



**Teapa**

H. Ayuntamiento 2024-2027

**Expediente:** NCI/91/2024

**Folio PNT:** 27051100009124

### **Acuerdo de Disponibilidad NCI/91/2024-27051100009124**

**CUENTA:** Mediante la Plataforma Nacional de Transparencia, el **Nueve de octubre de dos mil veinticuatro**, se recibió solicitud de acceso a la información pública con número de folio **27051100009124**, al cual se le asignó el número de control interno **NCI/91/2024**, por lo que acorde el marco normativo que rige en materia de Transparencia en la entidad y este municipio, se procede a emitir el correspondiente acuerdo. -----**Conste.**

### **ACUERDO**

**H. AYUNTAMIENTO DE TEAPA, TABASCO, UNIDAD DE TRANSPARENCIA; VILLAHERMOSA, TABASCO, TREINTA Y UNO DE OCTUBRE DE DOS MIL VEINTICUATRO.**

**Vistos:** la cuenta que antecede **se acuerda:** -----

**PRIMERO.** - Vía electrónica, se tuvo la solicitud de información, bajo los siguientes términos:

**“Copia en versión electrónica del atlas de riesgo producto de la firma de convenio entre ese Ayuntamiento y el instituto de Protección Civil del estado de Tabasco del atlas de riesgo producto de la firma de convenio entre ese Ayuntamiento y el instituto de Protección Civil del estado de Tabasco.” (Sic).-----**

**SEGUNDO.-** El artículo 6º apartado A, fracciones I y III de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que establece que toda la información en posesión de cualquier autoridad, entidad, órgano y organismo federal, estatal y municipal, es pública sólo podrá ser reservada temporalmente por razones de interés público y seguridad nacional, en los





**Teapa**

H. Ayuntamiento 2024-2027

términos que fijen las leyes; y que en la interpretación de este derecho deberá prevalecer el principio de máxima publicidad; la información que se refiere a la vida privada y los datos personales será protegida en los términos y con las excepciones que fijen las leyes; artículo 4º bis de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tabasco menciona que el derecho a la información es inherente al ser humano y por lo tanto el Estado tiene la obligación primigenia de reconocerlo y garantizarlo; es información pública la generada o en posesión de cualquier autoridad, entidad, órgano y organismo estatal o municipal; el derecho a la intimidad que incluye la privacidad de la vida familiar en primer grado y en general la que se refiere a sus datos personales; atendiendo al principio de máxima publicidad en el ejercicio del derecho de acceso a la información pública y al cumplimiento de las obligaciones en materia de transparencia, toda persona, sin distinción de ningún tipo y sin necesidad de acreditar interés alguno o justificar su utilización, podrá acceder gratuitamente a la información pública y a sus datos personales, o solicitar la rectificación de éstos; el artículo 7 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública, señala que en la aplicación e interpretación de la presente Ley deberá prevalecer el principio de máxima publicidad, conforme a lo dispuesto en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en los tratados internacionales de los que el Estado mexicano sea parte, así como en las resoluciones y sentencias vinculantes que emitan los órganos nacionales e internacionales especializados, favoreciendo en todo tiempo a las personas la protección más amplia. Para el caso de la interpretación, se podrá tomar en cuenta los criterios, determinaciones y opiniones de los organismos nacionales e internacionales, en materia de transparencia; el artículo 9 fracción VI de la Ley de la materia en el Estado, precisa que debe entenderse por principio de máxima publicidad, toda la información en posesión de los sujetos obligados será pública, completa, oportuna y accesible, sujeta a un claro régimen de excepciones que deberán estar definidas y ser además legítimas y estrictamente necesarias en una sociedad democrática.-----





**Teapa**

H. Ayuntamiento 2024-2027

**TERCERO.** - Con fundamento en los artículos 45 fracción II, 123 y 132 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública, 49, 50 fracción III y 138 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Tabasco, siendo de la competencia de este H. Ayuntamiento de Teapa, Tabasco, en su calidad de Sujeto Obligado, conocer y resolver, por cuanto, a la solicitud de información, presentada vía electrónica, se turnó a la siguiente área:

**DIRECCION DE PROTECCION CIVIL mediante oficio CPCM/027/10/2024** manifestó lo siguiente:

En atención al oficio **PM/UT/91/2024** de fecha 11 de octubre de septiembre del presente año, y en referencia al folio de solicitud **27051100009124** radicado en el expediente interno número **NCI/91/2024** la cual peticiona lo siguiente

En contestación al oficio de la unidad de protección civil con folio **27051100009124** en la cual pide **Copia en versión electrónica del atlas de riesgo producto de la firma de convenio entre ese Ayuntamiento y el instituto de Protección Civil del estado de Tabasco del atlas de riesgo producto de la firma de convenio entre ese Ayuntamiento y el instituto de Protección Civil del estado de Tabasco**

**Envío archivo digital en pdf digitalizado ATLAS DE RIESGO DEL MUNICIPIO DE TEAPA**

Área que, de conformidad con sus atribuciones señaladas en el artículo **94** **Quinquies** de la Ley Orgánica de los Municipios del Estado de Tabasco, le corresponde pronunciarse respecto del presente pedimento informativo; por lo tanto, se hace entrega al petionario con oficios **CPCM/027/10/2024**, así como de los demás documentales que sirvieron para dar trámite a la solicitud.





**Teapa**

H. Ayuntamiento 2024-2027

Sirve de aplicación el Criterio 02/17 emitido por el Pleno del Instituto Federal de Acceso a la Información Pública que considera la Congruencia y Exhaustividad al buscar la información requerida, garantizando así el derecho al acceso a la información pública, mismo que se transcribe:

**"Congruencia y Exhaustividad.** *Sus alcances para garantizar el derecho de acceso a la información. De conformidad con el artículo 3 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, de aplicación supletoria a la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, en términos de su artículo 7; todo acto administrativo debe cumplir con los principios de congruencia y exhaustividad. Para el efectivo ejercicio del derecho de acceso a la información, la congruencia implica que exista concordancia entre el requerimiento formulado por el particular y la respuesta proporcionada por el sujeto obligado; mientras que la exhaustividad significa que dicha respuesta se refiera expresamente a cada uno de los puntos solicitados. Por lo anterior, los sujetos obligados cumplirán con los principios de congruencia y exhaustividad, cuando las respuestas que emitan guarden una relación lógica con lo solicitado y atiendan de manera puntual y expresa, cada uno de los contenidos de información."* (Sic).

**CUARTO.-** Es importante destacar que la actuación de este sujeto obligado se desarrolló con apego al **principio de buena fe**, entendido este como un principio que obliga a todos a observar una determinada actitud de respeto y lealtad, de honradez en el tráfico jurídico, y esto, tanto cuando se ejerza un derecho, como cuando se cumple un deber y por ello este Sujeto Obligado en uso de sus atribuciones, atendió la solicitud conforme a su literalidad y al marco jurídico que rige el derecho de acceso a la información.

**QUINTO.-** Hágasele saber a la persona solicitante, que para cualquier aclaración o mayor información de la misma o bien de requerir apoyo para realizar la consulta de su interés, puede acudir a esta Coordinación, ubicada en Plaza Independencia, S/N, Col. Centro, C.P. 86800, en horario de 08:00 a 16:00 horas de lunes a viernes, en días hábiles, en donde con gusto se le brindará la atención necesaria, a efectos de garantizarle el debido ejercicio del derecho de acceso a la información.-----







**Teapa**

H. Ayuntamiento 2024-2027

**SSEXTO.** –Se hace de conocimiento a la persona interesada, que conforme a lo dispuesto por los artículos 142,143 y 144 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública, 148, 149 y 150 de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Tabasco, en caso de no estar conforme con este acuerdo, puede interponer por sí mismo o a través de representante legal, recurso de revisión dentro de los quince días hábiles siguientes a la notificación del presente acuerdo, ante el Instituto Tabasqueño de Transparencia y Acceso a la Información Pública.-----

**SÉPTIMO.** – En término de lo dispuesto en los artículos 125 y 126 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública, 50, 132, 138 y 139 de la Ley de la materia, notifíquese a través de la Plataforma Nacional de Transparencia, insertando íntegramente el presente proveído. -----

**OCTSAVO.** - Remítase copia de este acuerdo al Titular del Sujeto Obligado y en su oportunidad, archívese el presente asunto como total y legalmente concluido. -----

**Así lo acordó, manda y firma, LIC. DANIEL ROSALES RAMIREZ, Titular de la Unidad de Transparencia del H. Ayuntamiento Constitucional de Teapa, en la Ciudad de Teapa, Capital del Municipio de Teapa, Tabasco; a los Treinta y uno de octubre de dos mil veinticuatro, en la Ciudad de Teapa, Tabasco. Cúmplase-----**





Recibí: *Francisco Abel López*  
*Protección Civil* 05/10/24



**Teapa**

H. Ayuntamiento 2024-2027

NO. DE OFICIO:	PM/UT/91/2024
ASUNTO:	El que se indica
Teapa, Tabasco a 11 de octubre de 2024.	



**LIC. ABEL ANTONIO OSORIO LÓPEZ**  
**COORDINADOR DE PROTECCIÓN CIVIL**  
**PRESENTE**

Con fecha 09 de octubre de 2024, hago de su conocimiento que esta Unidad de Transparencia a mi cargo recibió por medio del Sistema de Solicitudes de Acceso a la Información, un requerimiento informativo con folio electrónico **27051100009124** radicado en el expediente interno número **NCI/91/2024** en la cual se solicita lo siguiente:

**"Copia en versión electrónica del atlas de riesgo producto de la firma de convenio entre ese Ayuntamiento y el instituto de Protección Civil del estado de Tabasco del atlas de riesgo producto de la firma de convenio entre ese Ayuntamiento y el instituto de Protección Civil del estado de Tabasco." (SIC)-----**

Por lo tanto, con fundamento en los artículos 45, fracciones 11, IV, y XII, y 131 de la ley general de transparencia y acceso a la información pública; 49,50 fracciones 111, VI, VIII, IX, XI, Y XVII, 131, 133, 137 Y 138 de la ley de transparencia y acceso a la información pública del estado de Tabasco. Le solicito que de acuerdo a sus atribuciones, facultades, funciones y obligaciones previstas en el artículo **94 Quinquies** De la Ley Orgánica de los Municipios del Estado de Tabasco; remitir la información solicitada en versión electrónica, impresa o en el estado en que se encuentre a la fecha de recepción del presente oficio.

Para los efectos anteriores, se restablecen los siguientes plazos, contando a partir del día de la recepción de este oficio, señalando como hora de entrega de la información a más tardar las 12:00 horas, según los supuestos siguientes:

- **Disponibilidad: 5 días.** - Cuando la información sea notoriamente pública, la Unidad Administrativa de acuerdo con sus facultades y atribuciones deberá dar atención. (Artículo 136 de la LTAIPET).
- **Incompetencia: 1 día.** - Determinada la incompetencia por el área administrativa correspondiente, la misma deberá solicitar la Intervención del Comité de Transparencia de este Sujeto Obligado, la Confirmación de dicha determinación. (Artículo 48 fracción II, y 142 de la LTAIPET).



**2024**  
**Felipe Carrillo**  
**PUERTO**



**Teapa**

H. Ayuntamiento 2024-2027

- **Prevención: 3 días.** – Cuando la solicitud sea obscura, confusa o no contenga todos los datos requeridos, se le podrá requerir por una sola ocasión solicitante para que aclare, complete, indique otros elementos y corrija su solicitud, (Artículo 131 cuarto párrafo de la LTAIPET).
- **Respuesta por medios impresos o liga electrónica: 3 días.** – Cuando la información se encuentre publicada en medios impresos o electrónicos, como páginas de Internet, (Artículo 136 de la LTAIPET).
- **Inexistencia: 5 días.** – Cuando el área competente de manera fundada y motivada deberá acredite que no cuenta con la información solicitada, (Artículo 48, fracción II de la LTAIPET).
- **Reserva o Confidencialidad: 5 días.** - Cuando la Unidad administrativa determine que la información en su poder actualiza alguna de las causales de reserva o confidencialidad, (Artículos 48 fracción II, 108, 121, 124 y 143 y demás relativos aplicables al caso de la LTAIPET).
- **Ampliación de plazo: 5 días.** - La ampliación de plazo para dar respuesta a una solicitud, deberá solicitarse mediante oficio al Comité de Transparencia, **solo cuando se cuente con la información solicitada y esta sea muy voluminosa o requiera mayor tiempo para procesarla.** (Artículo 48 fracción II y 138 de la LTAIPET).

Dicho plazo contara a partir de la recepción de este documento y en días hábiles, transcurrido el plazo otorgado para determinar la incompetencia, para formular prevención o para dar respuesta por liga electrónica en Internet (Link), se asume que la respuesta a la solicitud no se encuentra dentro de dichos supuestos. En cuanto a los demás, vencido el término, sin que se tenga respuesta, **esta Unidad a mi cargo formulará nuevamente el requerimiento para atenderla, dando vista a la Contraloría Municipal,** de este Sujeto Obligado. En caso de negativa de colaboración, se procederá en términos de los artículos 46 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública y 52 de la LTAIPET.



**2024**  
**Felipe Carrill**  
**PUERTO**

MAESTRO EN CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES  
MÉDICO LEGISTA Y PSICÓLOGO  
C. D. H. N. A.



**Teapa**

H. Ayuntamiento 2024-2027

Es responsabilidad del área requerida, determinar si la información o documento que en su caso se proporcione, contiene o no datos confidenciales, sensibles o reservados, a efecto de

proceder a la elaboración de versiones públicas de conformidad con la normatividad aplicable.

No omito manifestarle que, el incumplimiento de la entrega de información pública en la forma y términos indicados por la ley en la materia es causa de responsabilidad, acorde a lo establecido en sus artículos 181, 182, 183 y 189.

No omito manifestarle que el no atender o entregar la información pública en la forma y términos establecidos por la Ley de mérito, es causa de responsabilidad administrativa o en su caso penal, acorde a lo previsto en el Título Noveno del ordenamiento en cita, como en las disposiciones previstas en la Ley General de Responsabilidades Administrativas.

Sin más por el momento, quedo de usted para cualquier duda o aclaración.

**ATENTAMENTE**

**LIC. DANIEL ROSALES RAMIREZ**  
**TITULAR DE LA UNIDAD DE TRANSPARENCIA**

C.c.p. Lic. Evangelina De La Cruz Peralta, Directora de Contraloría Municipal, Mismo Fin.  
C.c.p. Archivo







**Teapa**

H. Ayuntamiento 2024-2027

## Coord. de Protección Civil



TABASCO

DEPENDENCIA:	COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN CIVIL MUNICIPAL
NO. OFICIO	CPCM/027/10/2024
ASUNTO:	RESPUESTA A SOLICITUD

TEAPA, TABASCO A 31 DE OCTUBRE DEL 2024.

Llc. Daniel Rosales Ramírez  
Titular de la Unidad de Transparencia  
Presente.

En contestación a su oficio PM/UT/91/2024 del 11 de octubre de 2024, relacionada con la solicitud con folio 270551100009124 radicado en el expediente NCI/91/2024, por la que solicita copia en versión electrónica del Atlas de Riesgo, por lo que le hago entrega del **Programa en Formato PDF:**

En contestación al oficio de la unidad de protección civil con el folio 270511000009124 en la cual pide **Copia en versión electrónica del atlas de riesgo** producto de la firma de convenio entre ese Ayuntamiento y el instituto de Protección Civil del estado de Tabasco del atlas de riesgo producto de la firma de convenio entre ese Ayuntamiento y el instituto de Protección Civil del estado de Tabasco

Envió archivo en pdf digitalizado ATLAS DE PELIGROS DEL MUNICIPIO DE TEAPA



C.C.P. Archivo.

Sin otro particular quedo a sus apreciables órdenes.

ATENTAMENTE  
*C. Abel Antonio Osorio López*  
C. ABEL ANTONIO OSORIO LÓPEZ  
COORDINADOR DE PROTECCIÓN CIVIL MUNICIPAL  
TEAPA, TABASCO



"2024, Año de Felipe Carrillo Puerto, Benemérito del Proletariado, Revolucionario y Defensor Mayab"



19 DE JUNIO DE 2024

# ATLAS DE PELIGROS DEL MUNICIPIO DE TEAPA

Instituto de Protección Civil del Estado de Tabasco  
Gobierno del Estado de Tabasco

© Derechos reservados.

Este documento fue elaborado con recursos públicos y para el uso de la ciudadanía, por lo que se permite su reproducción total o parcial otorgando el debido crédito a los autores y autoridades responsables de su elaboración.

