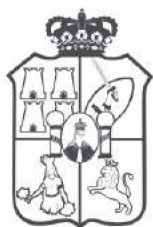




PERIÓDICO OFICIAL

ÓRGANO DE DIFUSIÓN OFICIAL DEL GOBIERNO
CONSTITUCIONAL DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE TABASCO.



TABASCO

LIC. ADÁN AUGUSTO LÓPEZ HERNÁNDEZ
Gobernador Constitucional del Estado de Tabasco

LIC. MARCOS ROSENDO MEDINA FILIGRANA
Secretario de Gobierno

19 DE ENERO DE 2019



PUBLICADO BAJO LA RESPONSABILIDAD DE LA SECRETARÍA DE GOBIERNO
Registrado como correspondencia de segunda clase con fecha
17 de agosto de 1926 DGC Núm. 0010826 Características 11282816



No. - 175

ACUERDO

H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DEL
MUNICIPIO DE PARAÍSO, TABASCO.
2018 - 2021



CIUDADANO ANTONIO ALEJANDRO ALMEIDA, PRESIDENTE MUNICIPAL DEL
AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DEL MUNICIPIO DE PARAÍSO, TABASCO. 2018-2021

A SUS HABITANTES HAGO SABER:

QUE EL HONORABLE AYUNTAMIENTO MUNICIPAL DE PARAÍSO, TABASCO 2018-2021 QUE POR ACUERDO DE CABILDO EN LA TERCERA SESIÓN ORDINARIA DE FECHA TRES DE DICIEMBRE DE DOS MIL DIECIOCHO Y CON FUNDAMENTO EN LO DISPUESTO POR LOS ARTÍCULOS 115 FRACCIÓN II DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS; 64 Y 65 DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE TABASCO; 29 FRACCIÓN III, 52, 54 Y 65 FRACCIÓN II DE LA LEY ORGÁNICA DE LOS MUNICIPIOS DEL ESTADO DE TABASCO; 2 FRACCIÓN IV Y 8 DE LA LEY DE PROTECCIÓN CIVIL DEL ESTADO DE TABASCO, AUTORIZO EL SIGUIENTE:

ACUERDO POR EL QUE SE APRUEBA EL ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE PARAÍSO, TABASCO.

CONSIDERANDO.....

PRIMERO.- QUE EL ARTÍCULO 115 FRACCIÓN II DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, CONTEMPLA ENTRE OTRAS DISPOSICIONES QUE LOS AYUNTAMIENTOS TENDRÁN FACULTADES PARA APROBAR DE ACUERDO CON LAS LEYES EN MATERIA MUNICIPAL EXPEDIDAS POR LAS LEGISLATURAS DE LOS ESTADOS, LOS REGLAMENTOS, CIRCULARES Y DEMÁS DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE OBSERVANCIA GENERAL, DENTRO DE SUS RESPECTIVAS JURISDICCIONES, QUE ORGANICEN LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA MUNICIPAL, REGULEN LAS MATERIAS, PROCEDIMIENTOS, FUNCIONES Y SERVICIOS PÚBLICAS DE SU COMPETENCIA Y ASEGUREN LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y VECINAL, FACULTADES QUE SE REITERAN EN EL ARTÍCULO 65 FRACCIÓN I DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE TABASCO.

SEGUNDO.- QUE EN ATENCIÓN A LO PREVISTO POR EL NUMERAL 65 FRACCIÓN II DE LA LEY ORGÁNICA DE LOS MUNICIPIOS DEL ESTADO DE TABASCO; EL PRESIDENTE MUNICIPAL TIENE LA FACULTAD DE FORMULAR Y SOMETER A LA APROBACIÓN DEL AYUNTAMIENTO EL BANDO DE POLICÍA Y GOBIERNO, LOS REGLAMENTOS, CIRCULARES Y DEMÁS

DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE OBSERVANCIA GENERAL, ASÍ COMO DE PROMULGARLOS, PUBLICARLOS, VIGILAR Y SANCIONAR SU CUMPLIMIENTO.

TERCERO.- QUE CON FUNDAMENTO EN EL ARTÍCULO 94 QUINQUIES, FRACCIÓN IX DE LA LEY ORGÁNICA DE LOS MUNICIPIOS DEL ESTADO DE TABASCO, CORRESPONDE A LOS AYUNTAMIENTOS A TRAVÉS DE LA COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN CIVIL IDENTIFICAR LOS ALTOS RIESGOS QUE SE PRESENTEN EN EL ESTADO, Y REMITIR LAS RECOMENDACIONES NECESARIAS, INTEGRANDO EL ATLAS DE RIESGO MUNICIPAL.

CUARTO.- QUE EL MUNICIPIO DE PARAÍSO, ES UN PUNTO NEURÁLIGO DEL ESTADO DE TABASCO Y DE LOS MÁS SUSCEPTIBLES ANTE LOS RIESGOS PROVOCADOS POR LOS FENÓMENOS HIDROMETEREOLÓGICOS Y ANTROPOGENICOS, Y ANTE LA NECESIDAD DE ESTABLECER ESTRATEGIAS DE PROTECCIÓN CIVIL Y ELABORAR UN ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE PARAÍSO, TABASCO QUE PERMITA IDENTIFICAR LAS ÁREAS DE PELIGRO, GRADO DE VULNERABILIDAD Y NECESIDADES DEL MUNICIPIO; PARA RESPONDER ADECUADAMENTE ANTE SITUACIONES DE RIESGO, ALTO RIESGO, EMERGENCIA O DESASTRE QUE SE PRESENTE EN EL MUNICIPIO.

QUINTO.- QUE EN TÉRMINOS DEL ARTÍCULO 76 FRACCIÓN VII DE LA LEY DE PROTECCIÓN CIVIL DEL ESTADO DE TABASCO, CORRESPONDE AL MUNICIPIO A TRAVÉS DE LA COORDINACIÓN MUNICIPAL DE PROTECCIÓN CIVIL, ELABORAR EL ATLAS DE RIESGOS, DEFINIDO POR EL CITADO ORDENAMIENTO LEGAL, COMO UN SISTEMA INTEGRAL DE INFORMACIÓN SOBRE LOS AGENTES PERTURBADORES Y DAÑOS ESPERADOS, RESULTADO DE UN ANALISIS ESPACIAL Y TEMPORAL SOBRE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS PELIGROS, LA VULNERABILIDAD Y EL GRADO DE EXPOSICIÓN DE LOS AGENTES AFECTABLES.

SEXTO.- QUE EL ACTUAL GOBIERNO MUNICIPAL DE PARAÍSO, POR CONDUCTO DE LA COORDINACIÓN MUNICIPAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y CON APOYO DEL PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, ENLACE TABASCO (PNUD), SE REALIZARON LOS ESTUDIOS CORRESPONDIENTES PARA LA ELABORACIÓN DEL ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL 2018.

POR LO QUE ATENDIENDO A LAS ANTERIORES CONSIDERACIONES SE HA TENIDO A BIEN EXPEDIR EL SIGUIENTE:

ACUERDO

ÚNICO.- SE APRUEBA EL ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE PARAÍSO, TABASCO, PARA QUEDAR COMO SIGUE:

Capítulo I.- Introducción

1.1.- Definición de Conceptos

Uno de los errores más comunes en la Gestión del Riesgo es la tendencia generalizada de la población a confundir los términos de amenaza y/o peligro, vulnerabilidad y riesgo. Para

coadyuvar a dar respuesta a esta situación, en el presente documento se plantean de inicio las definiciones conceptuales que se utilizan a lo largo del mismo. Estas definiciones fueron obtenidas de fuentes bibliográficas empleadas tanto en el ámbito nacional como en el internacional, de forma tal que los conceptos utilizados en el documento fueran homologables con el discurso internacional para su comparación.

El primer concepto por definir es la amenaza o peligro. Se entiende por peligro aquella situación que se caracteriza por la posible ocurrencia de un incidente potencialmente dañino. Es decir, 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. El peligro puede ser activo en el momento en el cual se presenta el suceso, como un edificio que está en llamas, o bien puede ser potencial cuando el suceso o fenómeno que lo genera no está activo, pero sabemos que puede existir a corto, mediano o largo plazo, dependiendo de la naturaleza de las causas que crean peligro.

De acuerdo con la Ley General de Protección Civil, un peligro se cuantifica por la probabilidad de que ocurra un fenómeno y por la intensidad de este. En otras palabras, el peligro o amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado.

Un ejemplo de peligro o amenaza entonces puede ser la probabilidad de que en un lugar determinado se presente una inundación con un cierto tirante con una frecuencia o periodo de retorno dado.

Un elemento que pocas veces se toma en consideración es el hecho de que, si en un lugar existe un peligro o amenaza ante un fenómeno en particular, no significa que directamente exista un riesgo, ya que este último es consecuencia de la posibilidad de un daño material o humano.

Para ejemplificar lo anterior se puede señalar que, en un área específica, aislada, sin pobladores e infraestructura y que se inunda rigurosamente cada año, existe una amenaza o peligro, pero no existe un riesgo. Por lo tanto, aunque el peligro es alto, el riesgo es bajo.

En cambio, en un área donde existe una probabilidad de que ocurra una inundación cada cincuenta años y donde además existe un gran número de comercios, viviendas y todo tipo de actividades económicas, aunque el peligro es medio, el riesgo puede ser muy alto.

Por otro lado, en la ecuación del riesgo podemos identificar a la vulnerabilidad. Esta es una variable que combinada con la amenaza determinan la cuantificación del riesgo. Conforme a la Ley General de Protección Civil la vulnerabilidad se tipifica como la susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador. La vulnerabilidad se determina a partir de las características de los factores físicos, sociales, económicos y ambientales que constituyen a las personas y los bienes susceptibles de ser dañados. Por eso se habla de grupos vulnerables que son aquellos que

pueden resultar más dañados al presentarse un incidente, como por ejemplo adultos mayores, niños menores de 5 años, personas con capacidades diferentes, etcétera.

En cuanto a la vulnerabilidad física, ésta depende de las características de construcción de la vivienda o de la infraestructura que se analiza. La vulnerabilidad por lo tanto se mide a partir de los diferentes enfoques disponibles y fundamentalmente de acuerdo con el propósito para el cual se mide.

Una de las formas más usuales de medición de la vulnerabilidad es a partir de la capacidad de resiliencia de la población. De acuerdo con la Ley General de Protección Civil, la resiliencia es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente.

Esta característica depende de varios factores como el nivel de ingreso, la educación, las características de la vivienda, entre otras variables, por lo que una forma usual de medir la vulnerabilidad es a partir de la marginación.

El índice de marginación es una ponderación de variables que incorpora aspectos educativos, de ingreso, de grupos vulnerables, de servicios y de vivienda, por lo que es una forma práctica de expresar la vulnerabilidad de la población.

Por otro lado, la vulnerabilidad física como ya se mencionó representa la resistencia física de la vivienda o la infraestructura ante un peligro y se mide como el porcentaje que representa el daño o valor de reconstrucción frente al valor total de la estructura evaluada. Esta forma de medición es muy útil para calcular el monto esperado del daño ante condiciones específicas de un evento, lo que usualmente se denomina riesgo.

Efectivamente, de acuerdo con la Ley de Protección Civil, el riesgo es el resultado de la estimación de daños o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador. Por lo tanto, el riesgo se puede medir igualmente con diferentes variables que generalmente van alineadas con el propósito de la evaluación y con la vulnerabilidad utilizada para el cálculo. Usualmente se puede representar como número potencial de víctimas, número de viviendas afectadas, monto esperado de daño para un siniestro, etcétera.

Por lo que, mientras que el peligro hace probable un incidente, el riesgo considera el daño consecuente del incidente. Esto significa que, en una zona con peligro alto, existe la posibilidad de que el riesgo sea bajo, cuando prácticamente no existe la posibilidad de registrar un daño ante la ausencia física de bienes o personas. Caso contrario, en zonas densamente pobladas, ante la posibilidad de que la probabilidad de un peligro sea baja, el riesgo puede ser muy alto.

Esta circunstancia obliga a las autoridades a realizar un análisis detallado de las posibles consecuencias en la administración de uso del suelo. Por ello es esencial contar con medidas

de mitigación adecuadas, ya que favorecen la disminución del riesgo y el peligro al que están sujetas las áreas de análisis. También es importante destacar que existen algunos fenómenos vinculados al agua donde las medidas de mitigación de una zona pueden afectar a otra, por lo que se recomienda una evaluación completa antes de emitir una recomendación u otorgar un permiso de uso del suelo.

Para obtener información que permita realizar este tipo de evaluaciones de manera sistemática y organizada, se requiere contar con información puntual de los diferentes fenómenos que afectan a una entidad, municipio o localidad, así como de las características de su población y las actividades económicas que en ellas se desarrollan. Este tipo de información se concentra en una herramienta de apoyo administrativo en la Gestión Integral del Riesgo denominada Atlas de Riesgos Municipal.

De este modo, el Atlas de Riesgos es una herramienta indispensable en la Gestión Integral del Riesgo en la cual se concentra información de tres elementos fundamentales: el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo (Figura 1).

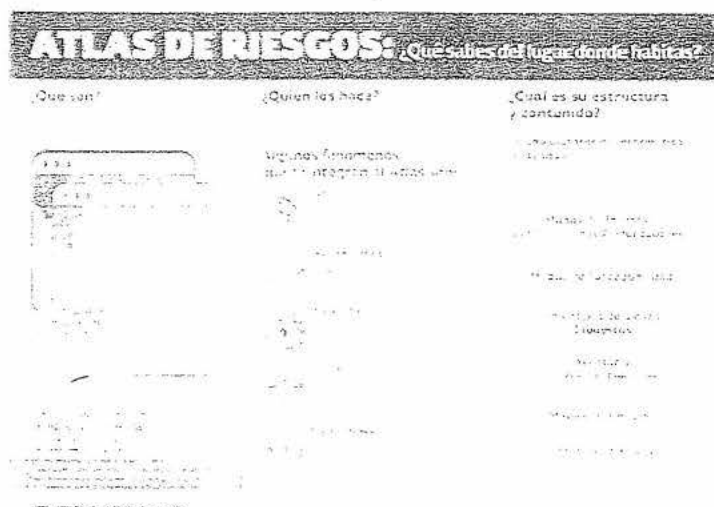


Figura 1.- Infografía Atlas de riesgos (CENAPRED, 2017).

Esta información proviene de numerosas fuentes y se encuentra con varias escalas de acuerdo con la disponibilidad de los datos y de los registros históricos encontrados. Estos elementos se analizan a través de metodologías diversas logrando generar escenarios que permitan sustentar la gestión del riesgo en sus diferentes modalidades.

De acuerdo con la Ley General de Protección Civil, el Atlas de Riesgos es un sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los agentes afectables.

Bajo este contexto, el presente Atlas de Riesgos del municipio de Paraíso se encuentra integrado por tres elementos básicos:

El primero es un documento ejecutivo que sintetiza la información recopilada y analizada mediante la expresión de mapas.

El segundo elemento es una base de datos geográfica que integra a manera de capas la representación gráfica de la distribución espacial y temporal del resultado del análisis o modelaciones que expresan la intensidad, frecuencia o tasa de excedencia de los Peligros. Esta base de datos también contiene información sobre el inventario de bienes, la población, la vivienda y en general todo aquel elemento que sea susceptible de ser afectado y por lo tanto considerado en la generación de escenarios de riesgo.

Finalmente, este Atlas de Riesgos incluye un sistema de información que es una plataforma informática basada en sistemas de información geográfica que incorpora la información de las bases de datos señaladas en el párrafo anterior con herramientas para la visualización de escenarios, cálculo, análisis espacial y temporal de los riesgos y el uso de la información (Figura 2).



Figura 2.- Sistema de información geográfica aplicada a la gestión del riesgo (fuente: internet).

La elaboración del Atlas de Riesgos a cualquier escala es un proceso periódico, recurrente, debido a que la realidad está en constante cambio y para mantener la vigencia de la información debe ser actualizada de forma continua. Además, cada vez se dispone de mejores técnicas informáticas, así como mayor capacidad de procesamiento en la información, por lo que es posible obtener mayor detalle en los resultados y con ello mejorar las estrategias de atención, prevención y mitigación del riesgo.

En resumen, la finalidad de un Atlas de Riesgos es la de proveer a la ciudadanía y a las instituciones, de información confiable, actual y útil que les permita conocer el grado de peligro, exposición, vulnerabilidad y riesgo que existe en su localidad para actuar en consecuencia mediante la Gestión Integral de Riesgos.

La Gestión Integral de Riesgos es un conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción. Involucra a los tres órdenes de

gobierno, así como a los diversos sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Comprende las etapas de:

identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción.

La Gestión Integral de Riesgos debe contribuir al conocimiento integral del riesgo para el desarrollo de las ideas y principios que perfilarán la toma de decisiones y, en general, las políticas públicas, estrategias y procedimientos encaminados a la reducción del riesgo. Lo anterior significa que deben ser construidas las bases de coordinación entre las instituciones y la sociedad a partir de los siguientes elementos:

La planeación que defina la visión, objetivos y condiciones necesarias para construir un esquema de Gestión Integral de Riesgos, tomando en cuenta las políticas de protección al ambiente, desarrollo social y ordenamiento territorial, así como el mejoramiento del nivel y calidad de vida de la población.

Es responsabilidad de las autoridades supervisar aquellas actividades que pudieran implicar un incremento en el nivel de riesgo, así como aplicar las normas de seguridad correspondientes e informar oportunamente a la autoridad competente de protección civil sobre la posibilidad de daños y pérdidas y, en su caso, asumir las responsabilidades legales a que haya lugar.

Con la información anterior es posible concluir que la función del Atlas de Riesgos no es normar el uso del suelo, sino proporcionar información para que las autoridades puedan normar el uso del suelo en función de las actividades a realizar.

Esto significa dos cosas; lo primero, que es posible realizar cualquier actividad en el territorio siempre y cuando se cuente con las medidas de mitigación y adaptación para protegerse ante los efectos de un fenómeno. Lo segundo es que, si hay una autoridad que valide la realización de actividades que incumplan la ley, dicha autoridad será corresponsable de los daños ocasionados por su actuación.

1.2.- Antecedentes

1.2.1 Ámbito nacional y regional

El impetuoso desarrollo tecnológico a nivel mundial ha propiciado la transformación de las condiciones de vida del hombre, la reducción de la mortalidad y el aumento de la esperanza de vida al nacer. Como consecuencia de ello, se ha incrementado la población mundial, lo que requirió de una intensificación en la producción de alimentos y de los bienes de consumo, así como del gasto de energía.

No obstante, debido a la falta de una visión integral del hombre y su relación con la naturaleza al modificar el entorno natural para adaptarlo a sus fines y conveniencias buscando satisfacer sus necesidades, se ha causado el deterioro de ésta y el medio ambiente ha generado respuestas en un principio a escala local, para adquirir luego carácter global hasta llegar en múltiples ocasiones a convertirse en un problema para la humanidad.

A nivel mundial, el número de desastres naturales relacionados con la meteorología se ha triplicado desde los años sesenta. Cada año esos desastres causan más de 60 000 muertes, sobre todo en los países en desarrollo. El aumento del nivel del mar y eventos meteorológicos cada vez más intensos destruyen hogares, servicios médicos y otros servicios esenciales (Rodríguez et al., 2011).

El Índice de Riesgo Climático Global (IRC) de Germanwatch es un análisis basado en una de las compilaciones de datos más fiables sobre los impactos de los eventos climáticos extremos y los datos socioeconómicos asociados. Este índice representa una pieza importante en el rompecabezas global sobre los impactos relacionados con el clima y las vulnerabilidades asociadas (Germanwatch, 2014). Las consecuencias de estos fenómenos naturales generalmente se agravan por otros motivos distintos a la fuerza, violencia y presencia inesperada con que se presentan.

Algunas de las razones que contribuyen a la generación del desastre son generalmente acciones humanas previas tales como el calentamiento global, la urbanización temeraria en zonas vulnerables, construcción con infraestructura inapropiada, falta de cultura en materia de protección civil, entre otras. Como resultado de la interacción entre estos fenómenos y las acciones humanas desafortunadas se producen importantes afectaciones de carácter social, económicas y ambientales.

México por su ubicación geográfica en el área de confluencia de la zona neotropical y neártica, así como por su compleja fisiografía y su establecimiento sobre placas tectónicas en movimiento (Galindo et al., 2009), se encuentra expuesto a recibir el embate de diversos fenómenos naturales que ponen en peligro a la población que en él habita. El país se encuentra en una zona de alta sismicidad debido a la interacción de 5 placas tectónicas: La Placa de Norteamérica, la de Cocos, la del Pacífico, la de Rivera y la Placa del Caribe. Por esta razón no es rara la ocurrencia de sismos. En este sentido, el Servicio Sismológico Nacional reporta en promedio la ocurrencia de hasta 40 sismos por día (Servicio Sismológico Nacional, 2017).

Precisamente de forma reciente, casi una tercera parte del territorio mexicano sufrió afectaciones por la ocurrencia de dos sismos de gran magnitud, ambos fenómenos geológicos se presentaron durante el mes de septiembre (07 y 19 respectivamente) de 2017.

El Servicio Sismológico Nacional reportó que el primero de ellos tuvo una magnitud de 8.2 en la escala de Richter, con epicentro en Pijijiapan, Chiapas. En este evento resultaron principalmente afectados los estados de Chiapas y Oaxaca. El segundo sismo ocurrió el 19

de septiembre de 2017 localizado en el límite estatal entre los estados Puebla y Morelos, a 12 km al sureste de Axochiapan, Morelos y a 120 km de la Ciudad de México. Tuvo una intensidad de 7.1 en la escala de Richter y sus efectos se sintieron especialmente en el centro del país donde causó grandes estragos. Este agente perturbador sacudió la Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Puebla, Morelos, Tlaxcala y Veracruz ocasionando severos daños (Figura 3).

Como resultado de los fenómenos geológicos del mes de septiembre, la Secretaría de Gobernación emitió declaratorias de desastre para 687 municipios de 8 entidades federativas y declaratorias de emergencia extraordinaria para 325 municipios de 6 estados. De acuerdo con la última estimación de la Presidencia de la República, las afectaciones sobre viviendas, edificios y espacios públicos ocasionadas por los sismos rondaban los 48 mil millones de pesos (Senado de la República, 2017), aunque no hay aún una cifra oficial definitiva.



Figura 3.- Daños causados por el sismo del 19 de septiembre de 2017 (fuente: internet).

La Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) levantó el "Censo de viviendas y acciones para la reconstrucción: transparencia y rendición de cuentas".

De acuerdo con dicho informe, se registraron 58 mil 366 viviendas con daños parciales o totales en 90 municipios de Chiapas; en Oaxaca se reportaron 63 mil 335 casos de daños distribuidos en 41 municipios; en el estado de Puebla el total de viviendas con algún tipo de deterioro fue de 28 mil 371, de las cuales 5 mil 744 tuvieron pérdida total y 22 mil 627 tuvieron daños parciales; para el caso de Tlaxcala se registraron 34 viviendas afectadas parcialmente o con daños menores. Por otro lado, en el Estado de México el censo de daños identificó la afectación a 7 mil 565 viviendas, de las cuales mil 800 fueron consideradas como pérdida total; respecto al estado de Morelos de las 15 mil 704 viviendas con reportes de daños, 2 mil 716 presentan pérdida total; finalmente el Gobierno de la Ciudad de México tiene registro de 38 derrumbes, 5 mil 765 viviendas con daño estructural o riesgo incierto. Al 21 de octubre, se había autorizado el derrumbe de 200 inmuebles con daños

estructurales solo en la delegación Iztapalapa; sin embargo, la evaluación de daños continúa por lo que el costo real aún es incierto.

Para el Caso del Estado de Tabasco, las afectaciones fueron menos severas, aunque se reportaron 319 construcciones dañadas, 166 escuelas de distintos niveles educativos con afectaciones y cuatro personas fallecidas (Figura 4).

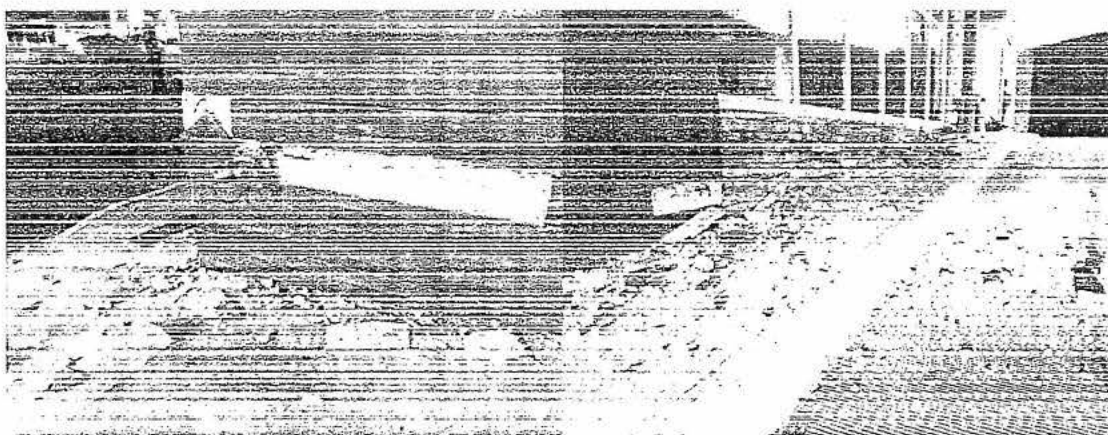


Figura 1.- Daños causados en Tabasco por el sismo del 67 de septiembre de 2017 (fuente: Internet)

Aunado a los daños que causan los agentes perturbadores geológicos, el país sufre afectaciones con mayor frecuencia por la irregular temporada de huracanes que amenaza cada año tanto la costa del Atlántico, como la del Pacífico (Tejada y Valencia, 2008). En este sentido y acorde al Índice Global de Riesgo Climático 2015 elaborado por Germanwatch, durante el año 2013 México fue el cuarto país más afectado por fenómenos climáticos, especialmente por tormentas y huracanes (Sönke & Eckstein, 2014), entre los que se encuentran el huracán "Ingrid" que ingresó por el Golfo de México y de la tormenta tropical "Manuel" que entró al país por la costa del Pacífico.

