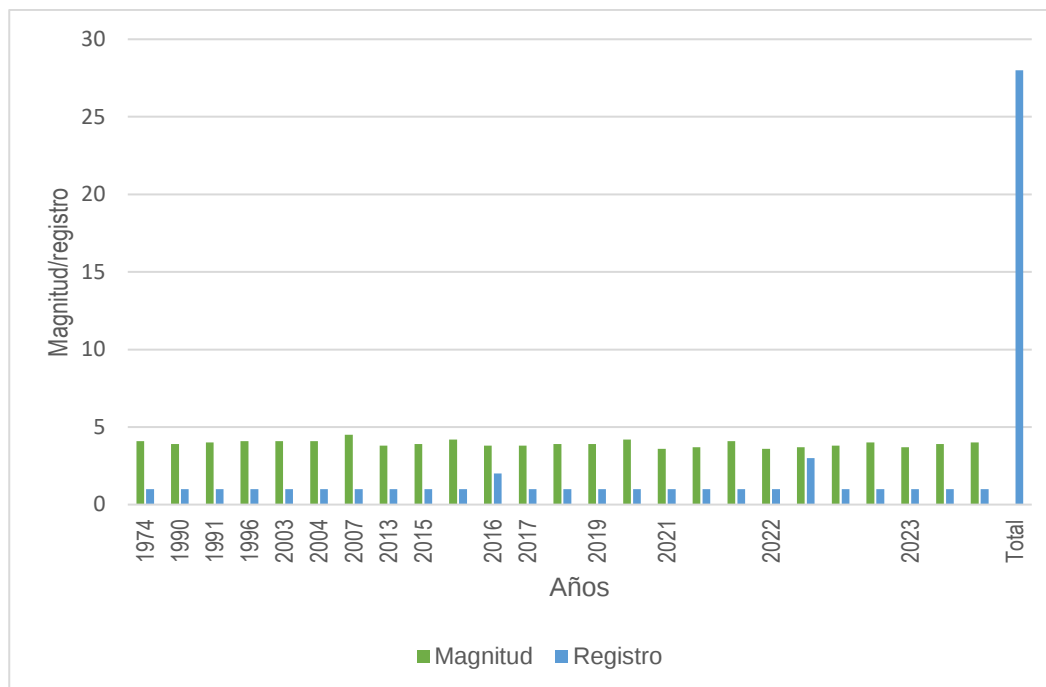


Figura 22. Gráfico con datos comparativos (magnitud/cantidad) de los sismos registrados en el municipio de Paraíso por año.

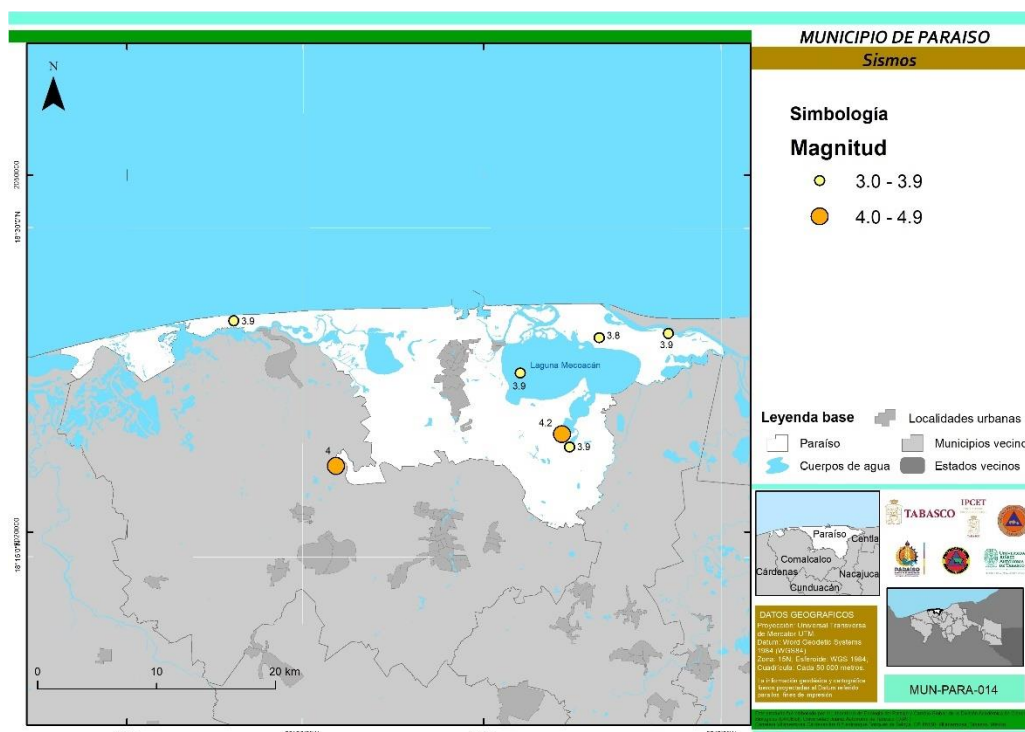


Figura 23. Total, de sismos registrados en el municipio, agrupados por magnitud e hipocentros, de acuerdo con la base de datos del Sistema Sismológico Nacional, con datos de 1900 al 2023.

Inestabilidad de Laderas

La inestabilidad de laderas es un fenómeno geológico que se refiere al desplazamiento de masas de suelo, rocas y escombros en las laderas de montañas, cerros o lomeríos, desencadenado por una variedad de factores (Alcántara Ayala, *et al.*, 2008). En general las laderas se vuelven inestables cuando se debilitan, lo que desencadena la pérdida de material por gravedad. Este proceso puede resultar en deslizamientos de tierra, flujos de escombros y otros movimientos del terreno que representan serios riesgos para las personas, la infraestructura y el medio ambiente. Este fenómeno es un problema crítico en México, con graves repercusiones para las comunidades, la infraestructura y el medio ambiente (Zaragoza Álvarez, *et al.*, 2022). Algunas regiones montañosas como Oaxaca, Veracruz o Chiapas que tiene zonas con suelos frágiles son particularmente vulnerables a estos eventos, debido a sus características geográficas y climáticas.

La inestabilidad de las laderas se puede clasificar en varias categorías dependiendo del criterio considerado (Alcántara Ayala, *et al.*, 2008). Por ejemplo, puede ser asociado a la velocidad del movimiento, o por el tipo de material involucrado, o dependiendo del mecanismo de deslizamiento, no todas las categorías se presentan en Tabasco por sus características fisiografías, sin embargo, podrían presentarse los siguientes tipos (Cuevas Salgado, *et al.*, 2013):

- Deslizamientos de tierra lentos, ya que, aunque Tabasco tiene un terreno mayormente plano, las pendientes leves y las orillas de ríos pueden experimentar deslizamientos de tierra, ya que las fuertes lluvias y la saturación del suelo son los factores principales que contribuyen a este tipo de deslizamientos.
- Detríticos o flujos de lodo, durante la temporada de lluvias intensas, las áreas con suelos arcillosos y saturados de agua en Tabasco pueden la posibilidad de presentar este tipo de flujos de lodo, que son movimientos rápidos de estos materiales y pueden afectar caminos, viviendas y terrenos agrícolas.
- Finalmente, en menor medida pueden presentarse, flujos de escombros, o sea, las mezclas de suelo y vegetación que pueden moverse rápidamente, cuesta abajo, en áreas con pendientes, esto especialmente al sur del estado en las zonas que hacen frontera con Chiapas, especialmente después de lluvias intensas o avenidas en los cauces de los ríos.

La inestabilidad de las laderas puede también clasificarse dependiendo el mecanismo que tenga el deslizamiento. En Tabasco, este puede estar asociado a precipitaciones intensas con capacidad de desencadenar flujos de escombros y lodo, particularmente en áreas donde la deforestación ha debilitado la cohesión del suelo.

También debe considerarse que los procesos de expansión urbana y la construcción de infraestructura, sin un adecuado análisis geotécnico, son acciones que pueden provocar también inestabilidad de las laderas, ya que, excavaciones en pendientes leves o la remoción de vegetación natural para construir algún tipo de infraestructura pueden desestabilizar el suelo.

Además, esta la erosión causada por las corrientes de agua en los numerosos ríos y arroyos de Tabasco frecuentemente socavar las orillas de los ríos desencadenando deslizamientos de tierra, un proceso común de inestabilidad en áreas fluviales, particularmente asociadas con fuertes avenidas resultantes de tormentas intensas.

Finalmente, las fluctuaciones en el nivel del agua subterránea, sobre todo si está muy cerca de la superficie, o está asociada a suelos inundables, y especialmente durante y después de las temporadas de lluvia, pueden desestabilizar el suelo, causando movimientos lentos de tierra.

Diversos informes muestran que la inestabilidad de laderas en México (Zaragoza Álvarez, *et al.*, 2020), en general debe a múltiples factores naturales y antrópicos, como son:

- Las precipitaciones intensas a torrenciales, especialmente durante la temporada de huracanes y ciclones, que saturan los suelos y reducen su cohesión con el potencial de desencadenar la inestabilidad en las laderas.
- Sismos de fuertes magnitudes con capacidad para desestabilizar las laderas, ya sea provocando movimientos inmediatos o creando condiciones propicias para futuros deslizamientos.
- La deforestación causada por la tala de bosques que al eliminar la vegetación que ayuda a estabilizar los suelos, genera una ausencia de raíces que permiten que se sostenga el terreno, lo que genera que las laderas sean inestables.
- Los cambios globales asociados al calentamiento global que está contribuyendo a modificar e incrementa la frecuencia y severidad de eventos climáticos extremos, como lluvias intensas, que elevan el riesgo de inestabilidad de laderas como se menciona anteriormente.

- La expansión de las zonas urbanas sin una planificación adecuada, que genera infraestructuras en áreas inestables, que exacerba significativamente el riesgo de la inestabilidad de las laderas.

En general, la inestabilidad de las laderas en México se caracteriza por varios factores:

- Velocidad del Movimiento: Los movimientos de laderas pueden ser rápidos y causar destrucción inmediata o pueden ser lentos, desplazando gradualmente en grandes masas de tierra.
- Materiales Involucrados: La inestabilidad puede involucrar diferentes materiales como: rocas, tierra, escombros y vegetación. Los deslizamientos de tierra y los flujos de escombros son comunes.
- Factores Desencadenantes: Las lluvias y los sismos son los desencadenantes más frecuentes, aunque la combinación de factores como la deforestación y la urbanización descontrolada también juega un papel crucial.

Aunque Tabasco no es una región predominantemente montañosa, la inestabilidad de laderas y deslizamientos asociados pueden presentar desafíos especiales debido a su geografía y condiciones climáticas. Tabasco tiene un terreno principalmente plano y húmedo, con un alto nivel freático y numerosos cuerpos de agua. Las fuertes lluvias saturan rápidamente los suelos, aumentando el riesgo de deslizamientos en áreas con pendientes leves o cortes en el terreno, como las orillas de ríos y barrancas. Además, las frecuentes inundaciones en Tabasco contribuyen a la erosión del suelo. La erosión puede desestabilizar las orillas de ríos y cauces, causando deslizamientos que afectan infraestructuras y poblaciones cercanas.

Es importante considerar este tema de inestabilidad de laderas, que, aunque no es frecuente y en el estado de Tabasco se presenta principalmente en los municipios de Teapa, Tacotalpa, Huimanguillo y Tenosique, donde se ubican las mayores elevaciones, la Sierra Madrigal y la Sierra Tapijulapa, cada una con 900 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.); además del Cerro La Pava con 880 m s.n.m. En ese sentido la inestabilidad de algunas zonas en laderas ha provocado deslaves que han causado daños a carreteras, viviendas y áreas agrícolas. Sin embargo, para el municipio de Paraíso no se considera (figura 24).

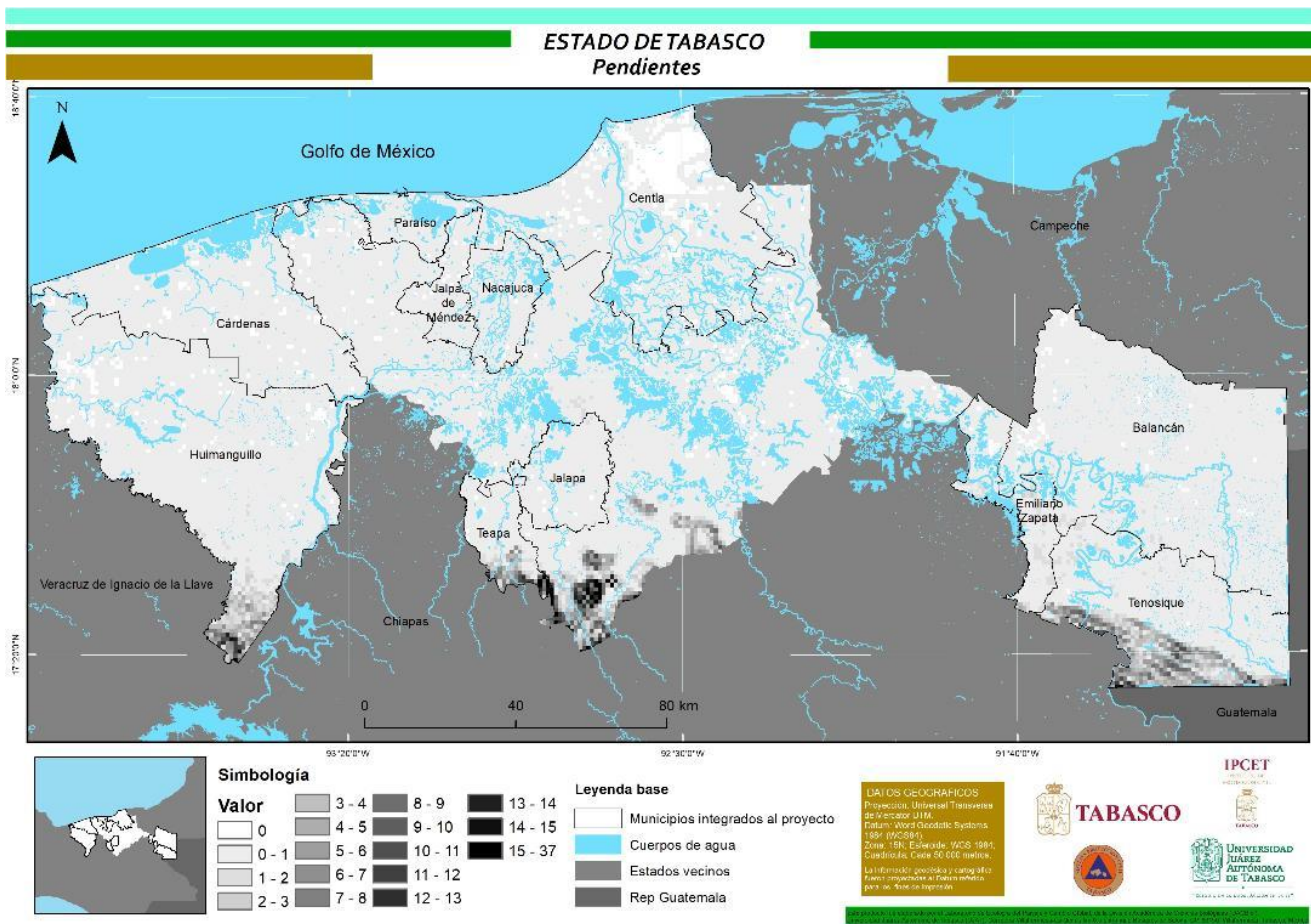


Figura 24. Mapa de las zonas con inestabilidad de laderas del estado de Tabasco.

Erosión

La erosión es un proceso geológico (Alcañiz, 2008) que implica la eliminación y el transporte de sedimentos y partículas del suelo y roca por agentes naturales como el viento, el agua y el hielo. Este fenómeno tiene un impacto significativo en la morfología del paisaje y en la calidad de los suelos, influyendo en la capacidad agrícola, la estabilidad de las infraestructuras y la salud de los ecosistemas.

En general, la erosión se define como el proceso mediante el cual las partículas del suelo y la roca se desprenden, transportan y depositan en otros lugares. Este proceso se diferencia de

la meteorización, que es la descomposición de las rocas en partículas más pequeñas, ya que la erosión implica el movimiento de estos materiales.

Las características principales de la erosión asociadas a su movimiento incluyen (Alcañiz, 2008) son: del desprendimiento, el transporte y el depósito. El inicio del proceso de erosión es el desprendimiento de partículas del suelo o roca. Esto puede ocurrir debido a la acción mecánica del agua, el viento o el hielo, así como a procesos biológicos. Una vez desprendidas, las partículas son transportadas por agentes erosivos. La distancia y la forma del transporte dependen de factores como la velocidad del viento, el flujo del agua y la pendiente del terreno. Finalmente, las partículas transportadas se depositan en un nuevo lugar, formando nuevas estructuras geológicas y afectando el suelo y la vegetación de la zona de depósito.

Tipos de Erosión

La erosión puede clasificarse según el agente principal que causa el desprendimiento y transporte de partículas. Los principales tipos de erosión son la erosión hídrica, eólica, glacial y gravitacional (INEGI, 2011).

1. Erosión Hídrica:

Lluvia: La lluvia impacta el suelo directamente, desprendiendo partículas que luego son arrastradas por el agua superficial. En el sureste de México, las precipitaciones intensas son comunes, exacerbando este tipo de erosión.

Corrientes Fluviales: Los ríos y arroyos transportan grandes cantidades de sedimentos desde las montañas hasta las llanuras y costas. La cuenca del río Grijalva-Usumacinta en Tabasco y Chiapas es un ejemplo de una región afectada por la erosión fluvial.

2. Erosión Eólica:

Viento: En zonas áridas y semiáridas, el viento puede levantar y transportar partículas de suelo, causando la erosión eólica. Aunque el sureste de México es más conocido por su humedad, las áreas costeras y deforestadas pueden experimentar este tipo de erosión.

Desertificación: La pérdida de cobertura vegetal puede aumentar la susceptibilidad del suelo a la erosión eólica, un problema creciente en algunas partes del sureste mexicano debido a la deforestación.

3. Erosión Glaciar:

Glaciares: Aunque menos relevante en el sureste de México, en regiones montañosas donde existen glaciares, el movimiento del hielo puede arrancar y transportar grandes bloques de roca y suelo.

4. Erosión Gravitacional:

Deslizamientos de Tierra: En áreas con pendientes pronunciadas y suelos saturados, la gravedad puede causar el movimiento rápido de masas de tierra y roca cuesta abajo. En el sureste de México, las lluvias torrenciales y la topografía montañosa de Chiapas hacen que este tipo de erosión sea particularmente relevante.

Tipos de Erosión en Tabasco

Tabasco enfrenta una combinación única de factores que afectan la erosión del suelo por su ubicación geográfica y eventos naturales que se presentan. La más común es la erosión hídrica, por su clima tropical húmedo, con temporadas de lluvias intensas que pueden provocar una erosión severa. La escorrentía superficial resultante puede arrastrar grandes cantidades de suelo, especialmente en áreas deforestadas o con suelos poco cohesionados. En ese sentido la erosión fluvial es especialmente importante, donde los ríos Grijalva y Usumacinta transportan grandes volúmenes de sedimentos. Además, las inundaciones estacionales aumentan la capacidad erosiva de estos ríos, afectando la topografía y la calidad del suelo en las planicies de inundación.

Las costas de Tabasco también están sujetas a procesos de erosión costera debido a la acción de las olas y las mareas. La erosión de playas es común, afectando tanto a los ecosistemas costeros como a las infraestructuras turísticas y residenciales. Además, los eventos climáticos extremos, como los “Nortes” y tormentas tropicales pueden causar una erosión costera significativa, removiendo grandes cantidades de sedimentos y alterando la línea de costa. Cabe destacar que asociado a estos eventos climáticos se pueden presentar fuertes vientos afectando áreas donde la deforestación ha dejado el suelo expuesto, de tal forma que el viento puede convertirse en un agente erosivo significativo, aunque menos común.

Los impactos de la erosión son multifacéticos y afectan diversos aspectos del medio ambiente y la sociedad:

Erosión costera

La erosión costera es un fenómeno natural, a veces, acelerado por actividades humanas, que implica la pérdida de tierra a lo largo de las costas debido a la acción del viento, olas y corrientes marinas y puede manifestarse de diferentes formas, incluyendo la recesión de playas, la formación de acantilados y la desaparición de dunas. Este proceso es una preocupación global, ya que afecta a millones de personas que viven en áreas costeras, así como a la biodiversidad y a la infraestructura costera. En México, un país con más de 11,000 kilómetros de costa, la erosión costera representa desafíos únicos que requieren atención y acción urgente.

En general, todas las costas alrededor del mundo, se encuentran en constante cambio debido a una variedad de procesos naturales y actividades humanas (Carranza-Edwards, 2010). Estos cambios pueden ser estacionales, interanuales o a largo plazo, y afectan tanto a la configuración física de las costas como a los ecosistemas que las habitan. Los factores naturales que generan esos cambios son:

- Las olas y corrientes marinas como los principales agentes de erosión y sedimentación costera, ya que, durante las tormentas y marejadas, las olas pueden ser más fuertes y causar una mayor erosión de las playas y acantilados, mientras que, en períodos de calma, la arena y sedimentos tiende a acumularse en la costa.
- Las corrientes litorales, que se mueven paralelas a la costa, transportan sedimentos a lo largo de la playa, este transporte, varía estacionalmente, con períodos del año caracterizados por mayor erosión y otros por mayor acumulación.
- Las tormentas, huracanes y ciclones tropicales tienen la capacidad de causar cambios dramáticos y rápidos en la costa por la acción intensa de las olas y la marejada ciclónica, erosionando grandes cantidades de sedimentos en poco tiempo y redistribuyéndolo a lo largo de la costa o hacia el mar.
- Cambios en el nivel del mar durante las tormentas puede inundar áreas costeras y cambiar la línea de costa temporalmente, dejando depósitos de sedimentos una vez que las aguas retroceden.
- Las mareas, causadas por la gravedad de la luna y el sol, afectan el nivel del mar dos veces al día, durante las mareas altas, el agua puede alcanzar áreas más elevadas de la costa y durante las mareas bajas, grandes extensiones de la playa pueden quedar

expuestas. Sin embargo, cuando la luna y el sol están alineados, estos cambios son más extremos y causan mayores cambios en el nivel del mar, afectando la costa de manera más significativa.