Laboratorio de Ecología del Paisaje y Cambio Global  
División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

# Contenido

<b>Introducción y Antecedentes .....</b>	<b>4</b>
<b>Antecedentes del Atlas de Peligros .....</b>	<b>5</b>
<b>Marco normativo .....</b>	<b>6</b>
<b>Datos Generales del Municipio .....</b>	<b>8</b>
<b>Objetivos del Atlas de Peligros .....</b>	<b>9</b>
<b>Objetivo general .....</b>	<b>9</b>
<b>Objetivos específicos del proyecto .....</b>	<b>9</b>
<b>Solicitud de Información para la Identificación de Peligros .....</b>	<b>10</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>10</b>
<b>Niveles de análisis y escalas de representación cartográfica .....</b>	<b>11</b>
<b>Mapa Base.....</b>	<b>11</b>
<b>Caracterización de los elementos del medio físico.....</b>	<b>12</b>
<b>Geología.....</b>	<b>12</b>
<b>Geomorfología.....</b>	<b>13</b>
<b>Fisiografía.....</b>	<b>15</b>
<b>Subcuencas .....</b>	<b>15</b>
<b>Edafología.....</b>	<b>15</b>
<b>Clima .....</b>	<b>17</b>
<b>Vegetación y Uso del suelo.....</b>	<b>18</b>
<b>Caracterización de los elementos demográficos, sociales y económicos ....</b>	<b>20</b>
<b>Densidad y distribución de la población .....</b>	<b>20</b>
<b>Datos de etnicidad .....</b>	<b>22</b>
<b>Escolaridad.....</b>	<b>23</b>
<b>Acceso a servicios de salud .....</b>	<b>25</b>
<b>Indicadores de Carencia Social y Marginación .....</b>	<b>27</b>
<b>Población Económicamente Activa.....</b>	<b>29</b>
<b>Identificación y Análisis de Fenómenos Perturbadores: Amenazas por Fenómenos de Origen Natural .....</b>	<b>31</b>



<b>¿Qué son los fenómenos naturales?</b> .....	31
<b>Fenómenos Geológicos</b> .....	32
<b>Vulcanismo</b> .....	33
<b>Sismos</b> .....	39
<b>Sismicidad en la región Sureste</b> .....	43
<b>Sismos en el municipio de Teapa</b> .....	45
<b>Inestabilidad de Laderas</b> .....	48
<b>Erosión</b> .....	51
<b>Tipos de Erosión</b> .....	51
<b>Fenómenos hidrometeorológicos</b> .....	54
<b>Inundaciones</b> .....	54
<b>Hidrología de Jalapa</b> .....	55
<b>Peligro por inundaciones</b> .....	56
<b>Recomendaciones</b> .....	62
<b>Sequías</b> .....	63
<b>¿Qué es la sequía?</b> .....	64
<b>Categorías de Sequía</b> .....	65
<b>Condiciones de sequía en el municipio de Jalapa</b> .....	66
<b>Frecuencia de ocurrencia de sequía en el municipio</b> .....	66
<b>Ocurrencia mensual de las categorías de sequía</b> .....	68
<b>Indicadores del deterioro del abastecimiento de agua</b> .....	72
<b>Medidas de mitigación contra Sequías</b> .....	72
<b>Tormentas Tropicales</b> .....	74
<b>Ciclones tropicales que han afectado a Tabasco en los últimos 40 años</b> .....	76
<b>Peligro por ciclones</b> .....	78
<b>Consideraciones</b> .....	80
<b>Incendios</b> .....	81
<b>Incendios en Tabasco</b> .....	86
<b>Incendios en el municipio de Teapa</b> .....	88
<b>Referencias</b> .....	91

# Introducción y Antecedentes

De acuerdo a datos de las Naciones Unidas, la población mundial alcanzó los 8,000 millones de personas a mediados de noviembre de 2022, y se espera aumente a casi 11 000 millones<sup>1</sup>, con una mayoría en zonas urbanas, incrementando el nivel de exposición a posibles peligros naturales. Además, los desastres 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 urbanismo y crecimiento poblacional, ya que el incremento de las áreas 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 orillas de ríos o zonas costeras.
- 3) La degradación ambiental y deforestación, que contribuyen a la exacerbación de los desastres, la tala indiscriminada de bosques reduce la capacidad de los ecosistemas para absorber agua, aumentando el riesgo de inundaciones, además, la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad pueden aumentar la vulnerabilidad de las comunidades a eventos extremos.
- 4) La interconectividad global, este es un fenómeno, que, tanto a nivel físico como digital, tiene potencial de magnificar los desastres naturales generando un impacto más amplio. Esto debido a que facilita que se propaguen más rápidamente a través de las redes de transporte y comunicación, afectando a regiones distantes, además de una mayor interdependencia económica, que puede agravar los impactos económicos de los desastres.
- 5) La falta de planificación y medidas de mitigación que sean adecuadas para disminuir la vulnerabilidad de las comunidades frente a los desastres naturales, aunado a problemas con infraestructuras adecuada y resistente,

---

<sup>1</sup> [www.un.org/es/global-issues/population#:~:text=Est%C3%A1%20previsto%20que%20la%20poblaci%C3%B3n,cuanto%20a%20estos%20%C3%BAltimos%20datos.](https://www.un.org/es/global-issues/population#:~:text=Est%C3%A1%20previsto%20que%20la%20poblaci%C3%B3n,cuanto%20a%20estos%20%C3%BAltimos%20datos.)

inexistencias de sistemas de alerta temprana y concienciación de la población, que, aunado a una limitada capacidad de respuesta y recuperación, ante los desastres 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 desastres naturales, que requieren de un análisis crítico que pueda evaluar la importancia de los peligros naturales que actualmente se viven, con una visión de futuro, que permitan tomar decisiones debidamente informadas de 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.

## **Antecedentes del Atlas de Peligros**

El término "Atlas de peligros", se refiere a una herramienta cartográfica que proporciona información detallada sobre los diferentes tipos de peligros 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 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, que dio origen al Marco de Sendai, que es hoy el rector en materia de gestión del riesgo. Este establece una serie de objetivos, principios y acciones para guiar la gestión global de los riesgos de desastres para los próximos 15 años (2015-2030). Los objetivos propuestos para la reducción del riesgo de desastres orientan a: 1) Reducir la mortalidad; 2) Reducir el número de personas afectadas; 3) Reducir las

pérdidas económicas y, 4) Reducir los daños a la infraestructura y los servicios básicos.

Su enfoque está basado en analizar el riesgo, identificando y abordando las causas fundamentales de estos, incluyendo factores sociales, económicos y ambientales, a través de la gestión para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de las comunidades. Aunado a esto, en 1994 en Yokohama, Japón se propuso una Estrategia que busca tener un planeta seguro en el tema de reducción de desastres naturales.

## **Marco normativo**

En México, el marco normativo de Protección Civil 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 la República Mexicana, de la que derivan, la Ley General de Protección Civil, 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, 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, la ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la Ley General de Cambio Climático.

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, 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 y la Norma Oficial Mexicana (NOM) en Protección Civil, agregado técnico respecto a



medidas de seguridad en el ámbito de la protección civil con los requisitos mínimos y las medidas de seguridad para la prevención y respuesta ante diferentes riesgos, como incendios, sismos, inundaciones, entre otros.

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: Artículo 3. “Los tres niveles 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 y al Programa Nacional de Protección Civil. En ese sentido, en el Plan Nacional de Desarrollo, se menciona la importancia de un Plan de Seguridad Nacional 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 de Protección Civil, la coordinación de las labores de Protección Civil, el incorporar el Programa Municipal de Protección Civil en el Plan de Desarrollo Municipal, el de destinar recursos para infraestructura y equipamiento de Protección Civil, el de emitir declaratorias de Emergencia y Desastre, el de constituir fondos municipales para la prevención y atención de Emergencias y Desastres, el de firmar convenios de colaboración con el Estado, el de fomentar una cultura de Protección Civil, así como atender inicialmente las emergencias en su jurisdicción, informar al Instituto 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, destacan 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 Riego, a través de la identificación de los Peligros Municipales, como un atlas de trabajo, y para conformar más adelante el Atlas de Riesgos Municipal, con una visión interinstitucional y con trabajo de campo en el municipio para concentrar conocimientos y experiencias en un documento y material cartográfico, como herramienta de consulta pública y toma de decisiones.

Debido a la importancia del tema, se consideró como definición de Peligro: “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.

## **Datos Generales del Municipio**

El municipio de Teapa se localiza en la región Sierra del estado de Tabasco entre los paralelos 17°28' y 17°47' de latitud norte y los meridianos 92°49' y 93°04' de

longitud oeste; en una altitud entre 0 y 1000 msnm (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2010), con una población de 58,718 habitantes de acuerdo al último censo de población y vivienda del año 2020 (INEGI, 2021a). Limita al norte con los municipios del Centro y Jalapa; al sur con el estado de Chiapas; al este nuevamente con Jalapa y Tacotalpa; y al oeste nuevamente con el estado de Chiapas (INEGI, 2010). Representa el 1.7% de la superficie del estado de Tabasco (INEGI, 2021b) y cuenta con 56 localidades. Es uno de los municipios con mayor producción agrícola, principalmente de plátano, también se produce maíz y cacao. La ganadería es otra actividad que se realiza de manera extensiva. El turismo se caracteriza por estar vinculado con la naturaleza, cuenta con el pueblo mágico de Tapijulapa; de igual manera se pueden encontrar diferentes sitios turísticos como: Grutas de Coconá, balneario el Azufre, balneario río Puyacatengo, entre otros (Gobierno del Estado Libre y Soberano de Tabasco, 2022).

## **Objetivos del Atlas de Peligros**

### **Objetivo general**

Elaborar el Atlas de Peligros del Municipio de Teapa como primera fase del Atlas de Riesgos Municipal.

### **Objetivos específicos del proyecto**

- Evaluar los diferentes peligros Hidrometeorológicos, Geológicos y de Incendios para su análisis, conformando una base de datos con la información, una base cartográfica y los análisis necesarios para elaborar el 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 Teapa establezca prioridades en su planeación.

# **Solicitud de Información para la Identificación de Peligros**

De acuerdo al convenio firmado, el Instituto de Protección Civil del Estado de Tabasco, es el responsable en el proyecto de gestionar con las diferentes instancias, la información necesaria para la identificación de los peligros municipales. El mismo ha solicitado apoyo de las instancias oficiales en los tres niveles de gobierno, para tener acceso a información conforme la temática de cada peligro, que permita realizar este análisis, proceso que continuará a lo largo del desarrollo del proyecto. Se mantiene una estrategia de vinculación con las autoridades del municipio, además de talleres de trabajo y visitas de campo.

La información solicitada es la base para el análisis de diferentes peligros de acuerdo al listado siguiente:

- Fenómenos Geológicos
  - Sismos
  - Deslizamientos
  - Vulcanismo
- Fenómenos hidrometeorológicos
  - Sequías
  - Ciclones tropicales, Onda Tropicales, Depresión tropical, Tormenta Tropical y Huracanes
  - Frentes Fríos
  - Inundaciones
- Incendios

## **Metodología**

Las guías y términos de referencia de CENAPRED y SEDATU, son la base de las metodologías a aplicar en cada tipo de peligro analizado, el alcance dependerá de la información que se obtenga y esta se adapta a las particularidades físico-geográficas del municipio.



## **Niveles de análisis y escalas de representación cartográfica**

La escala de elaboración dependerá tanto del área de estudio, como de la fuente y tipo de información. La escala de representación cartográfica se determinará acorde a la modelación que se realice y de la información a representar.

El municipio cuenta con una extensión de 420.8 km<sup>2</sup> (INEGI, 2021b). Su división territorial está conformada por: una ciudad, un pueblo, 15 rancherías, 18 ejidos, una colonia rural y una villa. Cuenta con siete centros integradores de actividad económica y social: Hermenegildo Galeana, Juan Aldama, Miguel Hidalgo 2da sección (Fco. Sarabia), Ignacio Allende 1era Sección, Eureka y Belén, Francisco Javier Mina (Argentina) y Vicente Guerrero (Lerma) (Gobierno del Estado Libre y Soberano de Tabasco, 2022).

### **Mapa Base**

El análisis de peligros, inicia con la construcción de un mapa base para la ubicación geográfica de los mismos, que incluye los límites oficiales correspondientes y los elementos geográficos básicos oficiales determinados por el INEGI, mismo que es utilizado para sobreponer las diferentes capas de información que se identifican o se desarrollan (figura 1).

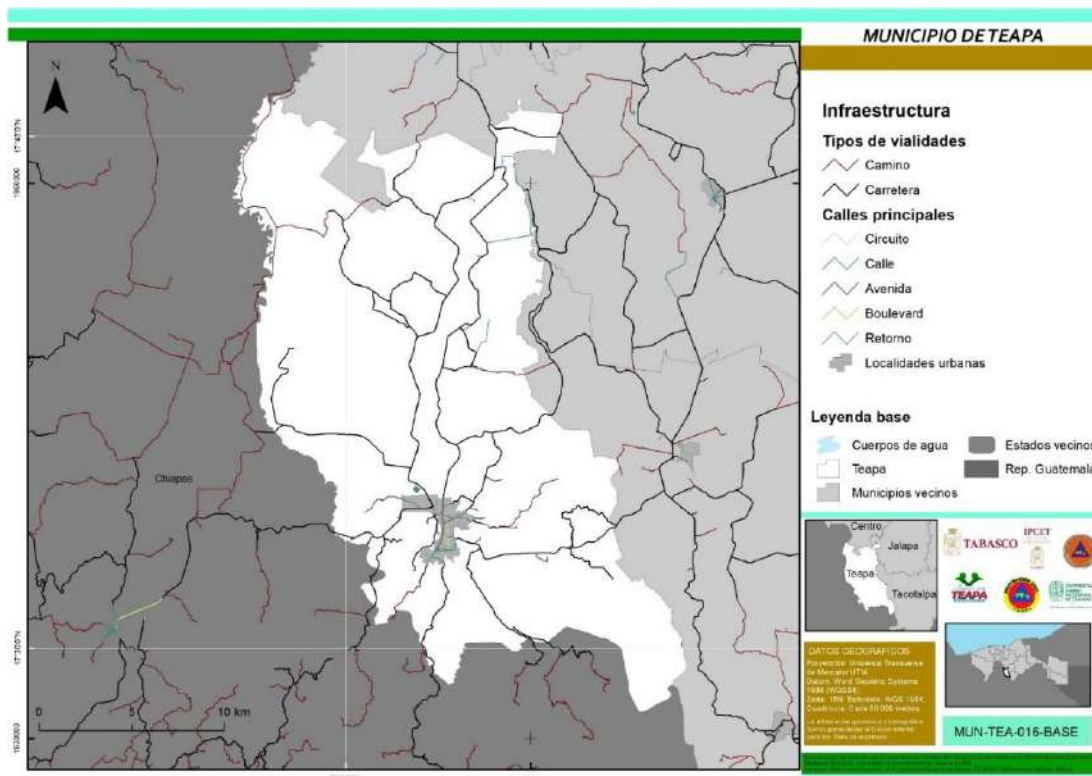


Figura 1. Mapa base del municipio de Teapa.

## Caracterización de los elementos del medio físico

La cartografía generada para la caracterización del medio físico proviene del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

### Geología

Geológicamente, el municipio tiene cinco tipos geológicos: Aluvial, brecha volcánica andesítica-andesita, caliza-lutita, limolita-arenisca y lutita-arenisca, siendo la más

abundante el suelo Aluvial con 268 km<sup>2</sup> (figura 2). El tipo de suelo aluvial está formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua. Incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundación y los valles de los ríos (INEGI, 2005).

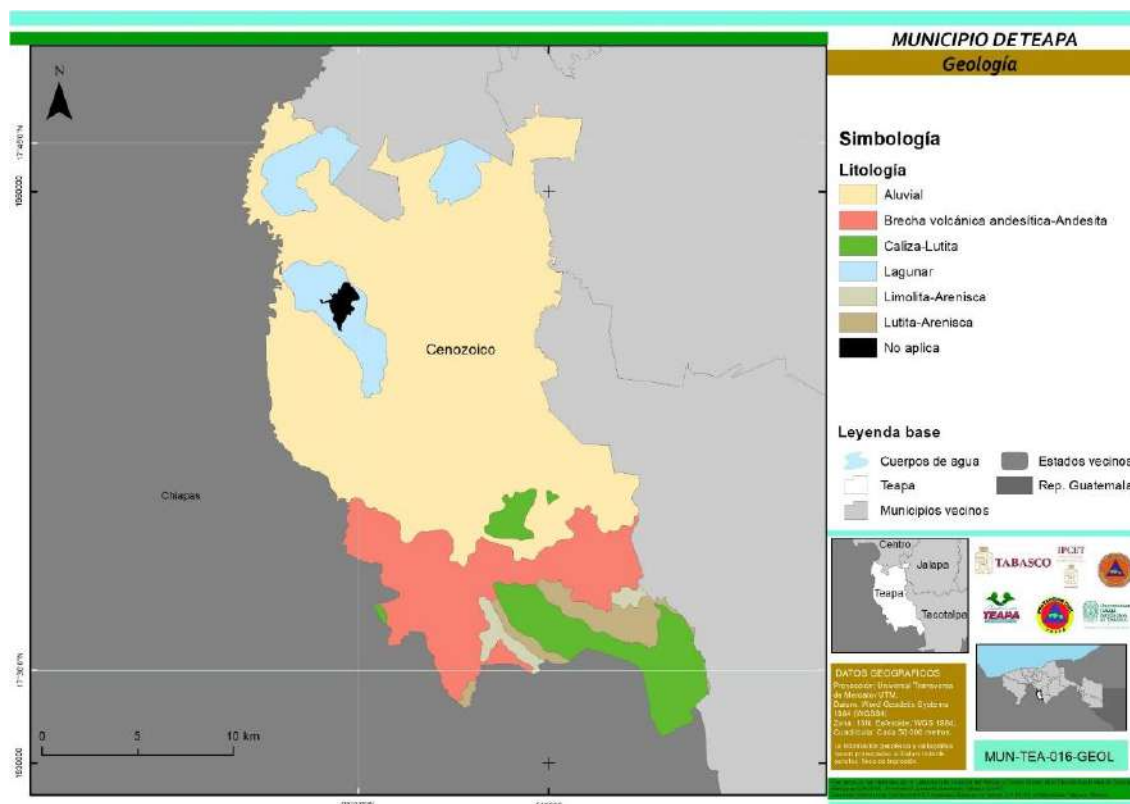


Figura 2. Mapa Geológico de Teapa.

## Geomorfología

Asociado a la ubicación del municipio, las Unidades Geomorfológicas reciben el nombre de la región en la que se localizan, identificándose dos diferentes (tabla 1, figura 3).

Tabla 1. Datos de las Unidades geomorfológicas del municipio de Teapa.

Unidades Geomorfológicas	Superficie	
	Km <sup>2</sup>	%
Depresión tectónica del Río de la Sierra-Pichucalco	299.6	71.2
Laderas plegadas	120.9	28.8

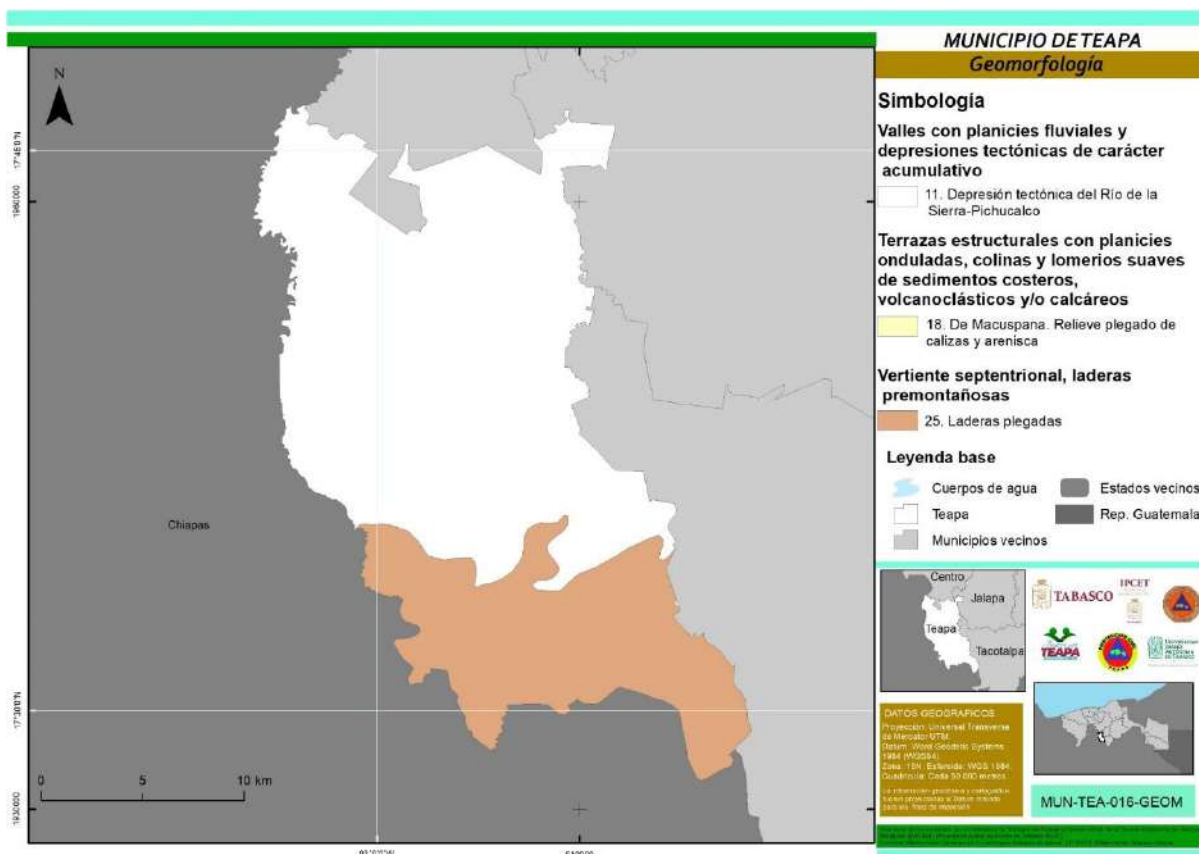


Figura 3. Mapa de Geomorfología del Municipio de Teapa.