Durante la temporada de huracanes del año 2017, el territorio nacional se vio afectado por varios huracanes. El primero de ellos de importancia fue el huracán Harvey que de acuerdo con el Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos (NHC, por sus siglas en inglés) en el mes de agosto alcanzó categoría 4 en la escala de Saffir-Simpson y golpeó el Golfo de México. La Coordinación Nacional de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación en coordinación con el Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua, informaron que el fenómeno hidrometeorológico pasó sobre la Península de Yucatán y noreste de Matamoros, Tamaulipas sin causar graves daños.

El cuarto huracán de la temporada ciclónica en el Atlántico tocó tierras mexicanas. El 05 de septiembre del mismo año, el Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos informó que Irma, alcanzó la categoría cinco en la escala Saffir-Simpson y se consideró como "extremadamente peligroso" con vientos sostenidos de hasta 280 kilómetros por hora. Irma es el huracán más potente de la historia en formarse en mar abierto (Figura 5).

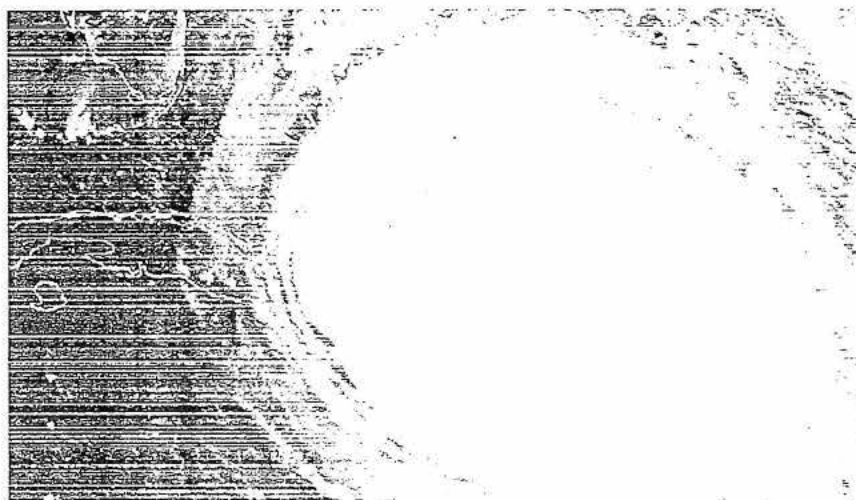


Figura 5.- Con vientos de más de 280 km/h el huracán Irma se ubicó como el más potente y destructivo en la historia (Actualidad, 2017).

El Sistema Meteorológico Nacional dio a conocer que en un inusitado evento la cuenca del Atlántico pasó a tener tres ciclones activos de manera simultánea al unirse a Irma los huracanes José y Katia (Figura 6). Esta última generó tormentas torrenciales en Veracruz y Puebla; tormentas intensas en Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Oaxaca, Tabasco y Chiapas, y tormentas muy fuertes en el Estado de México, Ciudad de México y Tlaxcala. Además de vientos sostenidos de 20 a 40 km/h con rachas superiores a 55 km/h en Tamaulipas y Veracruz y vientos sostenidos de 15 a 30 km/h con rachas superiores a 45 km/h en Tabasco, San Luis Potosí, Puebla, Oaxaca e Hidalgo.

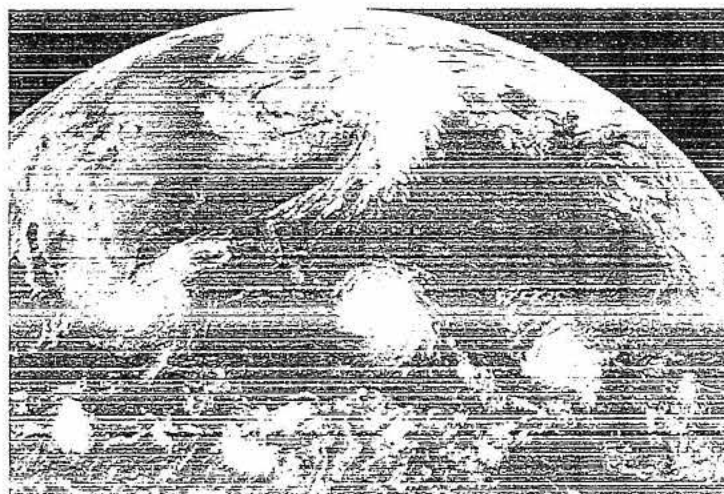


Figura 6.- Katia, Irma y José, tres huracanes que recorren por primera vez de manera simultánea el Atlántico (Antigua Chronicle, 2017).

El efecto sinérgico de estos agentes perturbadores causó estragos en la tercera parte del territorio mexicano (González et al., 2013). De estos tres agentes perturbadores, Katia fue el que mayores daños causó en el territorio nacional, afectando viviendas, infraestructura gubernamental, negocios, cultivos, desbordamiento de ríos, deslaves, entre otros.

Aunque no existe un cálculo exacto de las pérdidas económicas originadas por estos fenómenos naturales, el jefe del Ejecutivo Federal reconoció que los más de 1,200 millones de pesos con los que contaba el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) eran insuficientes para lograr la reconstrucción, por lo que destinó 39 mil millones de pesos adicionales a la emergencia e instó a los gobernadores a realizar ajustes en sus presupuestos del 2014. Los daños materiales fueron cuantiosos, en el ámbito rural se dañaron campos y cosechas en alrededor de 613,000 ha y se perdieron más de 100,000 unidades en ganadería; el sector comunicaciones sufrió daños en carreteras, autopistas y puentes; el sector vivienda fue de los más dañados, dejando sin patrimonio y hogar a cientos de familias (González et al., 2013).

En lo que respecta al estado de Tabasco, este ha sufrido en múltiples ocasiones las consecuencias del impulso que se le ha dado al "desarrollo" del campo; de la deforestación a la que han sido sometidas las selvas para transformarlas ya sea en pastizales para el uso ganadero, o en zonas de cultivo; de la desmesurada construcción de caminos y drenes para la industria petrolera; del crecimiento y expansión no planificados de los asentamientos humanos, entre otros. El entorno tabasqueño ha sido objeto de fuertes modificaciones que van desde altos índices de contaminación de suelos y cuerpos de agua, hasta la disminución y encajonamiento de los ríos que surcan por la planicie.

El efecto de estas últimas acciones se ha sentido con particular fuerza en los últimos años al hacer sinergia con diversos fenómenos hidrometeorológicos dando como resultado un mayor impacto en los daños que se generan no solo al territorio, si no a la población que en él habita.

Bajo este contexto, se hace necesario analizar algunos datos para dar cuenta de la posición e importancia del Estado frente a la naturaleza y sus características (Tudela et al., 1989).

El estado de Tabasco se ubica en la confluencia de las zonas macro climáticas neotropical y neártica, motivo por el cual posee características climáticas de ambas zonas. Esta peculiaridad lo hace susceptible de recibir el impacto de los denominados "nortes" que son vientos anticiclónicos cargados de humedad, así como de los disturbios tropicales causados por las depresiones y tormentas tropicales provenientes de los océanos Pacífico y Atlántico, que en múltiples ocasiones llegan a converger haciendo aún mayores los efectos que ejercen. A consecuencia de lo antes expuesto, Tabasco no es solo una de las entidades del país que posee un amplio régimen de lluvias, si no que de acuerdo con la UNAM es la entidad que tiene el nivel más alto de precipitación del país (WWF, 2010).

La descarga pluvial que se genera debido a las intensas y continuas lluvias, particularmente en la Sierra Norte de Chiapas y Guatemala en la cuenca del río Mezcalapa y el río Usumacinta, afecta fuertemente el nivel de los ríos de la región, sobre todo del Samaria y Carrizal. Lo anterior, generalmente ocasiona que los niveles de ambos ríos se excedan, provocando el desbordamiento de éstos. A consecuencia de ello, sus riberas se saturan al igual que las partes bajas que funcionan como vasos reguladores afectando las actividades productivas del estado y a la población (Galindo et al., 2009).

Es importante destacar que cuando dos o más de estos fenómenos se conjugan, sus efectos hacen sinergia, lo que deriva en mayores volúmenes y tiempo de escurrimiento, causando estragos en la población. De entrada, este único elemento sería suficiente para debilitar la seguridad y tranquilidad de la población. Si a estas particularidades se le agregan la extensión y características de la cuenca Grijalva – Usumacinta y se añade que cerca del 30% de los recursos dulce acuícolas del país transcurren por un espacio muy breve entre los municipios de Cárdenas a Jonuta, se puede advertir la magnitud del peligro que este conjunto de peculiaridades representa.

La extensa planicie de suelos aluviales de Tabasco de la Llanura Costera del Golfo es el resultado del acarreo de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta, que durante miles de años han depositado materiales que traen desde las montañas de Chiapas y Guatemala.

En los desbordamientos periódicos el material aluvial grueso se deposita junto al cauce principal formando planicies fluviales, y el material aluvial más ligero se transporta hacia zonas de inundación más bajas y alejadas del curso de los ríos. La mayor parte de la fisiografía del estado abona a que el drenaje de los escurrimientos transcurra lentamente.

Las precipitaciones abundantes y continuas durante el año, sobre todo las que provienen de la Sierra son las que representan una mayor amenaza para el territorio tabasqueño debido a que los escurrimientos llegan a la planicie tabasqueña. En este sentido, la fisiografía del estado constituye un elemento desfavorable para el drenaje de los escurrimientos. No obstante, la vasta red hidrológica es el factor más significativo que hace difícil el manejo de las cuencas en el estado de Tabasco. Evidentemente, los factores naturales influyen en las condiciones de riesgo y vulnerabilidad principalmente de inundaciones en el estado. Estas características constituyen por sí mismas una seria amenaza que deben ser ampliamente consideradas, estudiadas y manejadas por las administraciones locales y federales.

Estos fenómenos generan intensas y continuas lluvias, particularmente en la Sierra Norte de Chiapas y Guatemala en la cuenca del río Mezcalapa y el río Usumacinta. La descarga pluvial afecta fuertemente el nivel de los ríos de la región, sobre todo al Samaria y Carrizal, el nivel de estos se eleva al grado de desbordarse y ello causa la saturación de las partes bajas de sus riberas y en numerosas ocasiones saturan también los vasos reguladores (Galindo et al., 2009).

Algunos de los intentos que se han realizado para manejar estas características han sido la construcción de infraestructura hidroagrícola e hidroeléctrica, por lo que a mediados del siglo pasado se dio inicio a un ambicioso proyecto para controlar el poder del río Grijalva y a la vez generar energía eléctrica. Este proyecto estableció un sistema de presas en el Alto Grijalva que controlan de cierta forma la potencia de este río. Sin embargo, de forma paradójica la conclusión de este sistema inició una secuencia de eventos que terminaron con el impacto ambiental más documentado del país debido a la gravedad de este.

De esta forma, entre la transformación de selvas a ganadería extensiva y la gestión e implementación de complejos agroindustriales en la región, además del relleno de vasos reguladores, la transformación del territorio inicia su camino hasta alcanzar los resultados que el día de hoy son completamente visibles. Kilómetros de drenes y canales que cambian los periodos de inundación y la construcción de kilómetros de carreteras que impiden el desbordamiento natural de los ríos y con ello el enriquecimiento de los suelos en la planicie, son algunos de los casos más visibles del deterioro ambiental del estado y de la disminución del potencial de crecimiento o inundación de sus principales cuerpos de agua (Tudeia et al., 1989).

Al limitar la distribución del agua con la construcción de drenes, canales, carreteras y puentes, se comprometió su tránsito a espacios reducidos; por lo que, de manera general, se desarrolló una tendencia a aumentar el tirante de inundación y el tiempo de drenado agravándose con ello el problema existente, ya que el agua que antes se dispersaba ampliamente en los vasos reguladores ahora se concentró en ciertas áreas. Las consecuencias que trajeron consigo estas acciones no se hicieron esperar, la frecuencia y gravedad de las inundaciones en el estado aumentaron.

En este sentido, uno de los desastres más relevantes ocurridos en el estado de Tabasco causado por fenómenos naturales fue la inundación sucedida durante el año de 1999. La temporada de lluvias en el Estado para ese año inició a mediados del mes de septiembre y se prolongó por 77 días. El desastre hidrometeorológico acontecido, fue resultado de la presencia en el territorio tabasqueño de sucesivas ondas tropicales y aire húmedo provenientes de los océanos Pacífico y Atlántico. Las intensas y continuas lluvias generadas por estos fenómenos, particularmente en la Sierra y en la cuenca del río Mezcalapa, afectaron la mayoría de los ríos de la región, principalmente el Carrizal y el Samaria, causando elevaciones en el nivel de estos que saturaron las partes bajas de sus riberas y de las zonas de regulación (Bitran, 2000).

A principios del mes de octubre de 1999, las aguas de la Presa Peñitas (ubicada en el vecino estado de Chiapas, en la parte más alta del sistema hidrológico de Tabasco), sobrepasaron el nivel máximo ordinario de la misma, obligando al desalojo un gasto máximo de 2,323 metros cúbicos por segundo.

Debido a lo anterior, y al hecho de que los ríos habían alcanzado niveles extraordinarios por la presencia de los fenómenos antes descritos, el proceso natural de desalojo de agua hacia el mar se dificultó generando inundaciones en áreas urbanas, suburbanas y de uso agropecuario. El estancamiento de las aguas por tiempo tan prolongado ocasionó pérdidas sumamente importantes en la infraestructura económica y social del Estado, así como en los sectores productivos al haberse detenido por completo o entorpeciendo sus actividades y trastornando la vida de importantes segmentos de la población (CENAPRED, 2001).

Las pérdidas económicas alcanzaron algo más de 2,500 millones de pesos, monto que equivale a más del 4% del PIB del Estado. El presupuesto de egresos de Tabasco para el

ejercicio fiscal de 1999 que incluye fondos del Ramo General 33, ascendió a 11,359 millones de pesos. De manera que los 2,558 millones de pesos estimados como pérdidas por las inundaciones, fueron equivalentes al 23% de los recursos asignados ese mismo año por el Gobierno del Estado para atender las necesidades de inversión y desarrollo de la entidad. En términos de la producción petrolera del Estado, el desastre fue equivalente a perder los recursos de 303 días de extracción.

Los recursos aportados por el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) en este caso ascendieron aproximadamente a 1.3 mil millones de pesos, de los cuales, el Gobierno Federal contribuyó con 1.1 mil millones. Los sectores con mayores afectaciones fueron en orden de afectación los siguientes: vivienda, agua y saneamiento, ganadería, transporte y comunicaciones e industria manufacturera. También se tuvieron importantes afectaciones en la producción agrícola, el comercio y el cuidado de la salud (Bitran, 2000).

Como consecuencia de las inundaciones de 1999 en la capital del Estado se inicia la elaboración del Programa Integral Contra Inundaciones (PICI) y se concreta hasta el año 2003; entre los objetivos primordiales del programa se contempló el control del caudal de los ríos Grijalva y Usumacinta, asegurando con ello la protección de la población, en particular de la Ciudad de Villahermosa. Este programa institucionalizó la construcción de bordos y estructuras de control y drenaje para evitar las inundaciones en la capital del Estado.

Otro ejemplo del poderío de los fenómenos naturales se presentó a finales del mes de octubre de 2007. Desde el 23 de octubre del citado año se presentaron fuertes lluvias ocasionadas por un frente frío y su concomitancia con la presencia de la tormenta tropical Noel en el Mar Caribe. El río Grijalva que nace en Guatemala y desemboca en el municipio de Centla, Tabasco había rebasado su capacidad máxima hacia la parte de su desembocadura, por lo que inicialmente ocasionó inundaciones en el municipio de Centla. La pluviosidad en la cuenca del Grijalva oscilaba entre los 150 y 250 mm y desde luego, al aumentar la cantidad de agua que caía en la cuenca del Grijalva en el norte de Chiapas, también aumento el caudal de los ríos que tienen sus fuentes en esa región.

El 29 de octubre, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) informó que desfogaría la presa Peñitas, muy cercana al territorio tabasqueño, debido a que la presa estaba recibiendo más agua de la que podía recibir. Inicialmente se descargarán 669 metros cúbicos por segundo; sin embargo, al día siguiente la descarga aumentó a 1500 metros cúbicos por segundo. Esto se tradujo en el aumento de más de un metro en el nivel del río Grijalva en la llanura tabasqueña. Las consecuencias se hicieron presentes de inmediato, ya que para el día 30 del mismo mes la mayor parte del estado de Tabasco se encontraba sumergida bajo el agua. El panorama era sumamente desalentador, ya que en Chiapas las lluvias no habían concluido y en Tabasco había comenzado a llover.

Este fue uno de los desastres que mayores efectos negativos causó en el estado de Tabasco. De acuerdo con el análisis de impacto socioeconómico realizado por la Comisión Económica

para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2008), la inundación cubrió con agua el 62% de la superficie del estado y dejó casi 1.5 millones de damnificados (75 % de la población de Tabasco).

Las pérdidas económicas fueron evaluadas en 31.8 miles de millones de pesos considerando daños en la infraestructura (caminos, puentes, etc.), en sectores productivos (actividad agrícola, industria, entre otros), social (vivienda, salud, educación) y en términos ambientales.

Este evento se catalogó como uno de los desastres más grandes ocurridos en México, sólo superado por el impacto de los sismos en la Ciudad de México en 1985 y en 2017, así como por los efectos acumulados de los huracanes "Wilma" y "Stan" ocurridos en el 2005.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, el estado de Tabasco cuenta con 567.175 viviendas, de las cuales 556.350 corresponden a los 16 municipios que fueron afectados en ese evento (a excepción de Tacotalpa). El total de viviendas estimadas con daño de diversa índole fue de 2,289, lo cual representó el 0,4% del total estatal. La distribución de los daños a dichas viviendas fue la siguiente: 53 viviendas sufrieron pérdida total, 98 viviendas daño parcial y 2,138 viviendas daños menores (CEPAL et al., 2012).

A raíz de la inundación de octubre de 2007, en el año siguiente se reelabora el Programa Integral Contra las Inundaciones y pasa a llamarse Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT).

Durante el año 2011, en el Estado de Tabasco se presentaron diversos eventos climatológicos, los cuales generaron, por parte de la Secretaría de Gobernación 5 declaratorias de emergencia, el 11, 19, 20, 22 y 25 de octubre a fin de obtener recursos para atender las necesidades alimenticias, de abrigo y de salud de la población afectada y 2 declaratorias de desastre natural el 20 de octubre publicadas a través del Boletín de la SEGOB 2011 N° 368 y el 3 de noviembre a través del Diario Oficial de la Federación, a fin de obtener recursos para atender de manera inmediata los daños ocasionados a la infraestructura pública y las viviendas de la población afectada por el desastre natural en cuestión (CEPAL, 2012).

Los municipios de Balancán, Centla, Emiliano Zapata, Jalpa de Méndez, Jonuta, Macuspana, Nacajuca, Tenosique, Cárdenas, Centro, Cunduacán, Jalapa, Teapa, Comalcalco, Huimanguillo y Paraíso fueron los afectados por la ocurrencia de lluvia severa e inundación fluvial y pluvial ocurridas entre el 16 de septiembre y el 22 de octubre de 2011.

En el caso de los fenómenos antropogénicos, específicamente los relacionados con la industria petrolera, se han presentado algunos siniestros en el estado como consecuencia de las actividades de transporte de hidrocarburos en equipos móviles que han llamado la atención hacia este tipo de eventos. Un ejemplo de ello ocurrió el 11 de noviembre de 2011 en la colonia Carrizal de la Ciudad de Villahermosa, la explosión de una pipa que transportaba combustible incendió 7 casas y provocó la muerte de tres personas.

También en el 2011, casi al finalizar el año se registró la explosión de una pipa repartidora de gas LP estacionario en la colonia Las Gaviotas. La explosión generó pánico entre los habitantes de la citada colonia, así como el cierre de la carretera Villahermosa – Macuspana.

Un evento de fechas más reciente ocurrió el 21 de febrero de 2015. Una pipa cargada con turbosina volcó en la Glorieta Tabscoob en la misma ciudad de Villahermosa lo que provocó su incendio.

1.2.2 Antecedentes del Municipio de Paraíso

Particularmente, en lo que respecta al municipio de Paraíso, en la inundación del 2011, casi el 80% de la población sufrió afectaciones. Se habilitaron 12 albergues en diferentes comunidades y en el centro del municipio y desde luego ante la magnitud de las inundaciones se consideró al municipio en estado de emergencia. Los ríos que se desbordaron ante el caudal de agua fueron el Río Seco y el Cuxcuxapa, afectando las comunidades de Nicolás Bravo.

El municipio, también ha recibido los embates de huracanes en diversos años como el de Hilda y Jane (1970), que se tradujo en inundaciones de las zonas bajas del municipio con grandes deslaves en el litoral por efecto del fuerte oleaje y la consecuente pérdida de terreno útil a lo largo de la costa del municipio. Además, hubo destrucción de algunas casas rústicas de precaria construcción y caída de árboles en calles y carreteras afectando las vialidades además del patrimonio de la población.

En 1973, el huracán Brenda golpeó con tal fuerza al municipio que el faro que se encontraba en la barra de Tupilco fue derrumbado y destruido por completo por el mismo. Para 1982 el huracán Gilberto causó nuevamente daños tanto al patrimonio de la población municipal como a la administración pública al verse afectadas las viviendas, así como infraestructura gubernamental y vías de comunicación principalmente.

En 1995 con la llegada Opal y Roxana a Paraíso, las inundaciones alcanzaron niveles que rebasaron en mucho las ocurridas durante la segunda mitad del siglo pasado en el municipio.

Ocasionaron grandes pérdidas para el sector agropecuario, daños considerables al patrimonio de la población, movilizaciones de damnificados, daños a la salud y economía de los habitantes, así como daños en la infraestructura de servicios públicos y deterioro del entorno natural (Protección Civil, 2017).

Para el año 2007, Paraíso se vio afectado por las lluvias torrenciales y el desfogue de las presas en el estado de Chiapas.

La inundación resultante afectó al 40% de la población municipal, inundando viviendas, escuelas, centros de trabajo, derribe de árboles, techos de viviendas caídos, entre otros. Pescadores de la Barra de Tupilco quedaron incomunicados al dañarse la bocana transportista.

La presencia del frente frío número 3 durante el 2010, tuvo un fuerte efecto sobre los habitantes del municipio, ya que el 30% de la población resultó damnificada y una gran parte de las comunidades locales se inundaron, entre ellas la ranchería Aquiles Serdán, el ejido Aquiles Serdán, las Flores 1era y 2da y ocurrió un deslave en el ejido Aquiles Serdán.

En el caso del frente frío número 17 que se presentó en diciembre de 2015, provocó el desborde de laguna en Las Flores 1ra, y 2da, así como el desbordamiento del Río Seco. Para noviembre de 2016, los frentes fríos 6 y 7, provocaron el desbordamiento de un brazo del río González y de la laguna Mecoacán en el ejido Chiltepec sección banco.

Otros agentes perturbadores como las trombas también se han presentado en el territorio municipal. Durante mayo de 2011 una fuerte tromba destruyó techos de casas y derribó árboles afectando principalmente a los habitantes de la colonia Pénjamo y al ejido Chiltepec sección tanque.

Uno de los desastres más relevantes ocurridos en el estado de Tabasco y que también afectó al municipio de Paraíso causado por fenómenos naturales fue la inundación de 1999. La temporada de lluvias en el Estado para ese año iniciaron a mediados del mes de septiembre y se prolongaron hasta por 77 días. El desastre hidrometeorológico fue resultado de la presencia en el territorio tabasqueño de sucesivas ondas tropicales y aire húmedo provenientes de los océanos Pacífico y Atlántico. Las intensas y continuas lluvias generadas por estos fenómenos, particularmente en la Sierra y en la cuenca del río Mezcalapa, afectaron la mayoría de los ríos de la región, principalmente el Carrizal y el Samaria, causando elevaciones en el nivel de estos que saturaron las partes bajas de sus riberas y de las zonas de regulación (Bitran, 2000).

Respecto al vulcanismo, únicamente se ha registrado un evento: la erupción del Volcán Chichonal en el año de 1982. Este volcán ubicado en el estado vecino de Chiapas entró en actividad violenta el 28 de marzo del citado año, así como los días 03 y 04 del mes de abril en el mismo año. La nube de cenizas que generó llegó al estado aproximadamente 12 horas después de la erupción y el municipio de Paraíso también fue afectado.

Otro agente perturbador que se ha manifestado en el área que ocupa el municipio son los sismos. Aunque en el estado de Tabasco la intensidad de los sismos generalmente no es muy alta, la población e infraestructura no se encuentra exenta de sentir sus efectos cuando estos se hacen presentes. Precisamente el 07 de septiembre de 2017 el Servicio Sismológico Nacional reportó un sismo con una magnitud de 8.2 en la escala de Richter. El municipio de Paraíso sufrió algunas afectaciones derivadas del mismo. La Unidad de Protección Civil del Ayuntamiento de este municipio realizó las inspecciones correspondientes en diversos puntos del territorio municipal para verificar y cuantificar los daños causados por el fenómeno geológico que afectó el sureste del país.

En su informe, Protección Civil (2017) reportó daños físicos diversos en tres escuelas primarias; daños estructurales en dos jardines de niños; daños físicos en cuatro viviendas particulares; desplome de dos bardas perimetrales, una en la ranchería Las Flores y otra en

la ranchería Quintín Arauz; daños en dos bardas perimetrales en el fraccionamiento Los Arcos de la colonia Quintín Arauz y ejido Quintín Arauz y finalmente el desplome de un árbol en la ranchería Potreritos.