- Lo eventos climáticos de las diferentes estaciones del año, dependiendo del tipo, pueden incrementar la intensidad del viento o cambiar su dirección. Además, la cantidad de precipitación y la temperatura, son factores que influyen en la dinámica costera, en la costa del Golfo de México, las tormentas invernales tienden a ser más intensas y causan mayor erosión que las condiciones más tranquilas del verano.
- Los cambios en volúmenes que llevan las corrientes fluviales asociadas a lluvias intensas, pueden aportar grandes cantidades de sedimentos a las costas, modificándola y creando nuevas formaciones sedimentarias.

Por otro lado, existen detonantes resultantes de factores de origen antrópico, que también contribuyen a generar cambio en la costa, como:

- La construcción de puertos, espigones y otras infraestructuras a corto, mediano o largo plazo, todo tipo de infraestructura tiene el potencial de alterar la incidencia de las corrientes marinas en la zona costera, y con esto modificar el transporte de sedimentos, provocando erosión en algunas áreas y acumulación en otras. Obras como diques y muros de contención que se construyen para proteger áreas costeras de la erosión, generalmente tienen efectos secundarios como erosión de las zonas que no quedan protegidas por estos.
- Acciones como la extracción de arena de playas y dunas para la construcción y otros usos, reduce la cantidad de sedimentos disponibles en los procesos naturales y acelera los procesos de erosión costera. De igual forma, las acciones de dragado de canales y puertos, altera la dinámica de los sedimentos, causando cambios en la línea de costa.

Actualmente se estudian también en por diferentes instituciones, los impactos asociados al Cambio Climático. Se tienen registros de que el aumento global del nivel del mar debido al calentamiento del planeta, ha provocado un incremento la inundación gradual de áreas costeras, aumentando la erosión y causando la modificación y en algunos casos pérdida de hábitats costeros (Ortiz Pérez y Méndez Linares, 1999). Además, la variabilidad climática asociada al calentamiento global, y modificado la frecuencia e Intensidad de las tormentas, y eventos extremos, que pueden causar cambios rápidos y significativos en la costa.

En general, las costas cambian a lo largo del año debido a una combinación de procesos naturales y actividades humanas. Factores como las olas, las corrientes marinas, las mareas, los eventos de tormenta y las variaciones estacionales afectan la configuración física de las costas. Además, las actividades humanas, incluyendo la construcción de infraestructuras, la

extracción de recursos y los efectos del cambio climático, juegan un papel significativo en la alteración de las costas. Entender estos procesos es esencial para la gestión y protección sostenible de las zonas costeras, que son vitales para la economía, la biodiversidad y las comunidades humanas que dependen de ellas (Hernández Santana, *et al.*, 2008).

Identificar los procesos de erosión costera es de gran importancia porque, las áreas costeras por su riqueza, han sido siempre densamente pobladas y económicamente significativas, albergando a aproximadamente el 40% de la población mundial. En general, las costas son centros de actividad económica, incluyendo turismo, pesca, y comercio y la erosión costera amenaza estas actividades al destruir infraestructura, reducir la disponibilidad de tierras y afectar los ecosistemas marinos y costeros (Merlotto y Bértola, 2007).

Además, las costas son espacios cruciales para la biodiversidad, proporcionando hábitats para numerosas especies marinas y terrestres. La pérdida de estos hábitats debido a la erosión puede tener efectos devastadores en la flora y fauna local. El impacto económico que sería perder los servicios ambientales que ecosistemas costeros, como los manglares y los arrecifes de coral, que actúan como barreras naturales contra tormentas y tsunamis, protegiendo a las comunidades costeras, podría afectar sensiblemente la economía de muchos países.

En México, la erosión costera es un problema significativo debido a su extensa costa a lo largo del Océano Pacífico, el Golfo de México y el Mar Caribe. Las playas mexicanas, que son un atractivo turístico importante, están sufriendo una pérdida significativa de arena. Esto no solo afecta al turismo, sino también a las comunidades locales que dependen de la pesca y otras actividades costeras.

En el Golfo de México, todos los estados enfrentan problemas graves de erosión que amenazan las comunidades costeras y la infraestructura, además, los manglares, que actúan como barreras naturales contra tormentas y proporcionan hábitats cruciales para la vida marina, están siendo drásticamente modificados, con lo que se pierde esta defensa natural, poniendo en peligro a las especies que dependen de estos hábitats, e incrementando la vulnerabilidad de las costas mexicanas a los desastres naturales (Nuñez Gómez, *et al.*, 2016).

Es crucial que se implementen estrategias efectivas y sostenibles para proteger las barreras naturales y mitigar la erosión costera de manera integral, a través de la restauración de ecosistemas y políticas de gestión costera que aborden tanto las causas naturales como las inducidas por el hombre.

Erosión fluvial en Paraíso

La erosión fluvial es el proceso mediante el cual los ríos y arroyos desgastan, transportan y depositan materiales de la corteza terrestre, como rocas, sedimentos y suelos. Este tipo de erosión es causada principalmente por la acción del agua en movimiento, que arrastra partículas del suelo y rocas desde las orillas y el lecho del río, desgastando gradualmente el terreno a lo largo del tiempo.

La erosión fluvial ocurre debido a varios factores:

1. **Velocidad del agua:** Cuanto mayor es la velocidad de la corriente, más fuerza tiene el agua para desprender y transportar partículas de sedimentos. Los ríos rápidos y caudalosos tienden a erosionar más el terreno que los ríos lentos.
2. **Pendiente del terreno:** En áreas con una pendiente pronunciada, el agua fluye más rápidamente, aumentando la capacidad erosiva del río. En pendientes suaves, la erosión es menos intensa.
3. **Cantidad de agua:** Durante las lluvias intensas, el volumen de agua en los ríos aumenta, lo que puede intensificar la erosión fluvial.
4. **Tipo de material:** La naturaleza de las rocas y los suelos también influye en la erosión. Los materiales más blandos, como arcillas y areniscas, son más susceptibles a la erosión que las rocas duras como el granito.
5. **Carga sedimentaria:** El agua que transporta una gran cantidad de sedimentos puede erosionar más el lecho y las orillas del río. Las partículas en suspensión actúan como abrasivos que desgastan las superficies con las que entran en contacto.

La erosión fluvial causa importantes efectos, como la formación de meandros o el incremento del tamaño del cauce, y si este está cercano a infraestructura como carreteras la destrucción de las mismas. Además, puede causar problemas como la pérdida de tierras fértiles, la inestabilidad de las orillas y la sedimentación en embalses y cuerpos de agua. En Paraíso de han reportado zonas importantes con procesos erosivos como se aprecia en la figura 25.



Figura 25. Zonas con erosión fluvial en el municipio de Paraíso.

Erosión costera en el municipio de Paraíso

En el municipio de Paraíso se han identificado regiones de retroceso de la línea costera importantes (Figura 26), esto no solo está modificando el territorio, sino, genera impactos negativos a la infraestructura carretera y bienes de las personas. Si bien se han intentado diferentes estrategias de contención, las mismas solo han sido parcialmente y/o temporalmente exitosas. Es importante recuperar los sistemas de protección naturales como son las zonas de dunas y manglares para contrarrestar este avance del mar.

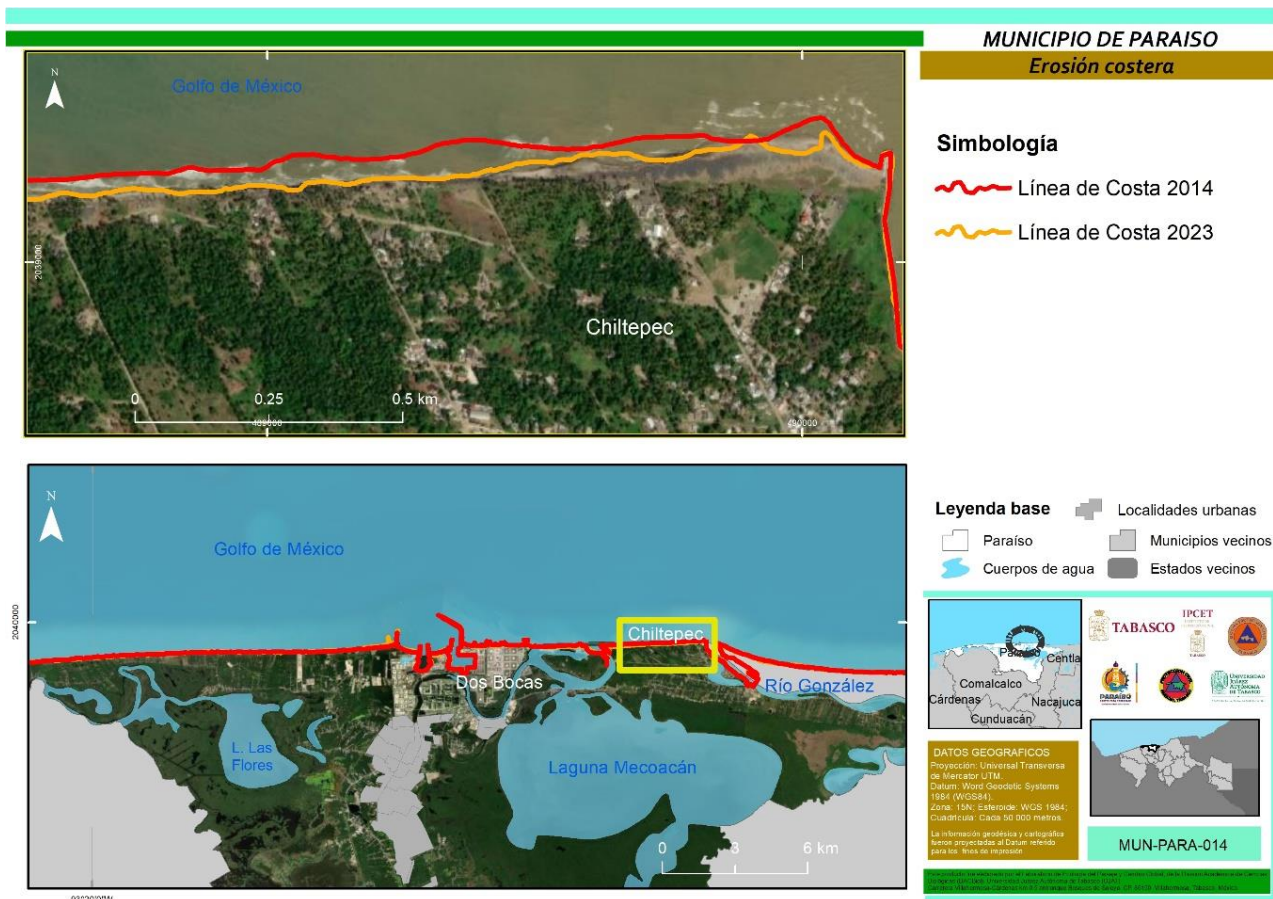


Figura 26. Zonas que evidencia el retroceso de la línea de costa en el municipio de Paraíso.

Fenómenos hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos son eventos naturales relacionados con el agua y la atmósfera, como lluvias torrenciales, huracanes, tormentas tropicales, inundaciones, sequías y deslizamientos por erosión. Estos fenómenos tienen la capacidad de causar grandes impactos en el medio ambiente, la infraestructura y la vida humana, especialmente en regiones vulnerables como el sureste de México. Estos tienen la capacidad de generar extensos daños a la infraestructura, las viviendas y los medios de vida de la población. Las lluvias intensas generan encharcamientos que afectan la dinámica de las poblaciones y si son continuas provocan inundaciones con capacidad de destruir cultivos, contaminar fuentes de agua potable y dañar infraestructuras críticas como carreteras y puentes.

El sureste de México depende del sector primario que es altamente vulnerable a los fenómenos hidrometeorológicos para riego, afectando la producción agrícola y, por ende, la seguridad alimentaria, inundaciones que arrasan cultivo reduciendo los ingresos y la seguridad alimentaria de las comunidades (Pedrozo-Acuña, 2012). También generan consecuencias a la salud pública, propiciando la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue. Actualmente el cambio climático está exacerbando la frecuencia y severidad de los fenómenos hidrometeorológicos, que resulta en cambios en los patrones de lluvia, huracanes erráticos e intensos y períodos de sequía más prolongados (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2023). Estudiar estos peligros hidrometeorológicos en el sureste de México es esencial para la protección de la población, la infraestructura, la seguridad alimentaria, los recursos hídricos y la salud pública (ONU, 1992).

Inundaciones

Los fenómenos hidrometeorológicos en nuestro país tienen grandes repercusiones, positivas y negativas, debidas, entre otros factores, a su ubicación geográfica, su orografía y a los diversos sistemas meteorológicos que la afectan, agravados en muchos casos por la distribución de la población, que se ha asentado en áreas con alta vulnerabilidad al peligro que estos fenómenos representan.

Equivocadamente se tiene la percepción de que los desastres se deben exclusivamente a los peligros. Se suele señalar, por ejemplo, al huracán o al sismo como el responsable de las pérdidas durante un desastre o emergencia. En realidad, es la sociedad en su conjunto la que se expone con su infraestructura física, organización, preparación y cultura característica al encuentro de dichos fenómenos, manifestando usualmente diversos grados de vulnerabilidad en estos aspectos. Se concluye, por tanto, que los desastres no son naturales, es decir, son producto de condiciones de vulnerabilidad y exposición derivados en gran medida por aspectos socioeconómicos y de desarrollo no resueltos, como elevados índices de construcciones informales, marginación, pobreza, escaso ordenamiento urbano y territorial, entre otros (CENAPRED, 2021).

De manera natural las inundaciones ocurren en vastos territorios de nuestro país, sin embargo, cuando están involucrados los asentamientos humanos o zonas de actividad productiva estas pueden afectar las vidas humanas y propiedades (Rodríguez-Vázquez, 2013). Las inundaciones generan el mayor número de devastaciones y pérdidas económicas a nivel global: en 2012, las inundaciones afectaron 178 millones de personas, lo que las cataloga como los eventos extremos más frecuentes (Cavazos, 2015). De acuerdo con cifras de CENAPRED del total de la estimación de pérdidas y daños reportada por eventos extremos, el 62% (10,678 millones de pesos) correspondió a lluvias e inundaciones (Cavazos, 2015). Tan sólo en 2007 las inundaciones en Tabasco ocasionaron en conjunto daños y pérdidas que ascendieron a 3,100 millones de dólares. La vivienda fue el rubro con mayores pérdidas, con una afectación en 123 mil viviendas (CEPAL, 2008).

Casi cada año se registra en Tabasco algún evento de inundación, ya sea asociado al desborde de los ríos o por lluvias de fuertes a torrenciales, sin embargo, destacan algunos eventos por los impactos que han ocasionado en diferentes regiones (**1782, 1820, 1868, 1879, 1886, 1888, 1889**, 1891, 1896, 1897, 1898, 1908, **1909, 1912**, 1918, 1922, 1927, 1929, 1932, 1933, **1936, 1944**, 1952, **1955, 1969, 1973, 1980**, 1995, **1999, 2007, 2008, 2010, 2020**) (Arreguín-Cortés, et al. 2014). Estas inundaciones fueron en parte la causa de la construcción del sistema de presas del Alto Grijalva, cuyo objetivo entre otros, era contener las grandes avenidas que inundaban la llanura costera, provenientes del Río Grijalva. Sin embargo, a partir de 1969, que se terminó la primera presa (Malpaso) en el alto Grijalva, no se aprecia una disminución o un patrón más espaciado de los eventos, mismos que parecen haber incrementado con los cambios en los patrones hidrometeorológicos asociados al calentamiento global. Es importante señalar que muchos de estos eventos son asociados a los ríos de la Sierra o el Usumacinta que no se relacionan con el sistema de presas, y que algunos eventos hidrometeorológicos se dan directamente sobre el territorio tabasqueño y no en el Alto Grijalva, por lo que es importante realizar un análisis por municipio.

Hidrología de Paraíso

El municipio tiene una importante zona lacustre, siendo el Río Seco por donde se desaguan las aguas de la Laguna Mecoacán (Figura 27), y al norte se ubica el litoral del Golfo de México. Además de la Laguna Mecoacán hay otras lagunas como Tupilco, Puente de Ostión, La Encerrada o Amatillo, Tres Palmas, El Estero, El Zorro, Arrastradero, Las Flores, Lagartera, Tilapa, Manatí y El Eslabón. entre otras. La mayor densidad de cuerpos de agua, incluidos los dos ríos señalados, se encuentran en la porción sur del municipio, por lo cual en épocas lluviosas la elevación del nivel de estos se convierte en un peligro de inundación. La superficie que cubren los cuerpos de agua en el municipio es de 8,318.05 has.

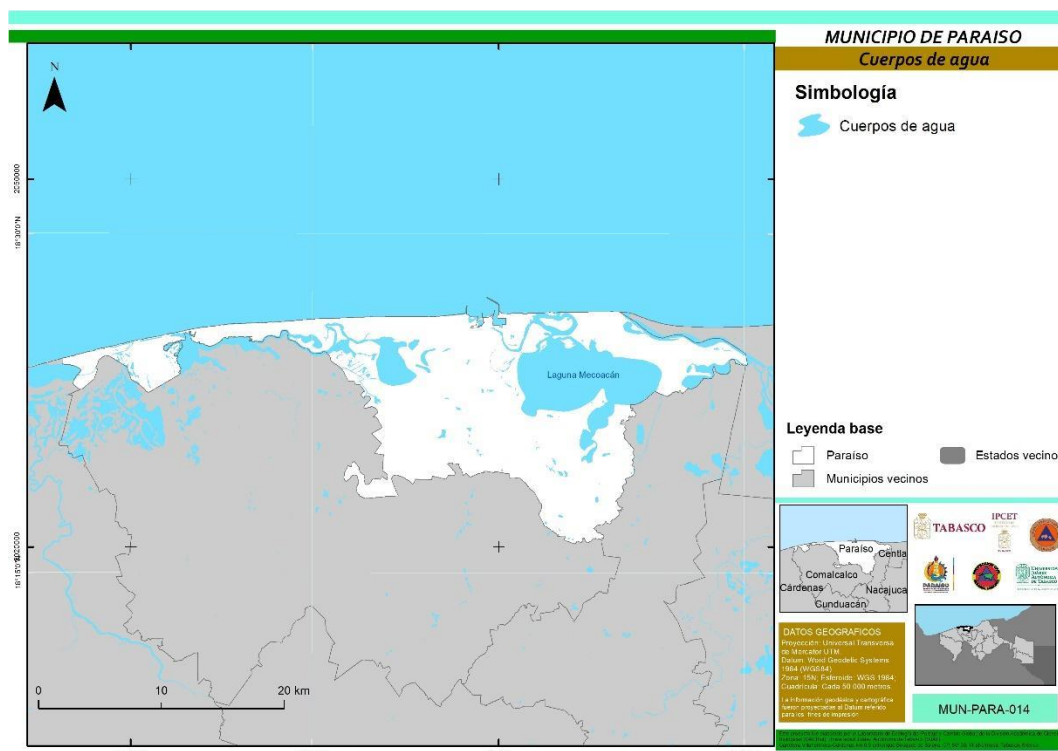


Figura 27. Cuerpos de agua que se encuentran o transitan por el municipio de Paraíso.

La superficie municipal se encuentra dentro de dos cuencas hidrológicas: R. Grijalva - Villahermosa, y la Cuenca R. Tonalá y Laguna del Carmen y Machona. La Cuenca R. Grijalva-Villahermosa tiene dos subcuencas y la otra cuenca con una subcuenca (Tabla 14).

Tabla 14. Cuencas y subcuencas que cubren el territorio del municipio de Paraíso.

Cuenca	Subcuenca
R. Grijalva-Villahermosa	R. Carrizal
	R. Cuxcuchapa
R. Tonalá y L. del Carmen y Machona	L. Laguna del Carmen y Machona

Para fines de presentar en esta sección el peligro que representan las inundaciones en el municipio, se parte de considerar a la inundación como la presencia de agua en zonas donde normalmente no se encuentra que, de manera general, provoca afectaciones a la población. Este fenómeno en Tabasco puede ser generado por el desbordamiento de los cauces de los ríos, desfogue de presas o falla de infraestructura hidráulica (fluviales); acumulación de agua en las zonas urbanas por incapacidad de drenaje (pluviales) o el incremento de ésta en cuerpos de agua de origen lacustre y costero debido a la presencia de lluvias muy intensas o ciclones tropicales (Montealegre y Matías, 2021).

Peligro por inundaciones

El peligro por inundaciones, además del impacto que ocasiona una lámina de agua sobre el territorio con daños, por ejemplo, a cultivos, infraestructura, viviendas, también puede desencadenar una serie de eventos adversos que se mantienen aún después de que se retire la inundación y las aguas retornen a sus cauces, como por ejemplo contaminación de fuentes de agua, propagación de enfermedades, desempleo, entre otros. Por ello es básico contar con información de la peligrosidad de este fenómeno en los diferentes puntos del municipio, es decir, hasta donde puede manifestarse la inundación originando algún nivel de daño en un sitio dado.

En la Tabla 16 se presenta la zonificación de peligro por inundaciones en el municipio de Paraíso, categorizando en función a la clasificación del Índice de Peligro por Inundación (IPI) generado por Montealegre y Matías (2021). Este índice clasifica el peligro por inundación en cinco niveles distintos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Este IPI fue construido con diversos factores, tanto topográficos, climatológicos, uso de suelo y tipo de suelo y para la asignación de niveles de peligro se utilizó el índice de inundabilidad de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para un periodo de retorno de 5 años.

Tabla 15. Grados de peligrosidad por inundaciones de acuerdo al IPI.

Color		Grado de peligro
	Azul	Muy bajo
	Verde	Bajo
	Amarillo	Medio
	Naranja	Alto
	Rojo	Muy Alto

El Río Seco, constituye las zonas con mayor nivel de peligrosidad por inundaciones en el municipio. Poco más del 50% de la superficie de Paraíso tiene grado de peligrosidad Alto y Muy Alto, un 30% se cataloga con Peligrosidad Media y en el restante 19.69% del territorio municipal la peligrosidad por inundaciones es de Baja (figuras 28 al 30).