## **Fisiografía**

Al analizar la superficie terrestre del municipio, encontramos que tiene dos tipos de fisiografía: una corresponde a la parte norte del municipio, de la amplia Llanura costera del Golfo Sur (78.64%), que se extiende desde Veracruz 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. Y otra parte corresponde al extremo norte oriental en México de la zona fisiográfica: Sierras de Chiapas y Guatemala (21.36%).

El sistema de topoformas está representado en Teapa por llanura aluvial (68.36%); sierra alta escarpada compleja (21.36%) que corresponde a una parte de la sierra del Madrigal con elevaciones inferiores a los 1000 msnm entre los que están: “El Azufre” y “El Coconá”; en este último se ubica el área de protección ecológica llamada grutas del Coconá; y lomerío con llanura (10.28%) (INEGI, 2010).

## **Subcuencas**

El Municipio se localiza en la Región Hidrológica de la cuenca Río Grijalva-Villahermosa (RH30D). Se encuentra repartida en tres subcuencas: Río de la Sierra (61.07%) que abarca la mayor extensión, seguido del Río Pichucalco (36.28%) y Río Tacotalpa (2.65%). Se pueden encontrar varias corrientes de agua perenne como: Teapa, Puyacatengo, Sauz, Blanquillo, Jovo, Ogoiba y Sane; e intermitentes como: Guispal, Platanar, La Huasteca, San Antonio, San Nicolás Madrigal y Majagual, además de un cuerpo de agua perenne “Sitio Grande” (INEGI, 2010).

## **Edafología**

Los tipos de suelos más abundante del municipio son el Gleysol (49.1%), suelos propios de humedales y que bajo condiciones naturales están afectados por agua subterránea en los primeros 50 cm de profundidad. Este tipo de suelo 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. Sigue en abundancia el Luvisol (41.6%), suelos rojos, grises, pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de limo y los situados en pendientes fuertes, son generalmente fértiles para la agricultura. En general tienen un horizonte subsuperficial enriquecido en arcilla, son suelos rojizos característicos de terrazas con lomeríos suaves. Se denominan localmente como “tierras rojas” o “sabanales de planada” ya que algunos de estos suelos se localizan en zonas planas. Los materiales parentales de estos suelos son principalmente areniscas, lutitas, conglomerados y aluviones del Cuaternario Pleistoceno y Holoceno, así como algunas calizas-areniscas del Terciario Oligoceno (Palma et al., 2017). En menor proporción se encuentran Acrisol y Phaeozem (INEGI, 2010) (tabla 2, figura 4).

Tabla 2. Datos de los tipos de suelos del municipio de Teapa.

Tipos de Suelos	Superficie	
	Km <sup>2</sup>	%
Acrisol	23.4	5.6
Gleysol	206.6	49.1
Luvisol	175.0	41.6
Phaeozem	12.8	3.0
No aplica	2.7	0.6

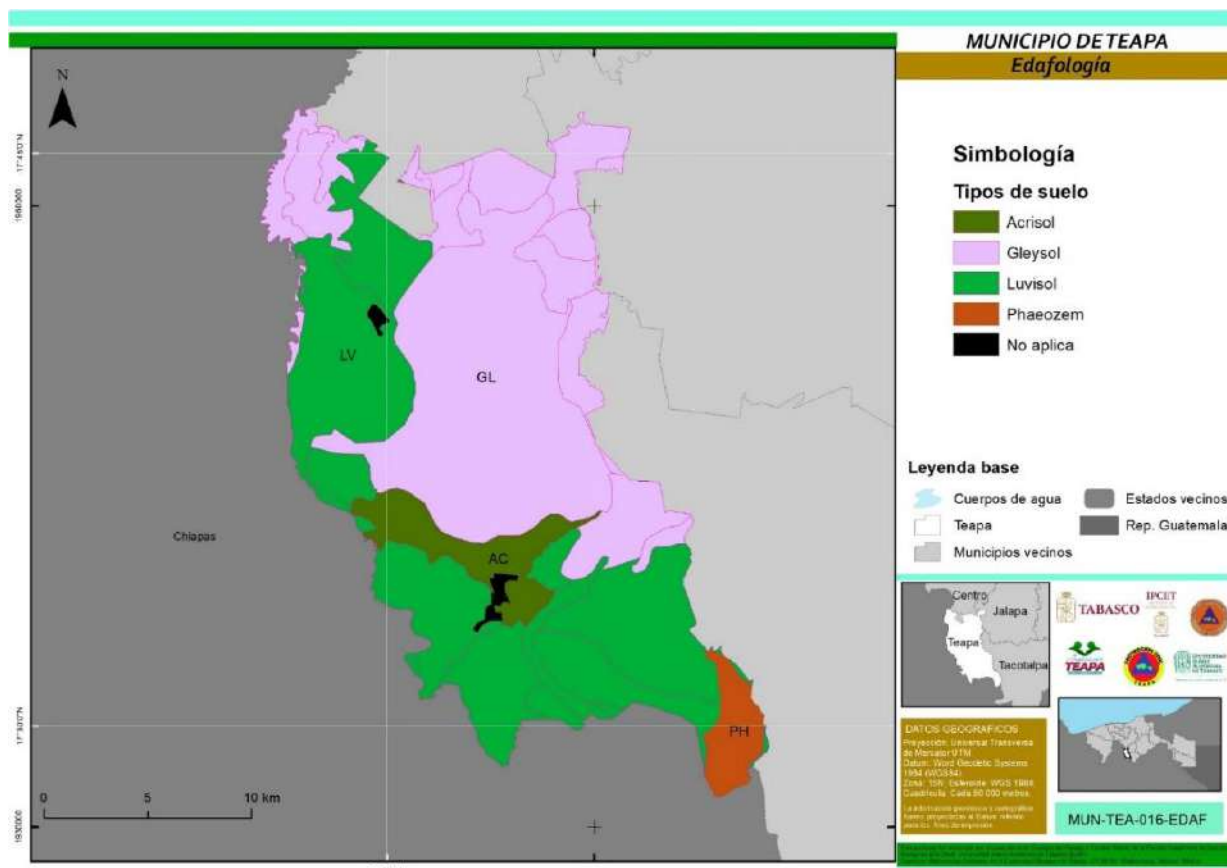


Figura 4. Mapa de la distribución de los tipos de suelos del municipio de Teapa.

## Clima

El clima del municipio es cálido húmedo con abundantes lluvias todo el año (100%). En general los veranos son largos, cálidos, y nublados; los inviernos son cortos, cómodos, y mayormente despejados. La precipitación fluctúa entre 2,500 y 4000 mm en la mayor parte del territorio (93.79%), sin embargo, en la parte norte se pueden presentar precipitaciones de más de 4000 mm (6.21%). La época más lluviosa es de mayo a octubre, y el mes más lluvioso es septiembre. La temperatura media oscila entre los 22 y 28°C (INEGI, 2010), generalmente varía de 19°C a 34°C y rara vez baja a menos de 16°C o sube a más de 38°C. La época calurosa es de abril a agosto y el mes más cálido es mayo, con una temperatura máxima promedio de 34 °C y mínima promedio de 24 °C. La temporada fría es de noviembre a febrero

a temperatura máxima promedio diario es menos de 29 °C. El mes más frío del año es enero, con una temperatura mínima promedio de 19 °C y máxima de 27 °C.

## Vegetación y Uso del suelo

El municipio cuenta con zonas con vegetación natural, encontrándose dos tipos diferentes de selvas (tabla 3), siendo la selva alta perennifolia la más abundante al sur del municipio en lo que es la Sierra Madrigal que forma parte del área natural protegida de carácter estatal, “Parque Estatal de la Sierra”; y las Grutas del Coconá con categoría de monumento natural. De igual manera en la parte norte del municipio, se encuentran algunas zonas de humedales.

También encontramos en menor proporción vegetación secundaria, es cuando un tipo de vegetación primario es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales, surge una comunidad vegetal significativamente diferente a la original con estructura y composición florística heterogénea, en este caso remanentes de selvas originales (INEGI, 2021c).

En cuanto al uso del suelo (figura 5), se identifican zonas dedicadas a la agricultura temporal (33.7%), pero la actividad más predominante es la actividad agropecuaria con pastizales cultivados (48%).

Tabla 3. Datos de los usos del suelo y vegetación del municipio.

<b>Categoría</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Agricultura de temporal permanente	10.5	2.5
Agricultura de temporal semipermanente	94.9	22.6
Agricultura de temporal semipermanente y permanente	36.2	8.6
Asentamientos humanos	5.2	1.2
Cuerpo de agua	2.6	0.6
Desprovisto de vegetación	0.6	0.1



Pastizal cultivado	202.0	48.0
Popal	0.5	0.1
Selva alta perennifolia	33.5	8.0
Selva baja espinosa subperennifolia	2.3	0.5
Tular	21.8	5.2
Vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia	3.4	0.8
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa subperennifolia	1.3	0.3
Vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia	4.4	1.0
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja subperennifolia	1.3	0.3

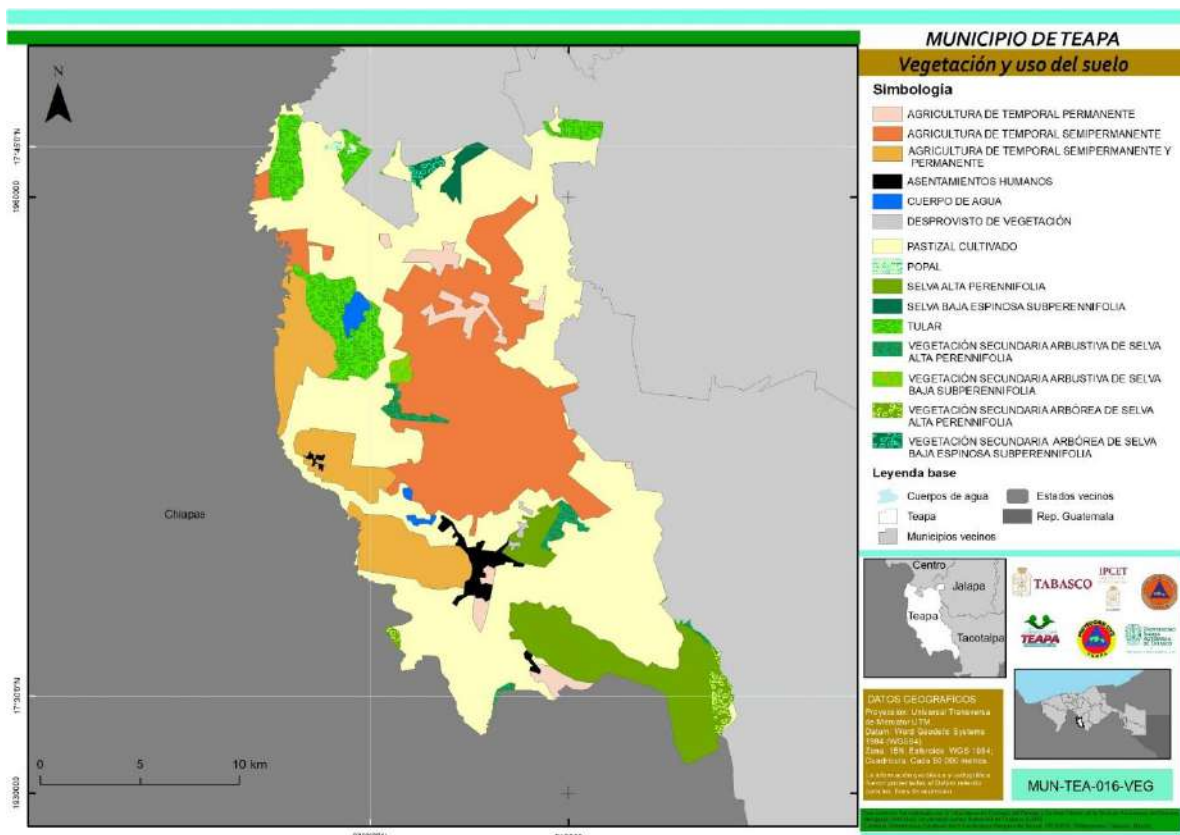


Figura 5. Mapa de Vegetación y Uso del suelo del municipio de Teapa.

# Caracterización de los elementos demográficos, sociales y económicos

## Densidad y distribución de la población

La población del municipio de Teapa de acuerdo al último censo de INEGI del año 2020 (INEGI, 2021), es de 58,718 habitantes, lo cual representa solamente el 2.4 por ciento de la población del Estado de Tabasco. La densidad media de población del municipio es de 139.5 habitantes por km<sup>2</sup> (figura 6). Los habitantes se encuentran distribuidos en 56 localidades, aunque el 56.57% de ellos se encuentran en dos localidades la cabecera Municipal “Teapa” con 29,068 habitantes y Juan Aldama con 4,152 habitantes. Encontramos siete localidades con más de 1,000 habitantes, pero menos de 2,500 habitantes. El resto de las localidades tiene menos de 1,000 habitantes.

En general, la población del municipio ha ido incrementando, de 35,519 personas que había en el año 1990 al año 2020. Las localidades urbanas que de acuerdo al INEGI<sup>1</sup> son las que presentan más de 2,500 habitantes, también han aumentado en población desde el año 1990, de igual manera, las siete localidades que presentan más de 1,000 habitantes (figura 7).

Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron: de 0 a 4 años (5,293 habitantes), de 5 a 9 años (5,268 habitantes), y de 10 a 14 años (5,193 habitantes), entre ellos concentraron el 26.8% de la población total (figura 8).

<sup>1</sup> [https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur\\_urb.aspx?tema=P](https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P)

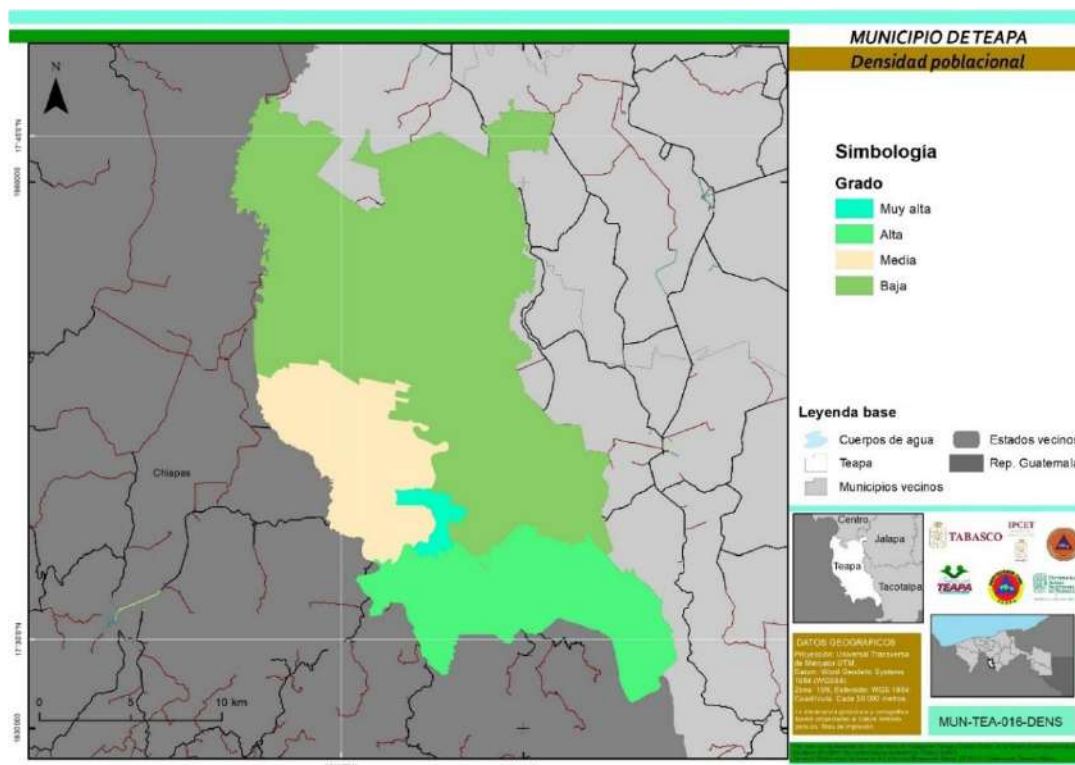


Figura 6. Mapa de la densidad de la población del municipio.

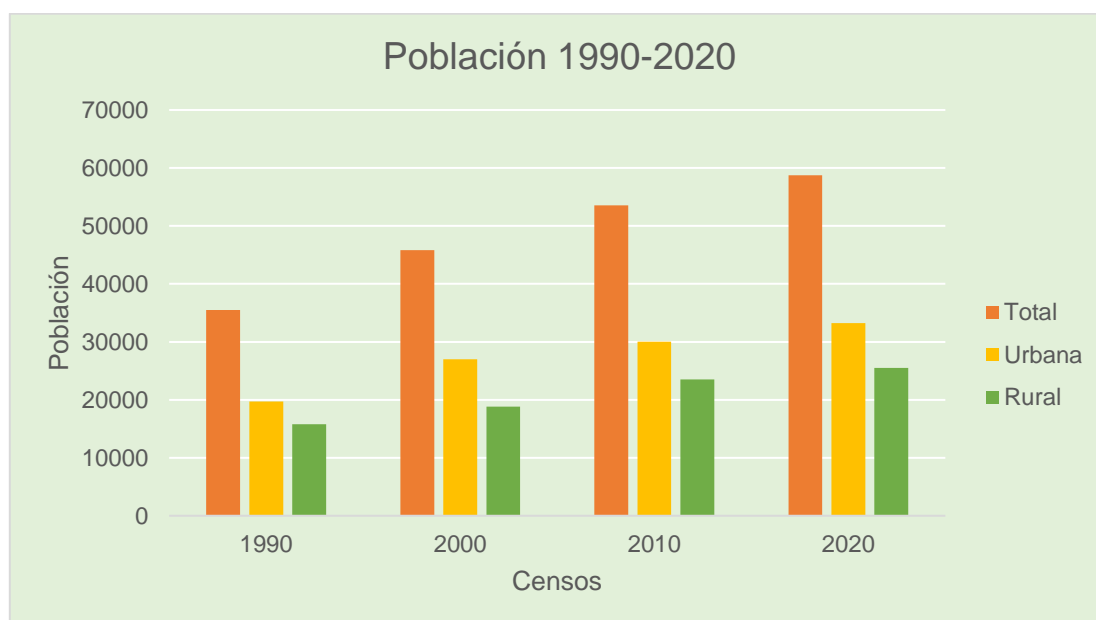


Figura 7. Distribución de la población rural/urbana de 1990 al 2020.