El municipio de Paraíso ha presentado algunos incidentes relativos a los fenómenos antropológicos, específicamente aquellos concernientes a los hidrocarburos. El 19 de febrero de 2010 se presentó una fuga de gas sulfhídrico en una línea de 24 pulgadas de la trampa del Diablo Sur, localizada en el interior de la terminal marítima de dos bocas y aunque las comunidades aledañas se vieron afectadas por el gas presente en la atmósfera, no hubo mayores consecuencias. En el 2012 el espigón del faro de Chiltepec causó erosión en la margen izquierda (Colonia Pénjamo y poblado Chiltepec) del río González, provocando daño a las casas que se encontraban sobre la margen del río.

Ante la presión demográfica y la escasez de viviendas y servicios, así como de suelos óptimos para asentamientos humanos, terrenos bajos han sido rellenados para la construcción de unidades habitacionales y plazas comerciales. Antiguas áreas de amortiguamiento —donde en temporada de crecientes desbordaban ríos y lagunas— fueron reducidas en número y espacio, poniendo en peligro de inundación a miles de personas y cuantiosos bienes materiales. Si bien, las crecientes anuales forman parte de la vida cotidiana de Tabasco, las presentadas en la ciudad de Villahermosa en la segunda mitad del siglo XX y la primera década del XXI han sido de graves consecuencias sociales y económicas, sobre todo las de 1952, 1980, 1999 y 2007 (Capdepont-Ballina y Marin-Olan, 2013).

El impacto económico que estos desastres han causado en los últimos años, han sido sumamente altos. Ejemplo de ello es el costo que tuvo la inundación del 2007 cuyo monto estimó la CEPAL en 31.8 miles de millones de pesos considerando daños en la infraestructura, en los sectores productivos y social, así como en términos ambientales.

Este único evento comprende la mitad del producto interno bruto (PIB) de la entidad, ya que el INEGI estimó el PIB para ese año en 77.5 mil millones de pesos, además del grave riesgo que significa la posibilidad de pérdida de vidas humanas (CEPAL, 2008).

La frecuencia y gravedad de las inundaciones en los últimos años evidencian una serie de dificultades que comprenden múltiples ámbitos, entre los cuales destaca inicialmente la falta de planeación del uso del suelo y posterior a los esfuerzos realizados para el desarrollo de programas de ordenamiento de asentamientos humanos y planeación urbana, la falta de aplicación de estos programas; así como la carente articulación de los servicios municipales.

De forma paralela, en las últimas décadas la población ha aumentado en forma acelerada, sobre todo en la parte central, provocado entre otras causas, por la migración de las áreas rurales hacia la capital en búsqueda de mejores oportunidades. En el caso del municipio de Paraíso, este fenómeno tuvo como principal causa las oportunidades de trabajo en la prestación de servicios al personal que laboraba en la extracción de hidrocarburos.

Los ejemplos presentados en este Atlas de Riesgos ponen de manifiesto que el estado de Tabasco no está exento de sufrir los embates de la naturaleza. Por el contrario, derivado de sus características físicas y en particular por su ubicación geográfica, el estado y el municipio de Paraíso experimentan con frecuencia problemas relacionados con fenómenos hidrometeorológicos, específicamente con inundaciones, sean de tipo pluvial o fluvial y algunas trombas. No obstante, estos no son los únicos fenómenos perturbadores naturales a los que se encuentran expuestos, el vulcanismo y los peligros antropológicos han sido otros que se han presentado en el municipio, aunque de forma eventual.

Además de los eventos recientes ya descritos, diversas experiencias en desastres de gran magnitud ocurridos en las últimas décadas han marcado a muchas ciudades y regiones del país con importantes implicaciones sobre la población, la infraestructura y los sectores económicos. El impacto de los huracanes Ingrid y Manuel (2013), Odile (2014), Alex (2010), Karl y Matthew (2010), Stan y Wilma (2005), Paulina (1997), Opal (1995), Roxana (1995), Gert (1993), Gilberto (1988); las explosiones de San Juan Ixhuatepec en 1984 y Guadalajara en 1992. No obstante, de acuerdo con cifras del CENAPRED (2015), el evento más caro y devastador que el país ha sufrido en las últimas décadas fue el sismo de 1985 con un costo de 4,100 millones de pesos y la defunción de 6000 personas, además de las lluvias e inundaciones en Tabasco en 2007 y 2009, donde únicamente la del año 2007 tuvo un costo de 2, 918 millones de pesos, y la erupción del volcán el Chichonal en Chiapas en 1982 cuyo costo en vidas humanas fue estimado en 1700 defunciones.

Un evento devastador reciente es el sismo de 2017, mismo que de acuerdo con la última estimación de la Presidencia de la República las afectaciones sobre viviendas, edificios y espacios públicos de los sismos rondaban los 48 mil millones de pesos (Senado de la República, 2017), aunque no hay aún una cifra oficial definitiva.

Estos eventos entre otros muestran la alta vulnerabilidad de la población mexicana y sus estructuras frente a amenazas de origen natural (Mansilla y Rubio, 2009). A todos estos fenómenos es necesario sumarle el creciente número de desastres causados por la acción humana como explosiones, derrames de productos químicos e incendios forestales (Bitran, 2000).

El contexto permite entonces percatarse que generalmente los efectos de estos fenómenos naturales han sido más graves por acciones humanas previas, de tal forma que al presentarse el agente perturbador de manera inesperada y violenta independientemente de que tipo de fenómeno se trate, se producen afectaciones importantes de carácter social, económico y ambiental.

A raíz del efecto de los fuertes daños ocasionados por los fenómenos hidrometeorológicos "Ingrid y Manuel" sobre el territorio, la infraestructura y la población, el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), emprendió acciones orientadas a disminuir el alto costo de los desastres en México. Sin embargo, se puso en evidencia que parte fundamental del problema del riesgo en el país se asocia con la inadecuada planeación en el ordenamiento del territorio y de las políticas para la

reducción del riesgo, la deficiente aplicación de la normatividad tanto federal como estatal, la falta de medidas que induzcan a una localización más segura de los asentamientos humanos, el insuficiente manejo de las cuencas hidrográficas, el deterioro ambiental, la marginación, la escasa operación de sistemas de alerta temprana y la insuficiente cultura de prevención y mitigación, entre otros (Mansilla, 2008).

La presencia de agentes perturbadores en el territorio es por sí mismo un evento que tiene un alto costo. No obstante, esos costos generalmente suelen ser mayores e impactan no solo económica sino socialmente cuando por diversos factores estos fenómenos se presentan en áreas donde existen asentamientos humanos e infraestructura y se transforman en desastres. Una de las principales razones de los desastres es la falta de instrumentos que identifiquen los peligros y riesgos a los que puede estar expuesta la población, además de la poca información veraz, oportuna y precisa que existe sobre las características que posee el territorio como tal.

El Atlas de Riesgos constituye el instrumento base, ya que a partir de la información que provee se transforma en herramienta imprescindible para la planeación y el ordenamiento territorial.

El Atlas de Riesgos ofrece un panorama claro, detallado y certero sobre las características del territorio sobre el cual se encuentra asentada la población, generada a partir del reconocimiento de las amenazas naturales y antropológicas a las que está expuesto el territorio y su población constantemente.

Este instrumento facilita a los diferentes órdenes de gobierno los elementos necesarios para diseñar e implementar programas e instrumentos acordes a las necesidades y características del territorio y la población, como lineamientos de uso de suelo, reglamentos de construcción con normativas para la óptima construcción de viviendas, infraestructura y equipamientos pertinentes, protocolos oficiales de protección civil, entre otros que abonen a la consecución de un desarrollo territorial ordenado, sustentable y seguro. A partir de la información generada por el Atlas de Riesgos, se pueden formular políticas públicas de prevención y mitigación de daños relativos a los peligros y riesgos a los que se encuentra expuesto el territorio y su población.

El gobierno municipal de Paraíso respondiendo a la creciente necesidad del desarrollo económico y social de su municipio y apostando a la construcción de un sistema de planeación integral que considere como punto de partida la seguridad de su gente ante el peligro que representan los diversos fenómenos naturales y antrópicos, elabora este primer instrumento de gestión integrada del riesgo que contribuya a preservar no solo la seguridad de sus habitantes, sino también de su patrimonio.

El Atlas de Riesgos del municipio de Paraíso constituirá una herramienta fundamental a partir de la cual se ha de planear y ordenar el territorio y el que sentará las bases de las políticas para la reducción del riesgo.

Ante el panorama antes expuesto fue necesario revisar de fondo las acciones que los tres niveles gubernamentales han establecido para la disminución del impacto de los fenómenos en el municipio de Paraíso.

De igual modo, revisar las estrategias y acciones que los tres niveles de gobierno realizan para permitir a la sociedad fincar un desarrollo estable y libre de riesgos. Precisamente una de las acciones identificadas es la elaboración del Atlas de Riesgos del municipio de Paraíso, Tabasco cuyos objetivos son los siguientes:

1.3.- Objetivos.

Diagnosticar, ponderar y detectar amenazas, peligros y vulnerabilidades, así como estimar los riesgos en el espacio geográfico del municipio de Paraíso relativos a fenómenos geológicos para generar un instrumento con información que permita a la administración municipal construir una sólida estrategia de prevención de desastres y reducción de riesgos geológicos en el municipio de Paraíso.

1.4.- Metas

Las metas propuestas para el proyecto son:

- Presentar los elementos mínimos cartografiables que se deben considerar en la elaboración de los Atlas.
- Generar, validar y representar cartográficamente la información temática de las Zonas de Riesgo (previo análisis de peligro-vulnerabilidad).
- Obtener un instrumento confiable y capaz de integrarse a una base de datos nacional.
- Hacer posible la consulta y análisis de la información de los diferentes peligros y amenazas de origen natural que afectan al territorio municipal.

Capítulo II.- Identificación de Amenazas ante Fenómenos Perturbadores.

2.1.- Fenómenos Geológicos

Los riesgos geológicos comprenden aquellos procesos y fenómenos relacionados con los materiales de la corteza terrestre, su dinámica y los sistemas con los que se relacionan en la superficie del planeta, tanto de origen natural como en el que interviene el ser humano.

Por su ubicación geográfica, México está continuamente expuesto a peligros relacionados con actividad sísmica, vulcanismo y fallamientos tectónicos asociados. De igual forma, presenta áreas propensas a tsunamis o maremotos en sus zonas costeras.

Como parte de la afectación que el ser humano origina al entorno geológico por la extracción excesiva de aguas subterráneas, son comunes los daños ocasionados a obras de infraestructura urbana, casas habitación, e infraestructura industrial, por la aparición de fracturas y fallas producto de hundimientos diferenciales del terreno, principalmente en valles aluviales o lacustres.

Al combinarse los factores geológicos con los atmosféricos o gravitacionales, se genera una ecuación que da como resultado, fenómenos de peligros asociados, como los deslizamientos de laderas (lentos y rápidos), lahares, flujos de lodo, inundaciones, entre otros, que se han experimentado en diversos estados del país. Dentro de los fenómenos considerados en las bases para la estandarización se considerarán los siguientes:

2.1.1 Vulcanismo (Erupciones volcánicas)

Para el desarrollo de este tema fue necesario situar al municipio en relación con el contexto geológico de México a través de investigación bibliográfica. Para tal fin se ubicó a la localidad en la cartografía geológica de la República Mexicana a fin de determinar su cercanía a campos volcánicos considerados activos y peligrosos. Se obtuvieron datos sobre la historia eruptiva del volcán para determinar el número de erupciones que ha presentado, la cantidad de material expulsado, las características y distribución de sus depósitos. El objetivo fue determinar el potencial de una onda expansiva y su alcance.

2.1.2 Sismos

Este fenómeno se evaluó con la metodología del nivel I de los términos de referencia. En estos se señaló la necesidad de determinar la frecuencia con que se presentan los sismos y la aceleración máxima del suelo en el área de interés. Para ello se ubicó al municipio en el contexto de los mapas disponibles de regionalización sísmica al tiempo que se desarrolló un mapa de epicentros con la magnitud y profundidad de los sismos identificados en la región.

La vulnerabilidad para este fenómeno se evaluó desde el punto de vista físico como la resistencia que tiene la vivienda y en general las edificaciones a estos fenómenos; y desde el punto de vista social como la capacidad de respuesta y preparación de la sociedad ante este tipo de fenómenos.

2.1.3 Tsunamis o maremotos

Los tsunamis son fenómenos geológicos derivados del asentamiento de las diferentes capas de la corteza terrestre. Estos se evaluaron en función de la ubicación de la zona de estudio con respecto a la costa y a su ubicación con respecto a los mapas de peligro por Tsunami o Maremoto existentes.

La vulnerabilidad de la población ante este fenómeno se evaluó como el conocimiento y grado de preparación del ciudadano promedio ante este tipo de fenómenos.

2.1.4 Deslizamientos

Se elaboró un análisis cartográfico multi-criterio que considera las características naturales del territorio a partir de los siguientes temas: Edafología, Geología, Geomorfología, Uso Actual de Suelo y Vegetación y Precipitación Media Anual.

La vulnerabilidad se determinó mediante recorridos de campo en los cuales se buscó identificar rasgos geográficos característicos como escarpes, grietas, afloramiento de rocas y pendientes elevadas.

También se identificó la distancia de las poblaciones en relación con las zonas de amenaza y el conocimiento de las amenazas sobre este tipo de fenómeno y sus consecuencias.

2.1.5 Flujos

De acuerdo con el nivel I de la metodología fue necesario recabar la información histórica con respecto a este fenómeno. Para complementar la información se realizó un análisis geográfico y recorridos de campo que permitieron conocer las características del territorio y levantar información geológico-geomorfológica.

2.1.6 Hundimientos

Se realizó trabajo de levantamiento en campo de los diversos hundimientos reportados para identificar sus causas y los daños para registrarlos en el mapa correspondiente. La metodología se fortaleció con la aplicación de cuestionarios aplicados a la población para el registro de evidencia histórica.

Para la vulnerabilidad se identificaron los procesos de inclinación o hundimiento de obras y postes, evidencias de manto freático superficial y elasticidad del suelo.

La vulnerabilidad social se relacionó con la información que posee la población con respecto a la presencia del proceso perturbador, el origen, actividad y eventos detonadores de movimientos.

2.2.- Fenómenos Hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos son aquellos eventos atmosféricos que, por su elevado potencial energético, frecuencia, intensidad y aleatoriedad representan una amenaza para el ser humano y el medio ambiente (Strahler). En México, los peligros hidrometeorológicos son abundantes y frecuentes, ya que el país se encuentra situado en una zona de convergencia de eventos atmosféricos tales como tormentas tropicales, huracanes, ondas del este, monzón, masas de aire frío y caliente, corrientes en chorro, El Niño (la oscilación del sur), entre otros.

Además de la manifestación de estos fenómenos, se generan otros como sequías, heladas, temperaturas máximas, nevadas, vientos fuertes, etcétera. Todos estos eventos fueron estudiados, analizados y cartografiados, en función de su frecuencia y efectos,

considerando diversas escalas para conocer y comprender su dinámica espacial, en especial los relativos al cambio climático, tanto negativos como positivos.

Tal como se ha señalado anteriormente, los fenómenos hidrometeorológicos suelen ser los eventos de mayor impacto en la ocurrencia de desastres intensivos. Un estudio realizado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) revela que entre los años 2000 y 2012, sumaron 22,971.2 millones de pesos en eventos documentados con daños y pérdidas en el sector vivienda. Los mayores montos fueron en 2010, 2007 y 2005 a consecuencia de los remanentes de los huracanes Karl y Matthew en Veracruz (2010), seguido de las inundaciones en Tabasco (2007) y el huracán Stan en Chiapas (2005). Tan sólo los recursos desembolsados del 2009 al 2012 por el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), ascendieron a 1,445.7 millones de pesos con respecto a lo anterior.

Es importante señalar lo que se considera como inundación. Esta es flujo o invasión de agua por exceso de escurrimientos superficiales o bien por la acumulación de estos en terrenos planos, ocasionada por la falta o insuficiencia de drenaje pluvial, tanto natural como artificial (Baró et al., 2007). En general, la magnitud de una inundación, provocada por eventos de origen hidrometeorológico depende de: la intensidad de la lluvia, su distribución en el espacio y tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, así como de las características del suelo y del drenaje natural y artificial de las cuencas (Bremer y Lara, 2001). Como estas inundaciones se producen frecuentemente en las zonas llanas, donde se dan los mayores asentamientos humanos, fácilmente se puede deducir que las mismas provocan importantes daños humanos y socioeconómicos, además de los de naturaleza ambiental.

2.2.1 Ondas cálidas y gélidas (Temperaturas máximas y mínimas extremas)

Las ondas cálidas y gélidas se evaluaron mediante los registros de datos climatológicos de tres décadas de temperaturas máximas y mínimas extremas mensuales, de cada una de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio.

Para tal fin se construyó una base de datos climatológicos con los valores de temperaturas máximas estacionales y otra para las mínimas. Con los valores obtenidos se trazaron isolíneas a través de una interpolación, utilizando sistemas de información geográfica.

Los rangos para las isotermas se establecieron en función de los lineamientos establecidos en las bases para la estandarización.

2.2.2 Sequías

Para la evaluación de las sequías fue necesario obtener los datos de precipitación diaria, determinar los índices de aridez y calcular las anomalías de la precipitación acumulada mensual para visualizar las diferencias entre la precipitación promedio y la mínima calculada.

2.2.3 Granizadas

Se evaluaron los daños y las afectaciones a las actividades económicas, población, vivienda e infraestructura, producto de las granizadas registradas en el municipio.

Se consultó el informe: mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos elaborado por el CENAPRED (Jiménez et al., 2012). Se elaboró una base de datos climatológicos con los valores del número de días con granizo.

2.2.4 Ciclonés tropicales

Se investigaron las trayectorias de los eventos históricos y se cartografiaron para conocer la perspectiva de la entidad ante estos fenómenos. Para su clasificación se utilizó la escala de huracanes Saffir-Simpson.

Por otra parte, se recopiló la información meteorológica disponible al respecto en las estaciones del municipio y sus orillas y se consultaron los mapas disponibles en el CENAPRED para el tema de ciclones tropicales.

Con todos los datos recabados y analizados se llevó a cabo la caracterización de los huracanes históricamente.

2.2.5 Tormentas eléctricas

Se realizó una búsqueda de los registros históricos de tormentas eléctricas en el municipio, ya que con ellos debe calcularse el valor medio de tormentas para un periodo medio anual. Con los valores que se obtienen se elaboran isolíneas con las diversas escalas de intensidad.

Se elabora una base de datos climatológicos con los valores del número de días con tormentas eléctricas al mes y con ellos se trazan isolíneas utilizando sistemas de información geográfica. Se establecen los rangos para las isolíneas de acuerdo con la distribución del sistema.

2.2.6 Lluvias extremas

Se obtuvieron los registros históricos de precipitación máxima para calcular los valores promedio de las precipitaciones máximas por mes y por estación. Se elaboró una base de datos climatológica con los valores de precipitación máxima mensual trazando isolíneas con los valores obtenidos. Este proceso se realizó mediante interpolación de datos utilizando sistemas de información geográfica. Con este proceso se elaboraron los mapas correspondientes de precipitación máxima mensual.

En un segundo nivel de análisis para este fenómeno se realizó un ajuste de la distribución de probabilidad para valores extremos que permitió calcular escenarios probabilísticos de precipitaciones extremas para periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años.

Capítulo III.- Caracterización Integral del Municipio

3.1.- Localización

El estado de Tabasco se localiza en la Región Sureste de la República Mexicana, situado entre las coordenadas norte 18°39'03'', al sur 17°15'03'' de latitud norte; al este 90°59'15'', al oeste 94°07'48'' de longitud oeste. Colinda al norte con el Golfo de México y Campeche; al este con Campeche y la República de Guatemala; al sur con Chiapas; al oeste con Veracruz.

El 95.5% de la superficie del estado presenta clima cálido húmedo, el restante 4.5% es clima cálido subhúmedo hacia la parte este del estado. La temperatura media anual en la entidad es de 27°C, la temperatura máxima promedio es de 36°C y se presenta en el mes de mayo. La temperatura mínima promedio es de 18.5°C durante el mes de enero. La precipitación media estatal es de 2 550 mm anuales, las lluvias se presentan todo el año, siendo más abundantes en los meses de junio a octubre (INEGI, 2017).

El periodo de secas constituye una característica en el clima del estado. La temporada seca en la región sur de la entidad es interrumpida por las precipitaciones de invierno provocadas por los "nortes". Estos son grandes masas de aire polar frío y seco que se desplazan del norte de Estados Unidos de América y del sur de Canadá hacia el Mar de las Antillas; a su paso por el Golfo de México recogen humedad y producen abundantes lluvias en las laderas montañosas que se inclinan hacia él y sobre las regiones sureñas del mismo. Dichos vientos alcanzan velocidades mayores a 40 km/h, se presentan en el lapso comprendido entre octubre y marzo; en diciembre, enero y febrero ocurren con una frecuencia de 3 a 5 por mes.

El estado de Tabasco comprende parte de dos provincias fisiográficas: Llanura Costera del Golfo Sur, que cubre la mayor parte del territorio tabasqueño; y la provincia Sierras de Chiapas y Guatemala, que se extiende en la porción sur. La provincia fisiográfica "Llanura Costera del Golfo Sur" bordea la porción sur del Golfo de México y se extiende desde el paralelo 19° 33' en el estado de Veracruz, hasta el límite con la península de Yucatán aproximadamente en el 90° 46'. Abarca parte de los estados de Campeche, Veracruz, Chiapas y Tabasco; al sur colinda con las provincias Sierra Madre del Sur, Cordillera Centroamericana y Sierras de Chiapas y Guatemala; al noroeste con el Eje Neovolcánico, al noreste con la provincia Península de Yucatán, al norte con el Golfo de México y al sureste se prolonga hacia la República de Guatemala.

La provincia Llanura Costera del Golfo Sur ocupa el 94.16% del territorio tabasqueño a través de la subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños. Se caracteriza por tener un relieve casi plano con alturas promedio de 60 metros.

Esta topografía se ha formado como resultado de la acumulación de grandes depósitos fluviales en diferentes medios sedimentarios como el lacustre, palustre y litoral; presenta

extensas planicies de inundación, cauces abandonados y lagunas costeras, entre estas últimas destacan: El Carmen, Machona y El Rosario.

La Subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños en el estado comprende parte de los municipios de Huimanguillo, Macuspana, Tacotalpa, Teapa y Tenosique; así como la totalidad de Balancán, Cárdenas, Centla, Centro, Comalcalco, Cunduacán, Emiliano Zapata, Jalapa, Jaipa, Jonuta, Nacajuca y Paraíso.

La división política de Tabasco no ha sufrido cambio alguno desde 1940 a la fecha, por lo que geopolíticamente está conformado por 17 municipios, integrados en 2 grandes regiones: Grijalva y Usumacinta. La región Grijalva territorialmente ocupa el segundo lugar de las dos regiones que constituyen el estado ya que solo abarca 12,069.34 km² lo que representa el 48.94% del territorio tabasqueño. No obstante, es la región donde converge la mayor concentración urbana. Los municipios del estado se encuentran agrupados en 5 subregiones que comparten condiciones similares del medio físico: Chontalpa, Sierra, Centro, Ríos y Pantanos.

Paraíso es uno de los 17 municipios que integran políticamente al estado de Tabasco, el territorio de este municipio se encuentra comprendido en su totalidad dentro de la subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños. Perteneció a la región Grijalva y dentro de ella se ubica en la subregión de la Chontalpa.

La región a la que pertenece el municipio tiene grandes escurrimientos que transcurren por la cuenca del Mezcalapa – Grijalva, mismo que alimenta numerosos sistemas lagunares e inundan extensas superficies con el conocido efecto en las tierras de cultivo y en los asentamientos humanos. En 1965, el Gobierno Federal incorpora la región de la Chontalpa a un proyecto de desarrollo agropecuario denominado “Plan Chontalpa”. Provee a la Comisión del Río Grijalva, dependencia de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), de instrumentos legales y financieros para la ejecución de infraestructura que creara las condiciones necesarias para el desarrollo de los programas agropecuarios. Algunas de las obras fueron el establecimiento de un sistema de presas en el Alto Grijalva, con lo que se logra cierto control de la potencia del río Grijalva y a la vez se genera energía eléctrica, además de la construcción de canales de riego y drenaje, desecación de pantanos, relleno de vasos reguladores, apertura de nuevas vías de comunicación, entre otros (Pinkus y Contreras, 2012).

El impulso a la ganadería y la agricultura requirió de modificaciones al entorno para adecuarlo a las necesidades productivas enfocadas en su momento al mono cultivo de plátano, la ganadería extensiva y más adelante al petróleo.

La construcción de infraestructura hidroagrícola e hidroeléctrica sumada a la amplia deforestación, la gestión e implementación de complejos agroindustriales en la región, transformaron el territorio (Flores, 2006).

La construcción de kilómetros de drenes y canales que cambian los periodos de inundación, así como de kilómetros de carreteras que impiden el desbordamiento natural de los ríos y con ello el enriquecimiento de los suelos en la planicie, son algunos de los casos más visibles del deterioro ambiental del estado y de la disminución del potencial de crecimiento o inundación de sus principales cuerpos de agua (Toledo, 1983). La restricción de la distribución natural del agua a espacios reducidos, además de las acciones antes referidas han favorecido el aumento en el tirante de inundación, así como el tiempo necesario para el drenaje del agua, lo que ha traído consecuencias graves que han afectado al territorio y a la población asentada en él.

Cabe recordar que el municipio de Paraíso al igual que el resto del estado de Tabasco, debido a su ubicación geográfica experimenta con gran frecuencia los embates de las intensas lluvias y sus efectos asociados, sobre todo en la temporada de huracanes.

3.1.1 Ubicación del municipio

El municipio de Paraíso se encuentra en la parte norte del estado de Tabasco, es uno de los 17 municipios que integran políticamente al estado de Tabasco y se encuentra ubicado en la llanura costera aluvial que es considerada la más grande del país y pertenece a la región del Grijalva, subregión de la Chontalpa. Su ubicación geográfica sitúa al municipio de Paraíso entre las coordenadas: 18° 23' 44" latitud norte y entre 93° 23' 51" longitud oeste y cuenta con una elevación promedio de 7 msnm (Figura 7).