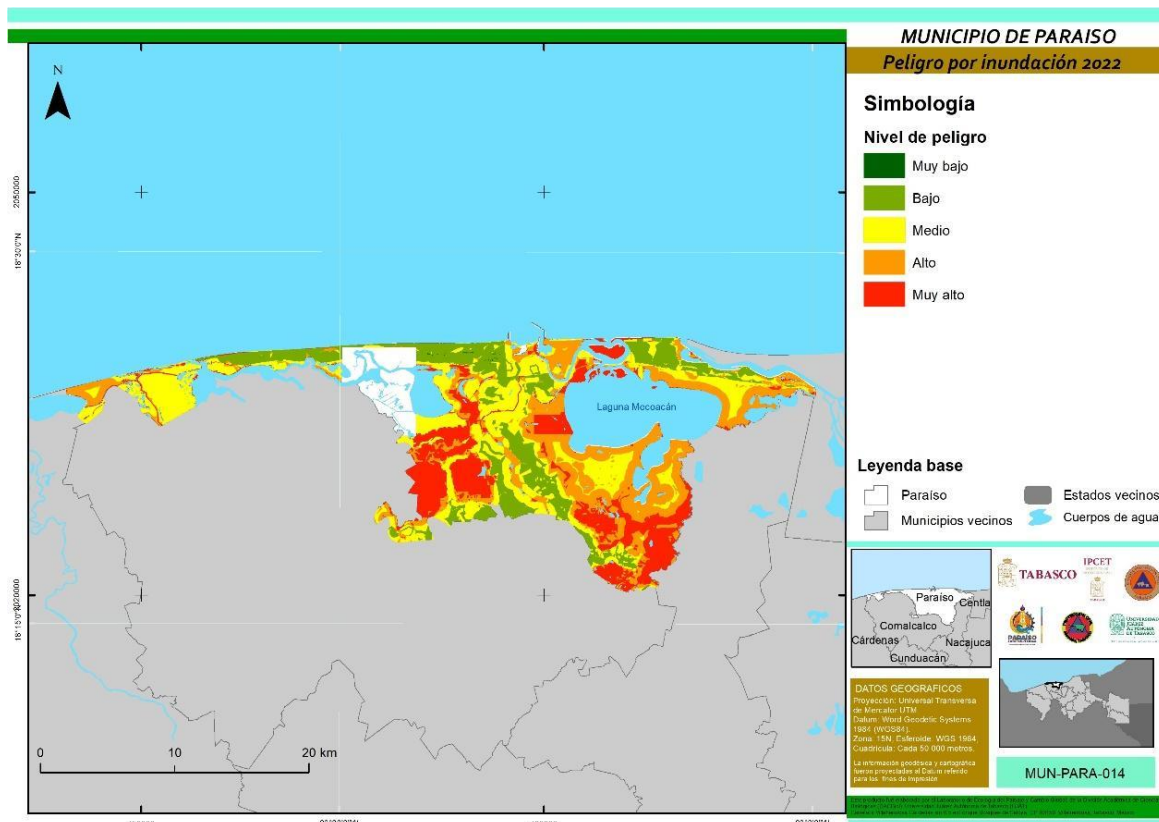


Figura 28. Zonificación del peligro por inundaciones en el municipio de Paraíso.

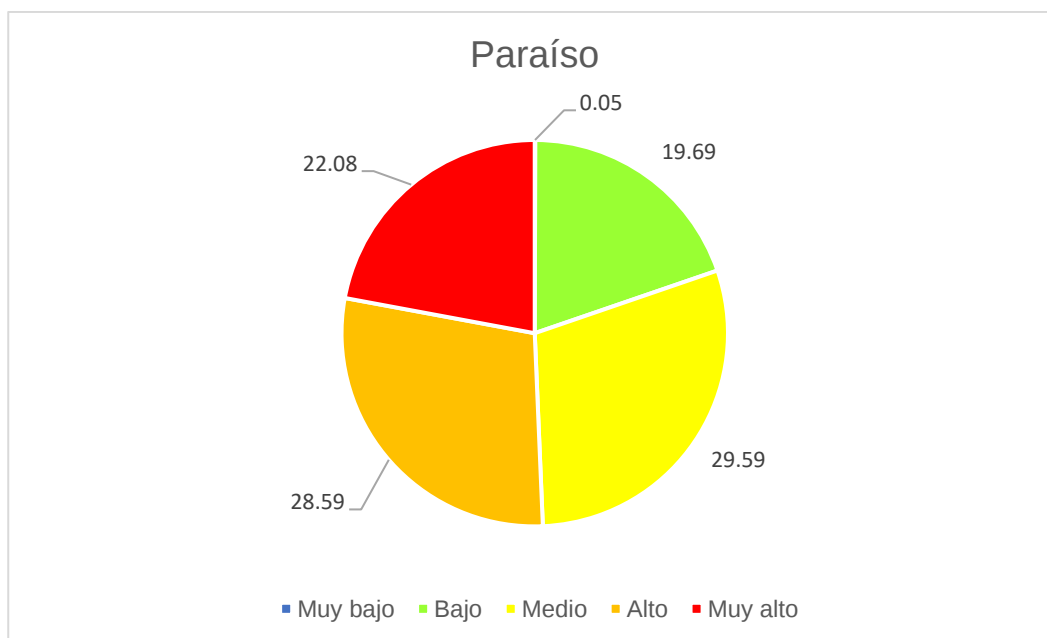


Figura 29. Proporción de la superficie municipal de Paraíso expuesta al peligro de inundación.



Figura 30. Erosión de los márgenes de ríos cuando aumenta el volumen de agua que transportan en épocas lluviosas e inundaciones. Ranchería Aquiles Serdán, Municipio de Paraíso. Fotografía de Ricardo Collado Torres.

Por otro lado, es también importante identificar cuales áreas son más vulnerables o susceptibles de ser afectadas o de sufrir efectos adversos en caso de que se presente una inundación, particularmente por los cuerpos fluviales, en donde los daños o pérdidas podrían ser mayores. Para ello un mapa de vulnerabilidad a inundaciones permite dimensionar la magnitud de los efectos que generaría el fenómeno. En la figura 31 se muestran las zonas del municipio que son más vulnerables a las inundaciones (en color Rojo con Vulnerabilidad Alta), las que tienen vulnerabilidad media (en color Amarillo) y las de Baja vulnerabilidad (en color verde). Aproximadamente el 85.77% del municipio tiene Alta vulnerabilidad a las inundaciones, un 14.23% tiene vulnerabilidad media por lo que en general el Municipio presenta una amplia vulnerabilidad a las inundaciones (Figuras 32 al 34).

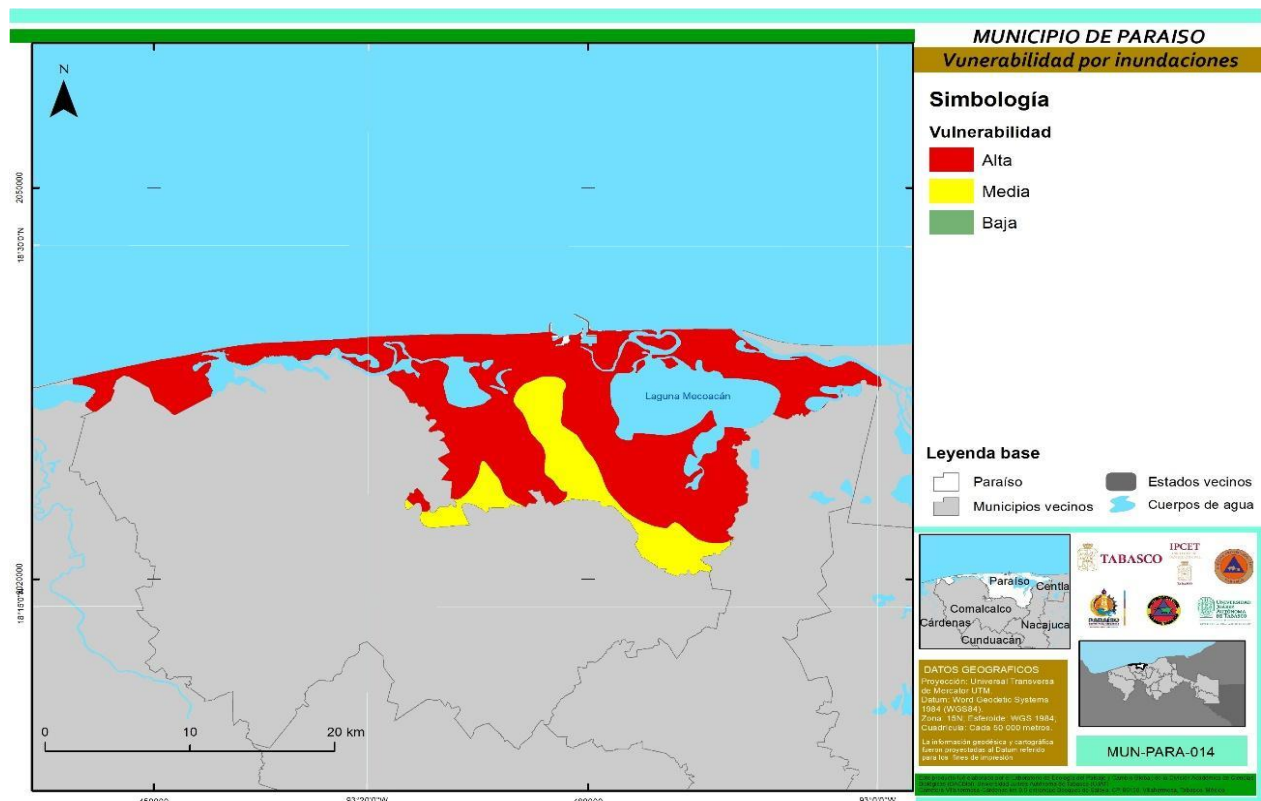


Figura 31. Zonificación del grado de vulnerabilidad a inundaciones en el municipio de Paraíso.



Figura 32. Zonas habitacionales a orillas de cauces de agua, lo cual favorece las inundaciones de las viviendas en la época de lluvias. Municipio de Paraíso. Fotografía de Ricardo Collado Torres.

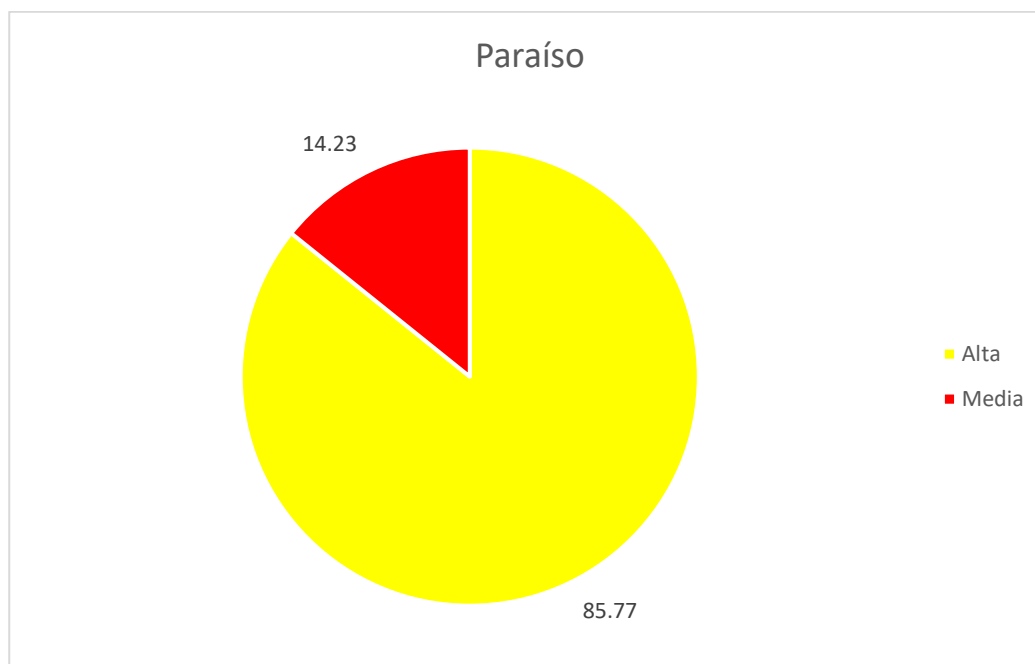


Figura 33. Proporción de la superficie municipal de Paraíso vulnerable a la inundación.



Figura 34. Típica vivienda en zona inundable en época de lluvias, aunque todo el año cuenta con un tirante de agua. Municipio de Paraíso. Fotografía de Ricardo Collado Torres.

Recomendaciones

Aun cuando el alcance de este documento no es hacer una valoración del riesgo por inundaciones, es importante recordar algunas prácticas o actividades que las autoridades deben tener siempre presentes:

- a) Rehabilitación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial y obras hidráulicas en todas las comunidades del municipio, con mayor énfasis previo y durante la temporada lluviosa.

- b) Identificación de zonas de encharcamiento de las comunidades y cabecera municipal, e implementación de obras de drenaje para minimización de este peligro.
- c) Implementación de un programa permanente y a largo plazo de reubicación de viviendas en zonas con alta vulnerabilidad a las inundaciones.
- d) Establecimiento y vigilancia de criterios de construcción en base a la vulnerabilidad a inundaciones.
- e) Diseñar, modernizar o rehabilitar vías de comunicación que funcionen como rutas de evacuación ante inundaciones.
- f) Fortalecer o establecer un programa continuo de basura, recipientes, chatarra, entre otros, que puedan ser refugio o criadero de fauna nociva incluidos moscos.
- g) Implementar un programa de protección y monitoreo de fuentes de agua tanto en las zonas rurales como en la cabecera municipal.
- h) Mantenimiento de albergues, materiales y equipos necesarios para la evacuación de la población en casos necesarios.
- i) Restaurar y conservar humedales, manglares y bosques ribereños que actúan como esponjas naturales, absorbiendo el exceso de agua y reduciendo el riesgo de inundaciones.
- j) Implementar programas de educación y concientización para que la comunidad entienda los riesgos de inundaciones y las acciones preventivas que pueden tomar.
- k) Desarrollar y mantener sistemas de alerta temprana y monitoreo meteorológico para detectar y comunicar rápidamente el riesgo de inundaciones a la población y las autoridades.
- l) Establecer políticas de uso del suelo que eviten la construcción en zonas propensas a inundaciones y promuevan el desarrollo en áreas menos vulnerables.
- m) Integrar soluciones basadas en la naturaleza, como techos verdes, pavimentos permeables y jardines de lluvia, para mejorar la infiltración y reducir la escorrentía superficial.
- n) Fomentar la cooperación y coordinación entre diferentes niveles de gobierno, agencias y organizaciones para una respuesta integral y eficiente ante inundaciones.
- o) Implementar prácticas de gestión sostenible de cuencas hidrográficas para controlar el flujo de agua y prevenir la erosión y sedimentación que pueden exacerbar las inundaciones.
- p) Capacitar a las autoridades locales y comunitarias en gestión de riesgos y respuesta a emergencias para fortalecer su capacidad de actuación durante eventos de inundaciones.
- q) Realizar evaluaciones periódicas de las infraestructuras y programas de prevención de inundaciones para identificar áreas de mejora y garantizar su efectividad.

- r) Involucrar activamente a la comunidad en la planificación y ejecución de medidas de prevención y respuesta a inundaciones, asegurando que sus conocimientos y necesidades sean considerados.
- s) Promover la adquisición de seguros contra inundaciones para viviendas y negocios, brindando una capa adicional de protección económica a la población vulnerable.

Sequías

Algunos fenómenos meteorológicos, como las lluvias torrenciales y granizadas, suceden en forma impetuosa y suelen afectar regiones relativamente pequeñas durante algunas horas o días. En cambio, la sequía se presenta en forma lenta, poco notoria en sus inicios, pero, una vez establecida, sus impactos a las actividades humanas y a los ecosistemas son extremadamente notables e impactantes. Las sequías pueden llegar a afectar a amplias regiones y durar meses o inclusive años. Históricamente se ha comprobado que es el fenómeno meteorológico que mayor daño económico causa a la humanidad (Knutson, Hayes y Philips, 1998).

La sequía afecta a una amplia porción de la población mundial, con mayor dureza a aquellos que viven en regiones semiáridas y áridas, echando por tierra los pocos logros en seguridad alimentaria y reducción de pobreza, agravando tensiones sociales y avivando disturbios sociales.

A pesar de conocerse los impactos de las sequías en diversas regiones del mundo y de México, la gestión y planificación de la sequía son muy frecuentemente pasadas por alto hasta que la crisis surge. Esta respuesta reactiva, provocada por la crisis, da lugar a un ámbito de políticas fragmentadas donde las intervenciones son aisladas sectorialmente y las estrategias de mitigación de la sequía tienen poco impacto para minimizar sus efectos y a menudo son muy costosas.

Las estrategias proactivas, que enfatizan en la preparación, son las menos seguidas, aunque son más económicas y efectivas. Con estas estrategias las respuestas ante las sequías incluyen intervenciones tempranas facilitadas, la creación de conciencia, construyendo capacidades y sobrepasando la inercia política.

¿Qué es la sequía?

La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 1992) considera la sequía como el “fenómeno que se produce cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos de tierras”.

De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1992) la sequía es “un período de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico”.

Según su tipo, las sequías pueden ser:

- meteorológica
- agrícola
- hidrológica
- socioeconómica y social

Desde un punto de vista meteorológico, la sequía se presenta cuando la precipitación acumulada durante un cierto lapso es significativamente menor que el promedio a largo plazo o que un valor crítico. Se caracteriza por la presencia de altas temperaturas, baja humedad en el ambiente y vientos fuertes.

Desde un punto de vista agrícola, ocurre cuando no existe en cierto tiempo la suficiente humedad en el suelo que satisfaga las necesidades para el desarrollo óptimo de un cultivo. Éstas suceden después de las meteorológicas, pero antes de las hidrológicas. Las áreas de temporal son las que resienten más este tipo de eventos, aún en los casos en que las sequías sean relativamente moderadas, ya que si ocurre en periodos tempranos afecta el periodo de siembra, en tanto que si ocurre en etapas avanzadas puede disminuir drásticamente la calidad y volumen de la producción. Este fenómeno generalmente afecta a la población más marginada, lo que provoca serios problemas de índole económica y social.

Desde un punto de vista hidrológico, la sequía ocurre cuando existe un déficit de agua, tanto de precipitación como de escurrimiento superficial y subterráneo, y puede causar severos daños a la población, ya que sus efectos y su recuperación son a largo plazo.

Ahora bien, desde el interés económico y social, la definición de sequía podría considerar no sólo el suministro de agua, sino también la demanda. Esto significa que la sequía depende del tipo de uso del agua y de la densidad y distribución de los usuarios. La consideración de déficit de agua afecta la definición de sequía para períodos durante los cuales la demanda excede el suministro. (Escalante-Sandoval y Reyes-Chávez, 2005)

El criterio para establecer el valor crítico de la sequía depende generalmente de factores económicos y de los estándares de vida en la región en consideración. Por ejemplo, para uso agrícola se relacionan con los efectos de la reducción de agua en los cultivos, en tanto que para los usos doméstico e industrial dependen de los requerimientos de agua para la supervivencia, hábitos higiénicos o la producción industrial.

Categorías de Sequía

Existen diversos índices o indicadores de sequía usados en diversas situaciones a nivel mundial, como el SPEI, SPI, NADM, entre otros. Algunos son variaciones de otros o combinaciones de dos o más índices. Para fines de este documento, se usa la propuesta de Clasificación de la Intensidad de la Sequía de acuerdo al Monitor de Sequía de América del Norte (NADM), que es la metodología seguida en México por la CONAGUA y el Servicio Meteorológico Nacional (CGSMN, 2024), que consta de cinco categorías de sequía: Anormalmente Seco (D0), Sequía Moderada (D1), Sequía Severa (D2), Sequía Extrema (D3) y Sequía Excepcional (D4).

- **Anormalmente Seco (D0):** Se trata de una condición de sequedad, no es una categoría de sequía. Se presenta al inicio o al final de un periodo de sequía. Al inicio de un período de sequía: debido a la sequedad de corto plazo puede ocasionar el retraso de la siembra de los cultivos anuales, un limitado crecimiento de los cultivos o pastos y existe el riesgo de incendios. Al final del período de sequía: puede persistir déficit de agua, los pastos o cultivos pueden no recuperarse completamente.
- **Sequía Moderada (D1):** Se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.
- **Sequía Severa (D2):** Probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios, es común la escasez de agua, se deben imponer restricciones en el uso del agua.

- **Sequía Extrema (D3):** Pérdidas mayores en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, se generalizan las restricciones en el uso del agua debido a su escasez.
- **Sequía Excepcional (D4):** Pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, es probable una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.

Condiciones de sequía en el municipio de Paraíso

Se analizó información de un periodo de 20 años (2003-2022) para identificar la predominancia de las categorías de sequía en los 12 meses de cada uno de los años evaluados.

Frecuencia de ocurrencia de sequía en el municipio

La precipitación en el municipio de Paraíso varía considerablemente durante el año. Aun así, la mitad (51%) de los meses de los 20 años analizados para este municipio, se califican como “sin ninguna condición de sequía”, es decir, se tienen los volúmenes de precipitación que normalmente se reciben en esos meses con variaciones tan pequeñas que no se evidencian efectos de estas (Figura 35). En un 20% de los meses se tiene una condición de sequía D0, cuyos efectos son muy ligeros, básicamente se entienden como leves alteraciones en el inicio de las lluvias o fin del periodo seco del año, sin modificar los volúmenes de agua precipitada. En un 16% de los meses valorados la condición de sequía se clasifica como D1 (Sequía Moderada), bajo la cual los cultivos susceptibles a reducciones en la precipitación pluvial, como las hortalizas, presentan algunos daños en su crecimiento y/o rendimiento. Los pastos en suelos más arenosos o en partes altas de las lomas se secan y en zonas donde se acumula hojarasca o materia orgánica existe un alto riesgo de incendios; los arroyos y ríos presentan ya una evidente reducción en sus niveles bajos (niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua). En un 11% de los meses evaluados se presentó la condición Sequía Severa (D2), bajo la cual los cultivos más susceptibles enfrentan el riesgo de probables pérdidas económicas por disminución en rendimientos, incluyendo los pastizales que difícilmente generan nuevos rebrotes; el riesgo a incendios en zonas con acumulación de materia orgánica y hojarasca ya se evidencia en diversas zonas del municipio, y es marcada la escasez de agua en fuentes de agua potable y áreas de riego. Solo en siete meses de los 20 años estudiados se presentó una condición de Sequía Extrema (D3), cuyos efectos más evidentes son pérdidas mayores en cultivos y

pastos, es posible se presenten incendios forestales, y el déficit de agua obliga a restricciones en su uso debido a su escasez. Y solamente en un mes de los evaluados se presentó una condición de Sequía Excepcional (D4), que es el nivel más grave de sequía.