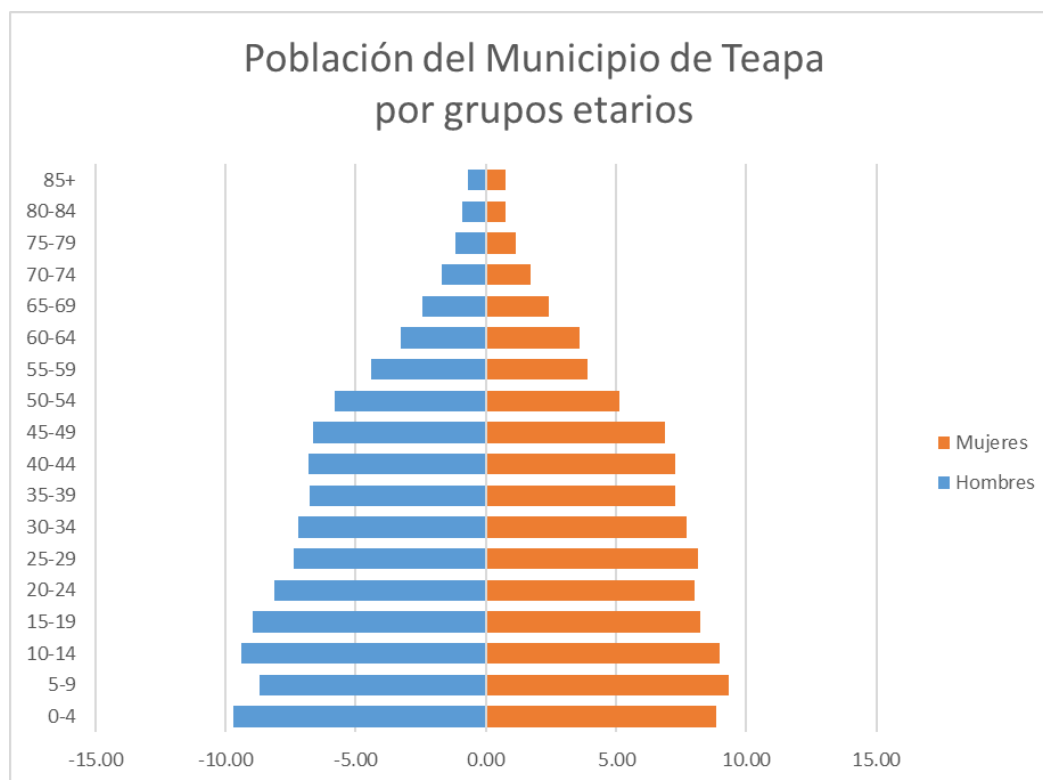


Figura 8. Distribución de la población por edades de acuerdo a los datos del censo de 2020.

## Datos de etnicidad

De acuerdo al Censo de población y vivienda del año 2020, el 0.57% de la población de 3 años o más declaran hablar alguna lengua indígena, y el 0.63% de 3 años o más hablantes de lengua indígena que no habla español (tabla 4), las lenguas más frecuentes son Ch'ol y Tsotsil. Las localidades con mayor población indígena son Teapa cabecera municipal y Juan Aldama, además de que un 0.66% de la población considera ser afrodescendiente.

Tabla 4. Datos de etnicidad de la población del municipio.

Población que habla lengua indígena (de 3 años y más)	0.57%
Población que no habla español de hablantes de lengua indígena (de 3 años y más)	0.63%
Lenguas indígenas más frecuentes	
Ch'ol	34.1%
Tsotsil	21.2%
Población que se considera afromexicana, negra o afrodescendiente (de 3 años o más)	0.66%

## Escolaridad

El municipio cuenta con todos los niveles educativos, desde preescolar, hasta educación superior. En Teapa, de acuerdo al Directorio educativo México existen 130 planteles educativos<sup>2</sup>, un centro de educación inicial, cuatro de educación especial, 120 de educación básica, tres de educación media superior y dos de educación superior.

El porcentaje de población que asiste a la escuela de acuerdo al censo del 2020 mayor a 14 años es de 39.8%, siendo el grado de escolaridad promedio de 8.7 años (INEGI, 2021) (tabla 5). En 2020, los principales grados académicos de la población de Teapa fueron Secundaria (33.6%), Primaria (28.5%) y Preparatoria o Bachillerato General (20.3%). La tasa de analfabetismo fue de 8.19%, con 42.7% de hombres y 57.3% de mujeres (Secretaría de economía, 2023).

Según datos de la Secretaría de economía en su portal Data México, en el año 2021, las licenciaturas con más matriculados fueron Ingeniería, manufactura y construcción (676), Agronomía y veterinaria (290), Administración y negocios (274)

<sup>2</sup> <https://centroseducativos.com.mx/tabasco/teapa/>

y Tecnologías de la información y comunicación (163). Las mujeres tuvieron preferencia por las licenciaturas de Ingeniería, manufactura y construcción (181), seguido de Administración y negocios (164) y Agronomía y veterinaria (92); mientras que los hombres se matricularon principalmente en Ingeniería, manufactura y construcción (495), Agronomía y veterinaria (198) y finalmente Tecnologías de la información y comunicación (127) (Secretaría de economía, 2023)

Tabla 5. Datos de escolaridad del municipio.

<b>Nombre de la localidad</b>	<b>Porcentaje de población analfabeta</b>	<b>Población de 15 a 24 años que asiste a la escuela</b>	<b>Grado promedio de Escolaridad</b>
Teapa TOTAL MUNICIPIO	5.98	3,999	8.68
Teapa Cabecera Municipal	3.80	2,309	9.98
Juan Aldama	6.57	241	8.01
Andrés Quintana Roo	6.77	62	7.17
Ignacio Allende 2da. Sección	9.09	56	7.81
Manuel Buelta 2da. Sección	8.35	86	8.25
Miguel Hidalgo 2da. Sección (Fco. Sarabia)	5.17	86	7.56
Vicente Guerrero (Lerma)	8.28	139	7.53
Hermenegildo Galeana	6.06	65	7.28
Eureka y Belén	7.18	57	7.41

## Acceso a servicios de salud

El municipio cuenta con una instalación para hospitalización de SSA, con 29 unidades de consulta en su mayoría de la Secretaría de Salud (21) en su mayoría en zonas rurales con 18 unidades. Las opciones de atención de salud más utilizadas de acuerdo al censo fueron: los Centros de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular), Otro lugar e IMSS (Seguro Social) (Secretaría de Economía, 2023). Las entidades de salud que agruparon el mayor número de personas afiliadas fueron INSABI (Instituto de Salud para el Bienestar), IMSS e ISSSTE (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado) (tabla 6, figura 9).

Tabla 6. Datos de afiliación al sistema de salud del municipio y localidades con mayor población.

Localidades	Población	No afiliadas	Afiliadas
	Total	%	%
Teapa TOTAL MUNICIPIO	58,718	27.49	72.46
Teapa Cabecera Municipal	29,068	25.62	74.31
Juan Aldama	4,152	23.04	76.92
Andrés Quintana Roo	1,180	43.30	56.69
Ignacio Allende 2da. Sección	1,077	50.88	49.11
Manuel Buelta 2da. Sección	1,341	37.06	62.86
Miguel Hidalgo 2da. Sección (Fco. Sarabia)	1,506	14.74	85.25
Vicente Guerrero (Lerma)	1,725	25.04	74.89
Hermenegildo Galeana	1,039	16.26	83.73
Eureka y Belén	1,504	20.81	79.12

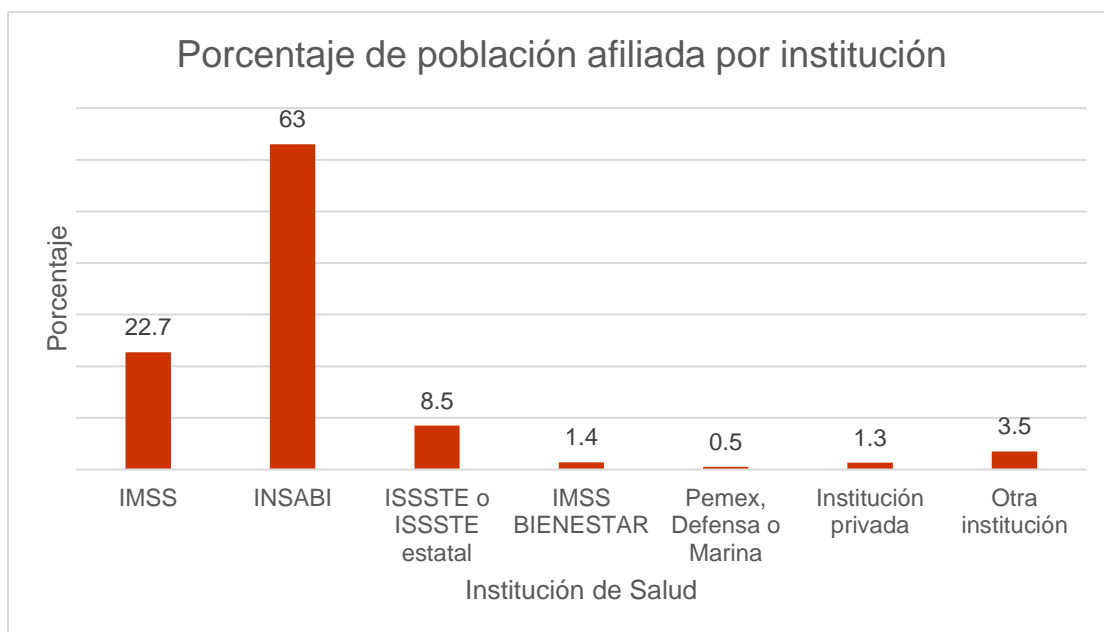


Figura 9. Gráfico de la población afiliada por sistema de salud del municipio.

Las principales causas de discapacidad de la población del municipio fueron motriz y visual (tabla 7).

Tabla 7. Datos de discapacidad de la población del municipio.

Localidad	Población	Discapacidad			
	Total	%	Motriz	Visual	Auditiva
Teapa TOTAL MUNICIPIO	58,718	5.92	1,703	1,640	786
Teapa Cabecera Municipal	29,068	5.97	909	815	376
Juan Aldama	4,152	5.99	127	119	59
Andrés Quintana Roo	1,180	6.18	47	22	17
Ignacio Allende 2da. Sección	1,077	7.98	33	27	17
Manuel Buelta 2da. Sección	1,341	2.60	10	21	9
Miguel Hidalgo 2da. Sección (Fco. Sarabia)	1,506	5.57	45	34	9
Vicente Guerrero (Lerma)	1,725	3.36	30	25	17
Hermenegildo Galeana	1,039	5.00	21	16	8
Eureka y Belén	1,504	5.58	31	47	19



## Indicadores de Carencia Social y Marginación

Las principales carencias sociales<sup>3</sup> identificadas en Teapa 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 10). En comparación con Tabasco cuyo índice de marginación es Alto, Teapa tiene un índice de marginación Bajo (figura 11), la mayor parte de las localidades del municipio están en un grado de marginación bajo o medio (figura 12).

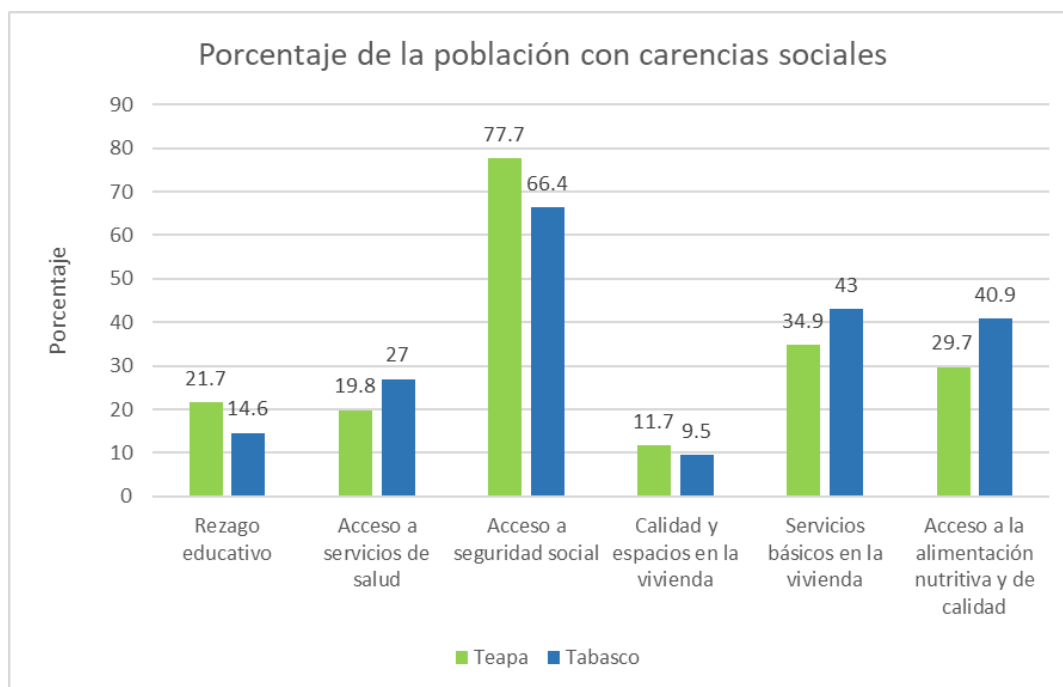


Figura 10. Datos de carencias sociales del municipio.

<sup>3</sup> <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Medici%C3%B3n/Indicadores-de-carencia-social.aspx>

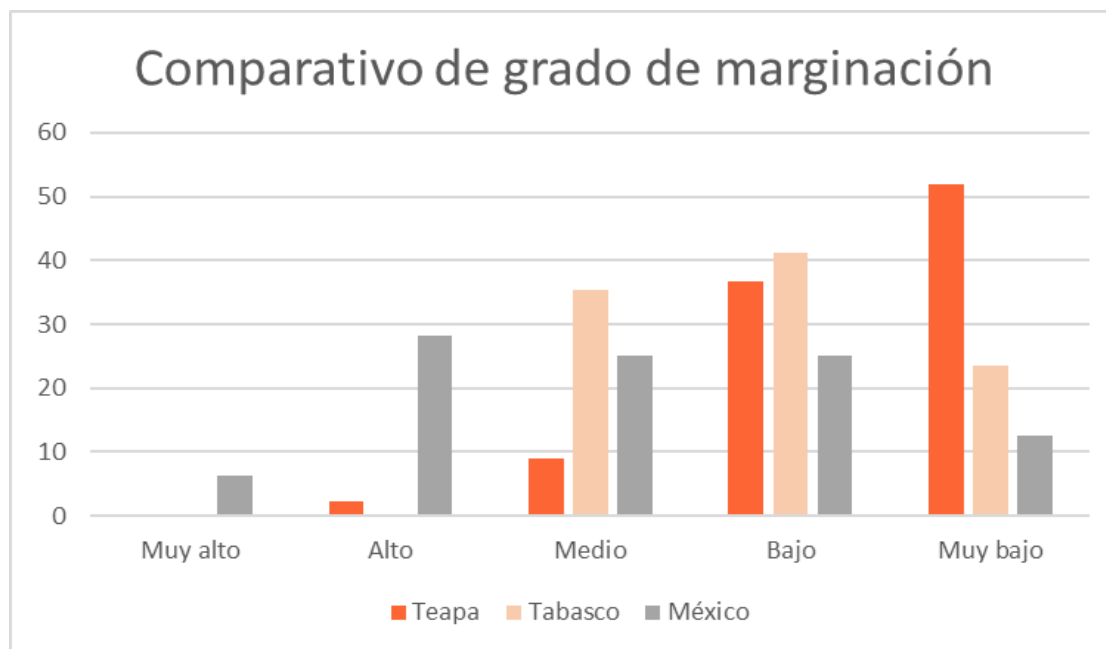


Figura 11. Comparativo del grado de marginación considerando las localidades del municipio.

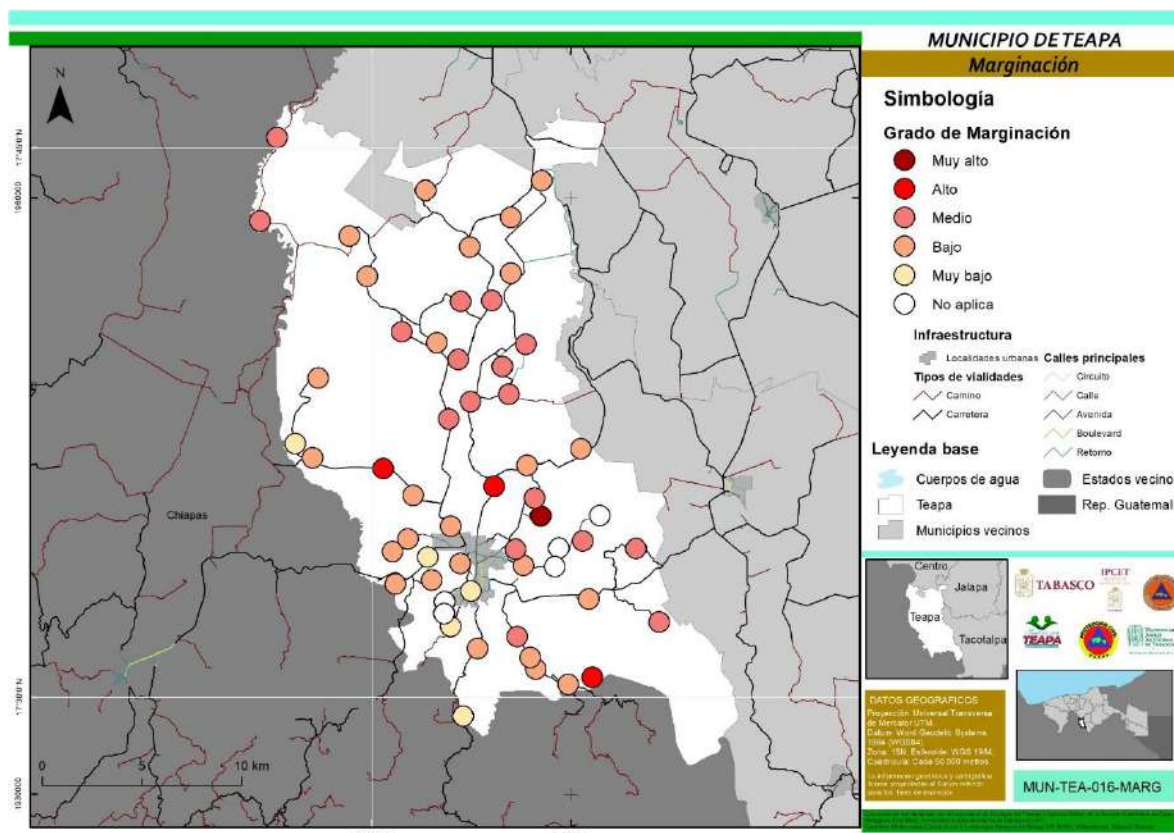


Figura 12. Mapa con la distribución de las localidades y su grado de marginación.

## Población Económicamente Activa

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 61.4% era activa y del porcentaje restante la mayoría se dedicaba principalmente a labores del hogar o estudiar. En la tabla 8, se ven los datos de esta relación en las localidades con mayor población. Según los datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2023<sup>4</sup> respecto a las actividades económicas, la actividad que concentró más unidades económicas en Teapa fue el Comercio al por menor (891 unidades), seguido de los Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas (347 unidades), y en tercer lugar están Otros servicios excepto actividades gubernamentales (341 unidades) (INEGI, 2023) (tabla 9).

Tabla 8. Datos de la población económicamente activa e inactiva del municipio.