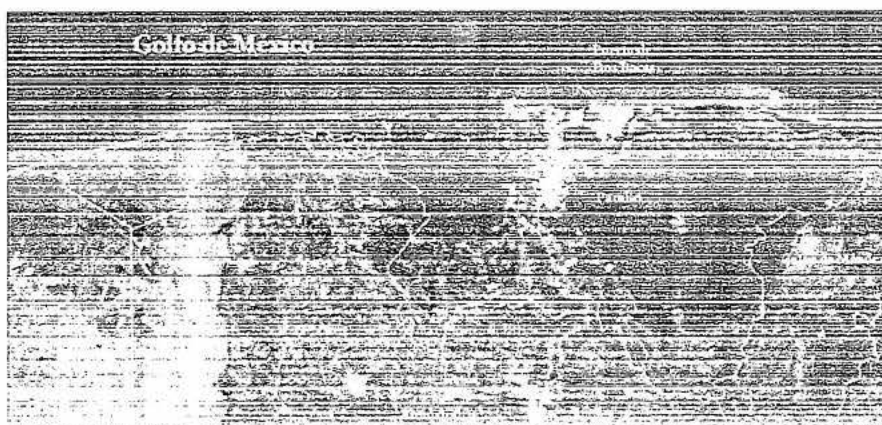


Figura 7.- Ubicación del municipio de Paraíso.

Paraíso territorialmente colinda al norte con el Golfo de México, al este con el municipio de Centla y Jalpa de Méndez, al sur con Jalpa de Méndez, Comalcalco y Cárdenas y al oeste nuevamente con Cárdenas y con el Golfo de México.

De acuerdo con el límite geopolítico usado en este trabajo, mismo que fue obtenido del Plan de Desarrollo Municipal 2016 – 2018 e INEGI, el municipio cuenta con una extensión territorial de 577.55 km² que corresponden al 1.5% del total estatal, colocándolo en el último lugar en la extensión territorial de los 17 municipios que forman el estado de Tabasco. Su cabecera municipal es la ciudad de Paraíso y se encuentra integrado por una

cabecera municipal, 14 ejidos, 25 rancherías, tres poblados, 10 colonias, una villa y un puerto de altura. Este último, el puerto de Dos Bocas es de importancia estratégica en el comercio de hidrocarburos.

El principal medio de acceso a la ciudad de Paraíso es por vía terrestre, a través de la carretera que conecta el municipio de Centla con Paraíso y la segunda vía de comunicación de importancia es el acceso carretero que va de Paraíso al municipio de Comalcalco. Ambas vías de comunicación constituyen prácticamente un eje que corta al municipio de Paraíso de este a oeste y hacia el sur. La modernización de estas carreteras ha estimulado el crecimiento y la zona urbana hacia el sur del municipio, lo que en consecuencia ha formado un área de desarrollo precisamente hacia el sur que se ha considerado como una zona metropolitana, sin que a la fecha tenga todavía este carácter oficial.

3.2.- Mapa Base

Para la elaboración del mapa base se realizó una digitalización de imágenes de satélite y fotografías aéreas disponibles del área, de donde se obtuvieron los principales rasgos como cuerpos de agua y escurrimientos superficiales, vías de comunicación, calles y avenidas, zonas de asentamientos humanos entre otros (Figura 8).

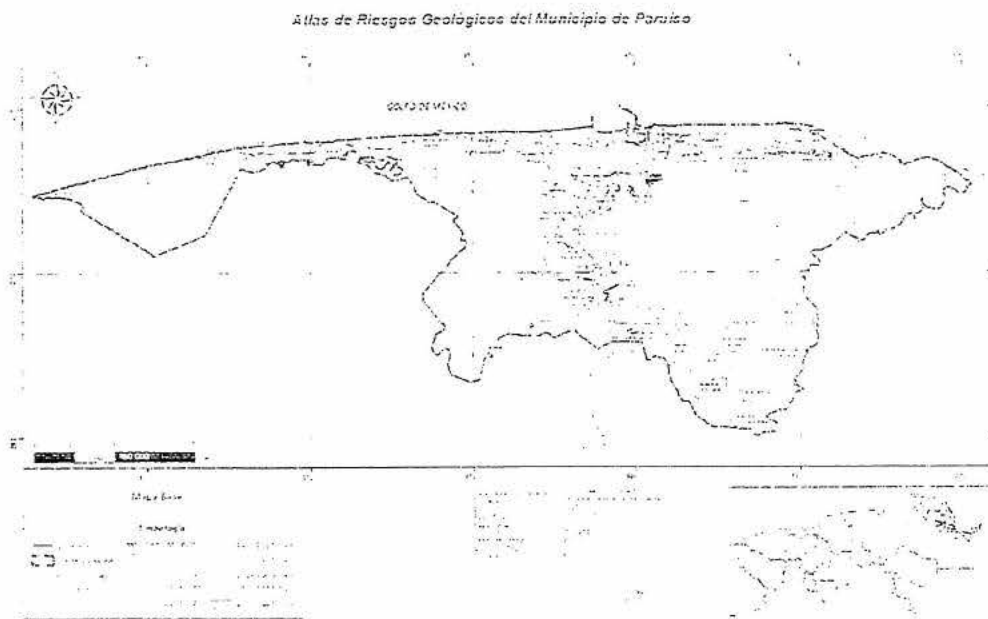


Figura 8.- Mapa base del municipio de Paraíso

3.3.- Aspectos Físicos

3.3.1 Fisiografía

El municipio de Paraíso forma parte de la región fisiográfica Planicie Costera del Golfo Sur. Esta planicie bordea tanto la zona Norte del estado de Tabasco como la costa sur del Golfo de México de donde toma su nombre. Abarca la mayor proporción de superficie en el

estado (70%) y está salpicada en algunas pequeñas áreas con ligeras ondulaciones o lomeríos suaves con alturas no mayores a 50 msnm con dirección este – oeste. Esta región fisiográfica comprende a los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Paraíso, Comalcalco, Cunduacán, Centro, Jalpa de Méndez, Nacajuca, Centla, Jonuta, Macuspana, Jalapa, Teapa, Emiliano Zapata, Balancán y Tenosique. Estos dieciséis municipios tienen una mayor proporción de planicie costera a excepción de Tacotalpa, cuya mayor extensión territorial se encuentra en la provincia Sierra de Chiapas y Guatemala (Galindo et al., 2006).

La Planicie se caracteriza por su relieve plano, es de composición sedimentaria y se ha formado en su mayor parte por los depósitos minerales de las zonas montañosas de Chiapas y Guatemala en combinación con un fenómeno de regresión marina que presenta el océano Atlántico iniciado en el terciario inferior. Los principales lomeríos se han formado por depósitos fluviales que forman cordones a lo largo de las márgenes de los principales ríos como efecto de las inundaciones periódicas.

En esta provincia se encuentran los ríos más caudalosos del país, entre los que destacan el Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta (INEGI, 2001).

Esta provincia ocupa el 94.16% del territorio tabasqueño a través de la Sub Provincia Llanura y Pantanos Tabasqueños que incluye parte de los municipios de Macuspana, Huimanguillo y Tenosique, así como la totalidad de los municipios de Balancán, Emiliano Zapata y Jonuta por parte de la cuenca del Usumacinta y los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán, Jalpa, Nacajuca y Paraíso por parte del río Grijalva. Finalmente, los municipios de Jalapa y Centro por parte del río de la Sierra. Todo esto integrado a un desagüe natural en el municipio de Centla, en la zona conocida como Tres Brazos. En la llanura costera los ríos presentan cursos inestables y erráticos por la falta de pendiente y la gran acumulación de material aluvial en sus márgenes (Figura 9).

En la llanura costera de Tabasco, las zonas inundables ocupan amplias extensiones en la porción oriente, otras menores se localizan en la región costera de Paraíso y en el oeste del estado.

Estas características permiten identificar dos ambientes muy particulares dentro del territorio del municipio de Paraíso. El primero de ellos, la zona de costa formada por un sistema de topoformas de origen marino eólico y fluvial donde se incluyen las barras, que separan las aguas del mar de las aguas de las lagunas El Carmen y Machona; las dunas, localizadas entre la desembocadura del río Tonalá y la laguna El Carmen, y entre las lagunas Cocal y Mecoacán; la llanura de barreras (playas), situada entre la laguna Mecoacán y el límite con el estado de Campeche. Un segundo ambiente la llanura costera inundable que se extiende a los alrededores de la laguna Mecoacán y occidente de Paraíso. El material parental de estos suelos son los sedimentos aluviales del Cuaternario Reciente, los cuales han sido alterados por sedimentos marinos y lacustres depositados posteriormente.

En el territorio municipal y áreas cercanas confluyen varios escurrimientos superficiales del estado y se encuentran gran parte de los contenedores de agua superficial como son las lagunas Mecoacán, la Redonda, las Flores, Carmen, Pajonal, Machona, entre otras.

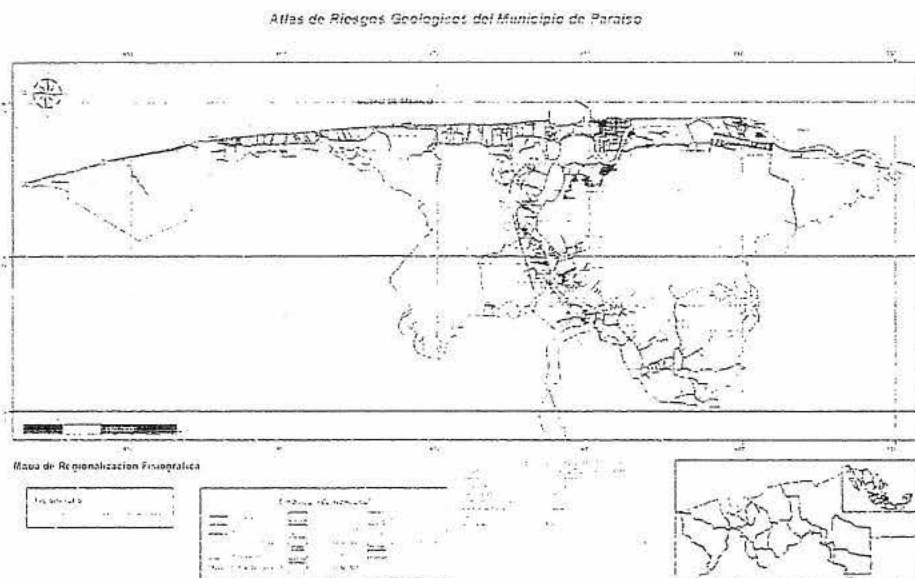


Figura 9.-Fisiografía del municipio de Paraíso

3.3.2 Geología

El desarrollo geológico del territorio tabasqueño está marcado por eventos estratigráficos-estructurales de las eras Mesozoica y Cenozoica, los factores determinantes en el modelado del relieve de la entidad son el tectonismo por plegamiento y dislocación de las rocas, manifestado en las Sierras de Chiapas y Guatemala; y el relleno de cuencas marinas y lacustres, por sedimentación de material terrestre, transportado por las corrientes superficiales, que se manifiesta en la llanura costera.

El 76.21% de la superficie estatal está compuesta por depósitos palustres, aluviales, litorales y lacustres del periodo Cuaternario, correspondiendo con el desarrollo de los ambientes actuales, desde el Plioceno hasta hoy. El 20.38% está compuesto por roca sedimentaria del periodo Terciario, en su mayor parte, en la subregión de los ríos y en el centro del estado. Una ínfima parte, en la subregión de la Sierra, la componen rocas ígneas extrusivas del Terciario. Finalmente, la parte meridional del estado presenta rocas sedimentarias del periodo Cretácico; que se encuentran íntegramente en la zona de las Sierras de Chiapas y Guatemala.

La geología del estado de Tabasco se caracteriza por estar constituida predominantemente por rocas de tipo sedimentario del Cuaternario Reciente, y secundariamente presenta áreas localizadas de rocas de origen volcánico de tipo andesítico asociadas con areniscas y lutitas del terciario superior. Las características más sobresalientes de estos materiales y su distribución se muestran en tabla 2 y la figura 10, respectivamente.

Este sustrato geológico cobra importancia por estar relacionado en forma indirecta en aspectos que influyen en el uso de la tierra, entre los que destacan los siguientes:

- a) Constituye un factor básico en la formación de suelos, ya que influye en la génesis y composición de estos.

- b) Guarda estrecha relación con la configuración y evolución del relieve.
- c) Es posible la identificación de unidades mediante la técnica de fotointerpretación, porque existe alta correlación con los patrones de drenaje natural.
- d) Su estudio detallado a nivel regional es una referencia confiable en la localización y exploración de hidrocarburos y minerales.

UNIDAD	CARACTERÍSTICAS				
	LOCALIZACIÓN	PATRÓN DE RELIEVE	OR GEN	COMP. MINERALÓGICA	EDAD GEO. LOGICA
SEDIMENTOS LITORALES	Costa	Bordos, Barras y Dunas	Marino, Eólico y Fluvial	Arenas de Cuarzo (SiO_2)	Cuaternaria
SEDIMENTOS PALUSTRES	Áreas bajas de la Venta, Nacajuca y Región de los Ríos	Bajales	Fluvial y Palustre	Arcillas de distinta composición	Cuaternaria
SEDIMENTOS ALUVIALES	Áreas de la Chontalpa, Centro y Teapa-Tacotalpa	Planadas y Terrazas Fluviales	Aluvial	Arenas, Limos y Arcillas	Cuaternaria
ARENISCAS	Sabana de Hulman-guillo	Lomeríos	Sedimentos antiguos	Arenas gruesas con SiO_2	Terciaria Superior (Mioceno)
ANDESITAS	Áreas del Centro, Macuspana, Teapa y Tacotalpa	Lomeríos	Volcánico	Conglomerados Igneos	Terciaria Superior
LUTITAS	Sur del estado	Lomeríos y Sierras	Sedimentos antiguos	Arcillas compactadas	Terciaria superior e inferior
CONGLOMERADOS	Áreas de Balancán y Tenosique	Lomeríos y Planicies	Aluvial	Gravas semiconsolidadas	Cuaternario
CALIZAS	Áreas de Teapa	Tacotalpa, Macuspana, Balancán y Tenosique	Sierras y planicies onduladas	Marino	Carbonato de Calcio ($CaCO_3$)

FUENTE: Elaboración a partir de las Cartas Geológicas Escala 1:250,000 de INEGI (1997), complementado con información de CAS 1998.

Tabla 2.- Principales características de las Unidades Geológicas encontradas en el estado Tabasco, México.

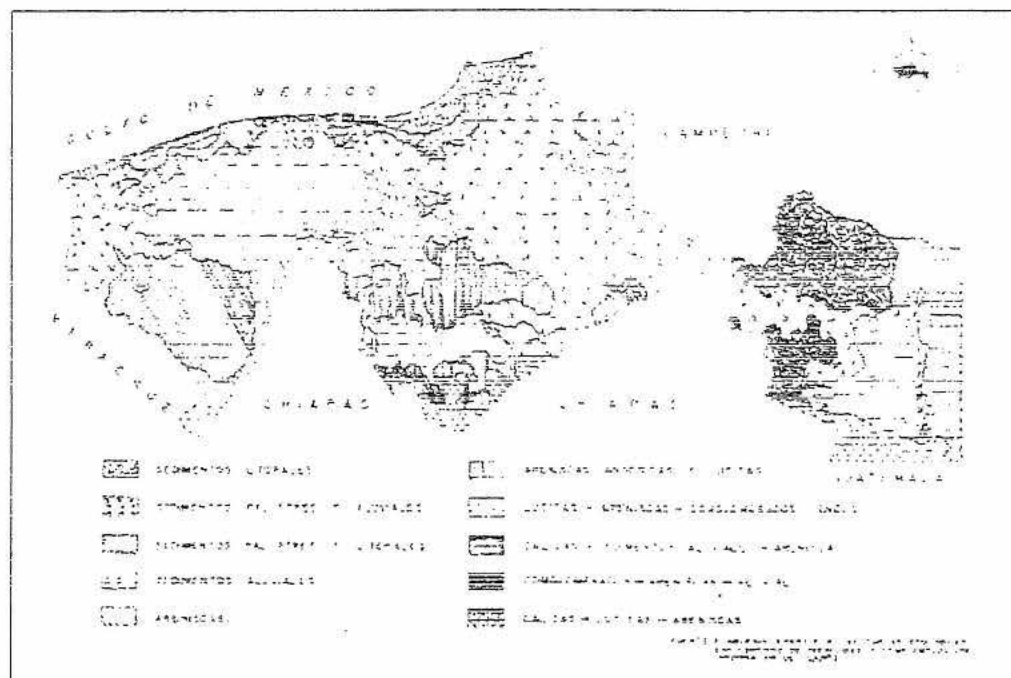


Figura 10.- Principales Unidades Geológicas encontradas en el Estado de Tabasco, México.

3.3.3 Edafología

Los suelos del municipio de Paraíso son primordialmente Arenosoles, Solonchaks y Gleysoles, todos ellos derivados de procesos sedimentarios de origen fluvial y marino. En la zona de costa, los suelos son principalmente arenosos por lo que son sujetos a movimiento por parte de elementos eólicos que comúnmente azotan la región (INEGI, 2015). Los tipos de suelos del municipio de Paraíso y sus características se pueden consultar con mayor detalle en la tabla 3.

Los Solonchaks son suelos que no muestran propiedades flúvicas, tienen propiedades sálicas y no tienen otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A, un H hístico, un B cámbico, un cálcico o un gypico. En el caso del municipio de Paraíso, se trata de suelos arcillosos, inundables, cercanos a la costa y que presentan intrusión de agua salina procedente de la costa una buena parte del año (Palma- López et al., 2006).

Los Solonchaks que se encuentran presentes en el municipio son Gléyicos (SCgl); es decir, que tienen propiedades gléyicas dentro de los 100 cm de profundidad.

Se les conoce como suelos salitres y están distribuidos en la parte norte de Paraíso en lugares cercanos a la costa y bordeando las lagunas interiores.

Se trata de suelos profundos, con pobre desarrollo del perfil, de texturas arcillosas, inundados con aguas salobres, de pobre permeabilidad, pobre drenaje superficial, saturados con sodio, presenta eflorescencias salinas en la superficie y pH ligeramente alcalino. Este tipo de suelo característicamente se encuentra saturado con humedad la mayor parte del año.

Atlas de Riesgos Geológicos del Municipio de Paraíso

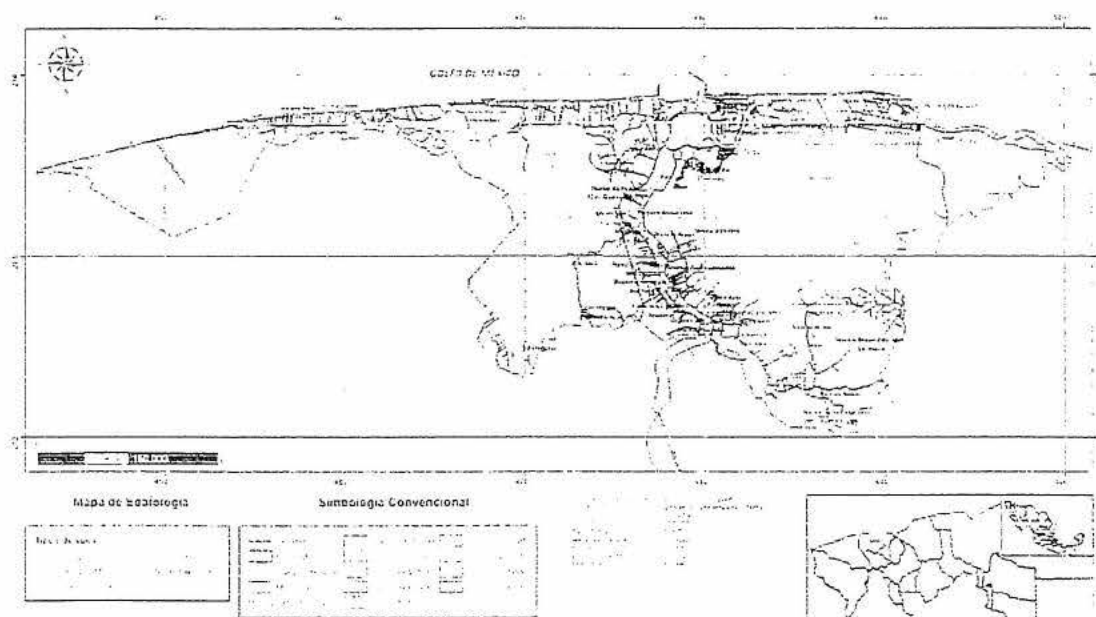


Figura 11.- Edafología del municipio de Paraíso

Sedimentos litorales	Costa	Bordos, Barras y Dunas	Marino, Eólico y Fluvial	Arenas de cuarzo	Cuaternaria
Sedimentos palustres	Arenas bajas de la Venta, Nacajuca y Región de los Ríos	Bajiales	Fluvial y Palustre	Arcillas de distinta composición	Cuaternaria
Sedimentos Aluviales	Arenas de la Chontalpa, Centro, Teapa y Tacotalpa	Planadas y Terrazas Fluviales	Aluvial	Arenas, limos y arcillas	Cuaternaria
Areniscas	Sabana de Huimanguillo	Lomeríos	Sedimentos antiguos	Arenas gruesas con cuarzo	Terciaria Superior (Mioceno)
Andesitas	Arenas de Centro, Macuspana, Teapa y Tacotalpa	Lomeríos	Volcánico	Conglomerados ígneos	Terciario Superior
Lutitas	Sur del estado	Lomeríos y Sierras	Sedimentos antiguos	Arcillas compactadas	Terciario superior e inferior
Conglomerados	Arenas de Balancán y Tenosique	Lomeríos y Planicies	Aluvial	Gravas semi consolidadas	Cuaternalio
Calizas	Arenas de Teapa	Tacotalpa, Macuspana, Balancán y Tenosique	Sierras y planicies onduladas	Marino	Carbonato de calcio

Tabla 3.- Tipos de suelo en el municipio de Paraíso y sus características.

Gleysoles

Son suelos formados sobre materiales no consolidados que presentan saturación con agua durante ciertos períodos durante el año o todo el año y que manifiestan procesos evidentes de reducción. Paraíso presenta suelos Gleysoles con horizonte A mólico o un horizonte H Hístico y sin propiedades asociadas a las cenizas volcánicas (ándicas) al menos en los

primeros 200 cm de profundidad. Se localizan principalmente en las áreas cercanas a las lagunas interiores del municipio.

Arenosoies

Suelos de textura más gruesa que franco arenoso hasta una profundidad de al menos 100 cm de la superficie, excluyendo materiales que muestran propiedades flúvicas o ándicas; no tienen otros horizontes de diagnóstico que un A ócrico o un E álbico. Se trata de los suelos arenosos que en la anterior clasificación de FAO se denominaban Regosoles. Regionalmente a estos suelos se les conoce como "arenales", "tierras de la costa", "playas" o "tierras arenosas". Se distribuyen en la franja costera del municipio sobre los denominados cordones litorales, que consisten en una serie de partes altas alternadas con partes bajas, formadas en sentido paralelo a la línea de la costa por el efecto del oleaje marino y la retirada de la línea costera; las pendientes son suaves (inferiores al 3%), alternándose de formas cóncavas y convexas; también se presentan estos suelos en geoformas denominadas dunas de playa, las cuales son formadas por la acción del aire y tienen la forma de pequeños cerros con altitudes no mayores a los 10 m y pendientes entre 3-8% (Palma-López et al., 2006).

3.3.4 Hidrología superficial

El estado de Tabasco es la zona del país donde se localiza la red hidrográfica más compleja y se registran las mayores precipitaciones pluviales. Toda el agua que escurre por el territorio tabasqueño corresponde a la Vertiente del Golfo de México. La abundancia de escurrimientos superficiales, así como el escaso relieve de la llanura costera, da lugar a la formación de drenaje: anastomosado, dendrítico y lagunar, motivo por el cual se ha desarrollado un gran número de cuerpos de agua de variadas dimensiones al igual que pantanos y llanuras de inundación como es característico del municipio de Paraíso (INEGI, 2001).

El caso del municipio de Paraíso refleja claramente estas condiciones, por lo que su hidrografía superficial es igual de compleja que en el resto de la planicie, pero además por ser un municipio de costa incorpora las características propias de áreas con oleaje y salinidad.

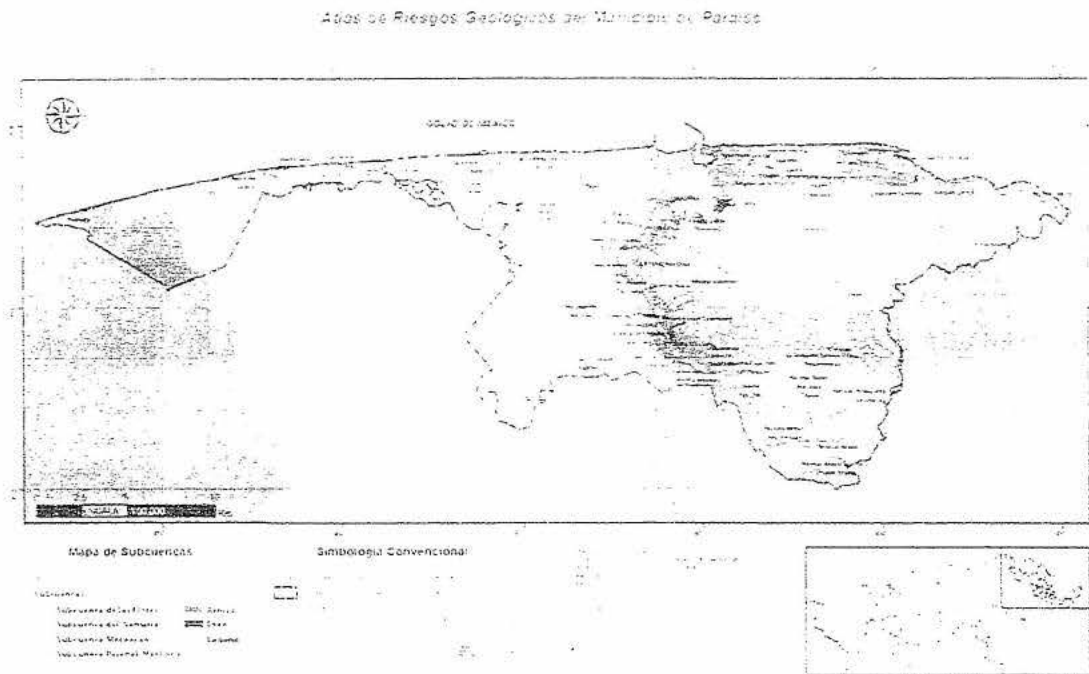


Figura 12.- Subcuencas hidrográficas del municipio de Paraíso.