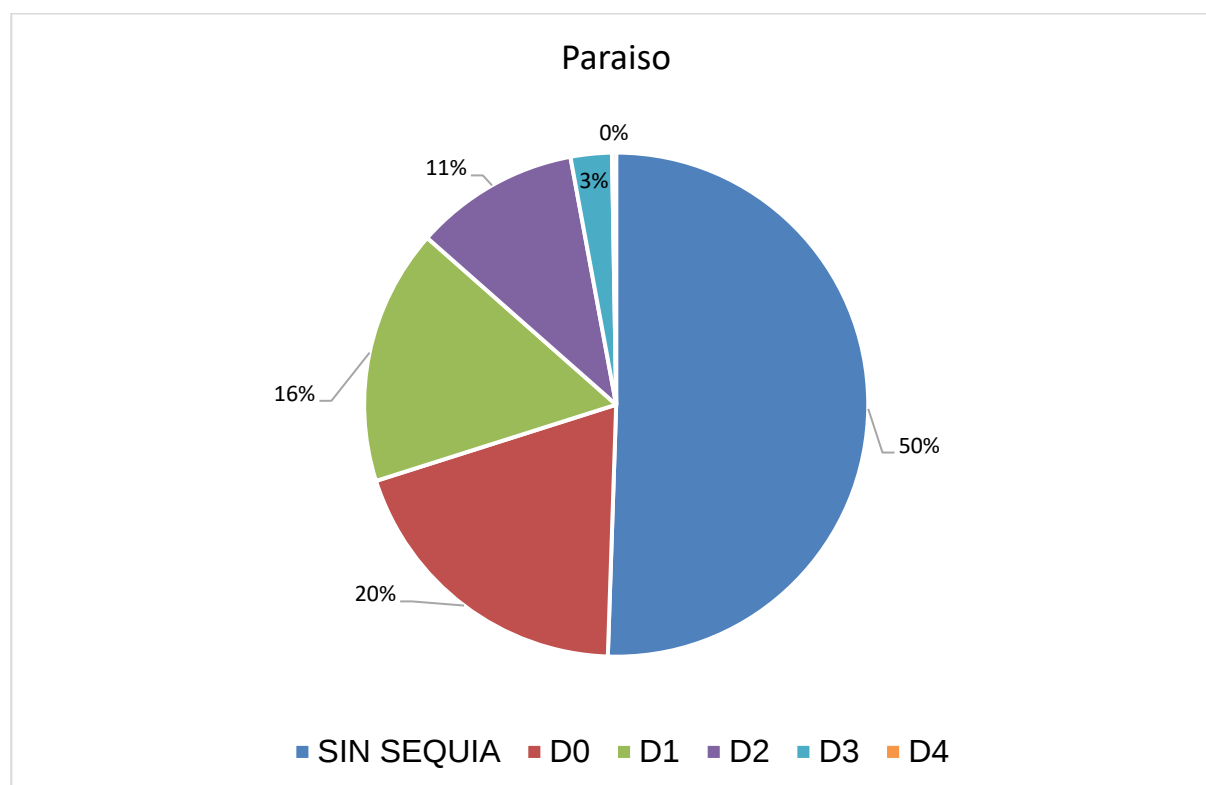


Figura 35. Frecuencia de meses con algún grado de sequía en el periodo de 2003-2022. Municipio de Paraíso, Tabasco.

Con el interés de poder identificar alguna tendencia en el incremento de alguna categoría de sequía, se dividieron los 20 años evaluados en cuatro quinquenios (2003-2007, 2008-2012, 2013-2017 y 2018-2022) los cuales se correlacionaron sin encontrar una tendencia clara en ninguno de los cuatro quinquenios (Figura 36).

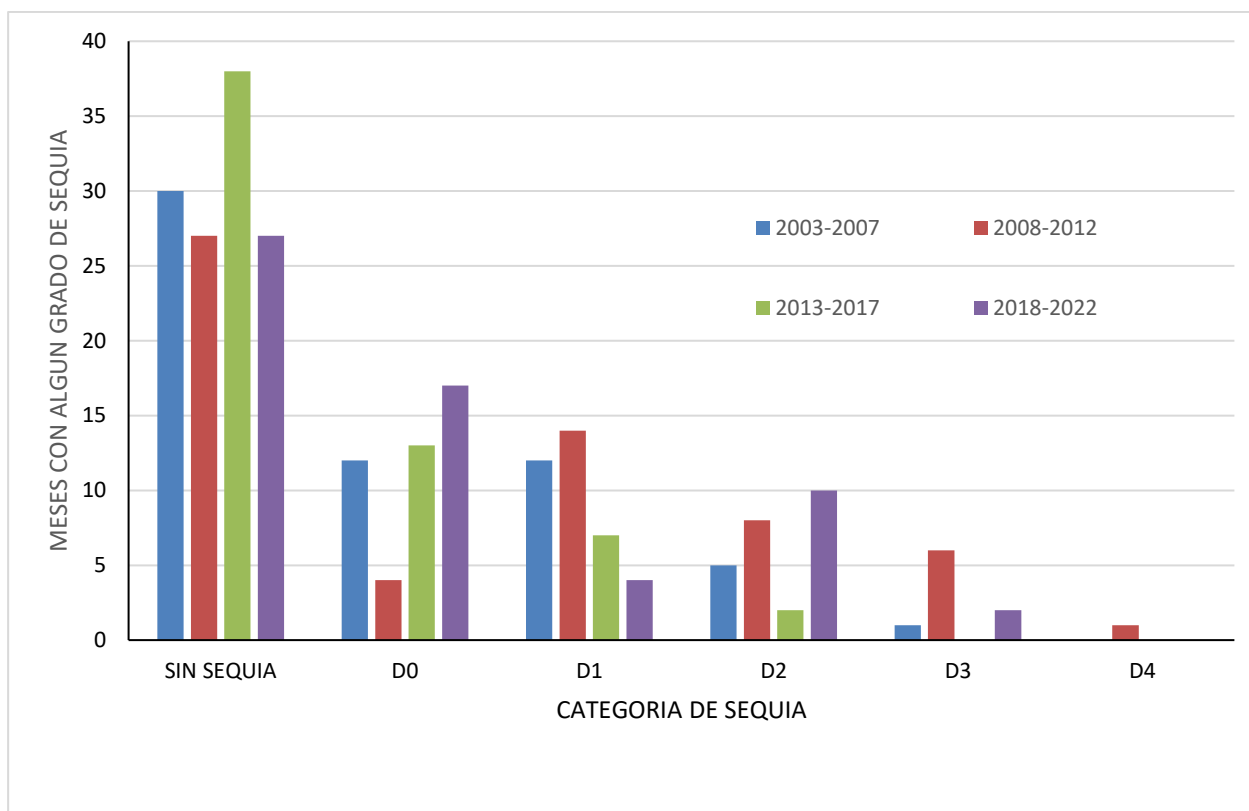


Figura 36. Ocurrencia de diversas categorías de sequía por quinquenio en el periodo de 2003-2022. Municipio de Paraíso, Tabasco.

Ocurrencia mensual de las categorías de sequía

Identificar cual o cuales meses son en los que con mayor frecuencia se presentan las sequías, permite canalizar con mayor impacto las medidas dirigidas a minimizar los efectos de las mismas. En la Figura 37 se presenta la ocurrencia de cada una de las categorías de sequía para cada uno de los 12 meses del año. Es evidente que las sequías se presentan con mayor frecuencia en los meses intermedios del año (de abril a octubre). Las categorías D0 ocurre con mayor frecuencia al inicio de la época seca, aunque es persistente a lo largo del año, del mismo modo que ocurre con la categoría D1. La categoría D2 se establece en los primeros meses del año (desde febrero) y da paso a una mayor reducción en los volúmenes de lluvia en septiembre donde se registra una mayor ocurrencia de Sequías Extremas (D3) y una condición de Sequía Excepcional (D4) en octubre (figura 38).

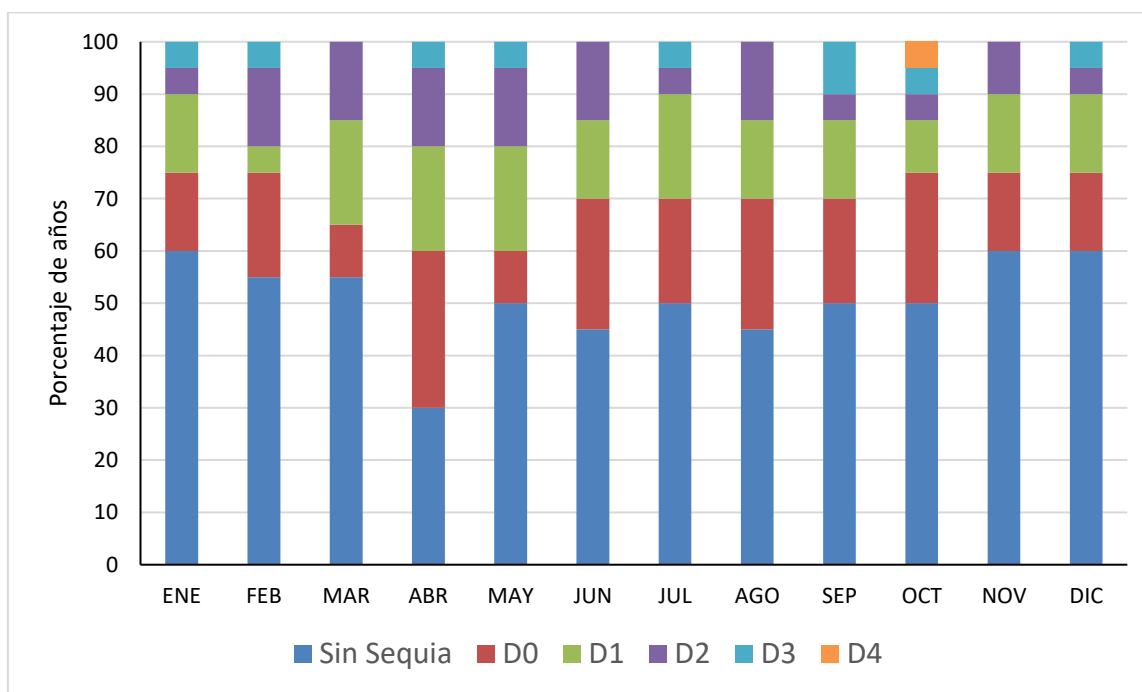


Figura 37. Ocurrancia estacional (mensual) de las condiciones de sequía en el periodo de 2003-2022. Municipio de Paraíso, Tabasco.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2003		D0	D0	D1	D1	D0	D1		D0			
2004						D0	D0	D0	D1	D1	D1	D1
2005	D1	D2	D2	D2	D2	D1	D0			D0	D0	
2006										D0		
2007				D0	D1	D2	D3	D1	D1			
2008		D0	D1	D2	D2	D0				D0	D1	D1
2009	D1	D1	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D3	D4	D2	D3
2010	D3	D3	D2	D3	D3	D2	D1					
2011				D1	D1	D1	D1	D1				
2012				D0								
2013	D0	D0		D0								
2014								D0				
2015								D1	D1	D1	D0	
2016				D0	D0	D0	D0	D0		D0	D1	D1
2017	D1	D2	D2	D1					D0			D0
2018			D0	D0	D0	D0	D0	D2	D3	D3	D2	D2
2019	D2	D2	D1	D2	D2	D1	D1	D2	D2	D2		D0
2020	D0	D0	D1	D0				D0	D0			
2021									D0	D0	D0	D0
2022	D0							D0				

Figura 38. Temporalidad de la ocurrencia de condiciones de sequía en el periodo de 2003-2022. Municipio de Paraíso, Tabasco.

La sequía durante un mismo año se presenta en diferentes meses y estaciones, siendo que en ocasiones ocurre que la temporada lluviosa tiene amplios déficits de precipitación originando que en plena época lluviosa se tengan sequías Extremas y excepcionales, como ocurrió en los meses de septiembre y octubre de 2009 (Figura 39) que normalmente son los más lluviosos del año. En ese mismo año, 2009, se registró la ocurrencia de sequía extrema en diciembre, misma que se prolongó hasta los primeros meses de 2010 (Figura 38 y 40) favoreciendo condiciones extremadamente secas hasta mayo del mismo año, y una disminución de la severidad de sequía en marzo. La condición de sequía llega a afectar a todo el municipio.

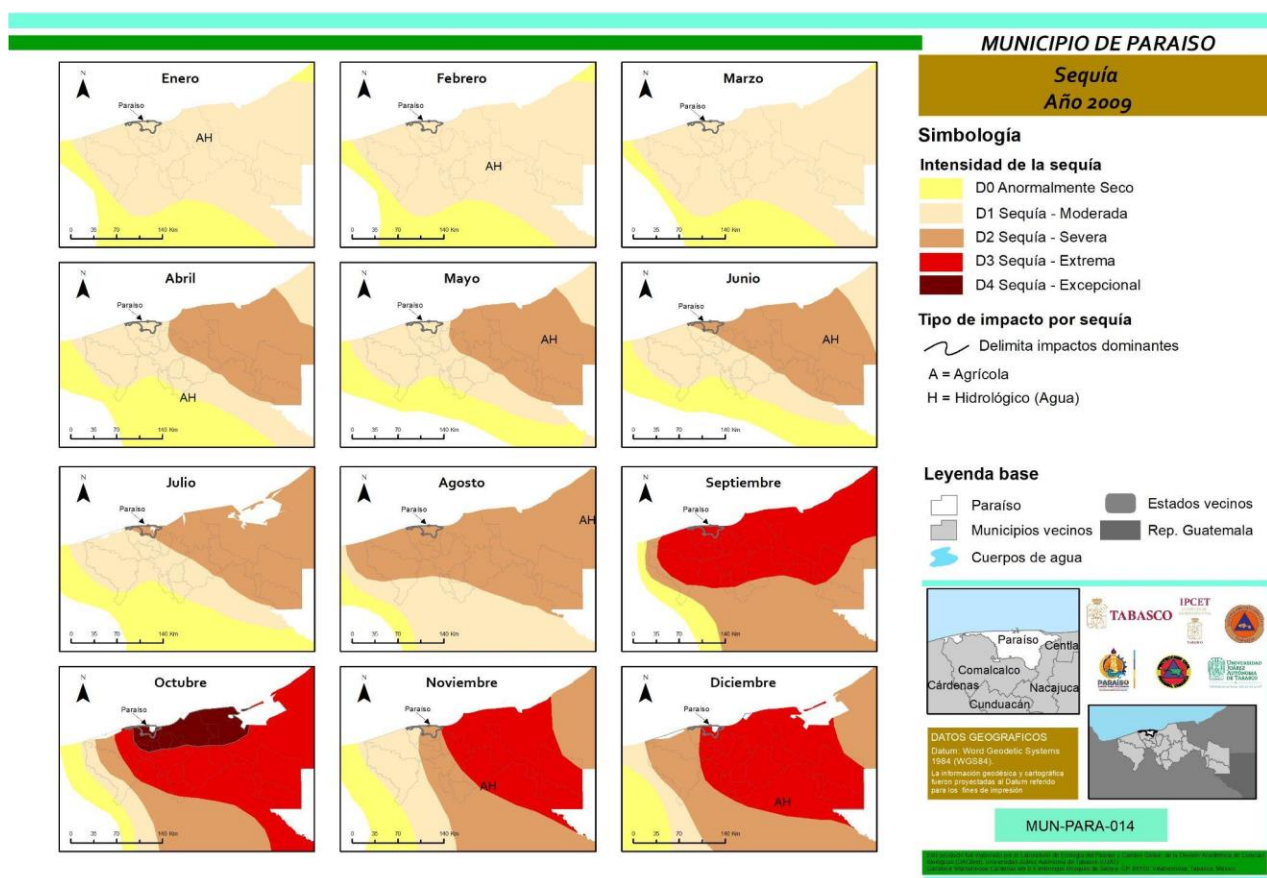


Figura 39. Categorías de sequía en el municipio de Paraíso durante los meses del año 2009.

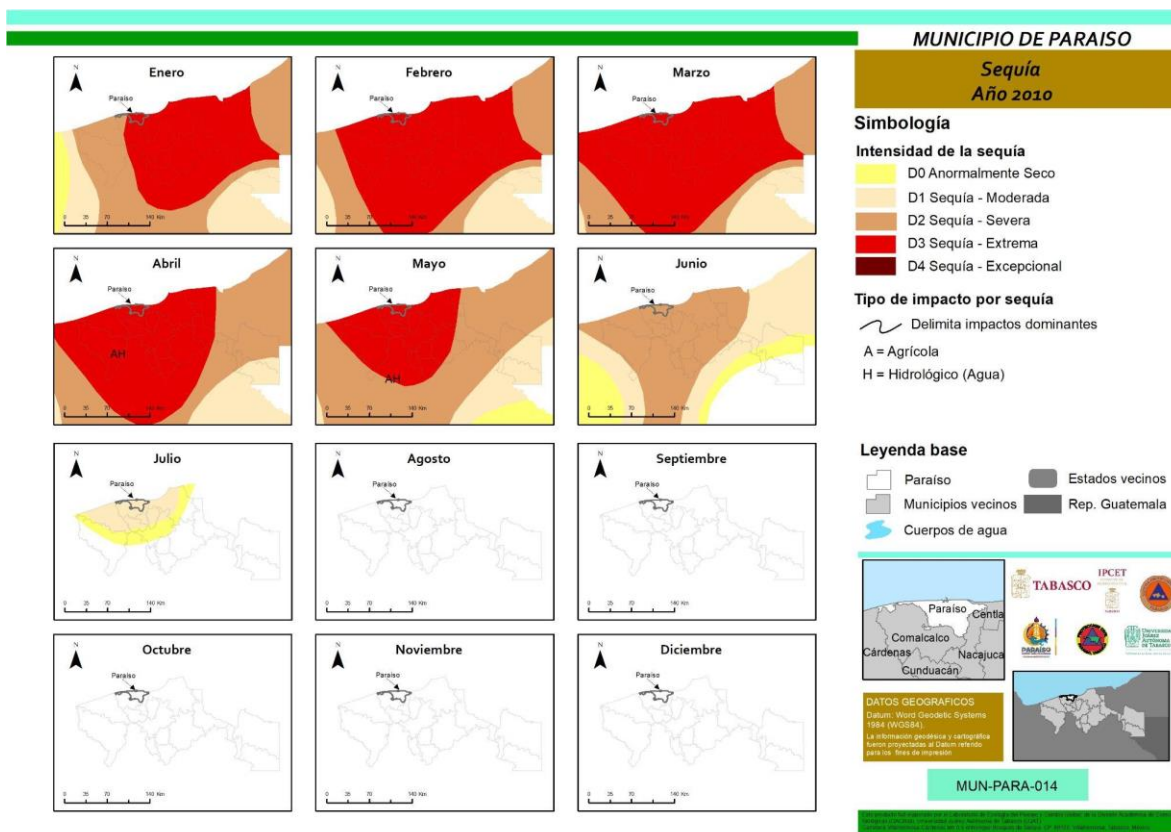


Figura 40. Categorías de sequía en el municipio de Paraíso durante los meses del año 2010.

Indicadores del deterioro del abastecimiento de agua

Uno de los principales impactos que tienen las sequías es la disponibilidad de agua para todas las actividades que realiza el hombre y para los ecosistemas de las áreas afectadas, que ven mermadas sus funciones ecosistémicas, al grado que la misma existencia del ecosistema se pone en riesgo. A manera de un simple listado de indicadores visuales del deterioro de la cantidad y calidad del abastecimiento de agua (FAO, 2000a) se señalan los siguientes:

Indicadores del descenso de las capas de aguas subterráneas de un año a otro:

- Secado de los pozos
- Secado de los manantiales
- Necesidad de aumentar la profundidad de los pozos de agua
- Muerte de árboles en las orillas de las corrientes de agua

Indicadores de una reducción del agua superficial:

- a) Menor flujo en los cauces de los ríos
- b) Aumento de la deposición de sedimentos en el cauce de los ríos
- c) Más meandros en las corrientes de agua
- d) Mayor frecuencia y severidad de las inundaciones
- e) Mayor deposición de guijarros y grandes rocas

Indicadores de menor calidad del agua superficial:

- a) Contaminación y decoloración del agua por los sedimentos
- b) Algas
- c) Malos olores

Indicadores de menor calidad del agua subterránea

- a) Alto contenido de sales
- b) Malos olores
- c) Algas

Medidas de mitigación contra Sequías

Las medidas que se pudieran tomar para enfrentar el problema de la sequía deben ser parte de la política de los tres órdenes de gobierno, y, dependiendo de las estrategias a seguir, pueden considerarse medidas de mitigación tanto estructurales como no estructurales.

Las medidas estructurales incluyen todas aquellas construcciones y obras de ingeniería que ayudan a controlar, almacenar, extraer y distribuir el agua, con el fin de optimizar el uso del recurso en época de sequía. Entre estas obras de ingeniería están: presas, tanques de almacenamiento, sistemas de abastecimiento de agua potable, plantas de tratamiento de aguas negras, perforación de pozos, canales revestidos y sistemas de irrigación. En general, todas las obras de ingeniería para mitigar las sequías son costosas y por sí solas no son la solución que evite las sequías, más bien son el complemento de otras medidas que en conjunto ayuden a contrarrestar los efectos negativos de este fenómeno.

Las medidas no estructurales o institucionales son aquellas acciones que se adoptan antes y durante la sequía para disminuir sus efectos negativos, sin involucrar la construcción de obra alguna. Estas medidas son socioeconómicas, legales, de planeación y se refieren principalmente a reglamentos sobre uso del agua. Las medidas institucionales se pueden

clasificar a su vez en dos grandes ramas, las cuales son: reactivas y preventivas, o prospectivas. Las medidas reactivas son aquéllas que se adoptan durante el evento e implican que la comunidad actúe haciendo algo al respecto. Como ejemplo de este tipo de medidas son: limitar la dotación de agua a la población y a la agricultura, implantar programas de emergencia que ayuden a los agricultores y ganaderos a disminuir las pérdidas económicas dentro de sus actividades, redistribuir el agua entre las diferentes actividades económicas dando prioridad a aquéllos de mayor importancia, teniendo en cuenta que en el escalafón de importancia, debe estar como primer lugar, el uso del agua para consumo doméstico de la población.

En el caso de las medidas preventivas o prospectivas estas se implantan mucho antes de que suceda una sequía, como es crear una cultura en la población para cuidar el agua. Por ejemplo, se recomienda que en las escuelas de nivel básico se impartan clases sobre el uso adecuado de los recursos naturales; repartir folletos en los mercados, en la calle, en los centros de trabajo, en los lugares recreativos, etc., que hablen sobre el uso adecuado del agua. Otras medidas son la implantación de técnicas de irrigación para los cultivos y que las cosechas sean satisfactorias; introducir en el campo algún tipo de ganado o de cultivo que se adapte mejor al clima; poner en marcha programas de supervisión continua en las industrias para que no viertan desechos a los ríos, y cuidar que éstos no se contaminen, entre otras. El trabajo conjunto entre los diferentes sectores económicos (agricultura, ganadería e industria), así como instituciones como las universidades, centros de investigación, la Comisión Nacional del Agua, la población en general y los sectores gubernamentales será la clave del éxito de las acciones.