Localidad	Población total	Población de 15 y más		PEA	PEIA
	Hab	Hab	%	%	%
Teapa TOTAL MUNICIPIO	58,718	42,963	73.16	48.20	29.95
Teapa Cabecera Municipal	29,068	21,886	75.29	49.97	30.06
Juan Aldama	4,152	2,913	70.15	41.81	33.18
Andrés Quintana Roo	1,180	813	68.89	49.83	24.91
Ignacio Allende 2da. Sección	1,077	811	75.30	56.36	23.30
Manuel Buelta 2da. Sección	1,341	962	71.73	46.90	29.82
Miguel Hidalgo 2da. Sección (Fco. Sarabia)	1,506	1,094	72.64	50.00	27.22
Vicente Guerrero (Lerma)	1,725	1,189	68.92	41.44	32.81

<sup>4</sup> <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>

Hermenegildo Galeana	1,039	720	69.29	37.92	37.63
Eureka y Belén	1,504	1,061	70.54	45.41	30.71

Tabla 9. Datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2023 respecto a las actividades económicas.

<b>Tipo de actividad</b>	<b>Número de unidades</b>	<b>Porcentaje representado</b>
Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	4	0.2
Minería	2	0.1
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	15	0.7
Construcción	8	0.4
Industrias manufactureras	175	8.0
Comercio al por mayor	67	3.1
Comercio al por menor	891	40.7
Transportes, correos y almacenamiento	10	0.5
Información en medios masivos	12	0.5
Servicios financieros y de seguros	44	2.0
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	24	1.1
Servicios profesionales, científicos y técnicos	30	1.4
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	29	1.3
Servicios educativos	50	2.3
Servicios de salud y de asistencia social	64	2.9
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	27	1.2
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	347	15.8
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	341	15.6
Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	51	2.3

Total	2191	100
-------	------	-----

## **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 cuales 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.

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 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.

## Vulcanismo para el estado de Tabasco

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 13) 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 14, un escenario potencial máximo para Tabasco que abarcaría en dirección este, prácticamente todo el estado.

En ese sentido, se considera importante dar seguimiento a la estrategia de monitoreo que realiza el gobierno de Chiapas a este volcán, para de primera mano estar al tanto de la actividad del volcán. 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.

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 el municipio de Teapa debido a la cercanía con el volcán, ya que la cantidad de ceniza que podría llegar es considerable. De acuerdo a los reportes, en su última erupción, se estima que la capa que cubrió a esta región llegó en algunas partes a un metro de espesor, generando importantes afectaciones a los bienes y salud de los locales.

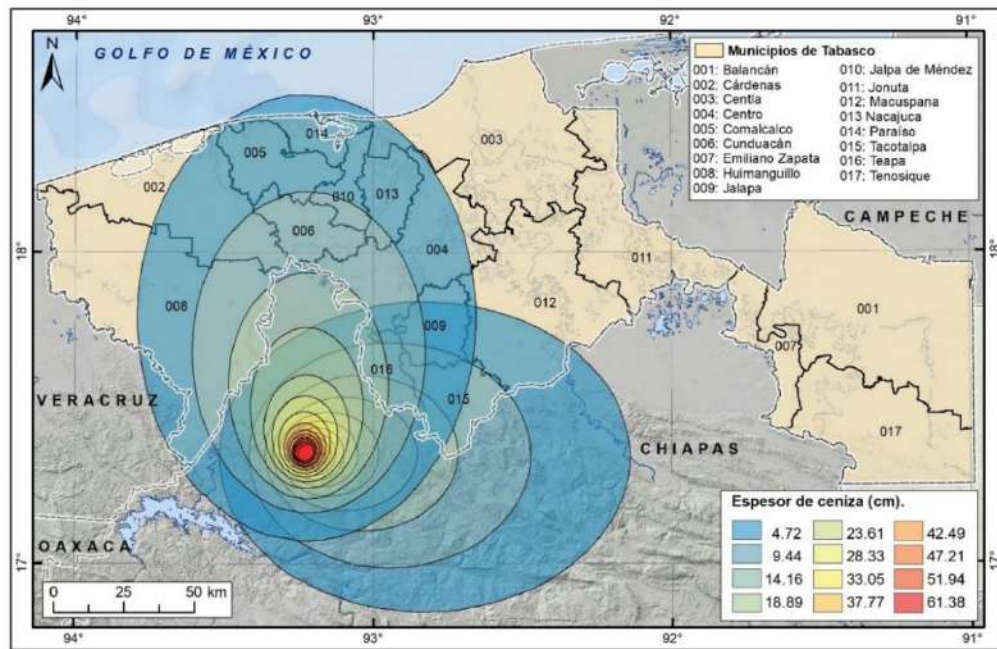


Figura 13. Escenarios potenciales del alcance de la nube de ceniza para el volcán el Chichónal considerados por CENAPRED; al norte y al este asociado a los posibles vientos dominantes. Fuente: CENAPRED, (2023).

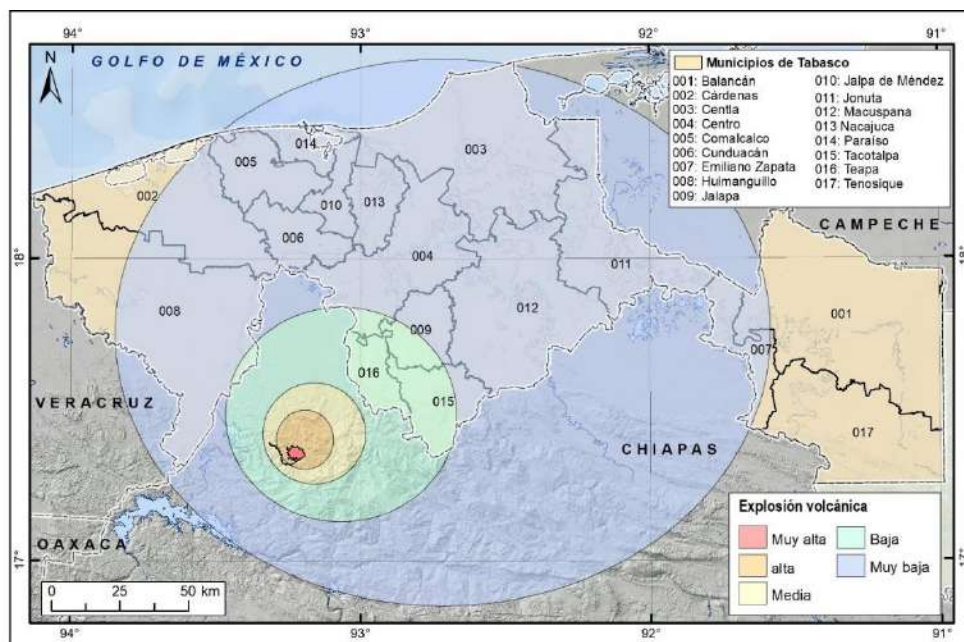


Figura 14. Escenario potencial modificado de la figura anterior para el alcance de la nube de ceniza asociada al volcán el Chichonal, considerando la información mencionada en las reuniones con autoridades municipales.

## 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.

Tabasco de acuerdo a la Regionalización Sísmica de CFE (2015), 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 15), 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.

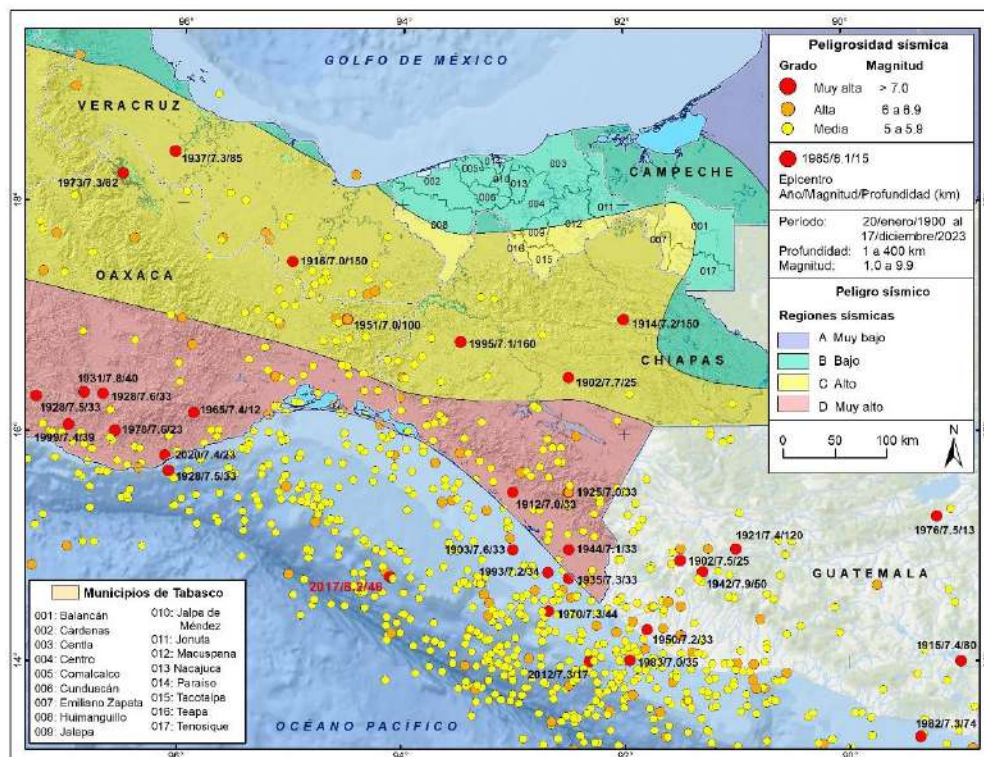


Figura 15. Regionalización sísmica de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (2015), con datos de los sismos con magnitud igual o mayor a 5 en la región de acuerdo a la base de datos del Sistema Sismológico Nacional.

El sureste de México es una región con alta actividad sísmica (figuras 16 y 17) 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.

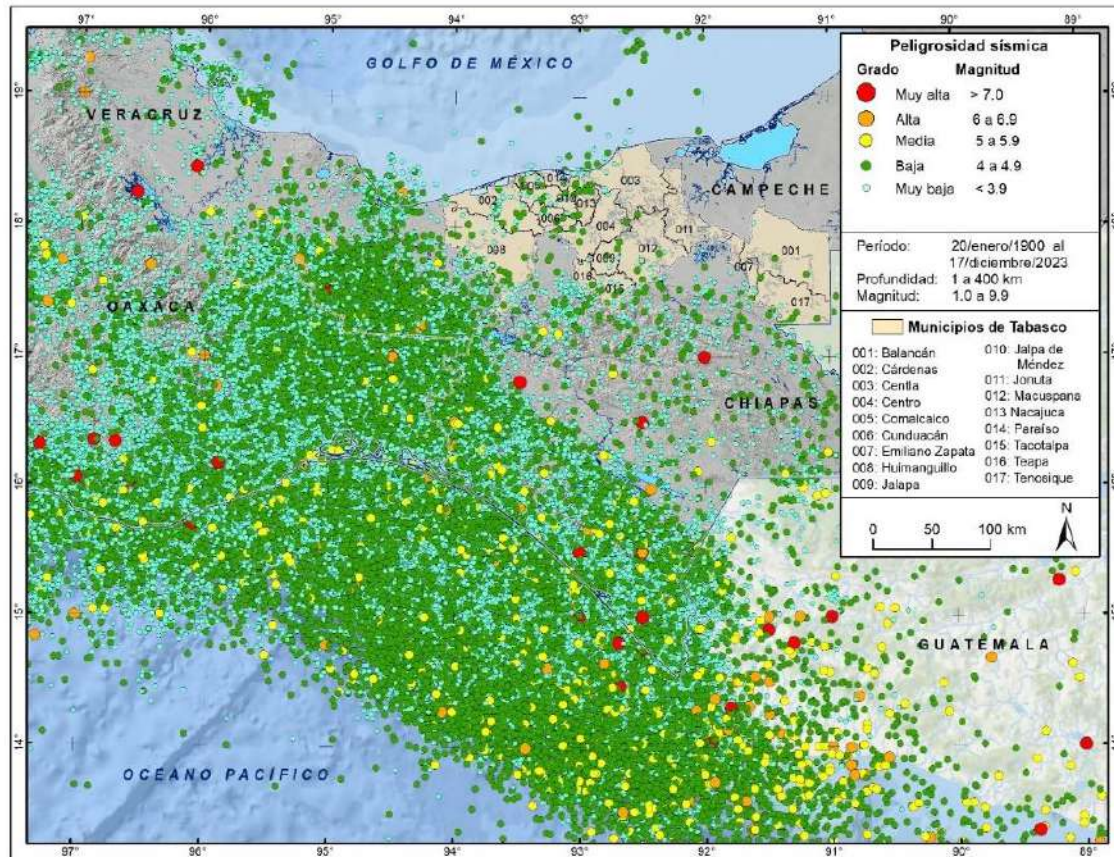


Figura 16. Total, de sismos registrados en la región, de acuerdo con la base de datos del Sistema Sismológico Nacional, con datos de 1900 al 2023.



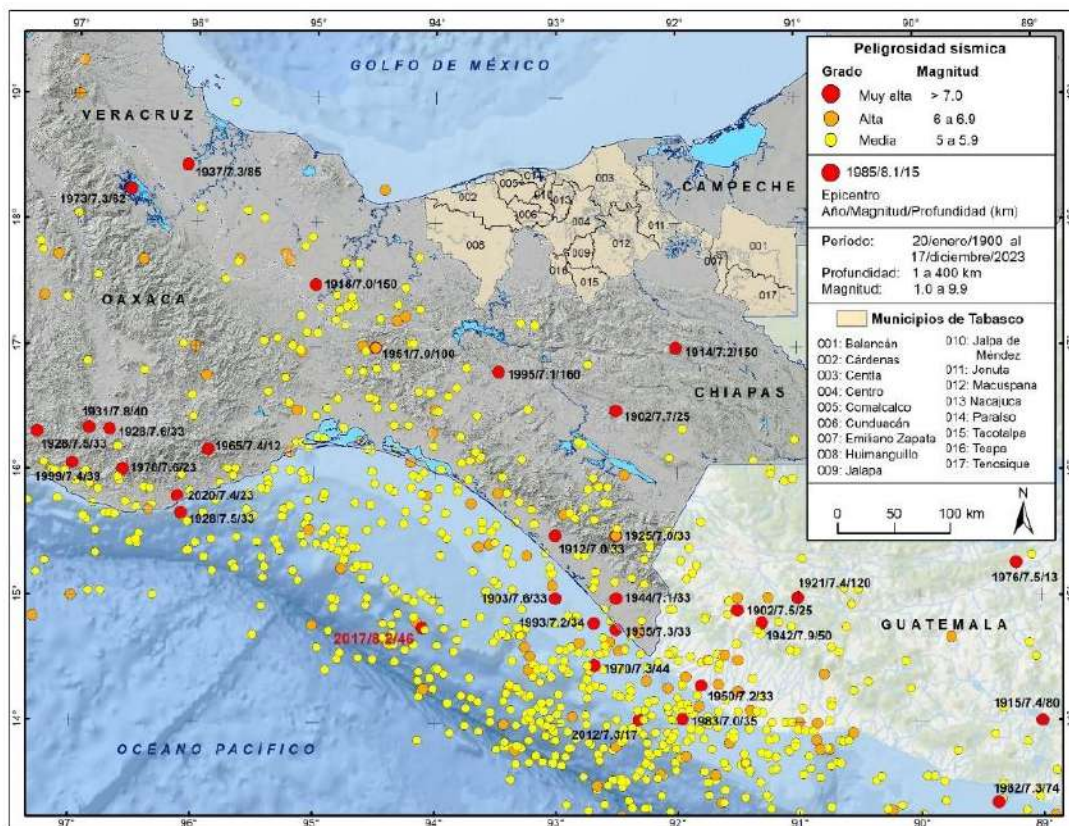


Figura 17. Total, de sismos mayores a magnitud 5 registrados en la región, de acuerdo con la base de datos del Sistema Sismológico Nacional, con datos de 1900 al 2023.

## Sismos en el municipio de Teapa

Se tiene una cantidad importante de registros de sismicidad principalmente en la región sur del municipio Teapa, como se aprecia en la figura 18, con 48 registros, en magnitudes de tres y cuatro, siendo el año con más registros 2021 y el sismo de magnitud mayor registrado fue de 4.7 en 1996 (tabla 9, figuras 18 y 19). Esto, está asociado a la cercanía con el estado de Chiapas con zonas de alta actividad tectónica. Por lo mismo, además, de esta sismicidad local, existe un peligro latente de que se perciban más eventos sísmicos, e incluso de más alta magnitud a la local, principalmente asociado a la proximidad a zonas de alta actividad tectónica, como Chiapas y Guatemala, ya que los sismos originados en esas regiones, aún en las zonas más lejanas, si son de fuerte magnitud podrían sentirse en Teapa.

Tabla 9. Datos de los Sismos registrados históricamente en el municipio de Teapa por el Sistema Sismológico Nacional.

Año/cantidad de sismos	Magnitud	Registro
1994/1	3.9	1
1995/1	4.6	1
1996/1	4.7	1
1999/1	4.4	1
2000/3	3.9	1
	4	2
	4.4	1
2002/1	3.8	1
2011/1	3.9	1
2014/3	3.7	1
	3.8	1
	4.1	1
2015/2	3.9	2
	4.1	1
2016/1	3.7	1
2017/1	4	1
2018/3	3.9	1
	4	2
	4.1	1
2019/1	3.8	1
2020/1	3.9	1
2021/10	2.7	1
	2.8	1
	3	2
	3.3	1
	3.4	1
	3.5	3
	3.6	2
	3.7	1
	3.8	2
	4	1
2022/1	3.7	1
2023/6	3.3	1
	3.5	2
	3.6	1
	3.7	2
	3.8	1
	4.2	1
Total		48

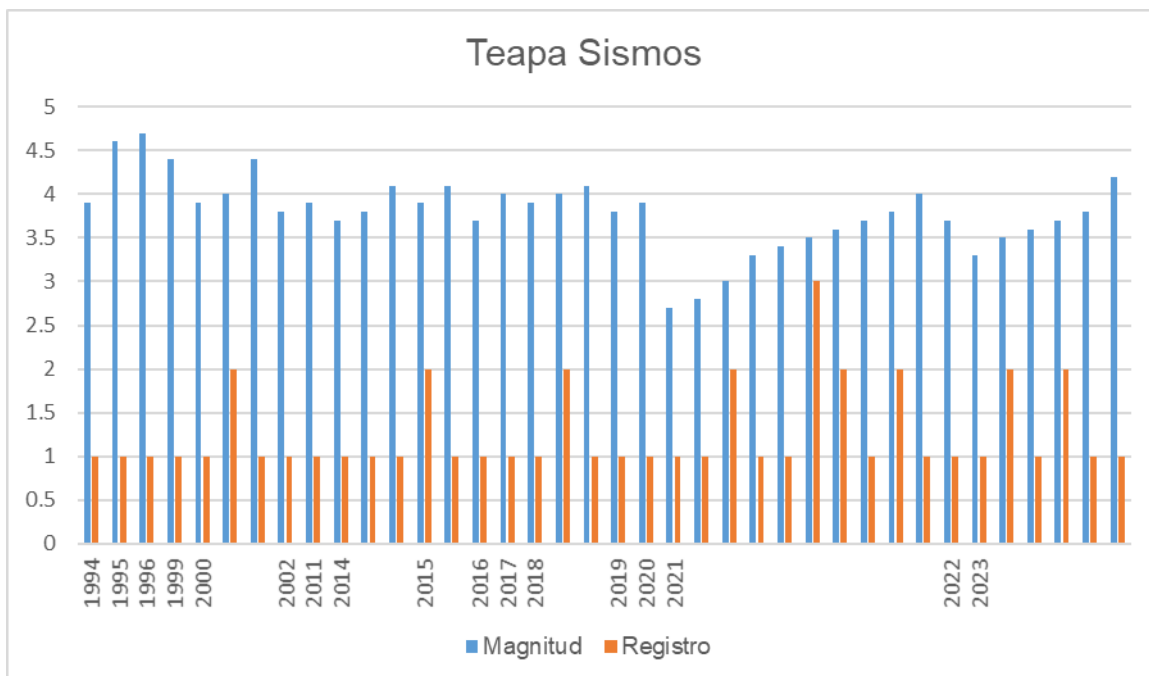


Figura 18. Gráfico con datos comparativos (magnitud/cantidad) de los sismos registrados en el municipio de Teapa por año.