De manera esquemática su superficie se puede dividir en tres grandes áreas o subcuencas (Figura 12). La primera de ellas corta al municipio por el centro en lo que son los remanentes del río Seco. Este afluente fue cegado del río Mezcalapa en el siglo XVI cuando se formó el primer “rompido” del río Mezcalapa. Aun cuando no tiene corriente, este cauce es de gran importancia en el drenaje pluvial de la zona norte del municipio de Cárdenas y de una gran parte del municipio de Comalcalco.

Dentro de esta zona lacustre se encuentran también otros cuerpos de agua de menor extensión como la laguna de Tupilco, Puente de Ostión, La Encerrada o Amatillo, Tres Palmas, El Estero, El Zorro, Arrastradero, Las Flores, Lagartera, Tilapa, Manatí y El Eslabón.

En la actualidad se encuentra influenciado principalmente por los pulsos de marea que entran por el puerto de Dos Bocas. Por otra parte, el estado de contaminación que guarda este cauce es bastante grave y requiere de un proceso de remediación y control inmediato.

Del lado izquierdo del municipio se encuentra el área de influencia de la laguna la Redonda, esta es un área pequeña que tiene características completamente costeras y tiene poco efecto sobre el municipio en general.

Por el lado derecho se encuentra un área compleja que incluye una importante zona lacustre donde destaca la laguna de Mecoacán la cual se erige como una de las primeras productoras nacionales de ostión, aunque también debe mencionarse que el complejo lagunar costero Mecoacán – Julivá – Santa Anita se encuentra sumamente afectado por las

alteraciones físicas del entorno, realizadas principalmente por las actividades petroleras y portuario – comerciales.

Esta red hidrográfica se puede caracterizar por dos grandes sistemas. El primero de ellos el que se deriva del río González que limita al municipio de Paraíso en la zona oriental (Figura 13). Este limita al municipio de Paraíso con Centla y desemboca al Golfo de México por la barra de Chiltepec.

El segundo sistema está conformado por la laguna de Tupilco, el Arrastradero, Tres Palmas, las Flores y Puente de Ostión. Estas se alimentaban originalmente por el caudal del río Seco, pero actualmente, se intercomunican con el río González a través del canal llamado el Jobo. De esta manera desemboca al mar a través del río Tupilquillo por la barra de Chiltepec. Justamente, es el río Seco uno de los más contaminados en el municipio.

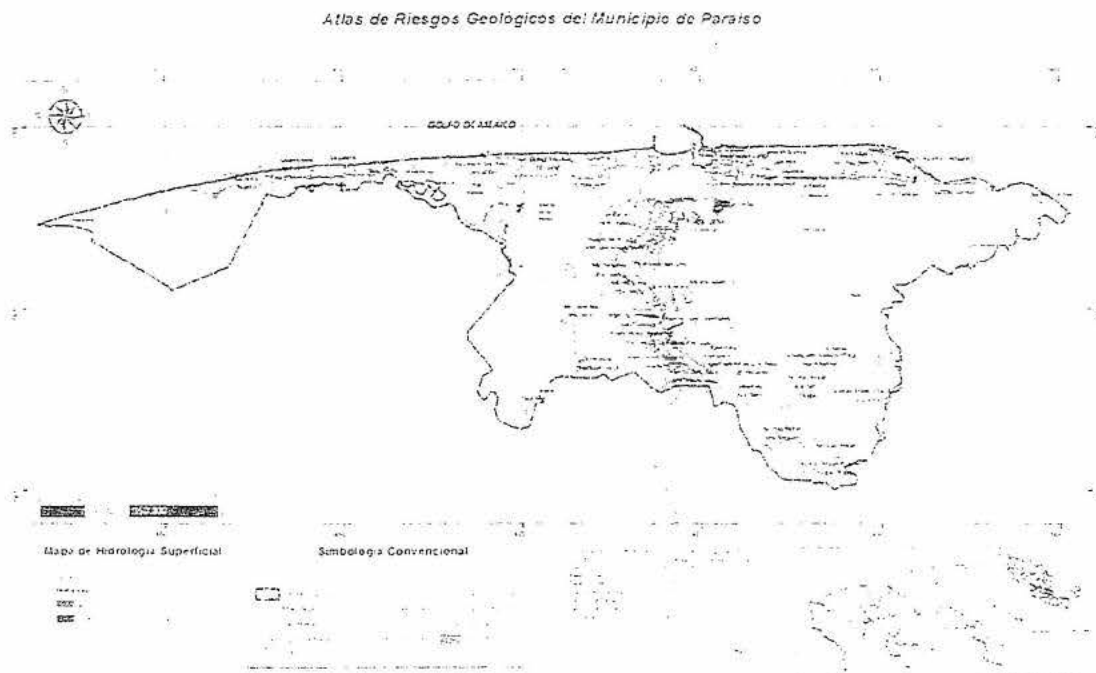


Figura 13.- Hidrografía superficial del municipio de Paraíso.

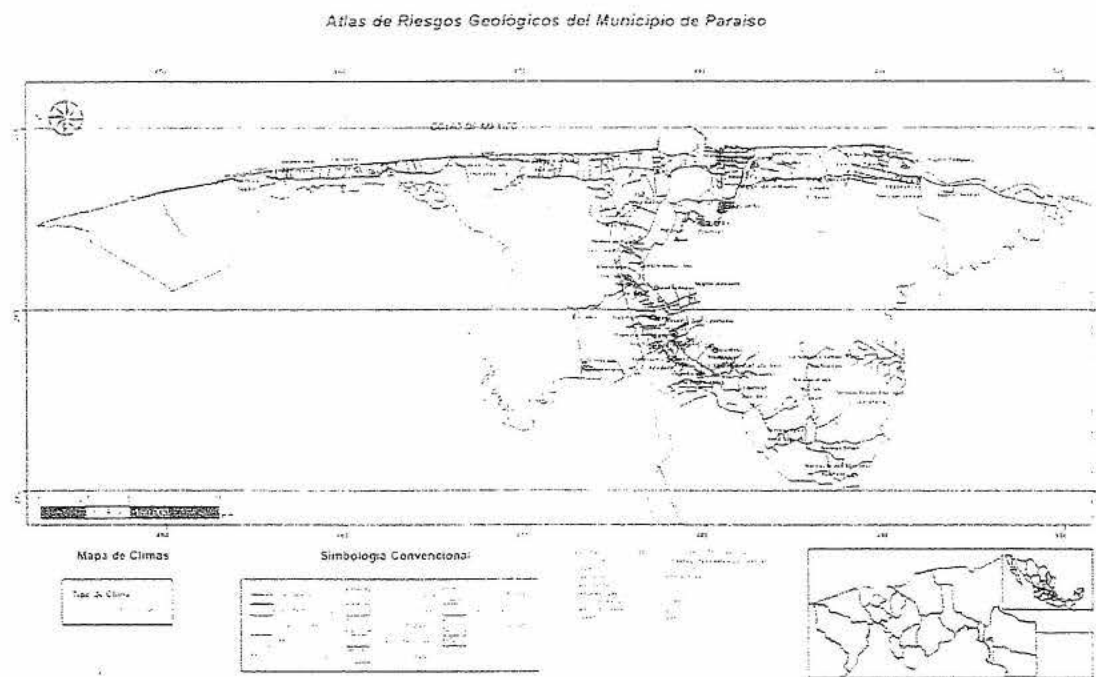
3.3.5 Clima

El clima reportado en la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García para la República Mexicana sobre la zona donde se localiza el municipio de Paraíso es cálido-húmedo, con abundantes lluvias en verano Am (f) (i') gw. De acuerdo con los valores de las temperaturas registradas por la Estación meteorológica 27-034 que se encuentra ubicada en el municipio de Paraíso, Tabasco en las coordenadas 18°23'44" Norte y 093°12'44" Oeste, se observó que la temperatura máxima anual es de 31.4°C, con una media anual de

26.5°C, mientras que la temperatura mínima anual es de 21.7°C en el periodo comprendido de 1951 a 2010.

La temperatura máxima mensual indica que el mes más caluroso reportado es mayo con 40.2°C en el año 2005, mientras que la mínima mensual se observó en enero de 2001 con 13.7°C. La temperatura máxima diaria reportada es de 48.0°C el 03 de abril de 2009, mientras que la mínima diaria se presentó el 19 de enero de 2002 con 12.0°C.

En términos generales mayo es el mes más caluroso y la temperatura máxima promedio es de 30.5°C, la mínima corresponde al mes de enero con 22°C en promedio. La temperatura media anual es de 26°C. La máxima absoluta alcanza los 44°C y la mínima los 12°C respectivamente. La precipitación pluvial promedio anual es de 1,751.4 mm (Figura 14).



Atlas de Riesgos Geológicos del Municipio de Paraíso

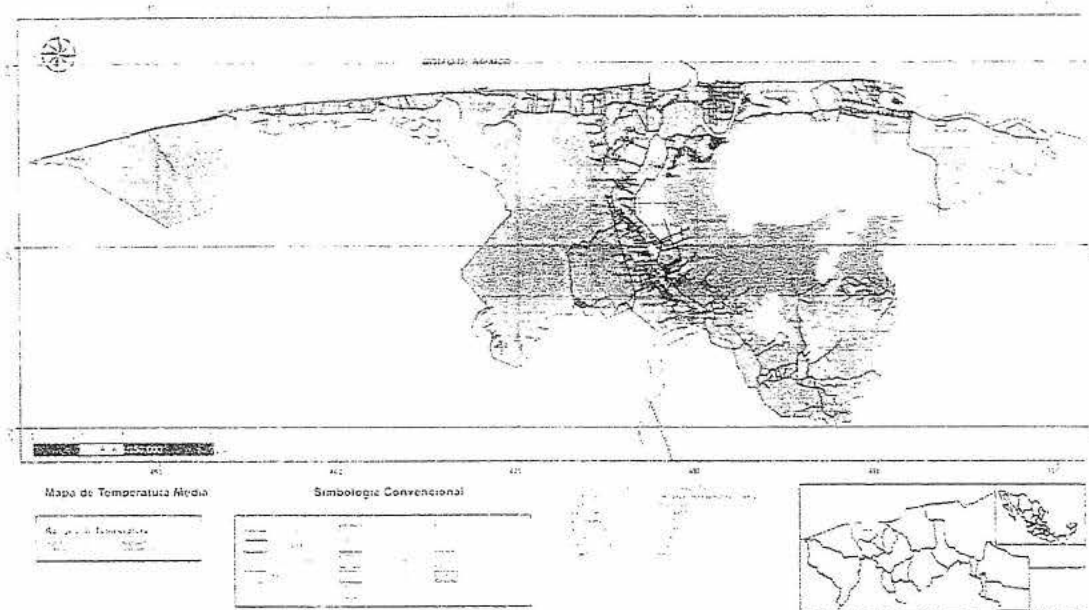


Figura 15.- Temperatura media del municipio de Paraíso

3.4.-Aspectos Bióticos

3.4.1 Vegetación y usos del suelo

La vegetación natural del municipio se caracteriza principalmente por la presencia de mangle en las áreas que bordean a los sistemas lagunares más importantes de Paraíso. De esta manera en Mecoacán y en los sistemas lagunares de Arrastradero, Tres Palmas y Tupilquillo y desde la Barra de Tupilco hasta la ranchería Aquiles Serdán se pueden encontrar manglares que están constituidos por grupos de plantas halófilas que presentan varias características en común, incluyendo adaptaciones a suelos sumergidos periódicamente.

Las especies arbóreas predominantes de los manglares son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). Los manglares pueden formar comunidades puras de estas especies y se caracterizan por la dominancia de una especie cuyo denominador común es la forma de vida arbórea, con alturas que pueden ir desde 3 a 15 m.

Algunas de las especies asociadas a los manglares son platanito (*Batis marítima*), pajón (*Spartina spartinae*), bejuco lechoso (*Rhabdadenia biflora*) y verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*) (Figura 16)

Atlas de Riesgos Geológicos del Municipio de Paraíso

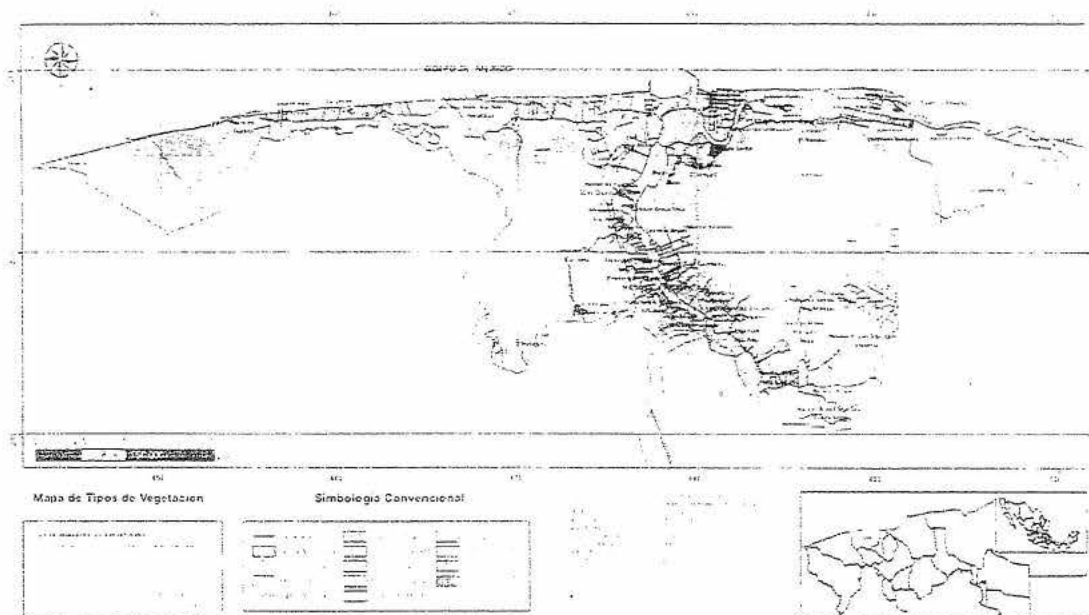


Figura 16.- Mapa de vegetación y usos del suelo del municipio de Paraíso

En el municipio de Paraíso los manglares son la forma de vegetación más abundante y ocupan una extensión de 11,275.6 ha (Magaña, 2010). Este tipo de vegetación conforma además un importante refugio y zona de reproducción para especies de crustáceos como el camarón y la jaiba azul.

Otro importante grupo de vegetación natural, son los palmares. Esta denominación corresponde a un grupo de comunidades vegetales similares entre sí debido a la predominancia de especies pertenecientes a la familia Arecaceae. Los palmares se distribuían de manera natural en el municipio sobre suelos arenosos cercanos a la costa; otros se desarrollan cercanos a zonas inundables y en los potreros. En la región se encuentran palmas de coco, palma real, corozo y guano redondo (*Sabal mexicana*), que forma densos manchones. Este tipo de vegetación se encuentra muy ligada a las actividades económicas del municipio. En este sentido, cabe destacar que Paraíso tiene una gran relevancia en la producción de copra (Figura 17).



Figura 17.- Vegetación típica de las zonas rivereñas del municipio de Paraíso.

Un tercer grupo de vegetación que predomina en el municipio son los pastizales. Este grupo de plantas reviste gran importancia para las actividades económicas al constituir el medio natural más propicio para el aprovechamiento pecuario, de ahí que años atrás la producción ganadera fuera importante para el municipio. En Paraíso encontramos dos tipos de pastizal, el inducido y el cultivado. Característicamente estos pastos habitan zonas inundadas e incluso algunos resisten cierto grado de salinidad. Entre las especies que se pueden encontrar en el pasto inducido se encuentra la grama de agua (*Panicum purpurascens*) y el arrocillo (*Echinochloa polystachya*). Las especies de pasto cultivado que tienen mayor representación son el pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), el pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y el pasto egipto (*Dactyloctenium aegyptium*).

Finalmente, una asociación vegetal que se encuentra representada en el municipio es la formada por el tule (*Typha latifolia*) y el popal (*Thalia geniculata*). En ocasiones llegan a formar densos manchones que se distribuyen en las zonas pantanosas del municipio y alcanzan alturas que pueden llegar hasta los 3 m.

1

Esta asociación ocupa grandes extensiones en el municipio y se distribuye alrededor de los manglares, ocupando una extensión de 2,026.2 compartiendo espacio con otras especies como el helecho (*Thelypteris interrupta*), mano de lagarto (*Zexmenia serrata*), manatinero (*Hymenachne amplexicaule*), chintul (*Cyperus articulatus*) y molinillo (*Cyperus giganteus*)

Además de los grupos de vegetación ya descritos, existen otro tipo de plantas en agrupaciones menores como la lenteja de agua (*Lemna minor*), oreja de ratón (*Salvinia auriculata*), (*Salvinia minima*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), pelillo (*Leersia hexandra*), cola de pato (*Sagittaria latifolia*), navajuela (*Cyperus ferax*), entre otras.

3.5.- Aspectos Socioeconómicos

3.5.1 Características generales de la población

El municipio de Paraíso se caracteriza por tener una amplia población flotante derivada de las actividades comerciales que en él se realizan por parte de la industria petrolera, por lo que, a diferencia de otros municipios, el número de habitantes puede variar en períodos muy cortos de tiempo. De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda de 2010, la población total del municipio se estimó en más de ochenta y seis mil habitantes lo cual representó el 3.9% de la población en el estado. De esta población el 49.51% son hombres y el restante son mujeres, datos que pueden observarse a mayor detalle en la tabla 4.

Esta población se encuentra repartida en cuarenta y ocho localidades de las cuales 8 se consideran urbanas con un total de población de 46 mil habitantes que corresponde al 53% del total municipal (Tabla 5). La población restante se divide en veintidós localidades que tienen entre 1000 a 2499 habitantes cada una, en ellas se encuentra el 37% de la población (Tablas 6 y 7); siete localidades con 500 a 999 habitantes cada una, en donde vive el 6% de los habitantes (Tabla 8) y 10 localidades de menos de 500 habitantes cada una, que constituyen el 3% de la población (Tabla 9).

Municipio	de						
Paraíso							
Paraíso							
Quintín Arauz							
Puerto Ceiba							
(Carrizal)							
Puerto Ceiba							
Libertad	Ira.						
Sección							
Francisco	I.						
Madero							

Municipio						
Moctezuma 1ra. Sección						
Moctezuma 2da. Sección						
Otros						

Tabla 4.- Porcentaje de hombres y mujeres para el municipio de Paraíso y sus principales localidades.

Paraíso	
Quintín Arauz	
Puerto Ceiba	
Francisco I. Madero (Madero)	
Moctezuma 1ra. Sección	
Puerto Ceiba (Carrizal)	
Moctezuma 2da. Sección	
Libertad 1ra. Sección (El Chivero)	
Total	

Tabla 5.- Localidades urbanas del municipio de Paraíso. De acuerdo al INEGI, se considera una localidad urbana cuando tiene 2,500 o más habitantes.

Las Flores 1ra. Sección	
Nicolás Bravo	
Oriente 1ra. Sección	
Las Flores 2da. Sección	
José María Morelos (El Bellote)	
Pénjamo	
Francisco I. Madero	
Nuevo Torno Largo	
Chiltepec (Sección Banco)	
Total	

Tabla 6.- Localidades del municipio de Paraíso que tienen más de 1,500 y menos de 2,500 habitantes.

Nicolás Bravo 5ta. Sección (Punta Brava)	
Oriente (San Cayetano)	
Nicolás Bravo 3ra. Sección	
Las Flores 3ra. Sección (El Cerro)	

Localidad	Total
Oriente 2da. Sección (Palma Huaca)	
Chiltepec (Sección Tanque)	
Occidente (San Francisco)	
Potreritos	
El Escribano	
Libertad 2da. Sección	
Moctezuma (Francisco I. Madero 3ra. Sección)	
El Bellote (Miguel de la Madrid)	
Aguiles Serdán	
Total	

Tabla 7.- Localidades del municipio de Paraíso con más de 1,000 y menos de 1,500 habitantes.

Localidad	Total
Moctezuma 3ra. Sección	
Aguiles Serdán	
Chiltepec (Puerto Chiltepec)	
La Unión 2da. Sección	
La Unión 1ra. Sección (Amatillo)	
Guano Solo (El Coquito)	
La Unión 3ra. Sección	
Nicolás Bravo 2da. Sección (La Gloria)	
Total	

Tabla 8.- Localidades rurales del municipio de Paraíso con más de 500 y menos de 1000 habitantes.

Localidad	Total
Barra de Tupilco	
Nicolás Bravo 4ta. Sección (Tilapa)	
Hueso de Puerco (Colonia Quintín Arauz)	
Francisco I. Madero	
Palestina	
Andrés García (La Isla)	
Oriente (Hormiguero)	
Quintín Arauz Uno	
La Solución Somos Todos (La Alianza)	
Monte Adentro	
Total	

Tabla 9.- Localidades rurales del municipio de Paraíso con menos de 500 habitantes.

De las localidades que integran al municipio, las de mayor relevancia son: la ciudad de Paraíso, cabecera municipal que cuenta casi con el treinta por ciento de la población municipal y Quintín Arauz que tiene poco más de cinco mil habitantes, lo que representa cerca del 6% de la población total (Tabla 5).

Otras como Puerto Ceiba, Puerto Ceiba (Carrizal), Libertad y Moctezuma 1era y 2da secc. son localidades que se consideran urbanas por rebasar el límite de dos mil quinientas personas que establece el INEGI para ser consideradas en esa categoría; sin embargo, ninguna de ellas se aproxima en población a la cabecera municipal. En conjunto estas localidades representan el 18.45% de la población. De esta manera, el 53.51% de población en el municipio de Paraíso es de características urbanas y el 46.49% restante se considera de corte rural. Este último porcentaje de población se distribuye en 40 localidades, 9 de ellas tienen entre 2,499 y 1500 habitantes; 13 localidades poseen menos de 1499 pero como mínimo 1000 habitantes; 8 tienen entre 999 y 500 habitantes y finalmente 10 localidades presentan menos de 500 habitantes (Tablas 6 a la 9).

La composición de la población por grupos de edades se puede observar en la tabla 10 correspondiente a los grupos etarios. En esta se puede distinguir que la población constituida por menores a 5 años conforma el 7.6% del total y la de mayores a 60 años comprende el 7.82%. El grupo de mayores a 24 años y menores a 60 representa el 45.91% de la población total. En general se puede apreciar un equilibrio entre los grupos de jóvenes, adultos y adultos mayores.

Menores a < 5									
De 5 a < 12									
De 12 a < 18									
De 18 a < 24									
De 25 a 60									
De 60 y mas									
Total									

Tabla 10.- Grupos etáreos del municipio de Paraíso.

3.5.2 Dinámica demográfica.

Como se señala en párrafos anteriores, el municipio de Paraíso es quizá el municipio con mayor población flotante del estado de Tabasco y responde principalmente a los flujos de actividad de la industria petrolera. Por ello, el análisis de las tendencias en el crecimiento o decremento de la población resultan ligeramente diferentes en función de la relevancia de la localidad en el municipio y su relación con el contexto regional.

De acuerdo con las proyecciones del crecimiento de la población elaboradas por el Consejo Nacional de Población se espera que para el 2018, la población municipal alcance los 95 mil habitantes y para 2030 se rebasen los 104 mil. Esto representará un incremento de la población de casi 15 mil habitantes en un total de 20 años. En términos prácticos significa que para el 2030, el municipio tendrá 5 nuevas localidades consideradas urbanas, mismas que requerirán de infraestructura para servicios básicos. En la tabla 11 pueden observarse estos datos con mayor precisión.

	2010	2015	2020	2025	2030
Paraíso					
Quintín Arauz					
Puerto Ceiba					
Francisco I. Madero (Madero)					
Moctezuma 1ra. Sección					
Puerto Ceiba (Carrizal)					
Moctezuma 2da. Sección					
Libertad 1ra. Sección (El Chivero)					
Las Flores 1ra. Sección					
Nicolás Bravo					
Nicolás Bravo 5ta. Sección (Punta Brava)					
Chiltepec (Sección Banco)					
Pénjamo					
Resto					

Tabla 11.- Tendencias de crecimiento de la población de las principales localidades del municipio de Paraíso.

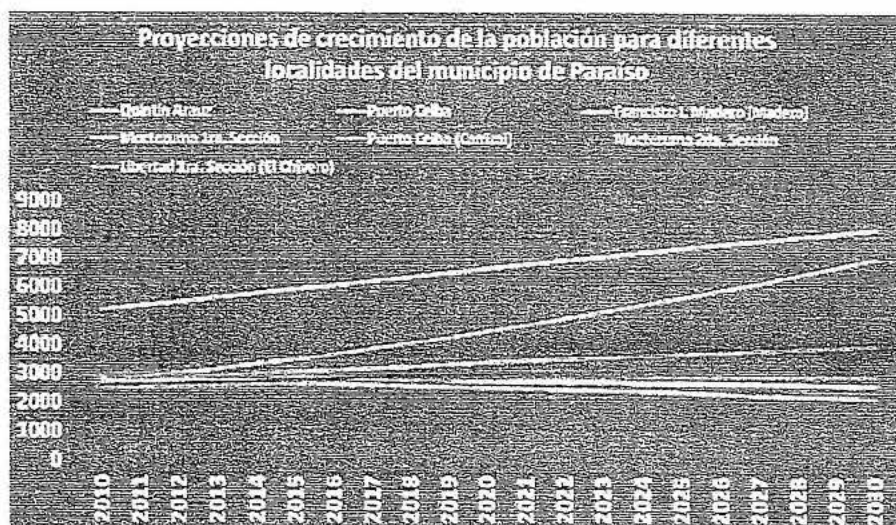
En lo que toca a la cabecera municipal, de acuerdo con las tendencias de crecimiento de población publicadas por el Consejo Nacional de Población se espera un decremento de ésta con rumbo al año 2030. De este modo, la perspectiva para el municipio es que pase de 25 mil habitantes en 2010 a 19 mil en 2030 (Gráfica 1).