Tormentas Tropicales

Las tormentas o ciclones tropicales juegan un papel importante en la distribución de la lluvia en nuestro país, consiguiendo que las zonas áridas y semiáridas puedan beneficiarse de lluvias excedentes, cuyo escurrimiento generado por éstas pueda ser almacenado en presas que permiten, en algunos casos por varios años, contar con el preciado líquido. Aún sin grandes almacenamientos construidos por el hombre, éste se puede beneficiar de las lluvias producidas por los ciclones tropicales al recargarse importantes acuíferos a lo largo y ancho del territorio nacional (CENAPRED, 2007).

Una tormenta o ciclón tropical es un sistema giratorio organizado de nubes y tormentas eléctricas que se origina en aguas tropicales (aunque existen también los subtropicales) y

tiene una circulación cerrada de bajo nivel de sus vientos que giran en sentido contrario a las agujas del reloj, y se dividen en fases de acuerdo con la velocidad de sus vientos máximos sostenidos en superficie:

- a) Depresión tropical: menor a 62 km/h.
- b) Tormenta tropical: entre 63 y 118 km/h.
- c) Huracán: mayor a 119 km/h.

Existen diversos mecanismos que pueden originar inundaciones, en el caso particular de los ciclones tropicales, éstos provocan un ascenso mayor al habitual del nivel medio del mar, lo que origina la entrada de agua marina a las zonas bajas que colindan con el océano y pueden ocasionar inundaciones. Este levantamiento del nivel medio del mar se debe, principalmente, a los vientos de los ciclones tropicales y se le denomina marea de tormenta.

La marea de tormenta es la principal causa de muertes ocasionadas por ciclones tropicales, por lo que su estudio y las recomendaciones que de éste se deriven servirán para mitigar el riesgo que generen estos meteoros.

Aunque en menor proporción que los vientos, la amplitud de la marea de tormenta también depende de la presión atmosférica, así como de algunos aspectos físicos del lugar, tales como la forma que tiene la línea de la costa, la configuración del terreno fuera del mar y las profundidades del fondo marino cercano a tierra.

El viento que sopla en la superficie del mar también genera oleaje. Cuanto más grande es su magnitud, la extensión del área donde actúa y el tiempo que dura su acción, resultan ser mayores las olas. Cuando la marea de tormenta es grande, el mar suele tener olas altas y, en estos casos, se incrementa notablemente el efecto destructor de ellas, ya que pueden impactar sobre construcciones costeras y viviendas. La combinación de la marea de tormenta grande y el oleaje alto también puede destruir instalaciones portuarias, romper obras de defensa costera, hundir embarcaciones o erosionar las playas. Este último, puede socavar la zona de apoyo de los cimientos de los edificios y otras clases de estructuras localizadas encima de ellas, lo que podría ocasionar su falla.

También el agua marina de las inundaciones por marea de tormenta deteriora la vegetación y el suelo donde ocurren. En la zona costera se albergan distintos sistemas ecológicos muy valiosos y productivos biológicamente, como son la vegetación de las playas, los manglares y los arrecifes de coral. Ellos, al igual que las dunas de arena, desempeñan un papel importante en lo que se refiere a la protección contra inundaciones y la erosión de las playas, por lo que ambos deben cuidarse y protegerse para asegurar su preservación.

La marea de tormenta es el ascenso del nivel medio del mar debido, principalmente, a la acción de los vientos de los ciclones tropicales sobre una región del océano. Este levantamiento tiene la apariencia de un domo de agua, agregado a la superficie habitual del mar. Esta marea dura de 12 h a 3 días, puede causar inundaciones en las zonas bajas del continente, colindantes a la costa, y oleaje que impacte sobre las estructuras y construcciones cercanas al mar, así como la remoción de la arena de las playas por las corrientes de agua que inducen las olas. Cuando el ascenso del nivel del mar (pleamar), correspondiente a la marea ordinaria (astronómica) se combina con la marea de tormenta, provoca una sobre elevación más alta.

Los huracanes Janet (1955), Gilbert (1988), Isidore, Kenna (2002) y Wilma (2005) originaron mareas de tormenta del orden de los 4.8 m, 4.0 m, 3.6 m, 3.1 m y 3. M, de altura respectivamente.

A parte de las tormentas tropicales, la costa de Tabasco está expuesta a condiciones extremas de oleaje con dirección norte, también conocidos como “Nortes”. El oleaje de los “Nortes” se caracteriza por olas de menos intensidad que los huracanes (normalmente con altura de olas máxima de 3 o 4 metros), y de periodo más largo que los huracanes (entre 9 y 11 segundos). Por tanto, los “Nortes” representan oleaje de “mar de fondo”, mientras que los huracanes normalmente representan oleaje de período más corto, oleaje “de viento” (Pedrozo-Acuña, 2012).

Por lo general, no es de esperar que la costa de Tabasco se exponga a sobre elevaciones del nivel del mar o mareas de tormenta mayores de 0.5 m (0.5 m con periodo de retorno de 500 años), y raramente se ha alcanzado niveles de 1 m (1000 años de periodo de retorno) (Durán, 2010), sin embargo es necesario definir el nivel de marea de tormenta que los ciclones tropicales han originado con el interés de dimensionar la magnitud del peligro que se estaría enfrentando en situaciones similares o más graves.

Ciclones tropicales que han afectado a Tabasco y Paraíso en los últimos 40 años

En las últimas cuatro décadas, de los ciclones tropicales cuya trayectoria involucró a Tabasco, las Depresiones Tropicales han sido los predominantes, y con menos frecuencia, las Tormentas tropicales, ningún huracán ha tocado tierras tabasqueñas. Entre las depresiones tropicales, con vientos sostenidos de menos de 62 km/h, que han pasado sobre el estado se

encuentran Mitch (en 1998), Chantal (en 2001), Félix (en 2007), Marco y Arthur (en 2008), Mathew (en 2010) y Harvey (en 2011). Con mayor intensidad Larry (en 2003), Earl (en 2016) y Cristóbal (en 2020) tocaron tierras tabasqueñas con categoría de Tormenta tropical y con vientos entre 63 y 118 km/h (Tabla 16).

Tabla 16. Ciclones tropicales que han afectado a Tabasco en el periodo de 1980 a 2021.

Periodo	Ciclones que tocaron tierra tabasqueña y municipios en su trayectoria		Ciclones que pasaron cerca de Tabasco y municipios que recibieron sus efectos por cercanía a su trayectoria		
Categoría	Depresión tropical	Tormenta tropical	Depresión tropical	Tormenta tropical	huracán Categoría 1
1980 a 1990				Ermine (1980)	
1991 a 2000	Mitch (1998): Minimanguillo, árdenas.			Opal (1995): Minimanguillo, Centla; Dolly (1996): Minimanguillo, Centla.	Exanne (1995): Zona costera de Centla, Paraíso, árdenas, Minimanguillo.
2001 a 2010	Félix (2007): Minimanguillo; Mathew (2010): Tlapala, Tacotalpa; Chantal (2001): Jonuta y Acuspana; Marco (2008): Centla; Arthur (2008): Minimanguillo	Larry (2003): Minimanguillo, árdenas, Paraíso y Comalcalco.	Richard (2008): Minimanguillo		
2011 a 2021	Harvey (2011): Minimanguillo, Emiliano Zapata, Jonuta, Centla, Centro, Acuspana, Tlapala de Méndez y Paraíso.	Earl (2016): Minimanguillo, Jonuta, Centla, Paraíso; Cristóbal (2020): Minimanguillo.	Larry (2013): Minimanguillo, Minisique	Ernesto (2012): Recorrió toda la costa del estado. Centla, Paraíso, Comalcalco, árdenas, Minimanguillo	

Cerca de la entidad han transitado otros ciclones con categorías de depresión tropical (Richard en 2008 y Barry en 2013), tormenta tropical (Hermine en 1980, Opal en 1995, Dolly en 1996 y Ernesto en 2012), y Huracán categoría 1 (Roxanne en 1995): De estos últimos, los vientos y mareas que generaron Opal y Roxanne tuvieron efectos sinérgicos (prácticamente al disiparse Opal, ya Roxanne estaba empezando a formarse) originando daños importantes en la costa tabasqueña

En el caso puntual del municipio de Paraíso, las tormentas tropicales Larry y Earl, así como la depresión tropical Harvey transitaron dentro de los límites del municipio (figura 41).

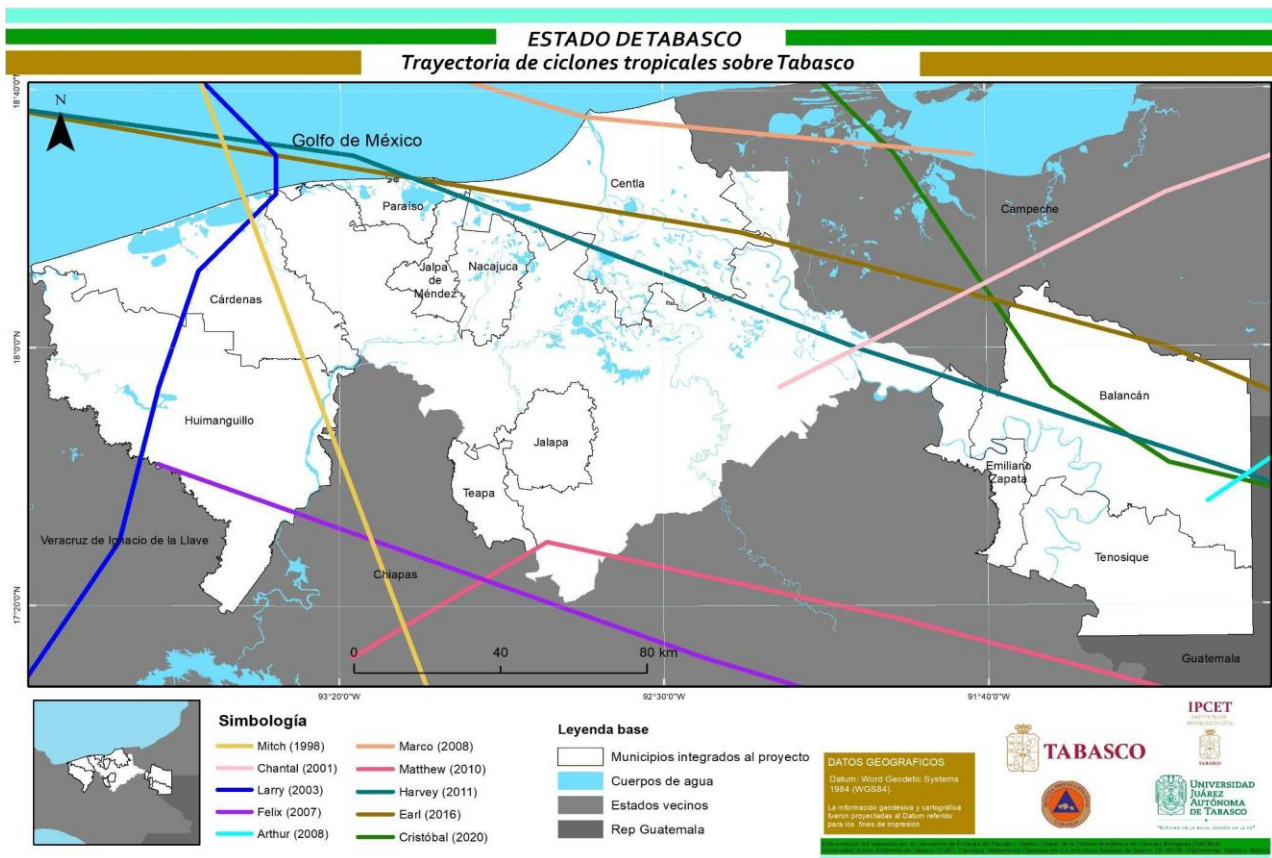


Figura 41. Trayectoria de ciclones tropicales sobre el estado de Tabasco (periodo 1980-2021). Fuente: Programa Busca Ciclonés. 3.0.9. CENAPRED

La tormenta tropical Opal y el Huracán Roxanne han sido los ciclones que aportaron los mayores volúmenes de agua en 24 horas en el municipio. Estas dos formaciones, primero la tormenta tropical Opal, que en el año 1995 entró por el Golfo de México ha sido el ciclón que más precipitación pluvial ha vertido sobre el municipio, con un máximo de 138.4 mm en 24 horas, seguido de Roxanne que en la misma temporada y con una trayectoria similar presentó un aporte de 101.3 mm en 24 horas (figura 42).

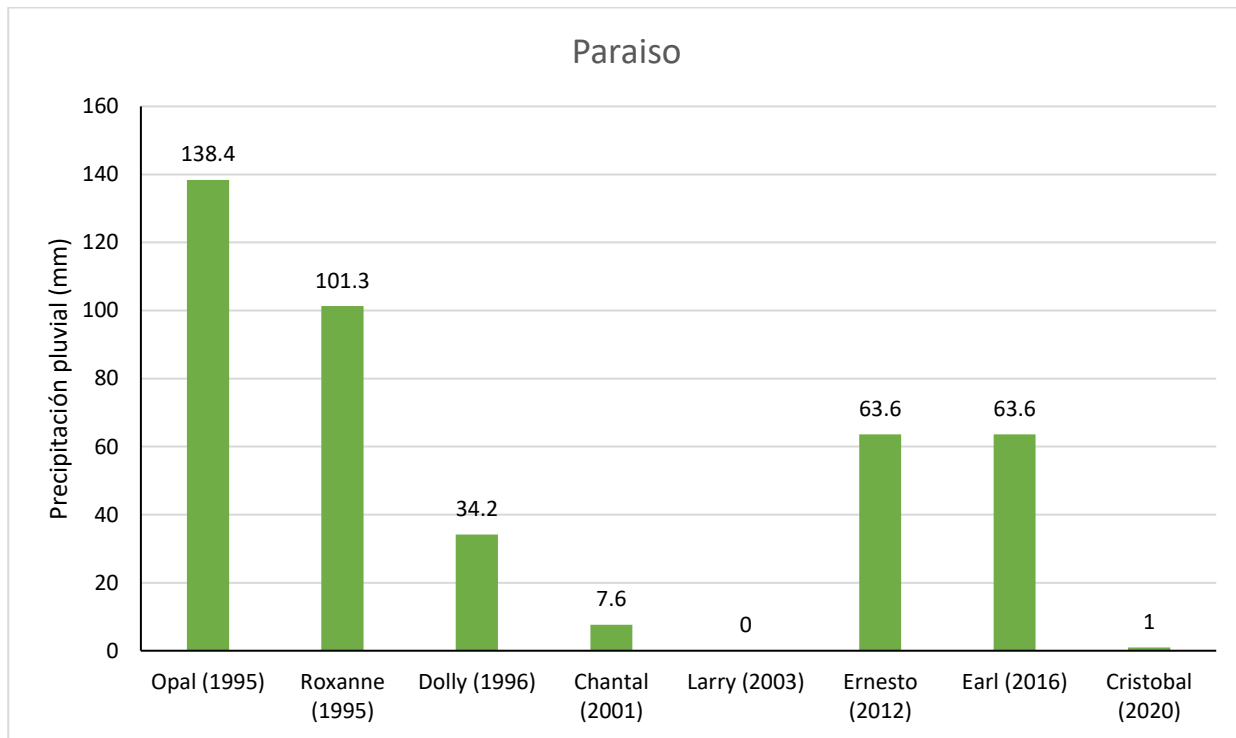


Figura 42. Precipitación pluvial máxima en 24 horas registrada para el municipio de Paraíso originada por diversos ciclones tropicales que afectaron a Tabasco. (Fuente: Servicio Meteorológico Nacional <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>).

Peligro por ciclones

De acuerdo con CENAPRED (2007) la importancia y peligro de los ciclones tropicales difiere entre tierra firme y superficie marina. Sobre los océanos las actividades humanas en riesgo son principalmente instalaciones petroleras, barcos y tráfico aéreo. En tierra, se ven amenazadas las vidas y actividades humanas en ciudades, pueblos, industrias, carreteras y cultivos que se encuentran, particularmente, a lo largo de la trayectoria del ciclón tropical. En

las zonas costeras, los mayores impactos de un ciclón tropical que golpea tierra se deben a la marea de tormenta, el oleaje, vientos fuertes y lluvias intensas. Históricamente y a lo largo del mundo, la marea de tormenta ha sido responsable de una mayor cantidad de daños comparada con los otros efectos. Sin embargo, el viento y la marea están concentrados dentro de unos pocos kilómetros del centro del ciclón, mientras que las lluvias intensas frecuentemente afectan áreas a cientos de kilómetros del centro del ciclón, esto es por el efecto de las bandas nubosas de la tormenta.

Paraíso no ha estado sujeto a los efectos de un ciclón tropical de mayor magnitud a las Tormentas tropicales (Huracanes), sin embargo, es importante identificar, en base a los registros históricos, el grado de peligro al que está expuesto el municipio con la finalidad de que se puedan elaborar los procedimientos y precauciones a seguir en caso de la presencia de fenómeno de este tipo.

En el municipio de Paraíso han incidido tres ciclones tropicales en los últimos 40 años, debido a que básicamente han sido depresiones y tormentas tropicales, la peligrosidad de estos se considera Baja (figura 43).

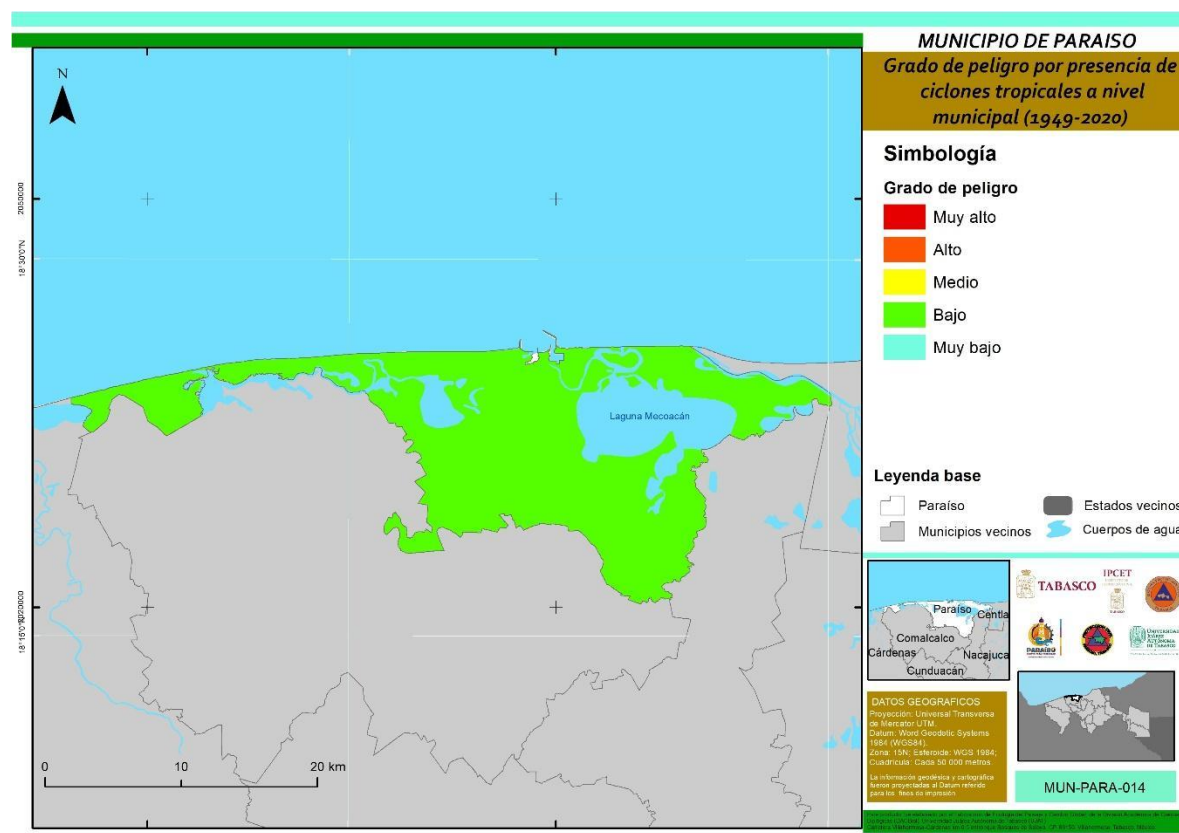


Figura 43. Grado de peligro por presencia de ciclones para el municipio de Paraíso. Fuente: CENAPRED (www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/app/mapa/?capa=vulnInund)

Peligro por Marea de tormenta

Los ciclones tropicales, en particular las tormentas tropicales y los huracanes de distinta categoría, originan elevaciones del nivel medio del mar que pueden afectar penetrando en la franja costera que tenga menor elevación que la marea de tormenta generada. Como la inundación por marea de tormenta se desarrolla durante varias horas, se considera que la velocidad de los flujos de agua marina hacia el continente es pequeña. A ello se debe que la superficie libre de la inundación sea casi horizontal y que tenga una elevación similar a la amplitud de la marea de tormenta (CENAPRED, 2021). La marea de tormenta se clasifica, a partir de su amplitud, de la siguiente manera (tabla 17):

Tabla 17. Clasificación de la inundación generada por la marea de tormenta. Fuente: CENAPRED (2021).

Amplitud de la marea de tormenta (m)	Categoría
< 0.5	Somera
0.51 a 1.00	Baja
1.01 a 2.00	Moderada
2,01 a 3.50	Alta
3.51 a 5.00	Muy alta
> 5.00	Extraordinaria

Para el análisis de mareas de tormenta se consideran los ciclones tropicales con intensidad de tormenta tropical a huracán, no se incluyen depresiones tropicales debido a las bajas velocidades de viento y altas presiones atmosféricas que tienen en comparación con las tormentas tropicales y huracanes.

En un ciclón tropical los vientos son más fuertes cuanto más intenso es el fenómeno. Por ello, bajo las mismas condiciones de distancia y dirección de vientos, los huracanes de categoría 5 en la escala Saffir-Simpson, provocan una marea de tormenta más alta comparada con aquella que forman los de categoría 1 (CENAPRED, 2003). La amplitud de la marea de tormenta no permanece constante, cambia a lo largo del tiempo debido a que, al desplazarse el ciclón tropical, modifica sus vientos.