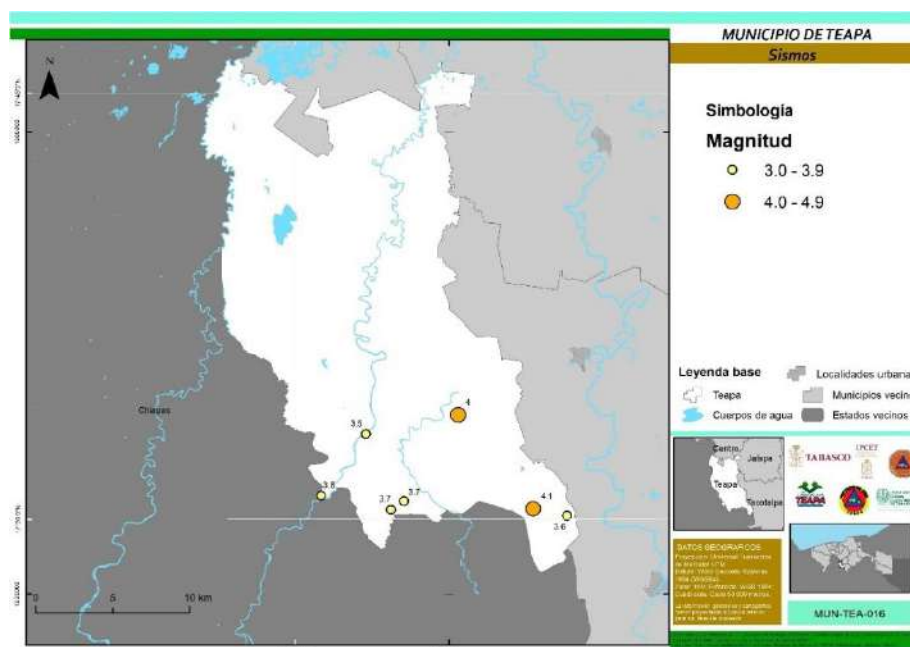


Figura 19. Total, de sismos registrados en el municipio, agrupados por magnitud e hipocentros, de acuerdo con la base de datos del Sistema Sismológico Nacional, con datos de 1900 al 2023.

## 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 incrementar 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.

- 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.

[illegible]

50



# 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:

- La pérdida de la capa superior del suelo, rica en nutrientes, lo que reduce la fertilidad del suelo y la productividad agrícola.
- La erosión puede dañar infraestructuras como carreteras, incrementando los costos de mantenimiento y reparación y afectando negativamente a las economías locales.
- Altera los hábitats naturales, afectando la biodiversidad. Los ecosistemas costeros, como los manglares, son particularmente vulnerables a la erosión costera.
- Las inundaciones causadas por la erosión fluvial representan riesgos directos para la seguridad humana, especialmente en áreas densamente pobladas.

Cada tipo de erosión presenta desafíos únicos que requieren estrategias específicas de manejo y mitigación. Comprender los procesos e impactos es esencial para el desarrollo y la protección de los recursos naturales. La implementación de prácticas de conservación del suelo, la reforestación y la planificación adecuada de infraestructuras son pasos necesarios para mitigar los efectos adversos.

# Fenómenos hidrometeorológicos

## 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).

## Hidrología de Jalapa

El municipio se encuentra ubicado dentro de la Región Hidrológica Grijalva Usumacinta y la Cuenca de su mismo nombre. Las corrientes de agua perennes incluyen, a los ríos Teapa, La Sierra, El Zapotal, El Zapote, La Lagartera, San Cristóbal, Tapa y San Nicolás (Figura 21), así como intermitentes como Candú, Chilón y Hondo. La mayor densidad de cuerpos de agua como son Teapa y La Sierra, se encuentran en la porción oeste 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 1,753.18 has.

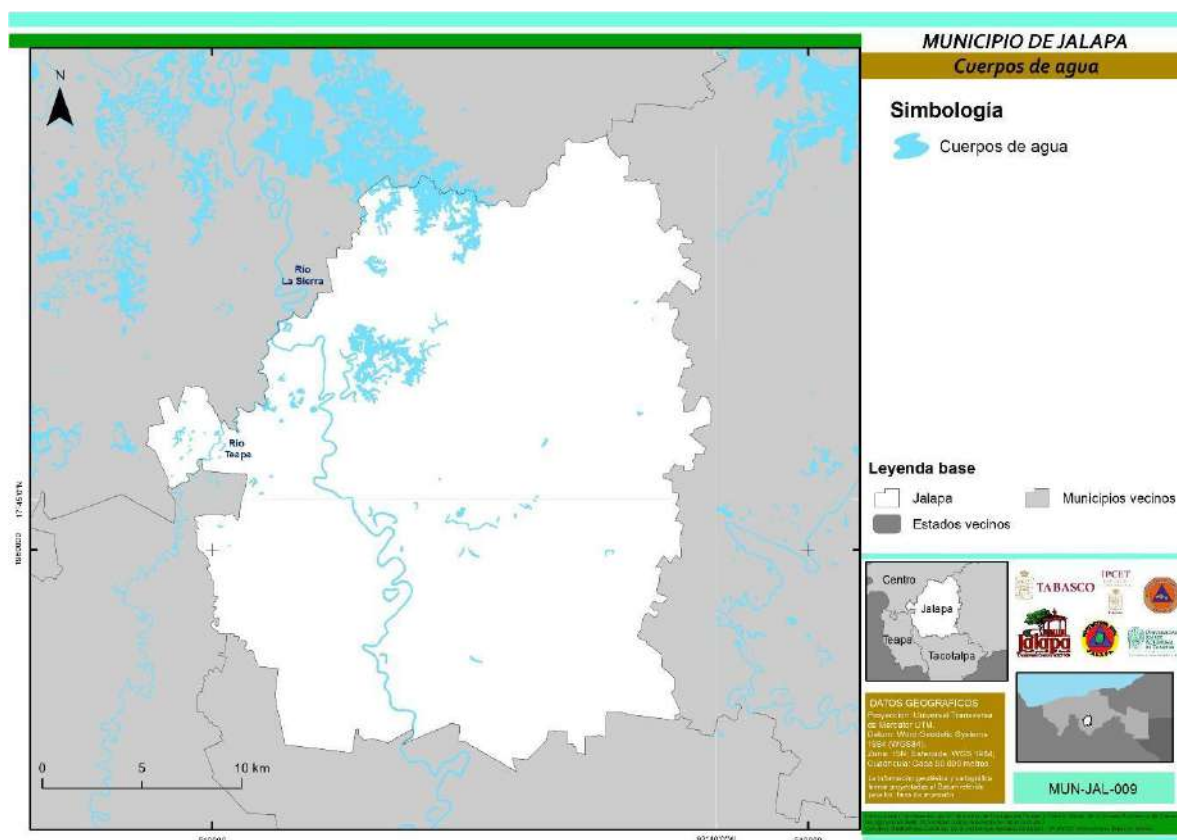


Figura 21. Cuerpos de agua que se encuentran o transitan por el municipio de Jalapa.

La superficie municipal de Jalapa se encuentra dentro de la cuenca hidrológica: R. Grijalva-Villahermosa, donde la subcuenca del R Grijalva es la que cubre la mayor superficie (51.02%). R. Tacotalpa (20.31%) y R. Chilapilla (18%) son las que predominan en Jalapa (Tabla 10).

Tabla 10. Cuencas y subcuencas que cubren el territorio del municipio de Jalapa.

Cuenca	Subcuenca
R. Grijalva-Villahermosa	R. Chilapilla
	R. de la Sierra
	R. Grijalva
	R. Macuspana
	R. Tacotalpa

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 11 se presenta la zonificación de peligro por inundaciones en el municipio de Jalapa, categorizándolo 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 11. 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

Los cauces de los ríos La Sierra y Teapa, junto con sus tributarios, y la porción oeste, constituyen las zonas con mayor nivel de peligrosidad por inundaciones en el municipio. Poco más del 45% de la superficie de Jalapa tiene grado de peligrosidad Alto y Muy Alto, un 23.21% se cataloga con Peligrosidad Media y en el restante 30.86% del territorio municipal la peligrosidad por inundaciones es de Baja a Muy Baja (figuras 22, 23 y 24).







Figura 24. La corriente de agua en épocas lluviosas y de inundación erosiona las márgenes de los ríos. Sector la Pesquería, Municipio de Jalapa. 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 22 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 58.40% del municipio tiene Baja vulnerabilidad a las inundaciones, un 17.58% tiene vulnerabilidad media y el restante 24.02% tiene Alta vulnerabilidad a inundaciones (Figura 25 al 28).

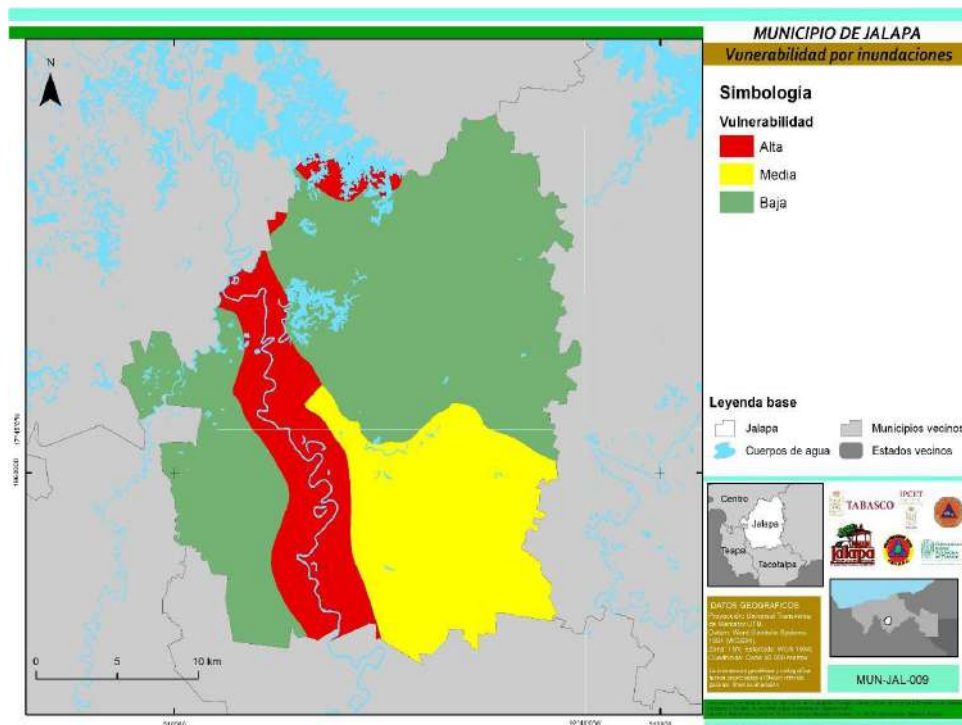


Figura 25. Zonificación del grado de vulnerabilidad a inundaciones en el municipio de Jalapa.



Figura 26. Daño a infraestructura cuando incrementa el nivel del agua del río de la Sierra e inunda áreas aledañas. Municipio de Jalapa. Fotografía de Ricardo Collado Torres.

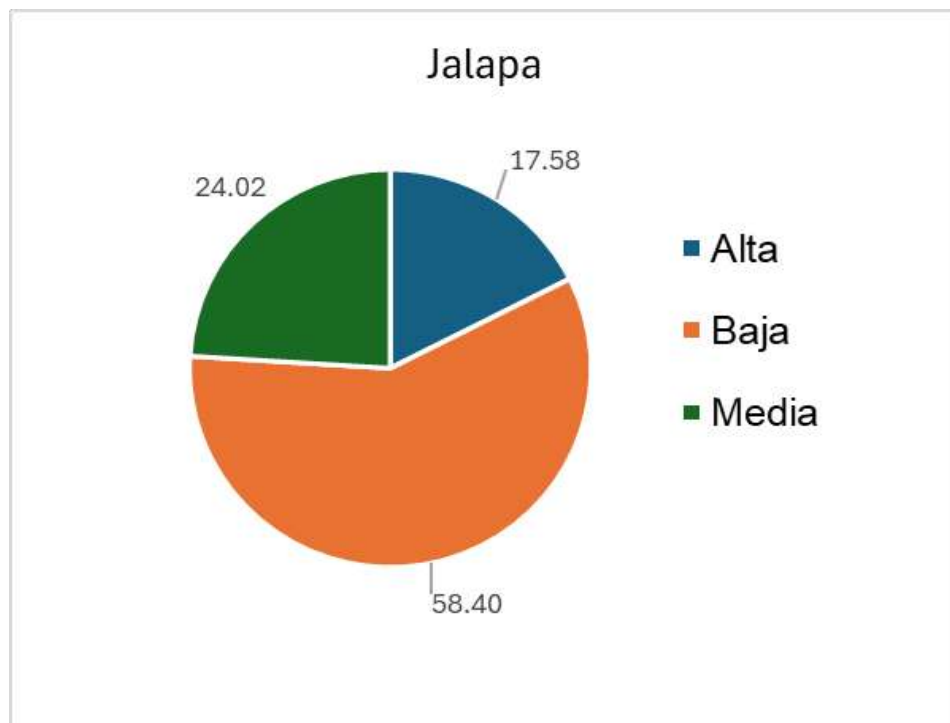


Figura 27. Proporción de la superficie municipal de Jalapa vulnerable a la inundación.



Figura 28. Casas que en época lluviosa se inundan ante la crecida de los cuerpos de agua. Municipio de Jalapa. 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 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, aun 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 periodos 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 periodo 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 periodo 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 Jalapa**

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***

Jalapa cuenta con un clima cálido húmedo, con precipitaciones todo el año y cambio térmicos en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Es un municipio que a través de las últimas dos décadas ha presentado cierto nivel de sequía en los diferentes meses del año. Lo cual lo hace susceptible a reducciones o variaciones en las cantidades de precipitación recibida.

Aun así, un poco más de cuarenta por ciento (41%) 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 de reciben es esos meses con variaciones tan pequeñas que no se evidencian efectos de estas (Figura 29). En un 23% de los meses se tiene una condición de sequía D0, cuyos efectos son muy ligeros, cuyos efectos básicamente se entienden como ligeras alteraciones en el inicio de las lluvias o fin del periodo seco del año, sin modificar los volúmenes de agua precipitada. En un 17% 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 12% 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 18 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 afortunadamente en ningún mes de los evaluados se presentó una condición de Sequía Excepcional (D4), que es el nivel más grave de sequía.

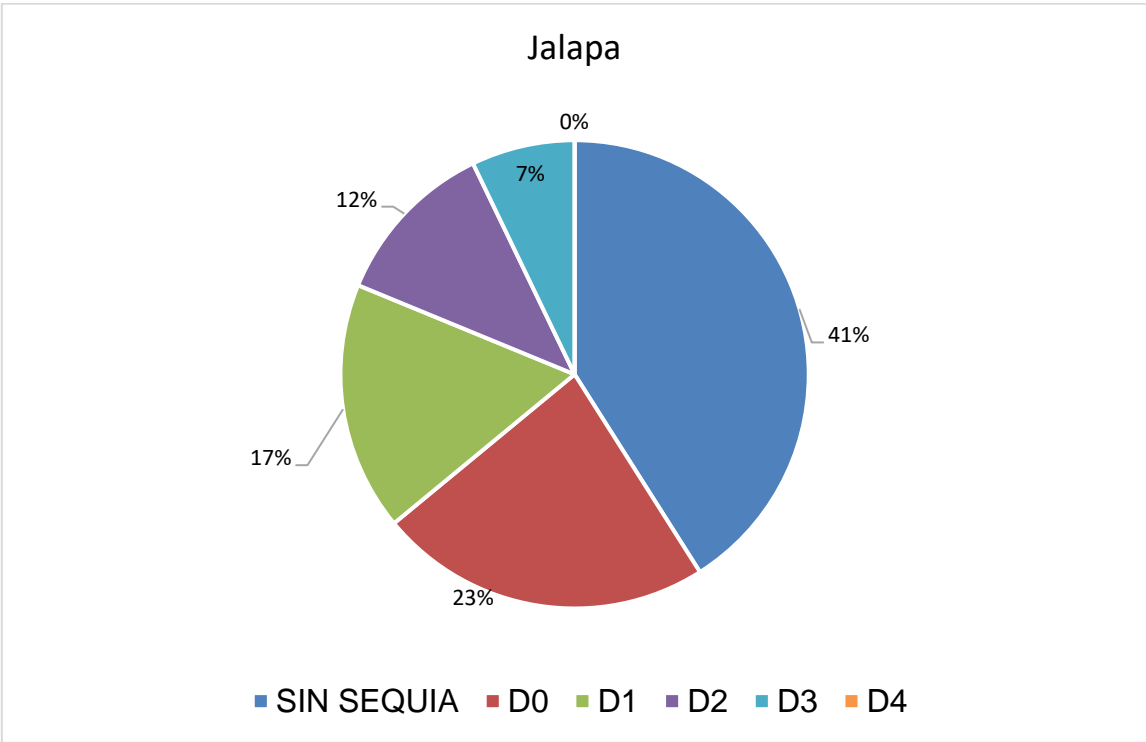


Figura 29. Frecuencia de meses con algún grado de sequía en el periodo de 200-2022. Municipio de Jalapa, Tabasco.

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 30).