Una situación similar se presenta en Puerto Ceiba, en donde se espera que exista un ligero decremento de la población para los próximos 20 años como se puede apreciar en la gráfica 2.

En contraste a Paraíso y Puerto Ceiba, las demás comunidades esperan un crecimiento sostenido para los próximos años. Un ejemplo destacado de ello es la comunidad de Puerto Ceiba (Carrizal). En esta se espera una situación opuesta con una fuerte tendencia de crecimiento de la población, lo que le llevará a tener de una población de 2,700 habitantes en 2010 a casi 7 mil habitantes para 2030. En la gráfica 2 pueden observarse con mayor detalle las proyecciones de crecimiento de la población en diversas localidades del municipio de Paraíso.



Gráfica 1.- Proyecciones de crecimiento para la población del municipio de Paraíso.



Gráfica 2.- Proyecciones de crecimiento de la población para diferentes localidades del municipio de Paraíso.

De acuerdo con el origen de la población, este municipio es el que presenta una mayor proporción de habitantes de origen local, ya que el 92.3% del total de ellos son originarios de esta entidad, mientras que únicamente el 7.6% de sus habitantes tienen un origen distinto. No obstante, algunas localidades como Paraíso y Puerto Ceiba tienen un porcentaje ligeramente mayor de personas que provienen de otras localidades. Estos datos pueden consultarse con mayor detalle en la tabla 12

Paraíso				
Quintín Arauz				
Puerto Ceiba				
Francisco I. Madero (Madero)				
Moctezuma 1ra. Sección				
Puerto Ceiba (Carrizal)				
Moctezuma 2da. Sección				
Otros				
Total del Municipio				

Tabla 12.- Habitantes de la entidad en el municipio de Paraíso.

3.5.3 Características sociales.

El número total de viviendas particulares habitadas para el año 2010 en el municipio de Paraíso era de 21,202 lo que en términos generales equivale al 3.8% del total de hogares en la entidad. De estos, 4,318 estaban encabezados por jefas de familia (3.3% del total de la entidad). El tamaño promedio de los hogares en el municipio fue de 4 integrantes, mientras que en el estado el tamaño promedio fue de 4 integrantes (SEDESOL, 2014).

De acuerdo con la medición de pobreza a nivel municipal, el 63.3% de la población de Paraíso se encontraba en situación de pobreza para el año 2010. De ellos el 49.3% se hallaba en pobreza moderada y el 13.9% vivía en pobreza extrema (CONEVAL, 2010).

De las 48 localidades que componen al municipio, 40 de ellas eran rurales (con menos de 2,500 habitantes) y 8 urbanas (con 2,500 o más habitantes). De éstas, 93.8% eran de Muy Bajo rezago social y 6.2 % de Bajo rezago social (SEDESOL, 2015). La población que residía en localidades con los dos mayores grados de rezago social de municipios sumó un total de 85,274 personas en el 2010.

En el mismo año, el municipio contaba con tres Zonas de Atención Prioritarias (ZAP) urbanas, en las que habitaban 3,245 personas. 33% se encontraban en ZAP con bajo rezago social y 66.7% en ZAP con medio rezago social.

Por su etnicidad, a pesar de ser un municipio que colinda con una importante zona Chontal como es Jalpa de Méndez y Nacajuca, ésta no tiene raíces indígenas. Este hecho se demuestra con el bajo porcentaje de habitantes que hablan lengua indígena en el municipio, mismo que no supera el 1%. Este dato puede observarse con mayor detalle en la tabla 13. Para el censo del año 2010, el municipio no contaba con ninguna primaria indígena.

Paraíso							
Quintín Arauz							
Puerto Ceiba							
Francisco I. Madero (Madero)							
Moctezuma 1ra. Sección							
Puerto Ceiba (Carrizal)							
Moctezuma 2da. Sección							
Libertad 1ra. Sección (El Chivero)							
Con menos de 2,499 a 1500 hab.							
Entre 1499 y 1000 habitantes							
Entre 999 y 500 habitantes							
Menos de 500 habitantes							
Total del Municipio							

Tabla 13.- Población indígena en el municipio de Paraíso y sus principales localidades.

En el tema de las discapacidades físicas y mentales, el 94.96% de la población de Paraíso no presenta este tipo de problemas, mientras que solo el 5.2% presenta algún tipo de limitación (Tabla 14).

De los diferentes tipos de discapacidades que se registran en el Censo de Población y Vivienda 2010, las más frecuentes son aquellas ligadas a aspectos motores como caminar o moverse y a las de tipo visual, cada una de ellas representa el 2% de la población. El porcentaje restante se reparte en pequeños grupos para limitaciones auditivas, mentales y de lenguaje entre otras (Tabla 15).

Paraíso					
Quintín Arauz					
Puerto Ceiba					
Francisco I. Madero (Madero)					
Moctezuma 1ra. Sección					
Puerto Ceiba (Carrizal)					
Moctezuma 2da. Sección					
Libertad 1ra. Sección (El Chivero)					
Con menos de 2,499 a 1500 hab.					
Entre 1499 y 1000 habitantes					
Entre 999 y 500 habitantes					
Menos de 500 habitantes					
Total del Municipio					

Tabla 14.- Población con y sin discapacidad en el municipio de Paraíso.

[illegible]

Puerto Ceiba (Carrizal)															
Moctezuma 2da. Sección															
Libertad 1ra. Sección (El Chivero)															
Con menos de 2,499 a 1500 hab.															
Entre 1499 y 1000 habitantes															
Entre 999 y 500 habitantes															
Menos de 500 habitantes															
Total del Municipio															

Tabla 15.- Población con algún tipo de limitación en el municipio de Paraíso.

En cuanto a la educación, es importante señalar que el 4.64% de la población total no sabe leer, ni escribir por lo que se puede considerar analfabeta. El 3.50% de los habitantes de 15 años y más, no cuenta con ningún grado de instrucción, aunque pueden leer y escribir con dificultad (Tabla 16). En 2010, la población de 15 años o más analfabeta ascendió a 2,767 personas, de las cuales, 3.3 por ciento residía en las ZAP urbanas y el 96.8 por ciento en las localidades con los dos mayores grados de rezago social del municipio.

El 35% de los habitantes mayores a 15 años cumplió con los niveles de primaria y secundaria, por lo que el grado promedio de escolaridad en el municipio es de 9. Estos datos pueden consultarse con mayor detalle en la tabla 16.

En 2010, el grado promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en ZAP urbanas del municipio fue de 8.3 y en las localidades con los dos mayores grados de rezago social del municipio de 8.1.

[illegible]

Tabla 16.- Población de 15 años y su nivel de instrucción del municipio de Paraíso.

En el año 2010, el municipio contaba con 66 escuelas preescolares (3.2% del total estatal), 60 primarias (2.8% del total) y 18 secundarias (2.4%). Además, el municipio contaba con ocho bachilleratos (3%), tres escuelas de profesional técnico (21.4%) y cinco escuelas de formación para el trabajo (2.7%) (SEDESOL, 2015). Sin embargo, no se contaba con alguna escuela primaria indígena.

En lo que respecta a la población económicamente activa (PEA) y ocupada, de acuerdo con los registros, el 46% de los habitantes con más de 12 años se encuentran activos económicamente, mientras que el 43.9% se encuentran ocupados. Estos datos pueden ser consultados en la tabla 17. No obstante, esta información se debe tomar con cautela, ya que los registros corresponden a 2010. En la actualidad, no existen registros municipales que nos indiquen el porcentaje de la población ocupada y activa económicamente. Sin

Entidad	Municipio										
	Total	Sin derecho		IMSS		ISSSTE		ISSSL		Seguro particular	
		Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Francisco I. Madero (Madero)											
Moctezuma 1ra. Sección											
Puerto Ceiba (Carrizal)											
Moctezuma 2da. Sección											
Libertad 1ra. Sección (El Chivero)											
Con menos de 2,499 a 1500 hab.											
Entre 1499 y 1000 habitantes											
Entre 999 y 500 habitantes											
Menos de 500 habitantes											
Total del Municipio											

Tabla 18.- Población con derecho a servicios médicos en el municipio de Paraíso.

Las unidades médicas en el municipio reportadas para el 2010 eran 18, lo que constituía el 2.8% del total de unidades médicas del estado. El personal médico con el que se contaba para ese mismo año era de 143 personas; es decir, contaban con el 2.7% del total de médicos en la entidad y la razón de médicos por unidad médica era de 7.9, frente a la razón de 8.2 en todo el estado.

3.6.- Encuesta intercensal 2015

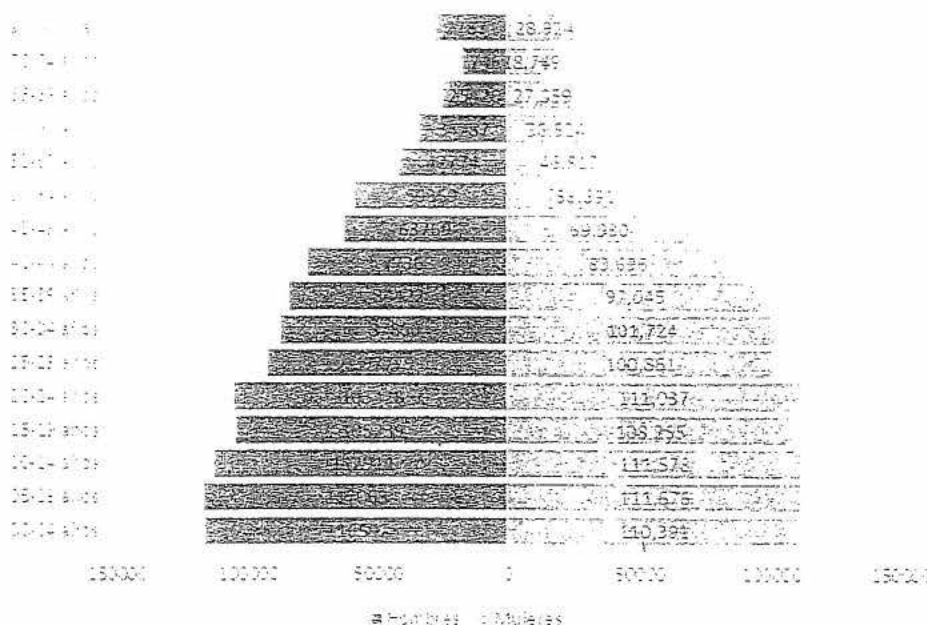
Desde hace algunos años, el INEGI viene realizando algún conteo o estimación de la población entre el periodo censal que dura 10 años. De esta manera en 1995 realizó un conteo rápido y para 2015 realizó una encuesta intercensal. A diferencia del Censo que se realiza cada 10 años, la encuesta cubre solamente algunos indicadores generales y los maneja en la mayoría de los casos a nivel entidad por lo que muchos de los cuadros que se presentaron en este capítulo no se pueden actualizar.

El único dato que se encuentra desglosado a nivel municipal es la estimación realizada del número de habitantes por municipio y por sexo.

Aprovechando que se encuentra recién publicada esta información, a continuación, se agregan algunos datos que actualizan por lo menos a nivel municipal el número de habitantes y el género a que corresponden.

De igual manera, se agrega una pirámide de población con estos nuevos datos que permitirán conocer la estructura actual de la población por grupos etáreos.

Pirámide de Población para el municipio de Paraíso, Tabasco



Gráfica 3.- Pirámide de población del municipio de Paraíso. Fuente: INEGI, 2015.

3.8.- Marginación

De acuerdo a los datos analizados previamente el municipio tiene 8 localidades de tipo urbano de las cuales dos tienen un grado de marginación alto que son Moctezuma 1ra Secc y Puerto Ceiba. Por su parte Paraíso, Puerto Ceiba, Francisco I Madero y Libertad 1ra Secc presentan un grado de marginación medio. Por lo tanto de las localidades urbanas del municipio solamente Moctezuma 2da Secc y Puerto Ceiba tienen un grado de marginación bajo.

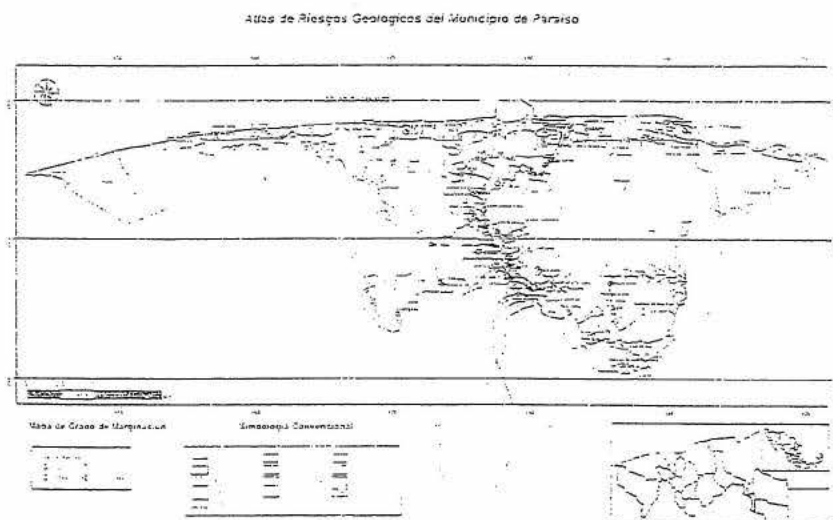


Figura 18.- Grado de marginación por localidad en el municipio de Paraíso.

En cuanto a las localidades de tipo rural 8 presentan grado de marginación alto destacando entre estas Francisco I Madero, Nicolás Bravo 5ta Secc, Oriente 2da Secc y Moctezuma (Madero 3ra Secc) por ser localidades con más de 1000 habitantes cada una.

En grado medio de marginación se registraron 12 localidades dentro de las cuales podemos mencionar las Flores 1ra, Oriente 1ra, Penjamo y Chiltepec (sección banco) cada una de ellas con más de 100^º habitantes, excepto las flores que casi alcanza el grado de urbana con 2, 119 habitantes. En grado bajo se encuentran quince localidades siendo las más pobladas Nicolás Bravo, José María Morelos y Pavón (el Bellote), Nuevo Torno Largo y las flores 3ra Secc (el Cerro).

Finalmente, solo se encuentra una localidad con grado de marginación muy bajo identificada como Francisco I Madero.

3.9.- Reserva Territorial.

A la fecha el municipio no cuenta con una reserva territorial decretada. Esta deberá surgir de la conjunción de los resultados del desarrollo de herramientas para la prevención y manejo del riesgo como de los programas de desarrollo urbano a realizar en un futuro por el municipio.

Capítulo 4.- Amenaza y Riesgo

4.1 Vulcanismo

4.1.1 Generalidades

El planeta tierra, es un sistema complejo que se mantiene en evolución permanente, por lo que con el paso del tiempo se va transformando. A partir de la formación del planeta hace más de 4,500 millones de años, las condiciones han cambiado paulatinamente. En principio, la corteza se enfrió para que algunos miles de millones de años más tarde surgiera la vida. Sin embargo, al interior del planeta existe aún una gran cantidad de material en ebullición que busca continuamente mecanismos para continuar su proceso de enfriamiento y liberar la presión que el calor ocasiona.

El interior, el centro del planeta es una esfera sólida de material comprimido a muy alta presión que se encuentra cubierto de una capa de material líquido que se conoce como Magma, y que no es otra cosa que roca fundida. La siguiente capa la conforma el manto, mismo que es un estrato de material rocoso grueso que cubre al núcleo y al magma constituyendo el segmento de mayor espesor del planeta. Finalmente, la capa más delgada es la corteza terrestre, que forma las paredes de la olla y que es lo que se ve en la superficie donde se encuentran la atmósfera y los océanos.

La roca líquida o magma tiene una menor densidad que la sólida y por ello tiende a subir acumulándose en la corteza formando "cámaras magmáticas". Se dice que un volcán es activo, cuando existe magma fundido en su interior, o cuando puede recibir nuevas aportaciones de magma y por tanto mantiene el potencial de producir erupciones. Por ello,

aún los volcanes que no muestran ninguna manifestación externa pueden ser clasificados como activos.

Las erupciones volcánicas resultan del ascenso del magma que se encuentra en la parte interna de un volcán activo. Cuando el magma se acerca o alcanza la superficie, pierde todos los gases que lleva en solución o parte de ellos, formando gran cantidad de burbujas en su interior.

Las erupciones son entonces emisiones de mezclas de magma (roca fundida rica en materiales volátiles), gases volcánicos que se separan de este (vapor de agua, dióxido de carbono, dióxido de azufre y otros) y fragmentos de rocas de la corteza arrastrados por los anteriores. Estos materiales pueden ser arrojados con distintos grados de violencia, dependiendo de la presión de los gases provenientes del magma o de agua subterránea sobrecalentada por los mismos.

Los edificios volcánicos están formados por los depósitos de materiales emitidos en erupciones pasadas, y por lo general no son estructuras muy firmes. Una erupción o un terremoto pueden provocar la fractura y el derrumbe del material acumulado en las partes altas del volcán y consecuentemente producir una gran avalancha de escombros. Este tipo de avalancha por lo general llega a ser muy destructiva, dependiendo de la cantidad de material involucrado de la altura a la que se origina y de la topografía del terreno.

4.1.2 Los Peligros Volcánicos

En el mundo existen alrededor de 1300 volcanes continentales activos y mantienen una tasa eruptiva global de 50 a 60 erupciones por año, y en promedio, existen en todo momento unos 20 volcanes en actividad en distintos puntos del globo (Simkin y Siebert, 2002).

En la tabla 19 se muestra una relación de los desastres volcánicos más importantes de los últimos 300 años y las causas principales de la mortandad. El potencial destructivo de los volcanes representa actualmente una amenaza a la vida y propiedades de millones de personas.

Volcán	País	Año	Evento	Tipos de daños	Causas	Reparación
Oshima						
Cotopaxi						
Makian						
Papandayan						
Gamalama						
Laki						
Asama						
Unsen						
Mayón						
Tambora						
Galunggung						

Mayón						
Nevado de Ruiz						
Awu						
Cotopaxi						
Krakatoa						
Soufriere						
Mt Peleé						
Santa María						
Taal						
Kelud						
Merapi						
La Mingtón						
Agung						
Chichón						
Nevado el Ruiz						
Lago Nyoos						
Pinatubo						

Tabla 19.- Principales desastres volcánicos en los últimos 300 años del planeta.

4.1.3 Los volcanes en México

México por su formación geológica es un suelo accidentado que integra un gran número de cordilleras, montañas, montes, colinas y volcanes. Estos últimos se relacionan en gran medida a procesos de subducción generados por el choque de las placas tectónicas de Riveras y Cocos con la Placa Norteamericana y tiene su expresión volcánica en la Faja Volcánica Transmexicana.

Los movimientos de estas grandes masas de tierra dieron lugar en el territorio mexicano a los siguientes sistemas montañosos:

- Sierra de California. Se extiende en dirección norte noroeste a sur sureste a lo largo de toda la Península de Baja California, desde los límites de México con los Estados Unidos hasta Cabo San Lucas en el estado de Baja California Sur.
- Sierra Madre Occidental. Se extiende desde Sonora hasta Nayarit. Conformada por 1,250 km de longitud, con una anchura media de 150 km y una altura media de 2,250 msnm.
- Sierra Madre Oriental. Se extiende dentro de México, en dirección norte noroeste, desde el estado de Coahuila, hacia el sur sureste hasta el estado de Veracruz y Oaxaca.
- Sierra Madre del Sur. Se extiende desde Jalisco hasta el istmo de Tehuantepec en el estado de Oaxaca atravesando los estados de Colima, Michoacán y Guerrero.

- Cordillera Neovolcánica o Eje Volcánico Transversal. Es una cadena montañosa que se extiende del oeste al este en la parte media del país.
- Sierra Madre de Chiapas. Se localiza casi en su totalidad dentro del estado de Chiapas y solo una pequeña parte dentro del estado de Oaxaca. Alcanza una altitud media de 1,500 msnm, así como una longitud y anchura media de 280 y 50 km respectivamente. Se considera que inicia en el municipio oaxaqueño de Santo Domingo Zanatepec, extendiéndose por el sur del estado de Chiapas y continúa hasta los límites con la República de Guatemala penetrando en ella. Entre las elevaciones que se destacan se pueden mencionar La Cruz de Piedra, el Cerro de San Miguel, el Pico de Niquivil y justo en la frontera México-Guatemala el volcán Tacaná con más de 4,000 msnm. El volcán El Chichón también forma parte de este sistema.

4.1.4 Actividad volcánica reciente en México

El vulcanismo que se desarrolla a lo largo de la Faja Volcánica Mexicana (FVM) es muy variado e incluye desde actividad efusiva, cuyos productos más importantes son los derrames de lava, hasta volcanes que han producido erupciones altamente explosivas con emisión de grandes cantidades de materiales piroclásticos tanto de flujo como de caída.

La tasa de erupción promedio en México durante los últimos 500 años ha sido aproximadamente de 15 erupciones por siglo. Si bien la mayoría de las erupciones han sido de magnitudes bajas, otras han sido destructivas en grado moderado, como las del volcán de Colima en los años 1576 y 1818; las del San Martín, Tuxtla en 1664 y 1793; o en mayor grado, como ocurrió en la erupción del volcán Chichón en 1982, que causó numerosas víctimas, devastando 150 km² de áreas boscosas y de cultivo, además de causar la muerte a varios miles de cabezas de ganado.

Otras erupciones, como el nacimiento del volcán mono genético Parícutín han producido flujos de lava, provocando la destrucción de poblaciones y tierras cultivables, pero sin causar víctimas. Casos análogos de volcanes mono genéticos recientes son el Jorullo, que nació en Michoacán en 1759 y el Xitle, que nació en el valle de México hace 1670 años aproximadamente. Los efectos de los flujos de lava del Xitle pueden apreciarse muy claramente en la zona arqueológica de Cuicuilco en el sur la Ciudad de México.

Durante una erupción explosiva el magma, al alcanzar la superficie, produce abundantes proporciones de gas y libera grandes cantidades de energía por diversos procesos. Esta diversidad de mecanismos presentes en la erupción hace difícil medir su tamaño.

La forma como se reparte esta energía varía en cada erupción, aun tratándose del mismo volcán, lo que hace muy difícil cuantificarla. Walker (1980) sugirió que se necesitan cinco parámetros para caracterizar adecuadamente la naturaleza y tamaño de una erupción explosiva:

- a) Magnitud de masa: es la masa total del material emitido;

- b) Intensidad: es la razón a la que el magma es expulsado (masa/tiempo);
- c) Poder dispersivo: es el área sobre la cual se distribuyen los productos volcánicos y está relacionada con altura de la columna eruptiva;
- d) Violencia: es una medida de la energía cinética liberada durante las explosiones, relacionada con el alcance de los fragmentos lanzados; y
- e) Potencial destructivo: es una medida de la extensión de la destrucción de edificaciones, tierras cultivables y vegetación, producida por una erupción.

De la Cruz-Reyna (1990) definió una escala de magnitudes basada en la relación entre el tamaño de las erupciones y su tiempo medio de recurrencia. Actualmente, una de las formas más aceptadas de cuantificar las erupciones explosivas es la escala del Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés). Esta escala fue definida por Newhall y Self en 1982, y es una escala compuesta donde se toman en cuenta diversas características de una erupción: el volumen de magma emitido, la energía térmica liberada, el alcance de los productos fragmentados, el grado de destrucción causada, la altura de la columna eruptiva, la duración de la erupción, etc.

Los materiales emitidos durante una erupción de cualquier tipo pueden causar diferentes efectos sobre el entorno, dependiendo de la forma como se manifiesten. Las principales manifestaciones volcánicas son:

Flujos de lava

Es la roca fundida emitida por una erupción efusiva desde un cráter superior, secundario o desde una fisura en el suelo, puede avanzar con velocidades que dependen de la topografía, y de su composición y temperatura, pero que por lo general son bajas.

Flujos piroclásticos

Durante las erupciones explosivas, pueden generarse avalanchas formadas por mezclas de fragmentos de lava, ceniza volcánica (magma finamente fragmentado) y gases muy calientes que se deslizan cuesta abajo por los flancos del volcán a grandes velocidades y pueden llegar a ser muy destructivas y peligrosas.

Uno de los grandes ejemplos del impacto de los flujos piroclásticos en el sureste del país se presentó durante la erupción del volcán El Chichón o también conocido como Chichonal en 1982. Los flujos causaron el peor desastre volcánico en la historia de México.

El único mecanismo de protección ante estos flujos es la evacuación preventiva, ya que por su velocidad (que puede exceder fácilmente los 100 km/h), hace muy difícil cualquier acción durante su desarrollo, puesto que para recorrer las distancias que separan a las poblaciones vulnerables de los volcanes activos y resguardarse en lugares seguros lejanos al área les toma al menos varios minutos que son imposibles de tener cuando el volcán ha iniciado la expulsión de flujos.

Flujos de lodo (lahares)

La mezcla de bloques, ceniza y cualquier otro escombros o sedimento volcánico con agua que se moviliza desde las laderas de volcanes, puede producir avenidas muy potentes de lodo y rocas que tienen un poder destructivo similar o incluso mayor a los flujos piroclásticos y por lo general, mayor alcance, ya que pueden recorrer decenas de kilómetros.

Durante los últimos siglos, los lahares han destruido más propiedad pública o privada que cualquier proceso volcánico y han sido los causantes de la pérdida de miles de vidas humanas. Los lahares, junto con la caída de tefra, son las principales causas de riesgo asociado a volcanes.