Usando el procedimiento señalado por CENAPRED (2021) para determinar la marea de tormenta, y con información obtenida del Servicio Meteorológico Nacional (<https://smn.conagua.gob.mx/es/ciclones-tropicales/informacion-historica>) y del National Hurricane Center (<https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php?season=1995&basin=atl>) sobre trayectorias, presiones atmosféricas en el centro del ciclo, velocidades y dirección de desplazamiento y velocidades de viento máximo sostenido, se calculó, para los ciclones (tormentas tropicales y huracanes) señalados en la tabla 18, la elevación h (en m) más grande que alcanza a ascender el nivel medio del mar por la marea de tormenta (amplitud de la marea de tormenta). Esta amplitud de marea de tormenta se presenta dentro de la zona del mar donde actúan los vientos más intensos del ciclón. Tiene forma de anillo, con centro en el ojo, un radio mayor igual al doble del radio de máximo viento y el radio menor corresponde a la mitad del radio de máximo viento.

Tabla 18. Máxima elevación (h) que alcanzó la marea de tormenta en ciclones tropicales que afectaron directamente a Tabasco o sus cercanías.

Ciclón	h (elevación (m) más alta que alcanza la marea de tormenta en el mar cerca de la costa)
Roxanne (1995)	1.87
Opal (1995)	1.84
Dolly (1996)	1.50
Larry (2003)	1.89
Ernesto (2012)	1.18
Earl (2016)	0.79
Cristóbal (2020)	0.71

Las tormentas tropicales Earl y Cristóbal generaron mareas de tormenta “Bajas” (entre 0.51 y 1.00 m) y Roxanne, Opal, Dolly, Larry y Ernesto las mareas de tormenta que originaron fueron “Moderadas”. Hay que recordar que Roxanne y Opal no tocaron tierras tabasqueñas, pero si originaron daños tanto por mareas como por vientos y lluvias a diversas áreas del estado, en especial las costeras.

De acuerdo con Laverde, Pedrozo y González (2012) las condiciones con marea de tormenta de 0.5 m aumenta significativamente la magnitud de la vulnerabilidad a la erosión de la costa,

y las regiones de la barra de Sánchez Magallanes y Mecoacán se muestran muy vulnerables a erosionarse. Con este caso, casi el 50% de la costa queda muy vulnerable a erosionarse, y la mayoría de la costa caracterizada por la presencia de lagunas interiores o desembocaduras tienen una vulnerabilidad a la erosión muy alta. Para los casos de marea de tormenta mayor de 0.5 m, es decir, los casos de 1.0 y hasta poco más de 1.5 m, la vulnerabilidad a la erosión costera es muy similar a los de marea de tormenta de 0.5 m, con diferencia de la zona de Tonalá, que su vulnerabilidad aumenta con la mayor marea de tormenta. Solamente esa porción, un 2% de la costa, queda afectada con alta erosión al subir el nivel de marea de tormenta, sobre todo en condiciones de huracanes, en las cuales el oleaje tiene mayor incidencia en la zona supramareal o zona seca de playa. Esto es consecuencia de que la región de Tonalá tiene topografía más elevada (hasta 8 m) que el resto de la costa de Tabasco. Las zonas de mayor altitud (por ejemplo, el Tonalá) serán menos vulnerables a erosionarse, pero los huracanes tendrán más incidencia en los cambios morfológicos. Las zonas de menor altitud (ej. Mecoacán), se erosionan significativamente sin marea de tormenta.

Consideraciones

Las precipitaciones (en 24 horas) que pueden originar los ciclones tropicales en el municipio son equiparables a lo que se recibe en promedio en el mes más lluvioso, lo cual puede originar diversos problemas:

- a) Inundación en zonas urbanas y rurales,
- b) Daños a infraestructuras públicas y a viviendas,
- c) Daños a cultivos sensibles como la sandía.
- d) Contaminación a agua potable y alimentos.
- e) Afectación a la higiene de la comunidad
- f)

Por lo cual es importante difundir en las comunidades las condiciones de sus viviendas, la integridad de las vías y medios de comunicación, de edificaciones, árboles, postes, etc., en peligro de caer.

Incendios

Un peligro señalado por CENAPRED, son los incendios forestales que ubica en la categoría de Químico-Tecnológica en su visor del “Sistema nacional de información sobre riesgos”. Este tema es monitoreado por CONAFOR y CONABIO por la riqueza y biodiversidad existente en el territorio y particularmente en las áreas naturales protegidas, que es un patrimonio nacional, con apoyo de información satelital a través de convenios internacionales. A través de la CONABIO y el Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CNA) se monitorea proporcionan los focos de calor (que en ocasiones son incendios) con datos satelitales provenientes de imágenes NOAA-AVHRR-LAC (Advanced Very High Resolution Radiometer - Local Area Coverage) y de los satélites AQUA y TERRA de la NASA con imágenes MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Esta información de puntos de calor es utilizada como complemento a puestos de detección de incendios -fijos o móviles-, áreas cubiertas con recursos forestales importantes, y superficies con alto riesgo de incendios forestales.

Los incendios representan una de las fuerzas más destructivas de la naturaleza, capaces de transformar paisajes enteros, destruir propiedades y, lamentablemente, cobrar vidas humanas. Ya sean causados por fenómenos naturales como los rayos, o por actividades humanas, los incendios constituyen una amenaza significativa para los ecosistemas, las comunidades y la economía.

Estos incendios, especialmente los forestales, tienen una capacidad devastadora debido a varios factores (Gutiérrez Martínez *et al.*, 2014). En primer lugar, la velocidad de propagación del fuego puede ser extremadamente rápida, lo que dificulta las tareas de contención y evacuación. En condiciones de viento fuerte, un incendio puede expandirse a velocidades alarmantes, consumiendo grandes extensiones de tierra en cuestión de horas. Esta rápida propagación no solo pone en peligro a la flora y fauna, sino también a las comunidades humanas que se encuentran en el camino del fuego. Además de la velocidad, la intensidad del fuego es otro factor crucial, los incendios de alta intensidad generan un calor extremo que puede derretir metales, destruir infraestructuras y afectar la salud humana incluso a cierta distancia del foco del incendio. El calor intenso y las llamas altas también dificultan las labores de los bomberos y las brigadas de emergencia, que enfrentan condiciones extremadamente peligrosas para controlar el fuego.

Al identificar los incendios forestales como un peligro, es importante considerar los factores que influyen en este fenómeno (IPCET, 2008). Primero que todo está el fuego, este es una reacción química de combustión rápida, que se produce entre un material combustible y el

oxígeno, generando calor, luz y productos de oxidación como el dióxido de carbono y vapor de agua. Esta reacción se caracteriza por la presencia de llamas, las cuales varían en color y temperatura dependiendo de los materiales involucrados y las condiciones de combustión. También es importante señalar el tipo de combustible, que, en este caso, es cualquier material vegetal que pueda arder y propagar el fuego, incluyendo hierbas, hojas, ramas, troncos y la hojarasca acumulada en el suelo del paisaje. La cantidad, tipo y disposición de este combustible afectan la intensidad y la velocidad de propagación de un incendio. Algunos factores como la humedad del combustible, la densidad de la vegetación y la presencia de materiales secos o muertos juegan un papel crucial en la dinámica del fuego. Estos elementos pueden ocasionar lo que se llama combustión, que es una reacción química exotérmica entre un combustible y un oxidante, generalmente oxígeno, que produce la llama. Durante la combustión, los enlaces químicos en el combustible se rompen y se forman nuevos enlaces con el oxidante, liberando energía. Este proceso puede ser completo, produciendo principalmente dióxido de carbono y agua, o incompleto, generando productos adicionales como monóxido de carbono, hollín y otros compuestos. Finalmente se habla de la ignición, que es el proceso mediante el cual se inicia la combustión en un material combustible. Este proceso puede ocurrir cuando el material alcanza su temperatura de ignición, en el punto en el que emite suficientes vapores inflamables para mantener una reacción de combustión continua. La ignición puede ser provocada por diversas fuentes de calor, como chispas, llamas, fricción, o calor radiante. En el contexto de incendios forestales, la ignición puede ser causada por rayos, chispas de equipos, colillas de cigarrillos, residuos como vidrios o latas o actividades humanas como fogatas mal apagadas, pero sobre todo las quemadas agrícolas que se salen de control.

Los incendios también tienen efectos secundarios graves, como la contaminación del aire por partículas finas y gases tóxicos. El humo generado puede desplazarse a grandes distancias, afectando la calidad del aire y la salud respiratoria de las personas, incluso en áreas alejadas del incendio. Además, la pérdida de vegetación deja el suelo expuesto a la erosión, lo que puede desencadenar deslizamientos de tierra y afectar negativamente la calidad del agua en ríos y lagos entre otros efectos sociales y económicos (Villers Ruiz y Jorge López Blanco, 2004).

El manejo de incendios requiere un enfoque multifacético que incluye prevención, respuesta y recuperación. La prevención es la primera línea de defensa y se basa en una combinación de políticas públicas, educación comunitaria y gestión de recursos naturales. La creación de cortafuegos, la eliminación de combustible vegetal y la implementación de restricciones durante la temporada de incendios son algunas de las estrategias preventivas más comunes. La educación comunitaria es crucial para reducir los incendios causados por actividades humanas. Campañas de concienciación sobre la importancia de apagar adecuadamente las

fogatas, no arrojar colillas de cigarrillos y seguir las normativas locales pueden reducir significativamente el número de incendios provocados por descuidos. Además, la formación de brigadas comunitarias de respuesta rápida puede ser vital en áreas rurales donde los servicios de emergencia tardan en llegar.

La respuesta a incendios involucra tanto a bomberos profesionales como a voluntarios y se apoya en el uso de tecnologías avanzadas. El despliegue de aviones y helicópteros cisterna para arrojar agua o retardantes de fuego es una táctica común en la lucha contra incendios de gran magnitud. Además, los sistemas de monitoreo por satélite y drones equipados con cámaras térmicas permiten una evaluación rápida y precisa de la situación, ayudando a coordinar las operaciones de manera más efectiva. En términos de recuperación, es vital restaurar los ecosistemas afectados y ayudar a las comunidades a reconstruir sus vidas. La reforestación y la restauración de hábitats son esenciales para prevenir la erosión del suelo y promover la recuperación de la biodiversidad.

Además, los incendios forestales contribuyen al cambio climático de varias maneras, exacerbando los efectos del calentamiento global y alterando los ciclos naturales de los ecosistemas. Uno de los efectos más directos es la liberación masiva de dióxido de carbono (CO_2), un gas de efecto invernadero clave (IPCC. 2008). Cuando los árboles y otras plantas se queman, el carbono almacenado en su biomasa se libera a la atmósfera en forma de CO_2 . Este proceso contribuye significativamente al aumento de las concentraciones de CO_2 atmosférico, lo que amplifica el efecto invernadero y, en consecuencia, el calentamiento global. Además del CO_2 , los incendios forestales liberan otros contaminantes como metano (CH_4), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO). El metano es un gas de efecto invernadero mucho más potente que el CO_2 , aunque su concentración en la atmósfera es menor. Los NO_x contribuyen a la formación de ozono troposférico, otro potente gas de efecto invernadero y contaminante del aire (Villers Ruiz y Jorge López Blanco, 2004). Estos gases y partículas tienen efectos directos e indirectos sobre el clima y la calidad del aire.

En general, los bosques actúan como importantes sumideros de carbono, absorbiendo CO_2 de la atmósfera durante la fotosíntesis y almacenándolo en su biomasa. Cuando un bosque se incendia, no solo se libera el carbono almacenado, sino que también se destruye la capacidad del bosque de actuar como sumidero de carbono en el futuro. La pérdida de grandes extensiones forestales reduce la capacidad global de secuestro de CO_2 , dificultando los esfuerzos para mitigar el cambio climático, alterando procesos naturales. Los cambios en estos procesos afectan los ciclos hidrológicos y la capacidad de los suelos y la vegetación para retener agua. La pérdida de cobertura vegetal reduce la evapotranspiración y puede alterar los patrones de precipitación local y regional. Además, la quema de vegetación cambia

el albedo (la reflectividad) de la superficie terrestre. Las áreas quemadas, al ser más oscuras, absorben más radiación solar, contribuyendo al calentamiento local y regional.

Los incendios forestales emiten grandes cantidades de partículas y aerosoles en la atmósfera, como el hollín y las cenizas. Estos aerosoles pueden influir en el clima de varias maneras. Pueden absorber y dispersar la radiación solar, afectando la temperatura de la superficie y la atmósfera. Además, las partículas pueden alterar la formación y propiedades de las nubes, influenciando las precipitaciones y los patrones climáticos. El cambio climático en sí puede aumentar la frecuencia y severidad de los incendios forestales, creando un ciclo de retroalimentación (Villers Ruiz y Jorge López Blanco, 2004). Las temperaturas más altas, las sequías más prolongadas y los cambios en los patrones de precipitación crean condiciones más propicias para incendios forestales. A su vez, estos incendios liberan más gases de efecto invernadero, acelerando el cambio climático.

Finalmente, pero no menos importante pueden destruir grandes extensiones de hábitat natural, eliminando las fuentes de alimento, refugio y reproducción de numerosas especies. La destrucción del hábitat puede ser temporal o permanente, dependiendo de la severidad del incendio y la capacidad de recuperación del ecosistema. Las especies que dependen de hábitats específicos pueden verse especialmente afectadas, enfrentando riesgos de disminución de poblaciones o incluso extinción local. Durante un incendio, muchas especies no pueden escapar de las llamas y el calor extremo, lo que resulta en una alta mortalidad directa. Animales de movimiento lento, especies jóvenes o aquellas con hábitats limitados son particularmente vulnerables. La mortalidad directa puede afectar tanto a individuos como a poblaciones enteras, alterando la dinámica de la comunidad y las interacciones ecológicas.

Si bien en algunos tipos de ecosistemas han evolucionado adaptaciones específicas para sobrevivir y prosperar en condiciones de incendio e incluso estas son imprescindibles para algunos procesos, como la germinación después de un incendio, en general los incendios, tienen la capacidad de cambiar la estructura de los ecosistemas, afectando las interacciones entre especies. Por ejemplo, la eliminación de la cubierta vegetal puede alterar la composición del suelo, influenciando la regeneración de plantas y afectando a los herbívoros que dependen de estas plantas. Estos cambios pueden tener efectos en cascada a lo largo de la cadena alimentaria, afectando a depredadores y otras especies dependientes.

Además, la destrucción de hábitats y la alta mortalidad pueden reducir la diversidad genética de las poblaciones afectadas (Gutiérrez Martínez *et al.*, 2014). Una menor diversidad genética puede disminuir la capacidad de las especies para adaptarse a cambios ambientales futuros, aumentando su vulnerabilidad a enfermedades, cambios climáticos y otros factores estresantes. Estos procesos, contribuyen a fragmentar el hábitat, creando parches aislados

de vegetación que dificultan el movimiento y la dispersión de especies. La fragmentación del hábitat puede reducir el acceso a recursos esenciales y aumentar la vulnerabilidad a depredadores y otras amenazas. Esto puede llevar a una disminución en la conectividad genética y a la degradación de las poblaciones a largo plazo. Al perderse la conectividad y fragmentarse la vegetación natural, se afectan total o parcialmente ciclos de nutrientes que liberan nutrientes almacenados en las plantas y el suelo. Si bien esto puede tener efectos positivos a corto plazo al aumentar la disponibilidad de nutrientes, la pérdida de materia orgánica y la erosión del suelo pueden tener efectos negativos a largo plazo, dificultando la recuperación de la vegetación y afectando a las especies que dependen de ella. Este tipo de impactos, al cambiar el sistema, además, pueden facilitar que las áreas quemadas sean colonizadas rápidamente por especies invasoras, que pueden desplazar a las especies nativas y alterar el equilibrio del ecosistema. Estas especies invasoras suelen ser más competitivas en ambientes perturbados y pueden impedir la regeneración de la vegetación nativa, causando cambios a largo plazo en la composición del ecosistema.

Los incendios son impactos con una gran capacidad destructora y la transformación que la humanidad ha hecho en el paisaje aunado al calentamiento global, propician condiciones, que favorecen el incremento de los mismos. De acuerdo con CONAFOR, se presentan en promedio un poco más de 7,000 incendios forestales al año, con una capacidad destructiva de casi 300, 000 hectáreas. El monitoreo de los mismos ha encontrado que los años más críticos de los que se tienen registros han sido, 1998, 2011 y 2023, siendo las dos principales causas: actividades intencionales 31% y actividades agrícolas 22 %. CONAFOR tiene registrado, que entre 1070 y 2023, en Tabasco se han quemado 149,714 hectáreas (<https://snif.cnf.gob.mx/incendios/>) (figura 44).

Histórico Incendios Forestales en México 1970-2023

Filtre por año en la gráfica de barras y por entidad federativa seleccionando un estado dentro del mapa o en el filtro

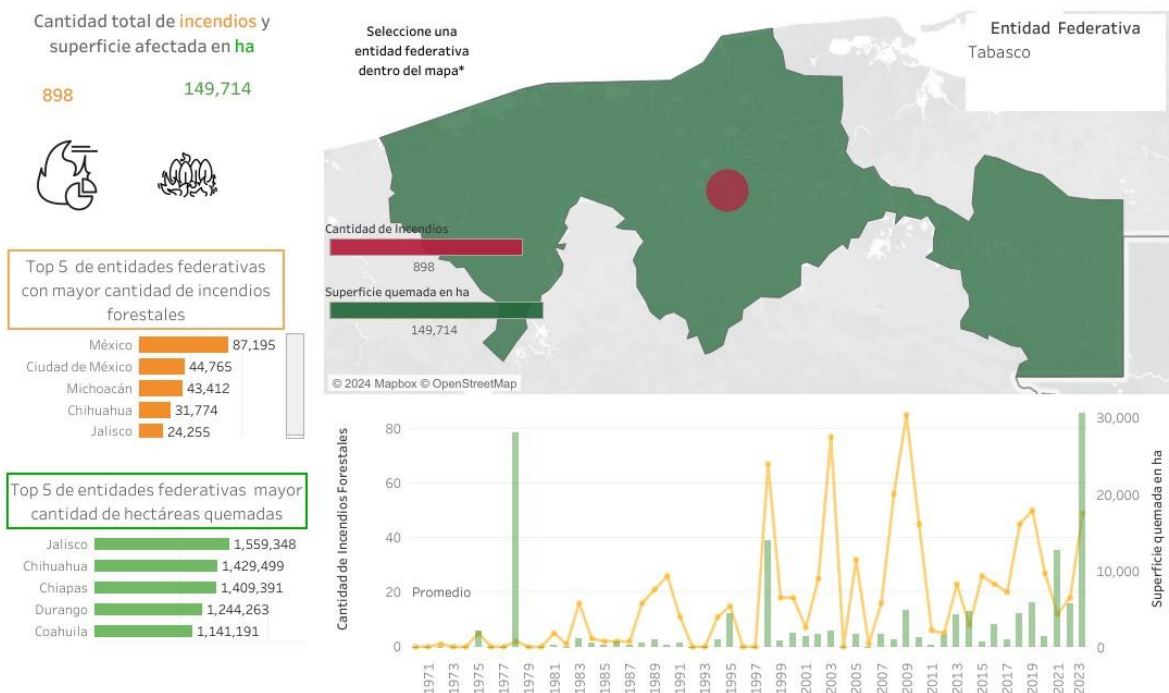


Figura 44. Datos de incendios registrados de 1970 a 2023, tomada del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales, CONAFOR (<https://snif.cnf.gob.mx/incendios/>)

Incendios en Tabasco

Respecto al estado de Tabasco en las figuras 45 y 46 podemos apreciar como la cantidad de puntos de calor con potencial de generar incendios, ha variado a través de los años. Es importante apreciar que este está asociado en Tabasco principalmente a los popales como vegetación natural susceptible a incendios y a los cultivos de temporal y pastizales como se ve en las figuras 47 y 48, pero esto puede variar por municipio, asociado a la escala de la cartografía y la información de referencia respecto a tipo de vegetación y uso del suelo que señala la información del satélite.

Sin embargo, la variación anual que se presenta, se puede deber tanto a condiciones ambientales como es una sequía extrema que favorece la presencia de los incendios, como a acciones antropocéntricas como es el incremento de residuos encontrado en el territorio muchos de estos tiraderos a cielo abierto, con materiales que favorecen la ignición como son colillas de cigarros o vidrio, o asociado a las quemas agropecuarias que se salen de control (ver figura 48). La presencia de puntos de calor permite analizar su posible evolución a incendio forestal con una la precisión de un kilómetro. En ese sentido se valora el peligro de ignición, el índice de sequedad del combustible potencial, con el tipo combustible, lo que permite dar seguimiento a las zonas con peligro de incendios.



Figura 45. Datos del total de puntos de calor para el estado de Tabasco de 2013 al 2024, tomada del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales, CONAFOR (<https://snif.cnf.gob.mx/incendios/>)

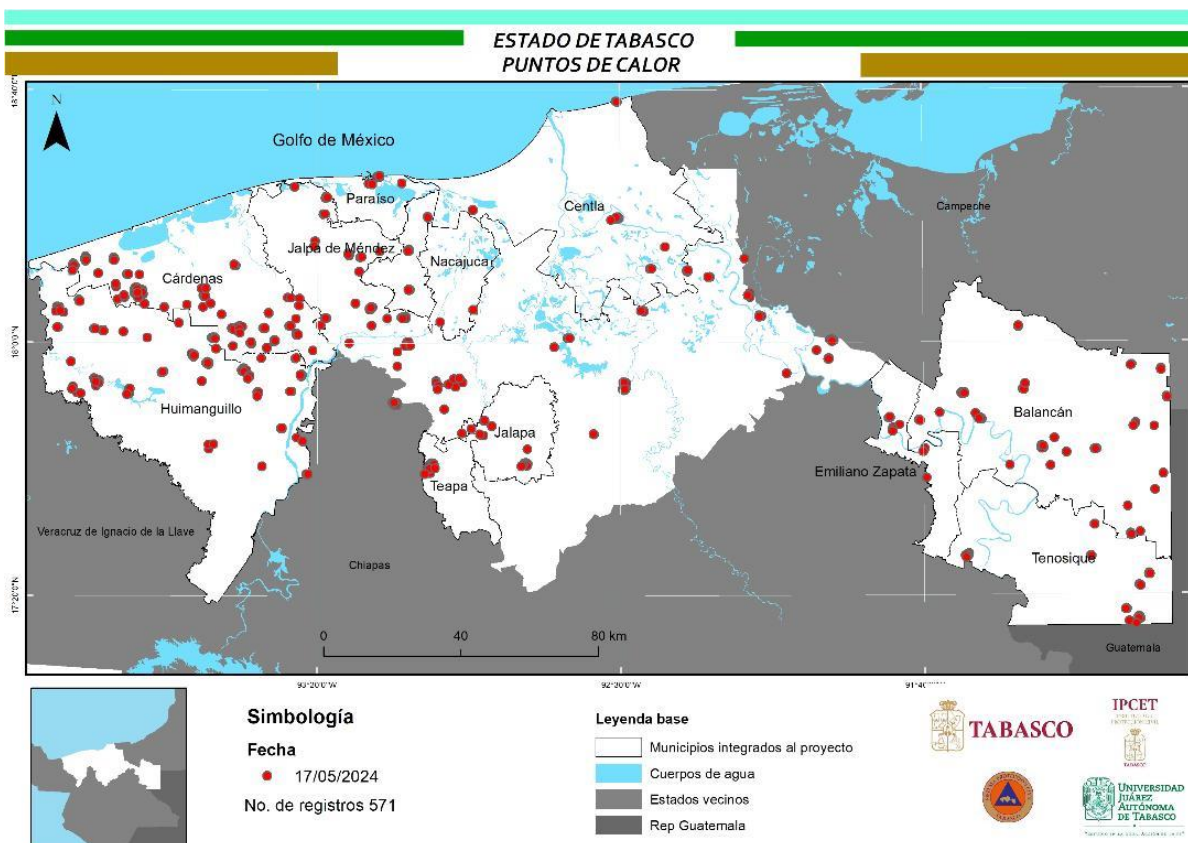


Figura 46. Localización de puntos de calor registrados en durante enero-junio de 2024 para Tabasco.