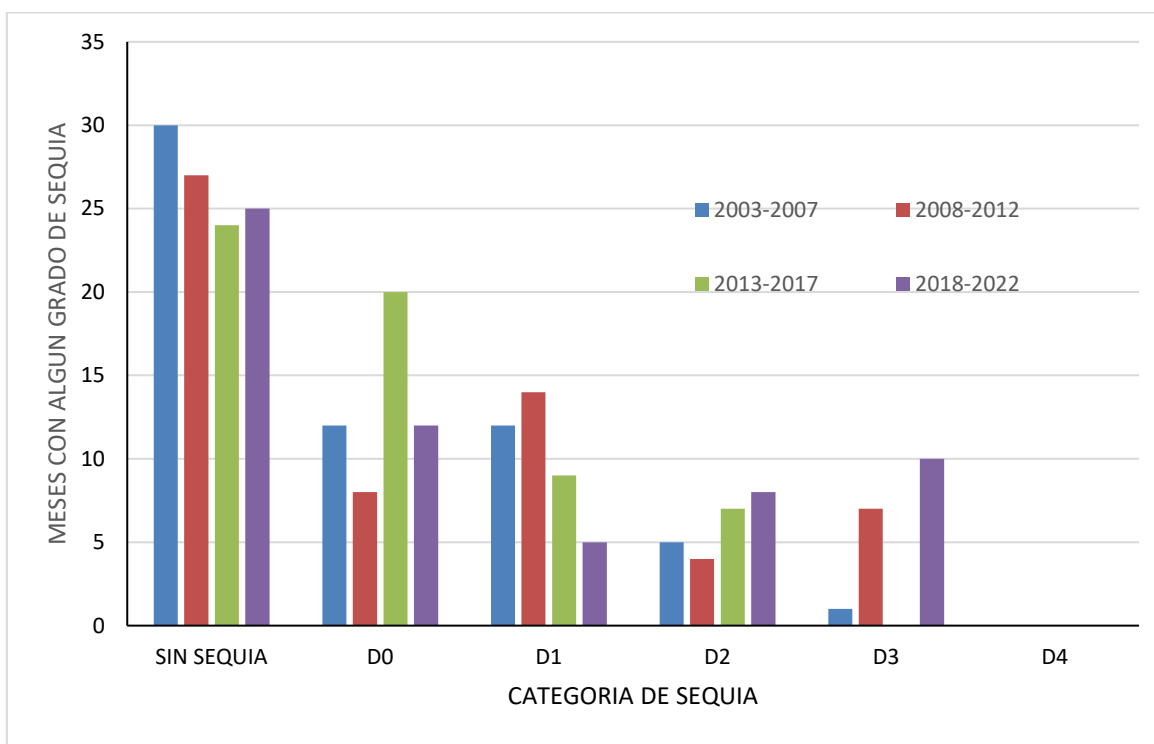


Figura 30. Ocurrencia de diversas categorías de sequía por quinquenio en el periodo de 2003-2022. Municipio de Jalapa, Tabasco.

### ***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 31 se presenta la ocurrencia de cada una de las categorías de sequía para cada uno de los 12 meses del año. Es evidente que la categoría D0 se presenta más en la segunda mitad del año, periodo en el cual se tiene ya establecida la temporada lluviosa y los principales cultivos de temporal. La categoría D1 ocurre con mayor frecuencia en la primera mitad del año, época en la que van disminuyendo las lluvias por “Nortes” y se establece la época seca en el municipio. La categoría D2 se establece en los meses intermedios del

año, iniciando en la época seca del año (febrero) y extendiéndose hasta el mes de noviembre, es decir, origina que la época seca sea más seca y que los primeros cinco meses de la temporada lluviosa (de junio a octubre) tenga reducciones importantes en sus volúmenes de lluvias e impactos importantes en las actividades productivas y agropecuarias. En los meses de abril a octubre (inicios de las secas y fin de las lluvias de temporal periodo de lluvias por los “Nortes”) es evidente la ocurrencia de Sequías Extremas (D3) originando inviernos más secos que, seguidos de épocas secas severas (D2) a partir de marzo, pueden originar condiciones muy desfavorables para las actividades productivas y la disponibilidad de agua para la población.

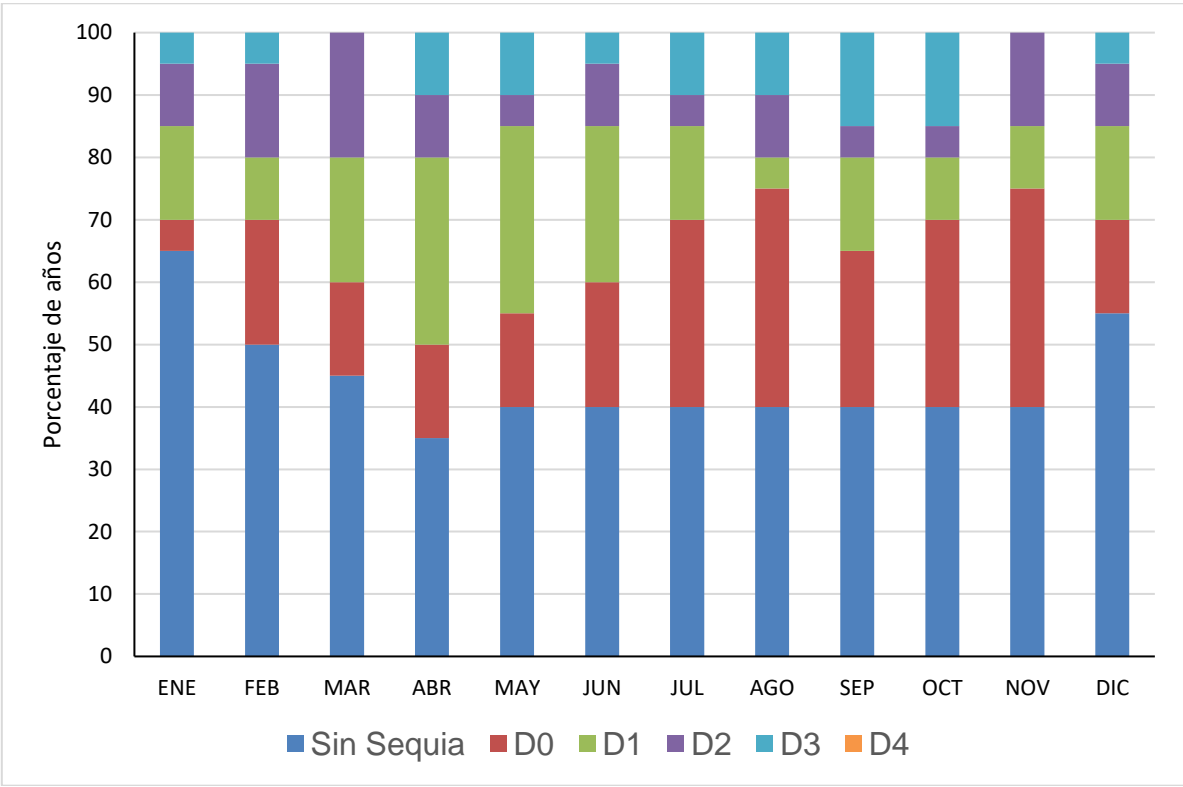


Figura 31. Ocurrencia estacional (mensual) de las condiciones de sequía en el periodo de 2003-2022. Municipio de Jalapa, Tabasco.

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

Figura 32. Temporalidad de la ocurrencia de condiciones de sequía en el periodo de 2003-2022. Municipio de Jalapa, Tabasco.

La sequía durante un mismo año se presenta en diferentes meses y estaciones del año, siendo que en ocasiones ocurre que la temporada lluviosa tiene amplios déficits de precipitación originando que en plena época lluviosa se tengan sequías Extremas, como ocurrió en los meses de agosto a octubre de 2018 y de abril a octubre en el 2019 (Figura 31 y 32) abarcando el período que normalmente de meses que son los más lluviosos del año. La condición de sequía varió su intensidad a D2 en los siguientes dos meses de dichos años y en el caso del 2019 se prolongó hasta los primeros meses del siguiente año 2020 (Figura 33 y 34), siendo el 2019 quien contó con las condiciones extremadamente secas por un periodo continuo de 7 meses (abril a octubre de 2019). La condición de sequía llega a afectar a todo el municipio.



## ***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:

- a) Secado de los pozos
- b) Secado de los manantiales
- c) Necesidad de aumentar la profundidad de los pozos de agua
- d) Muerte de árboles en las orillas de las corrientes de agua

1.5.2. 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

1.5.3. Indicadores de menor calidad del agua superficial:

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

1.5.4. 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 debe 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 puedan ayudar 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 aquellas 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 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 contruidos 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 periodo 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 en los últimos 40 años

En las últimas 4 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 12).

Tabla 12. 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
1980-1990				Hermine (1980)	
1991-2000	Mitch (1998): Huimanguillo, Cárdenas, Comalcalco, Paraiso.			Opal (1995): Balancán, Jonuta, Centla. Dolly (1996): Balancán, Jonuta, Centla.	Roxanne (1995): franja costera de Centla, Paraiso, Cárdenas, Huimanguillo.
2001-2010	Felix (2007): Huimanguillo; Mathew (2010): Teapa, Tacotalpa; Chantal (2001): Balancán, Jonuta, Emiliano Zapata y Macuspana; Marco (2008): Jonuta; Arthur (2008): Balancán.	Larry (2003): Huimanguillo, Cárdenas.	Richard (2008): Balancán.		
2011-2021	Harvey (2011): Balancán, Tenosique, Emiliano Zapata, Jonuta, Centla, Centro, Nacajuca, Jalpa de Méndez, Paraiso.	Earl (2016): Balancán, Jonuta, Centla, Paraiso; Cristobal (2020): Balancán.	Barry (2013): Balancán, Tenosique.	Ernesto (2012): recorrió toda la costa del estado, Centla, Paraiso, Comalcalco, Cárdenas, Huimanguillo.	

En el caso puntual del municipio de Jalapa, no se han presentado depresiones o tormentas tropicales dentro de los límites del municipio (figura 35).



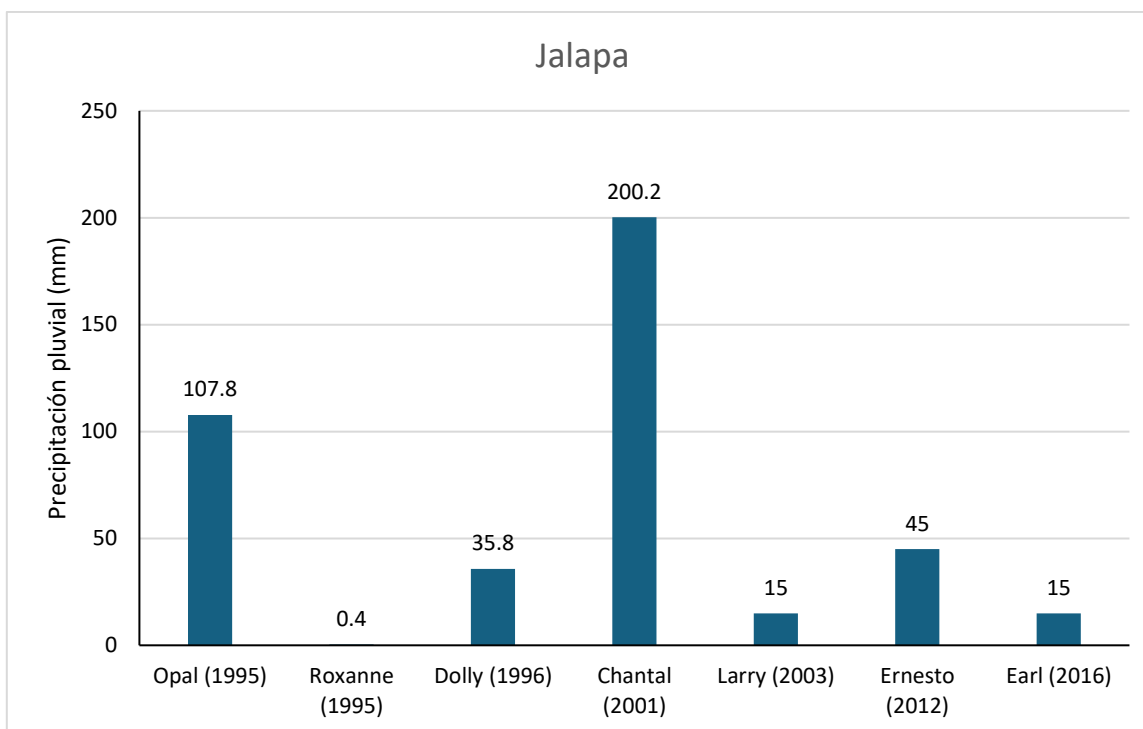


Figura 36. Precipitación pluvial máxima en 24 horas registrada para el municipio de Jalapa originada por diversos ciclones tropicales que afectaron a Tabasco.

(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.

Jalapa no ha estado sujeto a los efectos de un ciclón tropical de mayor magnitud a la 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.

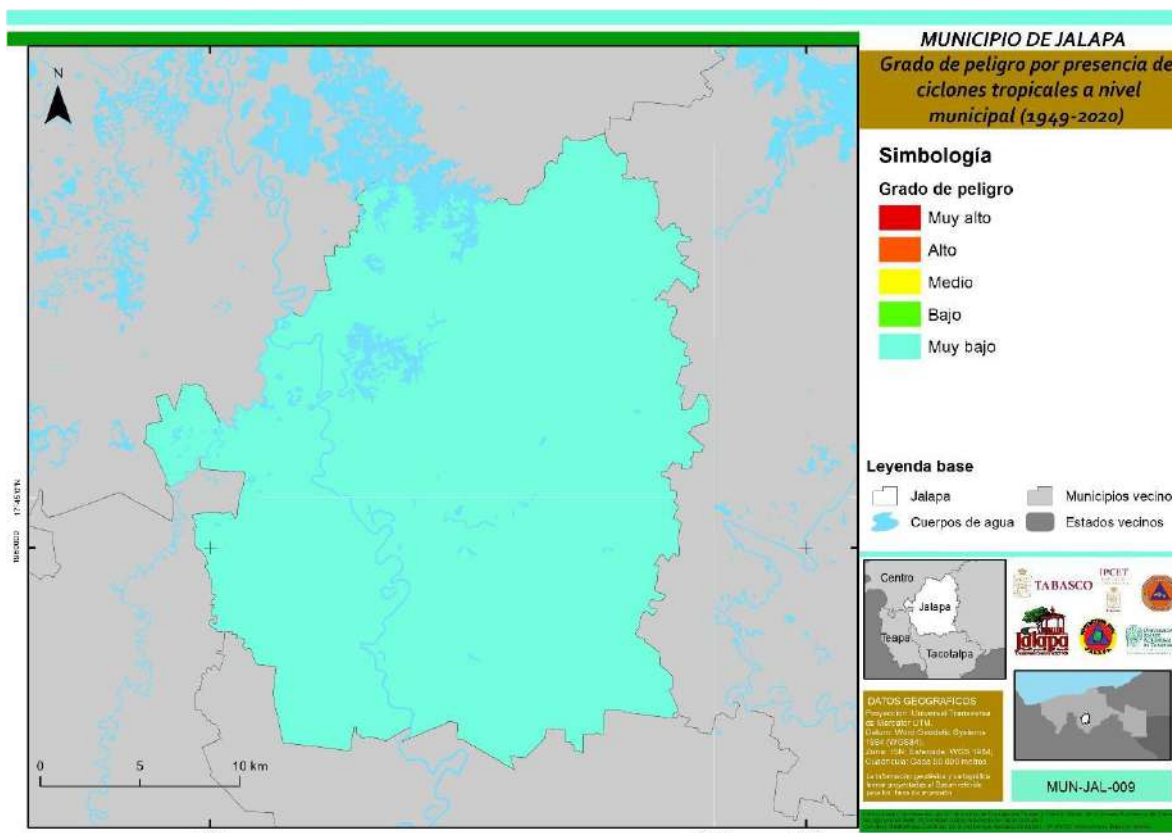


Figura 37. Grado de peligro por presencia de ciclones para el municipio de Jalapa. Fuente: CENAPRED  
 (www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/app/mapa/?capa=vulnInund)

Jalapa es un municipio de Tabasco en el cual los ciclones tropicales han incidido muy poco en los últimos 40 años, debido a que básicamente han sido depresiones y tormentas tropicales, la peligrosidad de estos se considera Baja (figura 37).

## **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. Las inundaciones pueden contaminar las fuentes de agua potable y los alimentos, aumentando el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y afectando la salud pública.
- b) Daños a infraestructuras públicas y a viviendas. Pueden provocar daños significativos a infraestructuras como carreteras, puentes y edificios públicos, así como a viviendas, dejando a muchas familias sin hogar o con daños estructurales severos.
- c) Daños a cultivos sensibles como la sandía. La agricultura, especialmente los cultivos sensibles como la sandía, puede sufrir daños graves debido a la saturación de agua en el suelo, lo que puede resultar en la pérdida total de la cosecha y afectar la economía local.
- d) Contaminación a agua potable y alimentos. Esto aumenta el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y afectando la salud pública.
- e) Afectación a la higiene de la comunidad. La acumulación de agua estancada puede favorecer la proliferación de vectores de enfermedades y complicar las condiciones de higiene, aumentando el riesgo de brotes de enfermedades infecciosas.

Dado estos riesgos, es crucial que las comunidades sean conscientes de las condiciones de sus viviendas y la integridad de las infraestructuras circundantes, como vías de comunicación, edificaciones, árboles y postes en peligro de caer. Es fundamental promover la educación y la preparación comunitaria para enfrentar estos eventos, asegurando que se realicen revisiones periódicas y se tomen medidas preventivas para minimizar los impactos negativos de las tormentas tropicales e inundaciones.

Una planificación efectiva y la implementación de medidas preventivas pueden mejorar significativamente la resiliencia de las comunidades ante eventos meteorológicos extremos, asegurando su bienestar y reduciendo las pérdidas económicas y humanas asociadas.

# 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.

Los 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 quemas 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 ( $\text{CO}_2$ ), 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  $\text{CO}_2$ . Este proceso contribuye significativamente al aumento de las concentraciones de  $\text{CO}_2$  atmosférico, lo que amplifica el efecto invernadero y, en consecuencia, el calentamiento global. Además del  $\text{CO}_2$ , los incendios forestales liberan otros contaminantes como metano ( $\text{CH}_4$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ). El metano es un gas de efecto invernadero mucho más potente que el  $\text{CO}_2$ , aunque su concentración en la atmósfera es menor. Los  $\text{NO}_x$  contribuyen a la formación de ozono troposférico, otro potente gas de efecto invernadero y contaminante del aire (Villiers 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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$ , 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 (Villiers

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 38).