Derrumbes y deslizamientos

Los edificios volcánicos están formados por los depósitos de materiales emitidos en erupciones pasadas y por lo general no son estructuras muy firmes. Una erupción o un terremoto pueden provocar la fractura y el derrumbe del material acumulado en las partes altas del volcán y producir una gran avalancha de escombros.

Este tipo de avalancha usualmente llega a ser muy destructiva, dependiendo de la cantidad de material involucrado, de la altura a la que se origina y de la topografía del terreno.

Un ejemplo reciente de este tipo de manifestación se pudo observar en la erupción del volcán Santa Helena, en el estado de Washington, E.U.A. del 18 de mayo de 1982.

Columnas eruptivas

Las erupciones plinianas están asociadas a magmas de composición félsica (ácidos). Se caracterizan por su alto grado de explosividad, con manifestaciones muy violentas en las cuales se expulsan grandes volúmenes de gas volcánico caliente, fragmentos de magma de diversos tamaños y cenizas al aire. La expulsión a gran velocidad de estos materiales, junto con su rápida ascensión, forman columnas eruptivas que pueden superar los 30 km de altura, inyectándolos en la estratósfera.

Lluvia de fragmentos y cenizas

Durante una erupción, los fragmentos de magma más grandes que fueron expulsados por el volcán caen cerca del mismo y los fragmentos más finos pueden ser arrastrados por el viento sobre distancias de cientos y hasta miles de kilómetros, especialmente a elevadas altitudes, produciendo lluvia de cenizas sobre grandes extensiones.

El daño principal que causa la ceniza en las poblaciones se deriva de su acumulación en los techos pudiendo provocar su colapso, lo que puede evitarse removiendo la ceniza acumulada, teniendo gran cuidado de no arrojarla al drenaje.

La inhalación o exposición excesiva a la ceniza volcánica también llega a ser dañina por su carácter erosivo y, en ciertos casos, por los materiales volátiles que se pueden condensar sobre la superficie de las partículas. En algunos casos, por suerte poco frecuentes, la ceniza puede acarrear depósitos de flúor en niveles tóxicos.

La ceniza depositada sobre las vías de comunicación puede inhabilitar carreteras y aeropuertos. Cuando la ceniza depositada se humedece o se compacta, su peso puede producir hundimientos de los techos, caída de hojas y ramas de plantas y cables de todo tipo.

Asimismo, la ceniza húmeda puede conducir la electricidad, produciendo cortos en las líneas de transmisión de energía y en líneas de comunicación. La densidad de la ceniza no compactada es comparable a la del agua o granizo (cerca de 1000 kg/m³). La ceniza húmeda y compactada puede alcanzar densidades cercanas a 3000 kg/m³, por lo que su acumulación sobre techos inadecuadamente diseñados puede causar su colapso.

La ceniza húmeda puede tener ciertas propiedades de cohesión y cementarse, especialmente cuando ha invadido sistemas de drenaje. La lluvia abundante sobre depósitos de ceniza genera lodo que dificulta el tránsito y puede producir peligrosos flujos de lodo.

La fumigación inicial de cenizas y gases se ve condicionada por la dirección del viento, llegando en ocasiones a oscurecer el cielo, lo que puede generar ciclos de enfriamiento superficial que afectan al clima en general, tal como ocurrió durante el año 1816 donde no hubo verano a consecuencia de la erupción del volcán Tambora ubicado en Indonesia. La inyección de aerosoles puede causar fenómenos parecidos que afectan al albedo terrestre, aunque hasta ahora no se ha presentado un efecto tan fuerte como el provocado por el efecto de las cenizas. Estos fenómenos son parecidos al invierno nuclear.

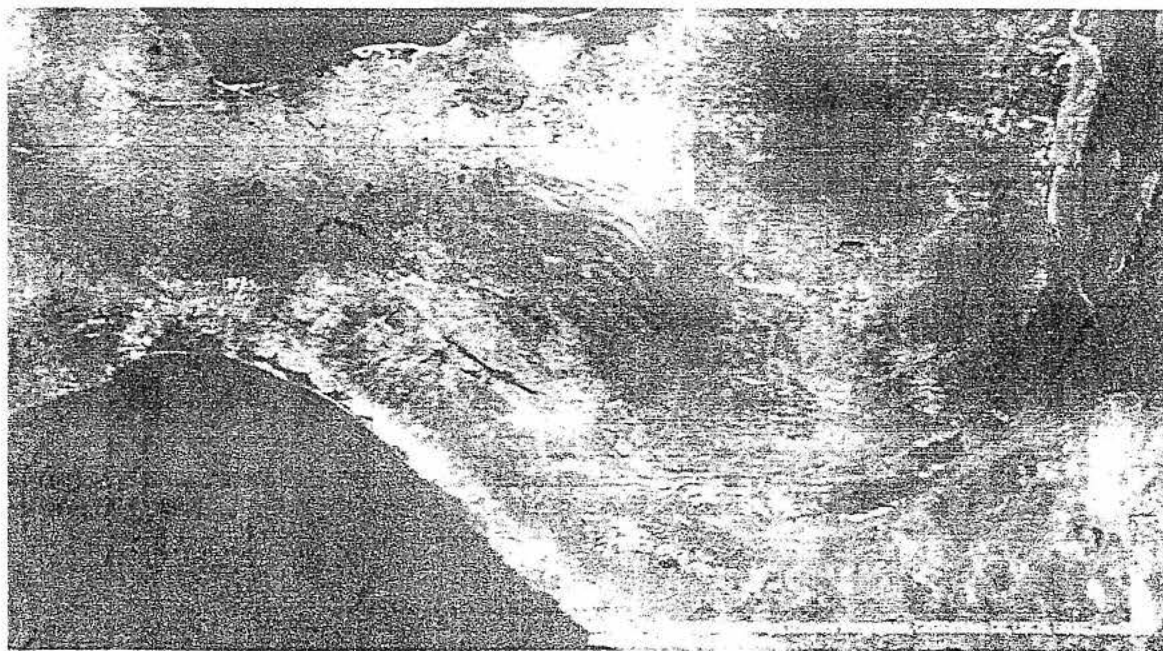


Figura 19.- Estructuras volcánicas en la zona de interés (elaborado por los autores)

En la figura 19 se puede apreciar que existe un gran número de estructuras volcánicas en la cordillera de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala. No obstante, la que mayor cercanía tiene con el municipio de Paraíso es la estructura del volcán El Chichón.

4.1.5 Volcán El Chichón

El Chichón o Chichonal es un volcán activo que se encuentra ubicado en el estado de Chiapas. El 28 de marzo de 1982 este volcán produjo una gran erupción tipo pliniana, tan violenta que, en cuarenta minutos la columna eruptiva abarcó 100 km de diámetro por casi 17 de alto. La erupción destruyó varias poblaciones en el estado de Chiapas.

Según el recuento de los daños, estos ascendieron a más de dos mil muertos, poco más de veinte mil damnificados y tierras siniestradas en un área de 25 kilómetros cuadrados, aunque las afectaciones abarcaron no menos de cien kilómetros cuadrados (Figura 20).



Figura 20.- El volcán Chichonal ubicado en el vecino estado de Chiapas es la estructura volcánica más cercana a la entidad y al municipio de Paraíso. No obstante, en la figura se puede apreciar que el límite municipal se encuentra a más de 200 km de distancia de ubicación del cono del volcán.

Al día siguiente de la erupción, una intensa lluvia de cenizas cayó en los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Oaxaca y Veracruz. Esta situación provocó el desalojo de miles de familias en la zona que circunda al volcán, mientras que en el estado de Tabasco fue necesario suspender todo tipo de actividades para salvaguardar a la población.

De inmediato inició una campaña de limpieza en las zonas urbanas y en las localidades rurales buscando disminuir el peso en las techumbres y evitar el colapso de los sistemas de drenaje. El aeropuerto se cerró por un par de días y los principales daños fueron en las zonas de cultivo que se perdieron irremediablemente.

En los siguientes días continuaron las explosiones y la bruma volcánica se extendió hasta el centro del país. El día 4 de abril del mismo año se presentó una explosión más fuerte y

prolongada que la ocurrida el 28 de marzo; esta nueva erupción produjo una columna que penetró en la estratósfera; en unos cuantos días, la porción más densa de la nube de ceniza circundó el planeta.

La historia eruptiva del Chichón está documentada ampliamente en diferentes fuentes. Sin embargo, las fechas no son concluyentes y en algunas ocasiones se abre algún intervalo de tiempo de aproximadamente 200 años.

En este sentido, en la tabla 20 se pueden consultar ampliamente las fechas de erupción del volcán El Chichón con su respectivo VEI, que el Smithsonian Institution reporta en el Global Volcanism Program.

Fecha y tiempo	VEI	Referencia
28 marzo 1982		
1850		
1360 +/- 100		
1190 +/- 150		
780 +/- 100		
590 +/- 100		
480 +/- 200		
190 +/- 150		
0020 AC +/- 50		
0700 AC 200		
1340 AC +/- 150		
2030 AC +/- 100		

Tabla 20.- Erupciones registradas del Volcán El Chichón.

Precisamente en función de la distancia y de las condiciones del territorio, es poco probable que, en la entidad, así como en el municipio se presenten efectos por proyectiles, lahares o flujos piroclásticos.

Los modelos de dispersión de ceniza elaborados por el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el Mapa de Zonificación de Riesgos del Volcán, indican que es poco probable que se presente caída de ceniza en la entidad y consecuentemente en el municipio. En la figura 21 se pueden observar los patrones de distribución propuestos por la UNAM y se distingue claramente que el límite municipal queda fuera de peligro por este agente. Únicamente una mínima parte del territorio se denota hacia el interior de uno de los patrones de dispersión y corresponde a las áreas cercanas al municipio de Teapa, Tabasco. Por supuesto que debe considerarse que la distribución de la ceniza depende de la dirección y fuerza del viento, así como del tamaño y peso de las partículas.

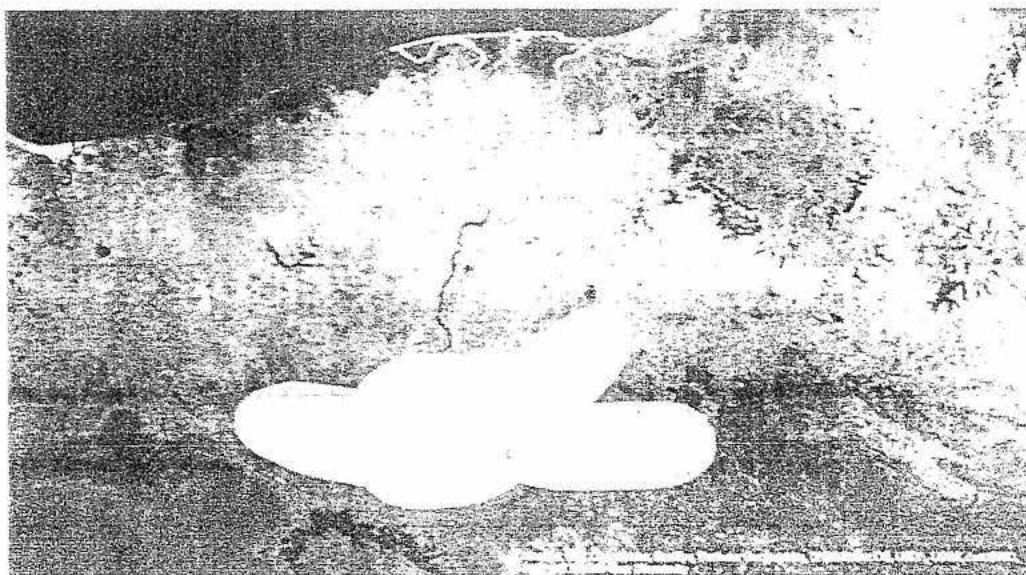


Figura 21.- Áreas de distribución y posible caída de ceniza para los vientos dominantes de las diferentes estaciones del año.

En cuanto a los flujos piroclásticos, la situación es aún más segura en virtud de la distancia que existe entre la zona de impacto de este tipo de efecto del vulcanismo y la ubicación del municipio de Paraíso. Esto puede visualizarse con exactitud en la figura 22 donde se marca en color café la zona con mayor probabilidad de impacto de flujos piroclásticos y se define en negro el borde de esta. El límite del municipio se encuentra en color amarillo. Actualmente este volcán se encuentra clasificado como activo.

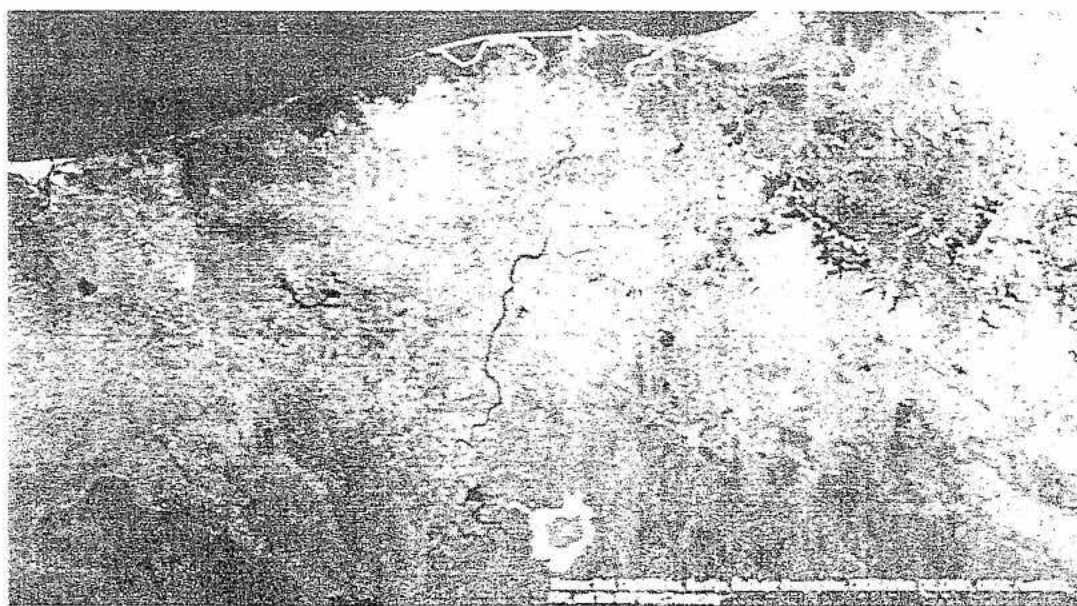


Figura 22.- Área de influencia de flujos piroclásticos y flujos de lodo del volcán El Chichón.

Handwritten signature and date: 18/1/19

4.2.- Sismos

4.2.1 Generalidades

Uno de los fenómenos geológicos que ocasiona un mayor impacto a la población son los sismos.

Sismo, temblor y terremoto son términos usuales para referirse a los movimientos de la corteza terrestre. Los sismos se originan en el interior de la tierra y se propagan por ella en todas direcciones en forma de ondas. Estas ondas son de corta duración e intensidad variable y se producen a consecuencia de la liberación repentina de energía. Aunque la interacción entre placas tectónicas es la principal causa de los sismos, no es la única. Cualquier proceso que pueda lograr grandes concentraciones de energía en las rocas puede generar sismos cuyo tamaño dependerá entre otros factores, de que tan grande sea la zona de concentración del esfuerzo. Las causas más comunes según su orden de importancia son:

- Movimientos tectónicos: son los sismos que se originan por el desplazamiento de las placas tectónicas que conforman la corteza, afectan grandes extensiones y es la causa más frecuente en la generación de sismos.
- Actividad volcánica: cuando la erupción es violenta genera grandes sacudidas que afectan sobre todo a los lugares cercanos, pero a pesar de ello su campo de acción es reducido en comparación con los de origen tectónico.
- Hundimientos: cuando al interior de la corteza se ha producido la acción erosiva de las aguas subterráneas, va dejando un vacío, el cual termina por ceder ante el peso de la parte superior. Esta caída genera vibraciones conocidas como sismos, su ocurrencia es poco frecuente y de poca extensión.
- Deslizamientos: el peso de las montañas es en sí una fuerza enorme que tiende a aplanarlas y que puede producir sismos al ocasionar deslizamientos a lo largo de fallas, pero generalmente no son de gran magnitud.
- Explosiones: son sismos ocasionados por el producto de explosiones controladas que generalmente se utilizan para la exploración geológica y el aprovechamiento de minerales. Por lo general, son sismos de baja intensidad y de corta duración.

Cuando se aplican esfuerzos sobre una roca, esta se comportará en forma más o menos elástica. Si la tensión se aplica por un período prolongado de tiempo, la deformación será permanente. Cuando una roca se deforma, acumula en su interior energía elástica de

deformación; si el esfuerzo aplicado es relativamente pequeño la roca se comporta elásticamente, mientras que, si el esfuerzo aplicado es muy grande producirá deformaciones demasiado grandes que llegan a romper la roca, esta ruptura súbita origina una falla. El reacomodo repentino de grandes masas de roca produce ondas sísmicas que viajan a través y por la superficie de la Tierra, dando lugar a un sismo. El movimiento dependerá del tipo de falla produciendo efectos distintos para diferentes direcciones.

4.2.2 Características de un sismo

El punto exacto en donde se origina el sismo se llama hipocentro, se sitúa debajo de la superficie terrestre a unos pocos kilómetros hasta un máximo de unos 700 km de profundidad. El epicentro es la proyección del hipocentro a nivel de tierra; es decir, el punto de la superficie terrestre situada directamente sobre el origen del movimiento y donde el sismo alcanza su mayor intensidad. El fallamiento de una roca es causado precisamente por la liberación repentina de los esfuerzos (compresión, tensión o de cizalla) impuestos al terreno. De esta manera, la tierra es puesta en vibración; esta vibración se debe a que las ondas sísmicas se propagan en todas las direcciones y transmiten la fuerza que se genera en el foco sísmico hasta el epicentro en proporción a la intensidad y magnitud de cada sismo.

Los epicentros de la mayor parte de los terremotos de gran magnitud (mayores o iguales que 7), se ubican en las costas de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. También han ocurrido, aunque con menor frecuencia, grandes sismos en el centro y sur de Veracruz y Puebla, norte y centro de Oaxaca y Chiapas, en la zona fronteriza entre Baja California y los Estados Unidos e incluso en el Estado de México y Sonora. Estos son el tipo de sismos que generalmente causa daños importantes en el país.

A partir de la distribución de los epicentros se puede clasificar a la superficie del territorio nacional en tres zonas o regiones:

- Regiones sísmicas: zonas activas de la corteza terrestre muy propensas a sufrir grandes movimientos sísmicos; coinciden con las zonas de impacto o roce de las placas.
- Regiones penisísmicas: zonas en las que solo se registran terremotos débiles (de poca intensidad) y no con mucha frecuencia.
- Regiones asísmicas: zonas muy estables de la corteza terrestre en las que raramente se registran terremotos. Son sobre todo regiones muy antiguas de corteza de tipo continental (escudos).

4.2.3 Regionalización Sísmica de México

Uno de los elementos con mayor aceptación en el país para definir la sismicidad por regiones es el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad. En el capítulo de Diseño por Sismo del referido manual, se encuentra publicado el mapa de Regionalización Sísmica de México.

En esta publicación se define en términos generales, el nivel de peligro sísmico para un área determinada. De esta forma, el territorio se encuentra clasificado en cuatro regiones identificadas de la A hasta la D, las cuales representan un nivel de peligro creciente. Esta clasificación del territorio se emplea en los reglamentos de construcción para fijar los requisitos mínimos que deben seguir los proyectistas, diseñadores y constructores en las edificaciones y otras obras civiles, de tal manera que estas resulten suficientemente seguras ante los efectos producidos por un sismo.

Como se puede observar en el mapa de la figura 23 y 24, el estado de Tabasco se encuentra inmerso en la zona B donde se esperan aceleraciones de entre 10 y 30 por ciento con poca frecuencia de eventos.

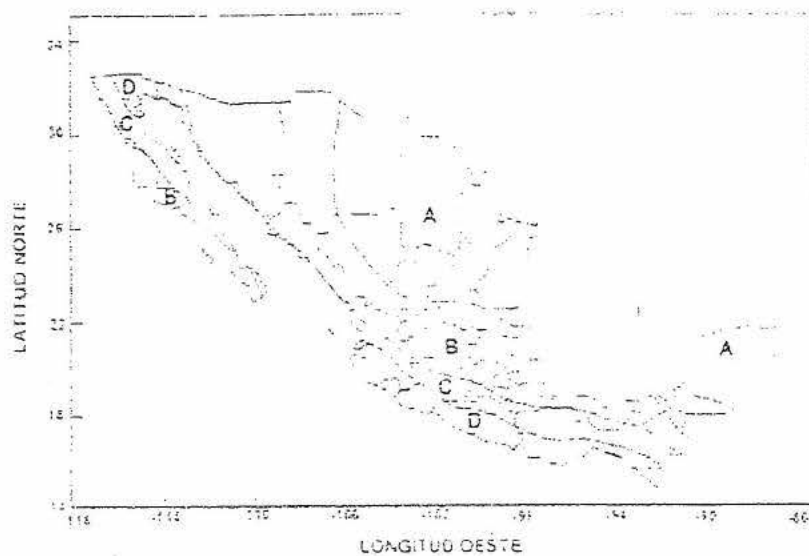


Figura 23.- Clasificación de las zonas sísmicas en México (CFE)

Atlas de Riesgos Geológicos del Municipio de Paraíso

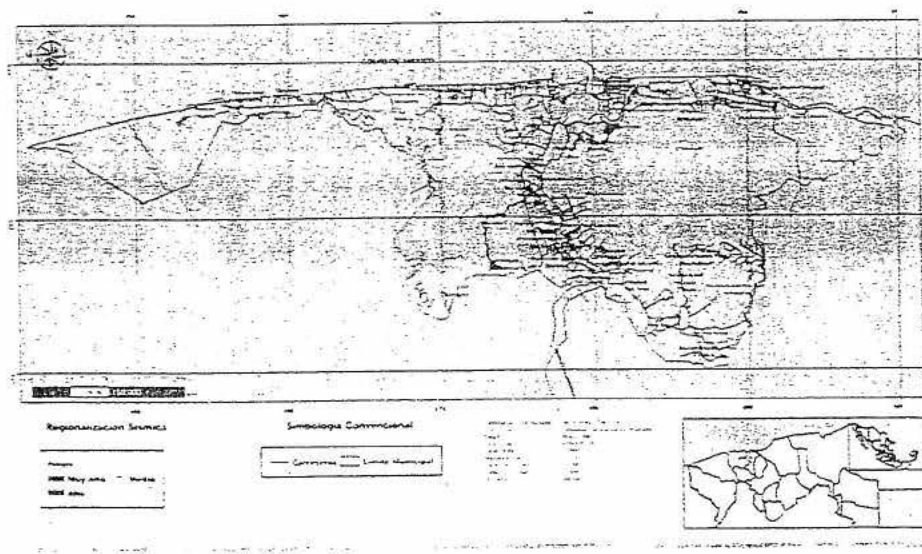


Figura 24.- Regionalización sísmica en el municipio de Paraíso

4.2.4 Impacto

Existen diferentes formas de conocer el impacto y magnitud de los sismos, la más usual es cuantificando la intensidad a través de una escala asociada. La escala de Mercalli está asociada a un lugar determinado y se asigna en función a los daños o efectos causados al hombre y a sus construcciones. En la escala de Mercalli, los sismos en el municipio de Paraíso y en general para el estado de Tabasco se pueden considerar de una magnitud uno al cuatro, siendo los más frecuentes los de magnitud dos.

Una segunda escala para medir la magnitud es la escala de Richter. Esta se relaciona con la energía que se libera durante un temblor y se obtiene en forma numérica a partir de los registros obtenidos con los sismógrafos, esta es la manera más conocida y más ampliamente utilizada para clasificar los sismos. En esta escala, la magnitud más frecuente para el Estado y para el municipio es de 3.6 grados Richter con una media de 4.04, mínima de 3.3 y magnitud máxima de 4.9.

En la figura 25 se presenta una simulación de cinco mil eventos mediante el método de Monte Carlo, donde la densidad de probabilidad indica que el 90 por ciento de los eventos sísmicos que se presentarán en el futuro en el territorio municipal, estarán entre magnitudes de 3.6 y 4.5 en la escala de Richter.

Eventos de magnitud mayor a 4.5 solo tienen 5 por ciento de probabilidad de ocurrencia. Lo anterior se obtiene del análisis de la distribución y magnitud de los sismos en la región aledaña al municipio de Paraíso.

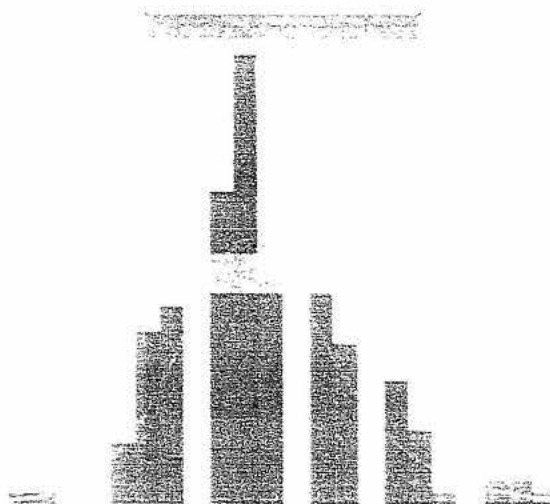


Figura 25.- Distribución de probabilidad para movimientos sísmicos en el municipio de Paraíso, Tabasco.

En cuanto a la aceleración, se puede apreciar en la figura 25 que el valor para eventos con un periodo de retorno de 10 años es de 11 cm/seg², mientras que, para periodos de 50 años, el valor de aceleración se encuentra en el intervalo de 21 a 64 cm/seg².

Estas aceleraciones, contrastadas con los tipos de construcción y materiales utilizados de manera general en la zona, indican que no deben presentarse daños en vivienda e infraestructura provocados por los sismos.