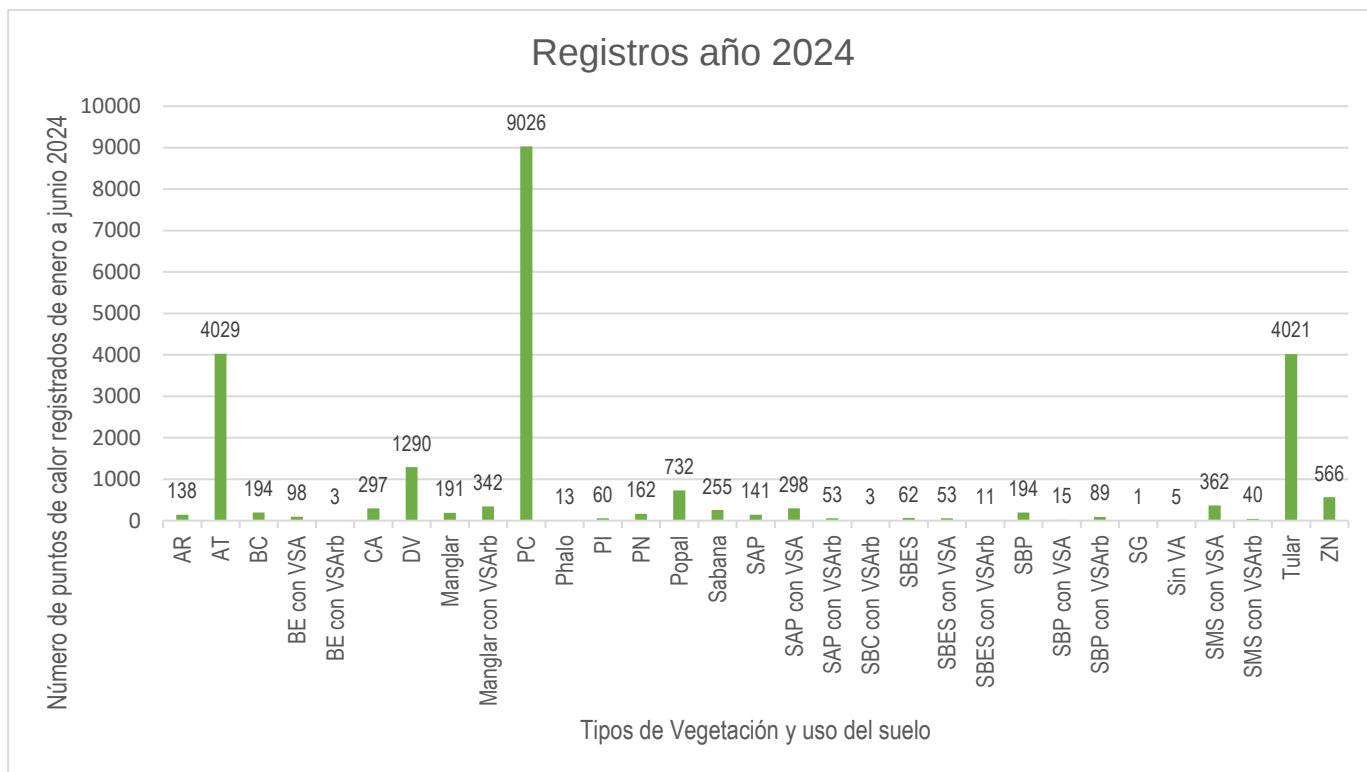


Figura 47. Número de puntos de calor registrados de enero a junio del 2024 por tipo de vegetación y uso del suelo⁹ del estado de Tabasco.

⁹ Agricultura de riego (AR), Agricultura de temporal (AT), Bosque cultivado (BC), Bosque de encino (BE), Selva alta perennifolia (SAP), Selva mediana subperennifolia (SMS), Selva baja caducifolia (SBC), Selva baja perennifolia (SBP), Selva baja espinosa subperennifolia (SBES), Selva de galería (SG), Cuerpo de agua (CA), Desprovisto de vegetación (DV), Pastizal cultivado (PC), Pastizal halófilo (Phalo), Pastizal inducido (PI), Palmar natural (PN), Vegetación aparente, (VA), Vegetación Secundaria (VS), Vegetación Secundaria Arborea (VSA), Vegetación Secundaria Arbustiva (VSArb), Zona urbana (ZN).

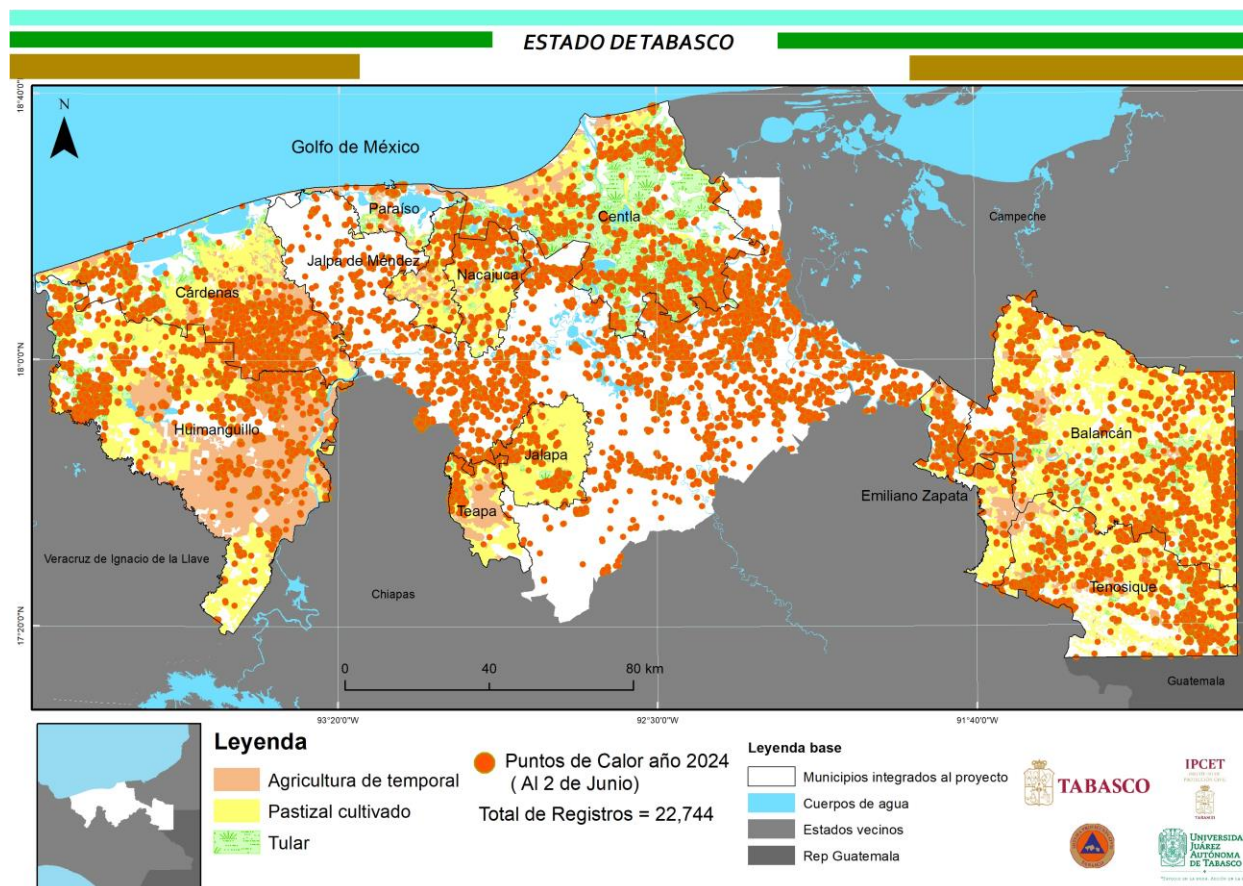


Figura 48. Mapa con puntos de calor de enero a junio del 2024 y los usos de suelo y vegetación donde son principalmente reportados.

Incendios en el municipio de Paraíso

Respecto al municipio de Paraíso, en la figura 49, podemos observar la abundancia de puntos de calor registrados entre enero y junio del 2024. La modelación de la certidumbre del potencial de estos puntos de calor para ser incendios se muestra en la figura 50 y su representación como las zonas de focos de calor del municipio (figura 51) se aprecian dispersos por todo el municipio. En la figura 52 se muestra que es principalmente en las zonas identificadas como desprovistas de vegetación, manglares con vegetación arbustiva y agricultura de temporal. El número de registros incrementa en la época seca, y particularmente mayo que es considerado un mes susceptible a incendios, (figura 53), para el municipio de Paraíso el 2024 tiene de enero a junio su punto más alto de puntos de calor en mayo. El año 2024 ha sido especialmente seco por un evento de sequía que se ha presentado en todo el país desde el 2023.

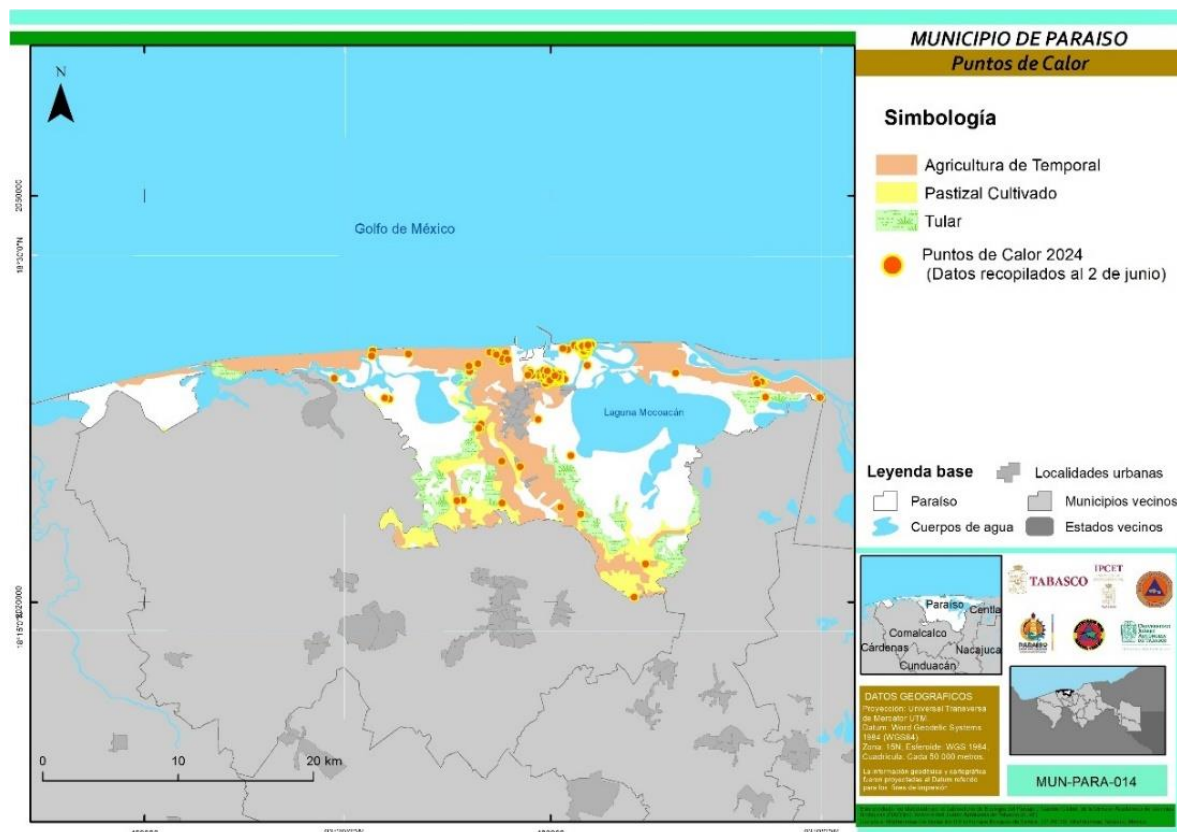


Figura 49. Mapa del municipio de Paraíso con los datos de puntos de calor de enero a junio del 2024.

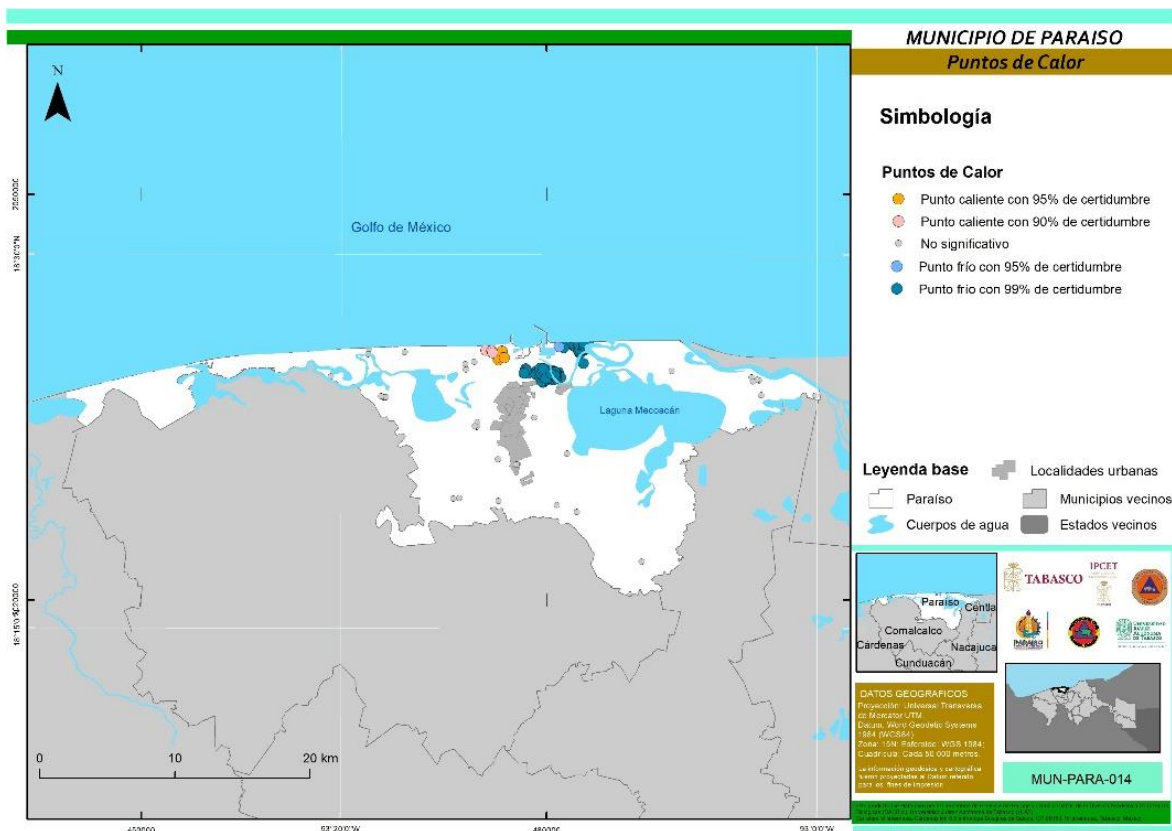


Figura 50. Mapa con los puntos de calor seleccionados de acuerdo a su certidumbre de ser incendios de enero a junio del 2024.

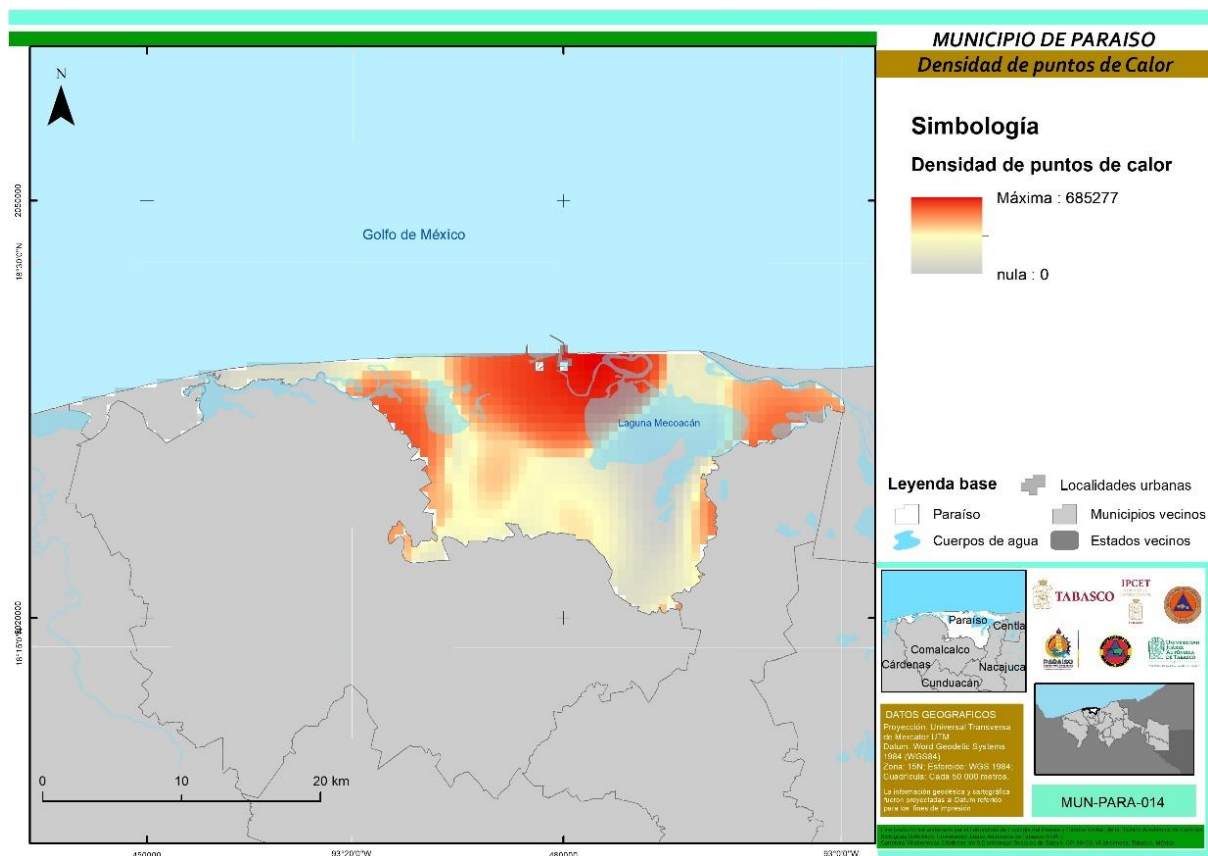


Figura 51. Focos de calor en Paraíso modelados a partir de los datos de las figuras 49 y 50 de enero a junio del 2024.

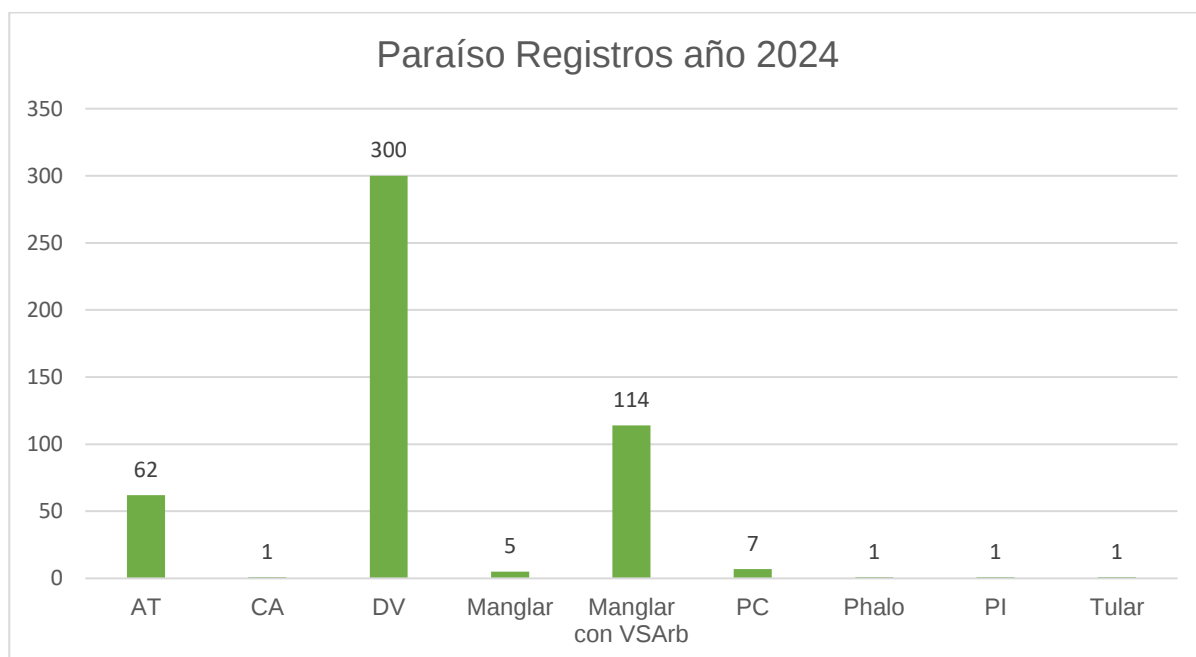


Figura 52. Gráfico con los datos de distribución de los puntos de calor de enero a junio del 2024 en los diferentes tipos de vegetación y uso del suelo¹⁰ del municipio de Paraíso.