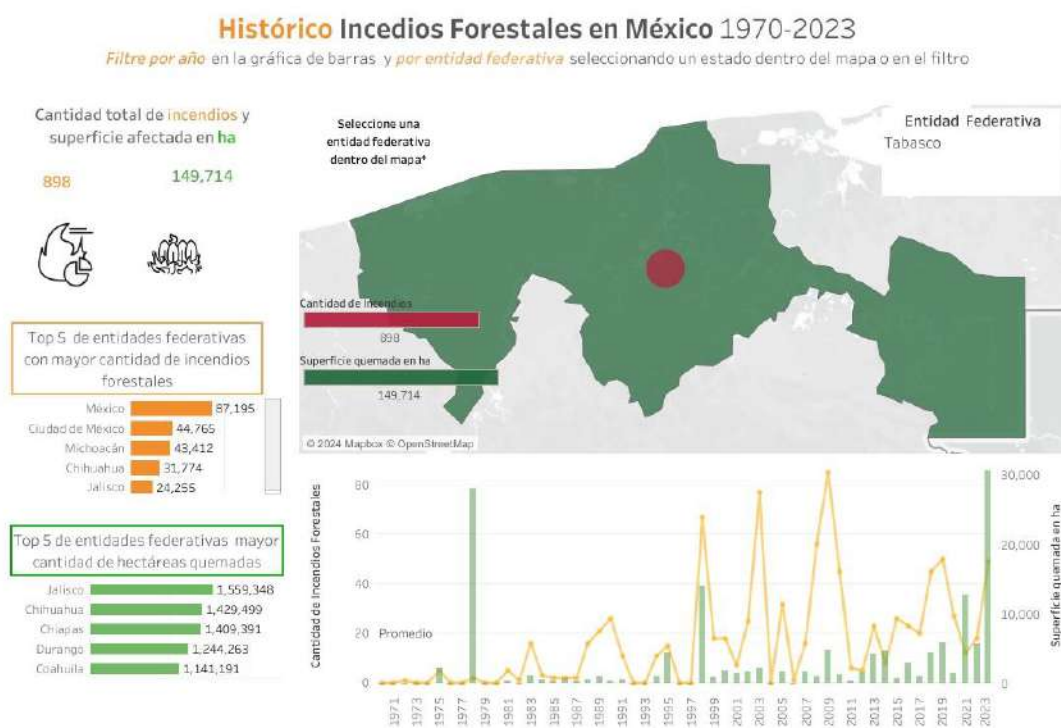


Figura 38. Datos de incendios registrados de 1970 a 2023, tomada del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales, CONAFOR (<https://snif.cnf.gob.mx/incendios/>)

## Incendios en Tabasco

Respecto al estado de Tabasco en las figuras 39 y 40 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 41 y 42, 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 41). 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 39. 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/>)

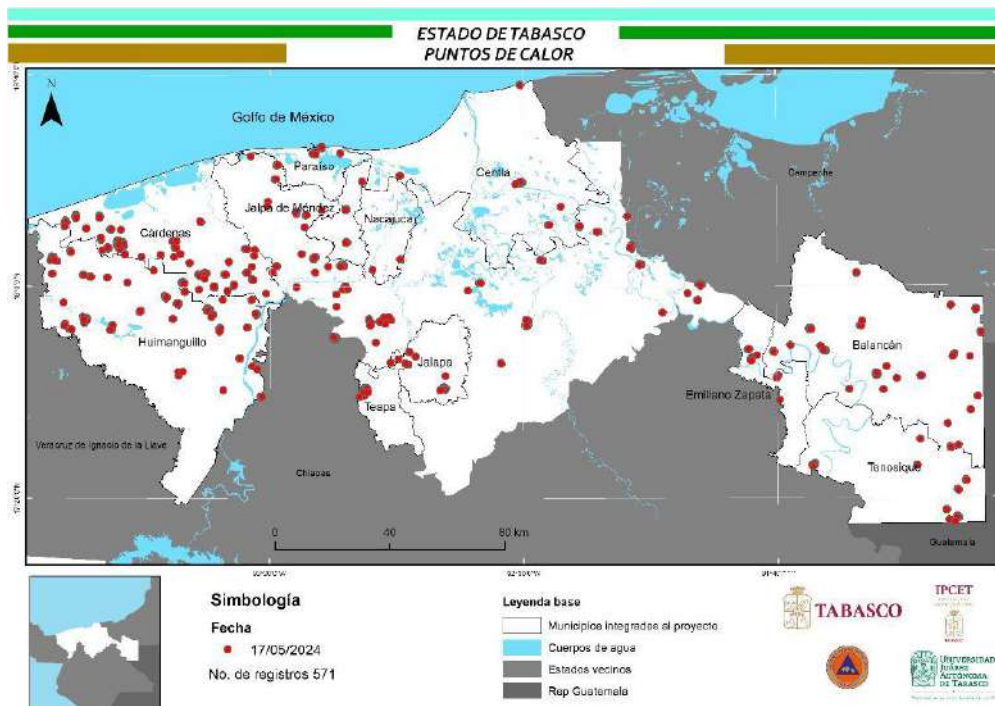


Figura 40. Localización de puntos de calor registrados en durante enero-junio de 2024 para Tabasco.

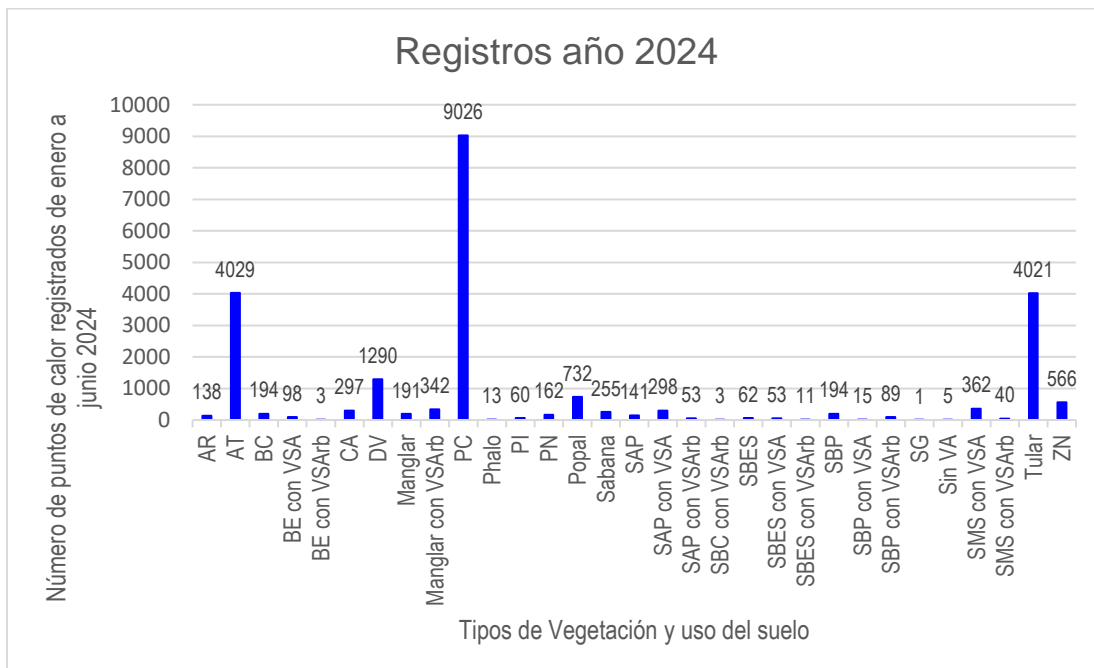


Figura 41. Número de puntos de calor registrados de enero a junio del 2024 por tipo de vegetación y uso del suelo del estado de Tabasco.

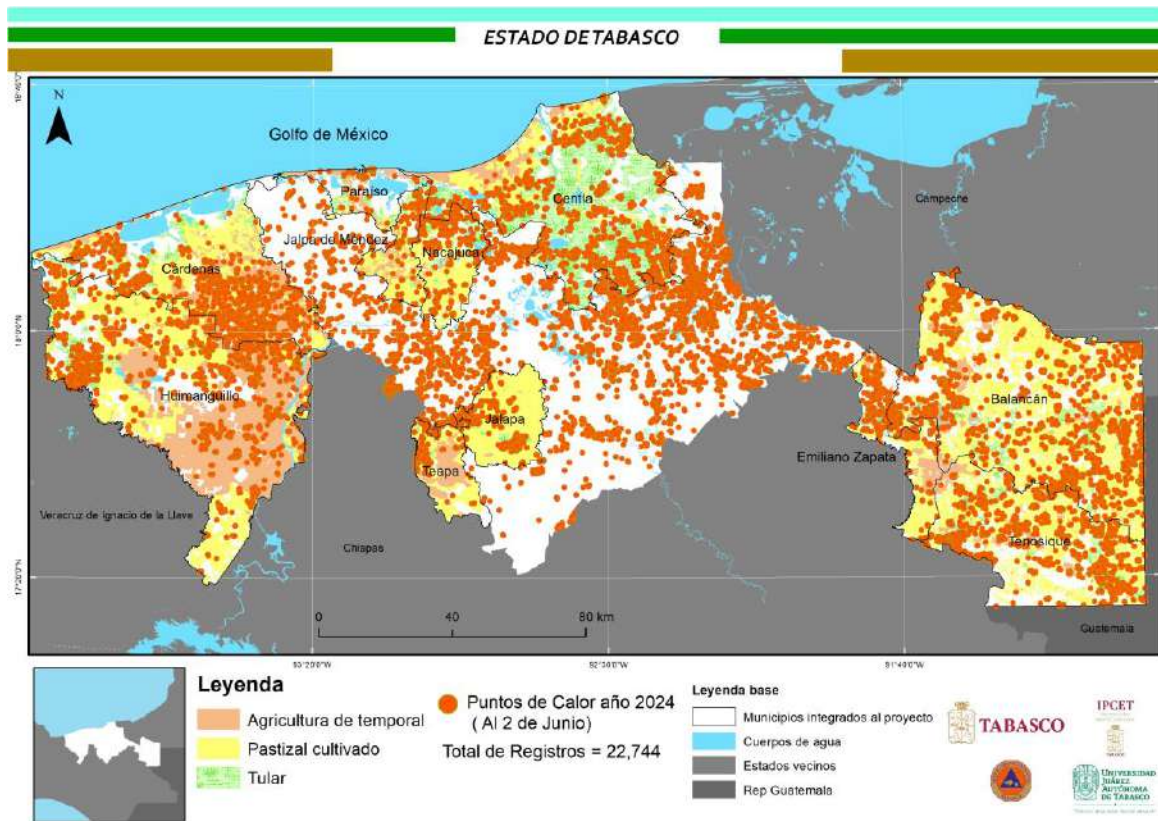


Figura 42. Mapa con puntos de calor de enero a junio del 2024 y los usos de suelo y vegetación donde son principalmente reportados.

### ***Incendios en el municipio de Teapa***

Respecto al municipio de Teapa, en la figura 43, podemos observar la abundancia de puntos de calor registrados entre enero y junio del 2024, en las zonas de agricultura de temporal, pastizal cultivado, y tular principalmente (figura 44), que va incrementando a lo largo del año (figura 45), esto asociado principalmente a una sequía que se ha presentado en todo el país desde el 2023.



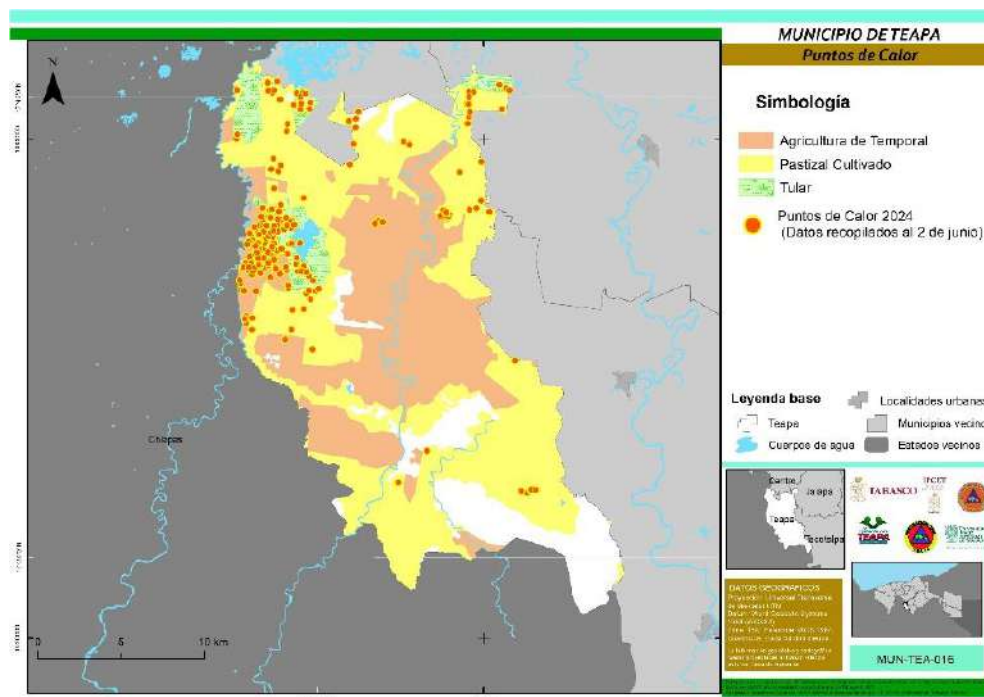


Figura 43. Mapa del municipio de Teapa con los datos de puntos de calor de enero a junio del 2024.



Figura 44. 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 Teapa

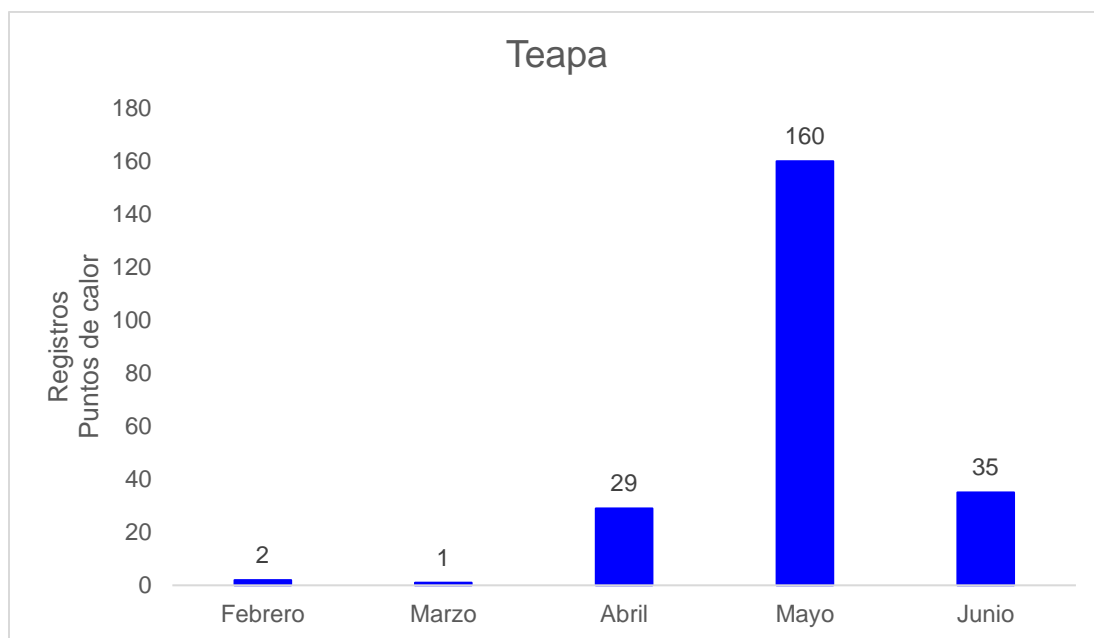


Figura 45. Gráfico con la distribución mensual de los puntos de calor para los meses de enero a junio del 2024.



## Referencias

- Álcantara Ayala, I., A. Echevarría Luna, C. Gutiérrez Noriega, L. Domínguez Morales y I. Noriega Rioja (2008). Inestabilidad de laderas. Serie fascículos 2ª. Reimpresión. CENAPRED. México. 38 pp. [http://centro.paot.org.mx/documentos/cenapred/inestabilidad\\_laderas.pdf](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](https://www.researchgate.net/publication/343425906_Cuantas_placas_hay_en_el_planeta_Tierra)
- 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](http://usuario.cicese.mx/~tcavazos/pdf/T_Cavazos_Libro_REDESClim_2015.pdf)
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2007). Ciclones Tropicales. Serie fascículos. CENAPRED. SEGOB. México.
- CENAPRED, (2016). Índice de Peligro por Inundación (IPI), Subdirección de Riesgos por Inundación, Centro Nacional de Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación
- CENAPRED. (2021). Información básica de peligros naturales a nivel municipal. Estado de Tabasco. Municipio Jalapa. Secretaria de Seguridad y Protección Ciudadana. Coordinación Nacional de Protección Civil. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2021). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos hidrometeorológicos. Serie Atlas Nacional de Riesgos. Versión electrónica. CENAPRED. SEGOB. México

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](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](https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/ipcettabasco/menu_planesyprogramas_10_Incendios_Forestales.pdf)

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](http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/TABASCO_2013.pdf)

Comisión Nacional del Agua. (2001). Situación del agua en México. México.

Comisión Nacional del Agua. (2001). “El agua en México; retos y avances”, México.

Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional de la CONAGUA (CGSMN). (2024). <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-de-america-del-norte>.

Diseño por Sismo. S/F. (En: Manual de Diseño de Obras Civiles, B. Granados Domínguez, Coord.). Comisión Federal de Electricidad. México. [https://www.academia.edu/37098742/Comisi%C3%B3n\\_Federal\\_de\\_Electricidad\\_Manual\\_de\\_Dise%C3%B1o\\_de\\_Obras\\_Civiles](https://www.academia.edu/37098742/Comisi%C3%B3n_Federal_de_Electricidad_Manual_de_Dise%C3%B1o_de_Obras_Civiles)

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](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, DEPMI, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Escalante-Sandoval, C.A. y Reyes-Chávez, L. (2005). Análisis de Sequías. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería.
- 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>
- Espíndola Castro V. H. y X. Pérez Campos (2000). ¿Qué son los sismos, donde ocurren y como se miden? *Ciencia* 69(3): 3-15. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/69\\_3/PDF/QueSonSismos.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/69_3/PDF/QueSonSismos.pdf)
- 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](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. O. y Matías R. L. G. (2021). Sequías. Serie Fascículos. Versión Electrónica. CENAPRED. México
- 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, diciembre 28). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Teapa* (Época 7A, suplemento G, edición 8380; p. 422). Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Tabasco: Secretaría de Gobierno del Estado. Consultado el 30 de Noviembre de 2023, en <https://tabasco.gob.mx/pmdu-teapa>
- INEGI. (2005). *Guía para la interpretación de la cartografía geológica*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825231767>

- INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010. Teapa, Tabasco*.  
<https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=070000270016#collapse-Resumen>
- INEGI (2011) Diccionario de los datos de erosión del suelo. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 37 pp.  
[https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/edafologia/metadatos/dicc\\_erosion.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/edafologia/metadatos/dicc_erosion.pdf)
- INEGI. (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>
- INEGI. (2021a). *Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI.  
<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- INEGI. (2021b). *Panorama sociodemográfico de Tabasco: Censo de Población y Vivienda 2020*.  
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825198008>
- INEGI. (2021c). *Guía para la interpretación de la cartografía: uso del suelo y vegetación: escala 1:125 000: serie VII*.  
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463902836>
- INEGI. (2022). *DENUE Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2021). *Panorama sociodemográfico de Tabasco: Censo de Población y Vivienda 2020*.  
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825198008>
- 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.
- Knutson, C., Hayes y M. Philips T., (1998). How to reduce drought risk, Ed. Western Drought Coordination Council, USA.

- 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.
- 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/EfectosEspana\\_terremotoLisboa.pdf](https://www.ign.es/web/resources/sismologia/publicaciones/EfectosEspana_terremotoLisboa.pdf)
- 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.
- National Hurricane Center and Central Pacific Hurricane Center. (2024). Tropical cyclone reports. <https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php>
- Organización Meteorológica Mundial. (1992). La Conferencia Mundial sobre el Clima. En: Boletín de la OMM, XXVIII. N° 3. Ginebra, Suiza.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. New York: EE.UU. [Artículo en línea. Consultado el 10 de marzo de 2023. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>].
- Partida Sedas, S & Cabal Prieto, A. (2019). Aspectos fisiográficos y demográficos de la cuenca baja del río Usumacinta. En I. Galaviz Villa y C.A. Sosa Villalobos (Eds.), *Fuentes Difusas y Puntuales de Contaminación. Calidad de las Aguas Superficiales y Subterráneas*. (pp. 5-44). Universidad Autónoma de Campeche. DOI 10.26359/epomex0719
- 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>

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>

Secretaria de Economía. (29 de noviembre de 2023). *Teapa*. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/teapa>

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

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](http://centro.paot.org.mx/documentos/cenapred/inestabilidad_laderas.pdf)