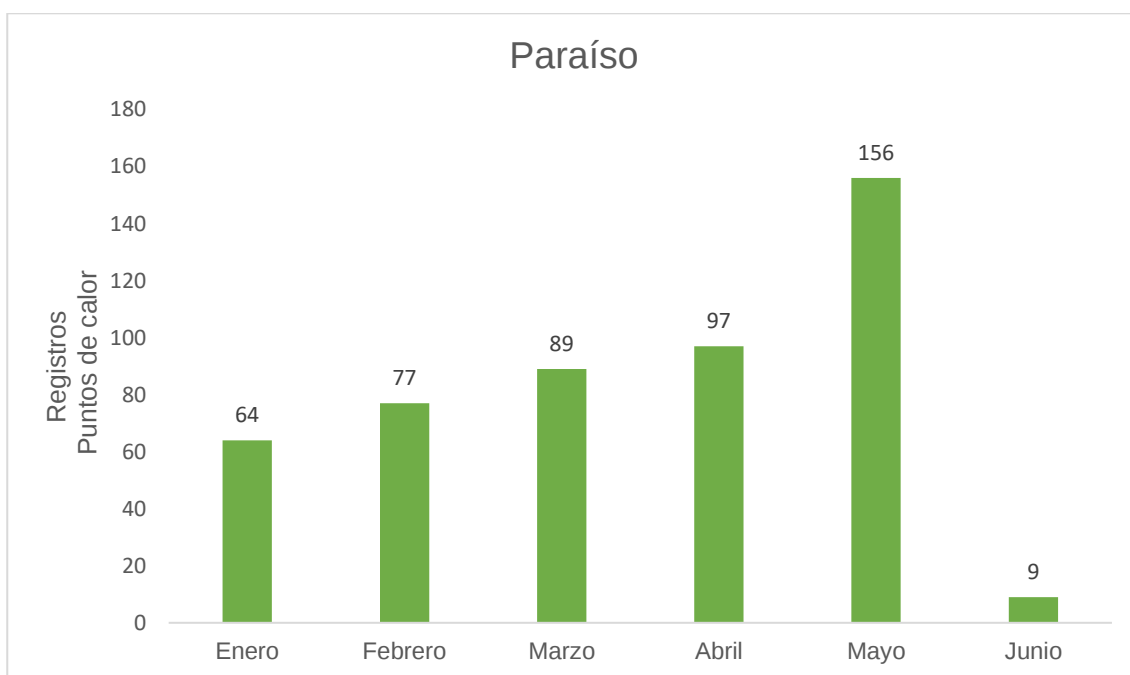


Figura 53. Gráfico con la distribución mensual de los puntos de calor para los meses de enero a junio del 2024.

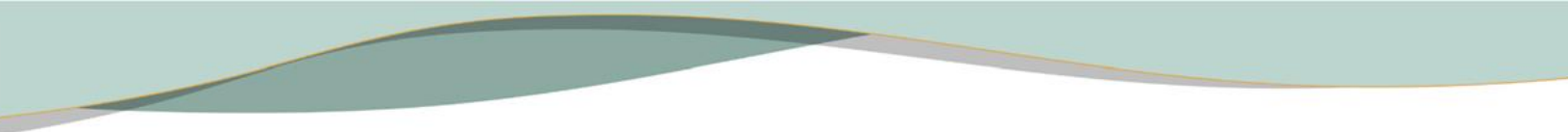
¹⁰ Ver las abreviaturas de los tipos de vegetación en la figura 47.

Conclusiones Generales

Como se apreció a lo largo del documento, el municipio de Paraíso al estar ubicado en una región vulnerable a una variedad de peligros naturales asociado a su geografía, climatología y características socioeconómicas, requiere de una herramienta que le permita gestionar el riesgo de desastres a nivel local. En ese sentido, esta región enfrenta una variedad importante de amenazas, que incluyen, peligros geológicos como vulcanismo y sismos; eventos hidrometeorológicos extremos que provocan inundaciones, sequías, deslizamientos por erosión, además de potencial de incendios forestales. Para abordar la multiplicidad de peligros que se pueden enfrentar, es esencial una integración de datos geográficos, socioeconómicos y ambientales, que permita un análisis comprehensivo y el desarrollo de estrategias de mitigación y adaptación efectivas, para proteger a la población y reducir los daños económicos.

En ese sentido, tener un “Atlas de Peligros Municipales” se vuelve esencial ya que puede proporcionar una base sólida para la planificación, la preparación y la respuesta ante emergencias y un primer paso a la “Gestión de Riesgo”. Este documento integra información detallada sobre diversos peligros, facilitando la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias efectivas de mitigación y adaptación, ya que permite la identificación precisa y el análisis detallado de los peligros específicos que enfrenta, al incluir datos sobre los mismos y entender cómo cada uno puede afectar distintas áreas y comunidades dentro del municipio. La información presentada, puede ayudar a priorizar de manera más eficiente la asignación de recursos para la mitigación y respuesta ante desastres. Identificar las áreas y comunidades más vulnerables para dirigir los recursos a donde más se necesitan, asegurando un uso más eficaz y equitativo, lo que es especialmente importante en contextos de limitaciones presupuestarias, donde cada inversión debe maximizar su impacto.

En conclusión, la evaluación de los peligros naturales con una aproximación integral y multidisciplinaria, muestra además de conocer las amenazas potenciales, se requiere tener una política de Gestión Sostenible de Recursos Naturales, que incluya la gestión sostenible de los mismos, con acciones de reforestación, conservación del suelo y gestión de cuencas, es vital para reducir la vulnerabilidad a desastres naturales y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de los recursos. Estas acciones deben estar acompañadas de programas de educación comunitaria sobre la prevención y respuesta a desastres, ya que es crucial para mejorar la preparación y resiliencia de las comunidades. Finalmente, un atlas de peligros municipales



contribuye a la construcción de resiliencia a largo plazo, al integrar consideraciones de riesgo en la planificación y desarrollo municipal, se promueve un crecimiento urbano y rural más seguro y sostenible, esto no solo reduce la vulnerabilidad a desastres, sino que también fortalece la capacidad de recuperación de las comunidades, permitiendo que vuelvan a la normalidad más rápidamente después de un evento adverso

Referencias

Alcántara Ayala, I., Echevarría Luna, A., Gutiérrez Noriega, C., Domínguez Morales, L. y Noriega Rioja, I. (2008). *Inestabilidad de laderas*. Serie fascículos (2ª reimpression) CENAPRED. (Trabajo original publicado en 2001). http://centro.paot.org.mx/documentos/cenapred/inestabilidad_laderas.pdf

Alcañiz, J. M. (2008). Erosión: evaluación del riesgo erosivo y prácticas de protección del suelo. (En: Evaluación y prevención de riesgos ambientales en Centroamérica, P. Andrés y R. Rodríguez Ed.). Documenta Universitaria. 400 pp. España. <http://www.creaf.uab.es/propies/pilar/LibroRiesgos/>

Alfaro P. y C. Fernández, (2020). ¿Cuántas placas hay en el planeta tierra? Enseñanza de las ciencias de la Tierra. 27(3): 246-256. https://www.researchgate.net/publication/343425906_Cuantas_placas_hay_en_el_planeta_Tierra

Arreguín-Cortés, F. I., Rubio-Gutiérrez, H., Domínguez-Mora, R., & de Luna-Cruz, F. (2014). Análisis de las inundaciones en la planicie tabasqueña en el periodo 1995-2010. Tecnología Y Ciencias Del Agua, 5(3), 5–32. Recuperado a partir de <https://www.revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/424>

Carranza-Edwards, A. (2010). Causas y consecuencias de la erosión de playas. (En: Impactos del Cambio Climático sobre la zona costera, Yañez-Arancibia A. Ed.). INE/Sea Grant/INECOL. Pp. 36-50. <http://centro.paot.org.mx/documentos/ine/638.pdf>

Cavazos, T. (Ed.). (2015). Conviviendo con la Naturaleza: El Problema de los Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos en México. Ediciones ILCSA S.A. de C.V. Recuperado de: http://usuario.cicese.mx/~tcavazos/pdf/T_Cavazos_Libro_REDESClim_2015.pdf

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2016). Índice de Peligro por Inundación (IPI). CENAPRED. SEGOB. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Metodologias/Inundacion.pdf>

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2021a). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Conceptos básicos sobre Peligros, Riesgos*

y su Representación Geográfica. Serie Atlas Nacional de Riesgos. CENAPRED. SEGOB. México. <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/44.pdf>

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2021b). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Geológicos*. Serie Atlas Nacional de Riesgos. CENAPRED. SEGOB. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/archivo/documentos/GB_Elaboracion_AE&M_Peligros_Riesgos_FEN_GEO.pdf

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2021c). Información básica de peligros naturales a nivel municipal. Estado de Tabasco. Municipio Paraíso. Secretaria de Seguridad y Protección Ciudadana. Coordinación Nacional de Protección Civil. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.

<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/InformacionBasicaMunicipal/Tabasco/27014.pdf>.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2021d). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos hidrometeorológicos*. Serie Atlas Nacional de Riesgos. CENAPRED. SEGOB. México. <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/63.pdf>

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (28 de julio de 2022). Incidencia de Ciclones Tropicales.

http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/hidrometeorologicos/Incidencia_de_Ciclones_Tropicales.zip

Centro Nacional de Prevención de Desastres, (28 de julio de 2024). Sistema Nacional de Información sobre Riesgos Geológicos.

<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html>

CEPAL. (2008). Tabasco: características e impacto socioeconómico de las inundaciones provocadas a finales de octubre y a comienzos de noviembre de 2007 por el frente frío número 4. Recuperado de:

https://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/33373/L864_parte_1_de_8.pdf

Cibrian Tovar, J., R. Martínez Domínguez y A. Raygoza Martínez (2008). Incendios forestales. Serie Fascículos. CENAPRED/IPCET. 47 pp. https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/ipcettabasco/menu_planesyprogramas_10_Incendios_Forestales.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2008). *Tabasco: características e impacto socioeconómico de las inundaciones provocadas a finales de octubre y a comienzos de noviembre de 2007 por el frente frío número 4*. CEPAL. https://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/33373/L864_parte_1_de_8.pdf

Comisión Federal de Electricidad. (S/F). Diseño por Sismo. En B. Granados Domínguez, (Coor.). Manual de Diseño de Obras Civiles, https://www.academia.edu/37098742/Comisi%C3%B3n_Federal_de_Electricidad_Manual_de_Dise%C3%B1o_de_Obras_Civiles

Comisión Nacional del Agua. (2004). Situación del agua en México. México. <https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EL-AGUA-EN-MEXICO.pdf>

Comisión Nacional del Agua. (2001). “El agua en México; retos y avances”, México. <https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EL-AGUA-EN-MEXICO.pdf>

Consejo Nacional de *Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2014). Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México (Segunda Edición)*. México CONEVAL. https://www.coneval.org.mx/Informes/Coordinacion/Publicaciones%20oficiales/MEDICION_MULTIDIMENSIONAL_SEGUNDA_EDICION.pdf

Consejo Nacional de *Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2024). Fichas CONEVAL de información municipal 2023*. México CONEVAL. https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Paginas/Fichas_Municipales_2024.aspx#:~:text=Las%20Fichas%20Municipales%202024%20tienen,%C3%A1reas%20de%20oprtunidad%20seg%C3%BAn%20los

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [CPEUM]. (5 de febrero de 1917), Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.] 22-03-2024

Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. (09 de octubre de 2023). Información estadística climatológica. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>

Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. (19 de junio de 2024). Monitor de Sequía en México (MSM). <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-de-america-del-norte>.

Cuevas Salgado, S., R. Salvador Flores, J. Pablo Moreno Ruiz, J. Luis Barrios Sánchez, A. Cazares Ventura, et al., S/F. Atlas de peligro por fenómenos naturales del estado de Tabasco. Informe Técnico. Servicio Geológico Mexicano y Secretaría de Comunicaciones, Asentamientos y Obras Públicas. 133 pp. http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/TABASCO_2013.pdf

de la Cruz Reyna, S. (2008). Volcanes Peligro y Riesgo Volcánico en México. Serie Fascículos. SEGOB/Sistema Nacional de Protección Civil/CENAPED. http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/363/1/images/fasciculo_volcanes.pdf

Durán, G., (2010). Análisis del peligro por marea de tormenta en el Golfo de México. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/4575>

Escalante-Sandoval, C.A. y Reyes-Chávez, L. (2004). Análisis de Sequías. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/13424>

Espinasa-Pereña, R., R. Arámbula S. Ramos, K. Sieron, L. Capra, A. Hernández-Oscoya, M. Alatorre, y F.Córdoba Montiel (2021). Monitoreo de volcanes en México. *Volcanica Journal* 4(S1):223-246. <https://doi.org/10.30909/vol.04.S1.223246>

Espíndola, J. M., J. L. Macías, R. I. Tilling y M. F. Sheridan (2018). Volcanic history of El Chichón Volcano (Chiapas, Mexico) during the Holocene, and its impact on human activity. *Bull Volcanol* 62:90-104. <https://link.springer.com/article/10.1007/s004459900064>

Esquivel Sirvent, R. (2018) Algo de la ciencia e historia de los sismos y sus consecuencias. *Ciencia* 69(1): 72-76. https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/69_1/PDF/ACTUALIDAD2.pdf

García, J. y R. Domínguez. (1998). Erosión. Fascículo 8. CENAPRED. México. 31 pp. <https://www.gob.mx/cenapred/documentos/fasciculo-erosion>

García J. F., Fuentes M. Ó. y Matías R. L. G. (2021). Sequías. Serie Fascículos. Versión Electrónica. CENAPRED. <https://www.gob.mx/cenapred/documentos/serie-de-fasciculos-sequias>

Gil y Saenz, M. (1872). Compendio histórico geográfico y estadístico del Estado de Tabasco. México <https://culturatabasco.gob.mx/wp/wp-content/uploads/2020/08/historia-general-de-tabasco-TOMO-I-cabrera-PRIMERA-PARTE.pdf>

Global Volcanism Program, 2024. [Database] Volcanoes of the World (v. 5.1.7; 26 Apr 2024). Distributed by Smithsonian Institution, compiled by Venzke, E. <https://doi.org/10.5479/si.GVP.VOTW5-2023.5.1>

Gobierno del Estado Libre y Soberano de Tabasco. (2022, octubre 29). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Paraíso* (Época 7A, suplemento F, edición 8370; p. 679). Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Tabasco: Secretaría de Gobierno del Estado. Consultado el 23 de noviembre de 2023, en <https://drive.google.com/file/d/1MAKKfnqNiBdvQH6n-CkRNJ1SzglGzuwd/view>

Gutiérrez Martínez, G., M. E. Orozco Hernández, J. A. Benjamín Ordóñez Díaz y J. M. Camacho Sanabria (2014), Régimen y distribución de los incendios forestales en el Estado de México (2000 a 2011). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(29):92-117. <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/download/219/3160/22221>

Hernández, J. R., M. A. Ortiz-Pérez, A. P. Méndez y L. Gama. (2008). Morfodinámica de la línea de la costa del estado de Tabasco, México: tendencias desde la segunda mitad del siglo XX. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, 65:7-21. <https://doi.org/10.14350/ig.17971>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2005). Guía para la interpretación de la cartografía geológica. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825231767>

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2010a). Norma Técnica para la elaboración de Metadatos Geográficos. DOF. https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/normas/norma_tecnica_sobre_elaboracion_de_metadatos_geograficos.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010b). Compendio de información geográfica municipal 2010. Paraíso, Tabasco.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/27/27014.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2011). Guía para la interpretación de la cartografía: edafología escala 1:250 000 serie II.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825231736>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (18 de julio de 2021). *Panorama sociodemográfico de Tabasco: Censo de Población y Vivienda 2020*.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825198008>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021b). Panorama sociodemográfico de Tabasco: Censo de Población y Vivienda 2020.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825198008>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (18 julio, 2022). *DENUE Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. INEGI.
<https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (19 junio, 2024). *Biblioteca digital*.
<https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2023). *Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Jiménez Espinosa, M., Baeza Ramírez, C., Matías Ramírez, G. L. & Eslava Morales, H., 2012. Mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos. CENAPRED. México.
<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Metodologias/Hidrometeorologico.pdf>

[Jiménez Salas, O. H. 1990. Geomorfología de la región de La Venta, Tabasco: un sistema fluvio-lagunar costero del cuaternario. Arqueología, \(3\), 5–16. Recuperado a partir de https://revistas.inah.gob.mx/index.php/arqueologia/article/view/13398](https://revistas.inah.gob.mx/index.php/arqueologia/article/view/13398)

Knutson, C., Hayes y M. Philips T., (1998). How to reduce drought risk, Ed. Western Drought Coordination Council, USA.
<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1165&context=droughtfacpub>

Laverde B. M. A., Pedrozo A. A. y González V. F. J. (2012). Estimación del índice de vulnerabilidad por inundación costera en el estado de Tabasco. XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica. San José, Costa Rica, 9 al 12 de setiembre de 2012.

Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano [LGAHOTDU]. (28 de noviembre de 2016), Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.] 01-04-2024

Ley General de Cambio Climático [LGCC]. (6 de junio de 2012), Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.] 01-04-2024

Ley General de Desarrollo Social [LGDS]. (20 de enero de 2004), Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.] 01-04-2024

Ley General de Protección Civil [LGPC]. (6 de junio de 2012), Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.] 21-12-2023

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente [LGEEPA]. (28 de enero de 1988), Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.] 01-04-2024

López Reyes, D. (1980). Historia de Tabasco. Consejo Editorial del Gobierno del Estado de Tabasco. México. <https://culturatabasco.gob.mx/wp/wp-content>

Martínez Solares J. M. (2001). Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre 1755). Instituto Geográfico Nacional. Ministerio de Fomento. Madrid. 756 pp.
<https://www.ign.es/web/resources/sismologia/publicaciones/EfectosEspanaterremotoLisboa.pdf>

Merlotto, A., & Bértola, G. R. (2007). Consecuencias socio-económicas asociadas a la erosión costera en el Balneario Parque Mar Chiquita, Argentina. Investigaciones Geográficas (Esp), (43),143-160. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17604308>

Montealegre Z. D. y Matías, R. L. G. (2021). Identificación de peligros y riesgos a nivel municipal que permita contar con información básica para el desarrollo posterior de atlas municipales en todo el país. Tema inundaciones. CENAPRED. México.

https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XL/RI/RI_Informe_PAT8_Informacion_Basica_Municipal.pdf

National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA] (19 junio de 2024). National Hurricane Center and Central Pacific Hurricane. Center. reports. <https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php>

Núñez Gómez, J. C., Ramos Reyes, R., Barba Macías, E., Espinoza Tenorio, A., & Gama Campillo, L. M. (2016). Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México. Investigaciones Geográficas, (91). <https://doi.org/10.14350/rig.50172>

Organización de las Naciones Unidas. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. EE.UU. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Resolución A/RES/69/283. <http://www.preventionweb.net/files/resolutions/N1516720.pdf>

Organización Meteorológica Mundial. (1992). La Conferencia Mundial sobre el Clima. Boletín de la Organización Meteorológica Mundial [OMM], (XXVIII) 3. Suiza. <https://library.wmo.int/viewer/66078/?offset=>

Ortiz Pérez, M. A. y A. P. Méndez Linares (1999). Escenarios de vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del Golfo de México y el Mar Caribe. Investigaciones Geográficas (39): 68-81. <https://doi.org/10.14350/rig.59084>

Palma-López D. J., Jiménez Ramírez R., Zavala-Cruz J., Bautista-Zúñiga F., Gavi Reyes F., y Palma-Cancino D. Y. (2017). Actualización de la Clasificación de Suelos de Tabasco, México. Agroproductividad, 10(12), 29-35. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/33>

Pedrozo-Acuña A. (2012). Estudio de Vulnerabilidad Costera: Inundación y Erosión. Plan Hídrico Integral de Tabasco. Tercera Etapa. Capítulo 10. Gobierno de México. CONAGUA. UNAM. <https://www.gob.mx/conagua/documentos/plan-hidrico-integral-de-tabasco-phit-tercera-etapa-2010>

Rodríguez-Vázquez, H. G. (2013). Inundaciones en zonas urbanas. medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales. Tesis de Maestro en Ciencias. Facultad

de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/100720>

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 [PND]. Diario Oficial de la Federación [D.O.F.] 12-07-2019

Programa Nacional de Protección Civil 2022-2024. Diario Oficial de la Federación [D.O.F.] 05-12-2022

Reglamento de la Ley General de Protección Civil [REG_LGPC]. (13 de mayo de 2014), Reformado, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.] 9-12-2015

Santamaría-Juárez, J. D., V. Linares Ruíz, M. D. Castañeda-Antonio, M. E. Ramírez-Gúzman, M. Juárez M., Á. Velasco H., E. Águila A., R. Munguía P., A. Rivera, A. Báez R. (2022). Caracterización fisicoquímica de material particulado del Popocatepetl, trayecto Atlixco-Puebla, y su impacto en la salud y el ambiente Acta Universitaria 32:1-22. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3489>

Secretaría de Economía. (11 agosto, 2023). Paraíso, Municipio DATAMÉXICO <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/paraiso?redirect=true#education-and-employment>

Servicio Meteorológico Nacional. (09 de octubre de 2023). Información estadística climatológica. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>

Taracena Padrón, R. (1957). Compendio Geográfico e Histórico del Estado de Tabasco. S/E. México. Colección Francisco J. Santamaría. <https://fjsantamaria.ujat.mx/Publication/Details/1706>

Vázquez R., R. Bonasia, A. Folch, J. Arce y J. L. Macías (2019). Tephra fallout Hazard assessment at Tacana volcano (Mexico). Journal of South American Earth Sciences 91:253-259. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.02.013>

Villers Ruiz, L. y J. López Blanco. (2004). Incendios forestales en México. Métodos de evaluación. UNAM. 259 pp. <https://ciencia.unam.mx/leer/935/los-incendios-forestales-que-afectan-a-mexico>

Zaragoza Álvarez, A., L. Domínguez Morales y C. A. Cruz Juárez (2020). Actualización de las zonas urbanas y rurales expuestas al fenómeno de inestabilidad de laderas, según el mapa nacional de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas 2020. Informe Dirección de Investigación. CENAPRED. 27 pp.
http://centro.paot.org.mx/documentos/cenapred/inestabilidad_laderas.pdf

Zavala-Cruz, J., Jiménez Ramírez, R., Palma-López, D., Bautista Zúñiga, F., y Gavi Reyes, F. (2016). Paisajes geomorfológicos: base para el levantamiento de suelos en Tabasco, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 3(8), 161-171.
<https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/643>



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

♦
"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"