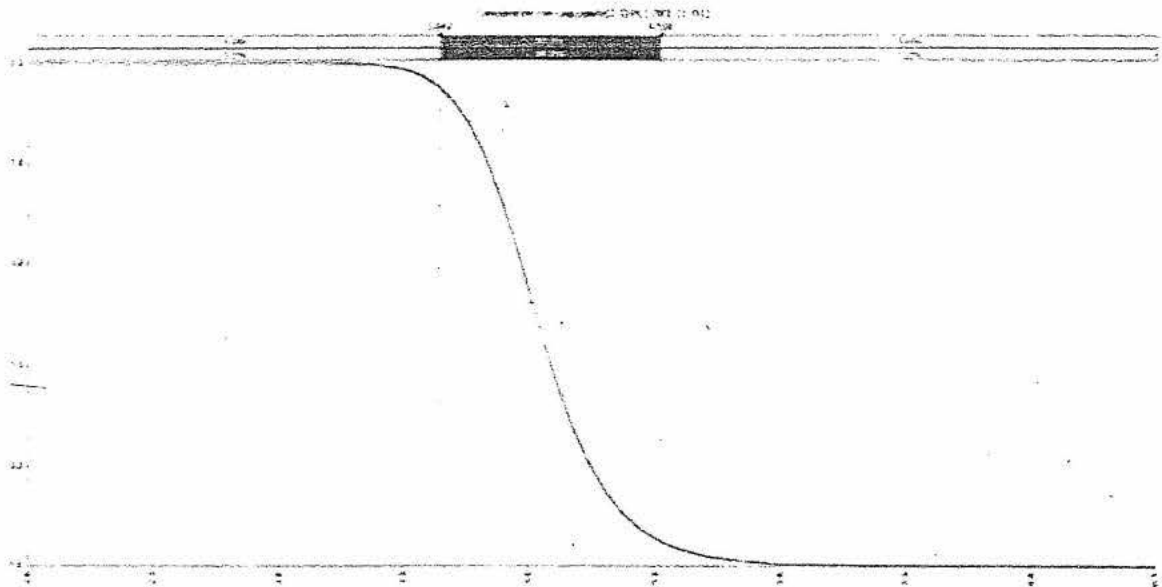


Figura 26.- Curva de excedencia de magnitud sísmica para el municipio de Paraíso

Para conocer y comparar objetivamente el tamaño de los sismos se necesita una medida como la intensidad, que no depende de la densidad de población ni del tipo de construcción afectada. La manera de evaluar el tamaño real de un sismo se basa en registros sísmicos y está relacionado con la cantidad de energía liberada, la cual es independiente de la ubicación de los instrumentos que lo registran.

Para solucionar esta problemática, en 1932, Charles Richter desarrolló una escala estrictamente cuantitativa, aplicable a sismos ocurridos en regiones habitadas o no, utilizando las amplitudes de las ondas registradas por un sismógrafo.

Dada la conveniencia de describir el tamaño de un terremoto empleando un número (magnitud), se ha requerido que el método se mejore, de tal manera que pueda ser usado de forma general en todo el mundo.

En la figura 27 se observa la distribución de los epicentros clasificados conforme a la magnitud de los sismos originados y la profundidad del hipocentro. Como puede apreciarse, la mayoría de los sismos son de baja intensidad (con intensidades entre 3 a 5 grados) y con profundidades de entre 100 y 200 m.



Figura 27.- Distribución de epicentros registrados en el área de interés.

Por lo regular, cuando ocurre un evento de este tipo, los medios de comunicación proporcionan el dato acompañado del apellido Richter como referencia a la escala de la magnitud. Sin embargo, en un sismo hay diferentes ondas (ondas superficiales, ondas de cuerpo y momento sísmico), y cada una de ellas expresa diferentes aspectos de la energía liberada por el fenómeno perturbador.

La diferencia de un grado de magnitud entre dos sismos cualesquiera implica en términos de energía liberada, una diferencia aproximada de 32 veces. Esto significa que un sismo de grado 8 equivale en energía a 32 sismos de grado 7; o bien, 1000 sismos de magnitud 6. De esta forma, el mismo sismo de grado 8 equivale en términos de energía a un millón de pequeños sismos de grado 4.

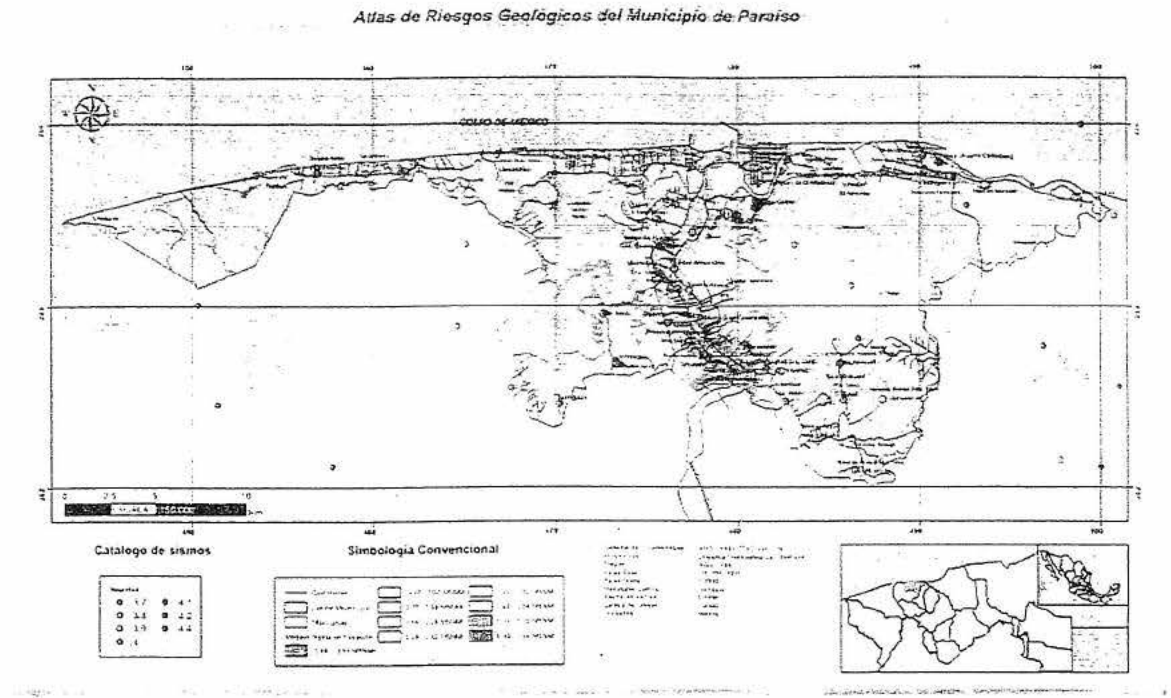


Figura 28.- Magnitud de los sismos registrados en el área de estudio

4.3.-Tsunamis

4.3.1 Generalidades

Tsunami es un término que se utiliza como referencia a las olas que pueden entrar tierra adentro y que son producto generalmente de eventos sísmicos en zonas costeras o de vientos excepcionalmente potentes. Entonces, un tsunami se origina por el movimiento brusco del lecho marino en sentido vertical, de modo que una gran masa de agua del océano es impulsada fuera de su equilibrio natural. El desplazamiento de esta inmensa masa de agua genera olas que por su fuerza y tamaño pueden alcanzar varios metros tierra adentro. Por lo tanto, el tamaño de un tsunami estará en función de la magnitud de la deformación del lecho marino. Sin embargo, no todos los terremotos marinos llegan a generar un tsunami.

Un tsunami tectónico producido en un fondo oceánico de 5 km de profundidad removerá toda la columna de agua desde el fondo hasta la superficie. El desplazamiento vertical puede ser tan sólo de centímetros; pero, si se produce a la suficiente profundidad, la velocidad será muy alta y la energía transmitida a la onda será enorme. Aun así, en alta mar la ola pasa casi desapercibida, ya que queda camuflada entre las olas superficiales.

No existe un límite claro respecto de la magnitud necesaria de un sismo como para generar un tsunami. Los elementos determinantes para que ocurra un tsunami son la magnitud del

sismo originador, la profundidad del hipocentro y la morfología de las placas tectónicas involucradas. Esto hace que para algunos lugares del planeta se requieran grandes sismos para generar un tsunami, en tanto que para otros baste para ello la existencia de sismos de menor magnitud. En otros términos, la geología local, la magnitud y la profundidad focal son parte de los elementos que definen la ocurrencia o no de un tsunami de origen tectónico.

Cuando la ola ingresa a aguas poco profundas la ola se ralentiza y aumenta su amplitud (altura), así como la longitud de onda entre crestas.

Una teoría señala que las olas conservarán su energía mientras no rompan en la costa, por lo que la disipación de la energía dependerá de las características del relieve marino. Esta forma de disipar la energía es poco eficiente, y lleva a la ola a tierra adentro como una gran marea.

Debido a que la energía de los maremotos tectónicos es casi constante, pueden llegar a cruzar océanos y afectar a costas muy alejadas del lugar del suceso.

México corre el riesgo de ser golpeado por tsunamis. En los últimos 283 años se han registrado más de 60 en las costas del Pacífico occidental. Entre los más fuertes destaca el de junio de 1932: un sismo con magnitud de 6.9 en la escala de Richter generó en los litorales de Jalisco y Colima una ola de 10 metros de altura que penetró un kilómetro en Cuyutlán y dejó 75 muertos y cien heridos (Guzman, 2017).

Por fortuna, la zona del Golfo de México donde se encuentra ubicado el municipio de Paraíso no es susceptible de padecer este tipo de fenómenos (figura 29).

Atlas de Riesgos Geológicos del Municipio de Paraíso

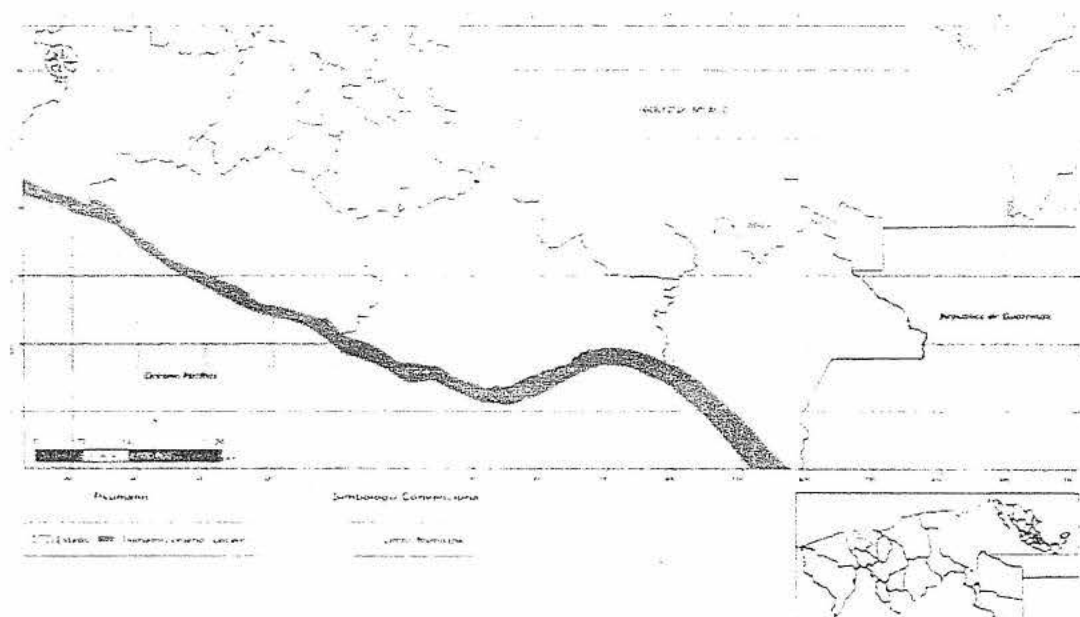


Figura 29.- Mapa de zonas de riesgo por Tsunami (Cenapred)

4.4.- Vientos

4.4.1.- Generalidades

El viento es una corriente de aire que se desplaza horizontalmente, originada por el desigual calentamiento de las masas de aire en las diversas regiones de la atmósfera. Por esta razón, la velocidad del viento se encuentra en relación directa con las diferencias de presión que se dan entre las capas de esta. Tal es el caso de los huracanes que pueden llegar a generar los vientos más fuertes con velocidades incluso superiores a los 150 km/h. Estos por lo general se presentan en la zona costera como es el caso de Paraíso.

Sin embargo, otros fenómenos atmosféricos son capaces de producir fuertes vientos, por lo que aún en el interior del territorio existen zonas con peligro de vientos intensos (CENAPRED, 2001).

En el Municipio los vientos dominantes se presentan en dirección este, noreste y sureste; seguidos por los vientos del norte y noroeste. Estos últimos conocidos popularmente como nortes, por acompañar a las lluvias. La velocidad media del viento registrada en Paraíso es de 12.2 km/h, aunque en ocasiones los valores pueden ascender en ráfagas promedio de 22 km/h y que pueden llegar a alcanzar e incluso a superar los 60 km/h.

En la historia reciente del municipio, los daños registrados por este tipo de fenómeno se vinculan principalmente a la caída de algunos árboles y ramas viejas, techos de lámina que se desprenden por estar mal sujetos o en mal estado de mantenimiento y de algunos anuncios espectaculares. Estos últimos por su gran superficie, ofrecen gran resistencia al viento lo cual ocasiona que se ejerza mayor fuerza sobre ellos. Sin embargo, con buen mantenimiento y contruidos bajo las normas adecuadas la amenaza de este tipo es mínima.

En el ámbito rural, los años de experiencia de la población han permitido la construcción de viviendas adaptadas a las características ambientales propias del municipio; por lo que no es frecuente encontrar daños causados a las viviendas por este tipo de fenómeno.

Para evaluar la amenaza que constituye este fenómeno se analizaron los datos reportados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que presentan los valores de velocidad y dirección del viento. El ajuste estadístico los datos recabados en las tres estaciones, se realizó con la distribución Wei-bull, ya que esta distribución presenta la función de probabilidad que mejor expresa el comportamiento de los vientos, la consulta de los datos puede realizarse en la tabla 19.

Estación	Velocidad Promedio	Prom. Ráfagas	Viento Máx.
Paraíso			

Tabla 19.- Velocidad del viento. Estaciones meteorológicas de la CONAGUA

Esta información coincide con el mapa elaborado por el CENAPRED (2011), con base en datos de la Comisión Federal de Electricidad en el que se muestra el nivel de peligro por viento en el país. De acuerdo con esta zonificación, la República Mexicana está dividida en cuatro zonas de peligro por viento: muy alto (intervalos de 190 a 220 km/h), peligro alto (intervalos de 160 a 190 km/h), moderado (intervalos de 130 a 160 km/h) y peligro bajo (intervalos de 100 a 130 km/h). De este modo, el estado de Tabasco en general presenta un nivel de peligro bajo por vientos y en algunas zonas de la costa del municipio de Paraíso se puede identificar un nivel medio de amenaza (Figura 30).

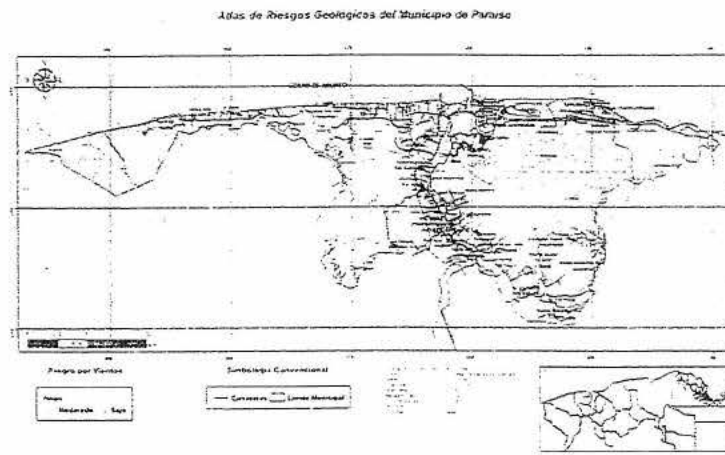


Figura 30.- Mapa de riesgo por vientos para el municipio de Paraíso. Elaborado a partir de la Zonificación de velocidades máximas por viento en la República Mexicana (fuente: Cenapred, 2011).

Para la clasificación de los vientos y sus efectos se utilizó la escala de Beaufort de la Fuerza de los Vientos modificada, donde en general se considera que obtener un valor de 9 a 10 dentro de la misma, ya se considera como peligroso. La escala a la que se hace referencia puede ser consultada en tabla 20.

Escala Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Descripción de viento	Efectos
0	0-1	Calma	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2-5	Ventolina	El humo indica la dirección del viento
2	6-11	Brisa muy débil	Se caen las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos de los campos
3	12-19	Brisa ligera	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20-28	Brisa moderada	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29-38	Brisa fresca	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39-49	Brisa fuerte	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas.
7	50-61	Viento fuerte	Se mueven los árboles grandes, dificultad para caminar contra el viento
8	62-74	Viento duro	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas muy dificultosa
9	75-88	Muy duro	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89-102	Temporal duro	Arboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones

Escala Beaufort	Velocidad (km/h)	Descripción	Efectos
11	103-117	Borrasca	Dstrucción en todas partes. lluvias muy intensas, inundaciones muy altas
12	+ 118	Huracán	Voladura de autos, árboles, casas, techos y personas. Puede generar un huracán o un tifón

Tabla 20.- Escala Beaufort modificada para evaluación de daños por vientos (1944).

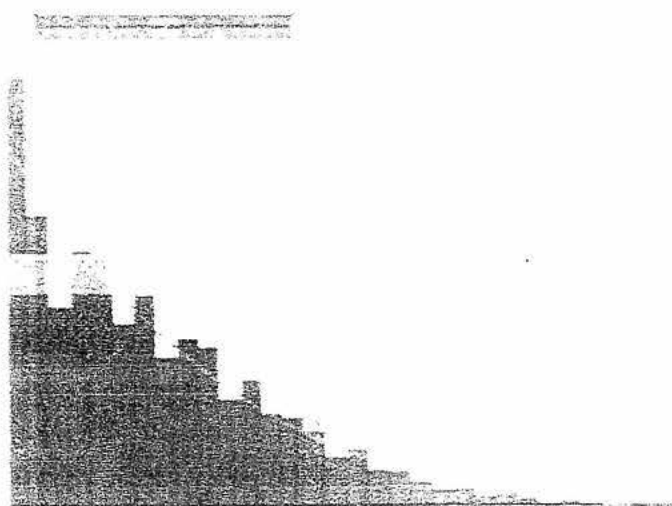


Figura 31.- Distribución de probabilidad para velocidad del viento en el municipio de Paraíso (calculado a partir de datos de la Conagua)

De acuerdo con los datos de las estaciones analizadas, es posible observar en la figura 31 que existe poca de probabilidad de que los vientos superen los valores 45 km/h.

4.4.2.- Ciclones tropicales y huracanes

Los ciclones tropicales son un fenómeno meteorológico que se distingue por la presencia de un sistema de baja presión caracterizado por presentar una circulación cerrada alrededor del centro de baja presión.

Su nombre se deriva de los trópicos y su naturaleza ciclónica. El término «tropical» se refiere entonces al origen geográfico de estos sistemas, que se forman casi exclusivamente en las regiones intertropicales del planeta, como a su formación en masas de aire tropical de origen marino. El término «ciclón» se refiere a la naturaleza ciclónica de las tormentas, con una rotación en el sentido contrario al de las agujas del reloj en el hemisferio norte.

Los ciclones tropicales se distinguen de otros sistemas porque obtienen su energía de las altas temperaturas que se presentan en las zonas profundas del Océano Atlántico y Pacífico, por lo que son sistemas con núcleos cálidos.

11
11/11/11

Para la zona de la costa del Atlántico y Golfo de México este fenómeno se denomina de diversas formas, dependiendo de su fuerza (intensidad de los vientos que les forman) y localización. De este modo, un ciclón tropical puede llamarse depresión tropical, tormenta tropical, huracán, tifón o simplemente ciclón.

4.4.3.- Depresión tropical.

Una depresión tropical es la primera etapa en la formación de un ciclón que no presenta frentes y su circulación es contraria al movimiento de las manecillas del reloj. Se denomina depresión porque la velocidad máxima de sus vientos no supera los 34 nudos que equivalen a 63 km/h. Se considera que hay una depresión tropical cuando se forma una depresión atmosférica en el mar que se caracteriza porque el viento empieza a aumentar en superficie con una velocidad máxima (media en un minuto) de 62 km/h o menos; las nubes comienzan a organizarse y la presión desciende hasta cerca de las 1000 hpa (hectopascales).

A partir de la presencia de una depresión tropical, puede esperarse el desarrollo de un huracán, dependiendo de las condiciones que prevalezcan en el área. La depresión tropical es considerada como el "nacimiento" de un huracán.

El municipio de Paraíso por su ubicación geográfica se encuentra expuesto a la afectación frecuente de estos fenómenos ciclónicos, aunque por lo general, no causan daños importantes a la población. Las afectaciones que ocurren, por lo general ocasionan básicamente condiciones de incomodidad a los habitantes al levantar grandes capas de arena y basura ligera, hojas de árboles, entre otras, que viajan con el viento y dificultan la visibilidad a los transeúntes, además de que se complica caminar en contra del viento.

4.4.4.- Tormenta tropical

La tormenta tropical es el crecimiento o desarrollo de la depresión tropical, esta se caracteriza por presentar una mayor intensidad de los vientos que superan los 62 km/h sin rebasar los 118 km/h; las nubes se distribuyen en forma de espiral y empieza a formarse un ojo pequeño, casi siempre en forma circular y la presión se reduce a menos de 1000 hpa. Con esta velocidad, el incremento en el tamaño promedio de las olas puede superar el metro de altura.

En esta fase es cuando recibe un nombre correspondiente a una lista formulada por la Organización Meteorológica Mundial (Comité de Huracanes). Antiguamente, cada ciclón se denominaba con el nombre del santo del día en que se había formado o había sido observado. Durante la Segunda Guerra Mundial se usó un código en orden alfabético para facilitar la rapidez de la transmisión con abreviaturas, (Abbier, Baker, Charlie, etc.). Posteriormente, en 1953 el Servicio Meteorológico de los EUA adoptó el uso de nombres de mujer de esas abreviaturas en orden alfabético y en 1978, a solicitud de un movimiento feminista de los EUA, fueron también incluidos en esas listas, nombres de hombre en los idiomas español, francés e inglés. Cabe aclarar que, si un ciclón ocasiona un impacto social y económico importante a un país, el nombre de este ciclón no volverá aparecer en la lista.

Este tipo de fenómeno hidrometeorológico se forma y se intensifica cuando está situado sobre océanos tropicales o subtropicales en ambos hemisferios, en donde la fuerza de rotación de la tierra (Coriolis) es suficientemente fuerte para que se inicie el movimiento de rotación alrededor del centro de baja presión y cuyas temperaturas del agua a nivel de la superficie son de 27°C o más cálidas. Las regiones matrices no son estables en cuanto a su ubicación, ya que esta obedece a la posición de los centros de máximo calentamiento marítimo, que a su vez están influidos por las corrientes frías de California y la contracorriente cálida ecuatorial en el océano Pacífico, así como por la deriva de las ramificaciones de la corriente cálida del «Gulf Stream». Además, no se mantienen por sí mismos sobre tierra, independientemente de la temperatura superficial.

Las tormentas tropicales tienen un núcleo central cálido, se desarrollan en entornos de débiles cortantes del viento vertical y su parte central se inclina sólo ligeramente. Los vientos más fuertes se dan en los niveles bajos, donde el contacto con la superficie terrestre origina una fuerte disipación por rozamiento. Esta disipación aumenta con la potencia de orden dos de la velocidad del viento, y por esta razón los ciclones tropicales pueden ser muy destructivos.

Al entrar a tierra, las tormentas tropicales generalmente pierden fuerza y se degradan a depresiones tropicales. Por su ubicación geográfica, el estado de Tabasco tiene una alta incidencia de este tipo de fenómeno hidrometeorológico. El municipio de Paraíso como parte del territorio tabasqueño, no está exento de recibir de forma constante, durante la época de lluvias el impacto de las tormentas tropicales. Por lo general, estas generan un potencial de lluvias muy fuertes a intensas y fuertes vientos tanto en el municipio como en sus inmediaciones, lo que puede ocasionar perjuicios hacia la población, la infraestructura, bienes y el medio ambiente.

Los daños asociados a las tormentas tropicales en el municipio, generalmente se refieren a deslaves en carreteras; daños a viviendas, negocios y vehículos, principalmente por voladura de techos de lámina y caída de árboles; afectaciones por inundaciones de tipo pluvial, sobre todo por problemas relacionados con el funcionamiento de los sistemas de drenaje y acumulación de basura en las alcantarillas.

4.4.5.- Huracanes y tormentas tropicales

Cuando la velocidad de los vientos en un ciclón supera los 118 km/h se considera a este fenómeno un huracán. Los huracanes pueden producir olas grandes, lluvias torrenciales y marejadas ciclónicas en áreas costeras. Se desarrollan sobre extensas superficies de agua cálida y pierden parte de su fuerza cuando penetran en tierra porque dejan de recibir energía del agua caliente de los mares y océanos.

Los efectos de los huracanes son de los que provocan mayor destrucción en México, ya que son capaces de causar graves daños a poblaciones costeras, así como ocasionar pérdidas humanas y económicas difíciles de superar. En la tabla 21 se puede observar a detalle el

número promedio de ciclones tropicales que se presentan en los mares que rodean a México.

Clasificación	Media histórica	
	Pacífico	Atlántico
Depresiones tropicales		
Tormentas tropicales		
Huracanes categoría 1 y 2		
Huracanes categoría 3, 4 y 5		
Total de ciclones		

Tabla 21.- Número promedio anual de ciclones tropicales en México

Durante un huracán los factores meteorológicos más importantes que producen daño son:

- a) La fuerza de los vientos del huracán proyecta o derriba objetos, imprime movimiento a las aguas de los océanos; así mismo, ejerce fuertes presiones sobre superficies y es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad del viento.
- b) La marea de tormenta es una elevación temporal del nivel del mar cerca de la costa, que se forma por el paso del área central del huracán, la cual es debida a los fuertes vientos que soplan hacia la tierra y a la diferencia de presión atmosférica entre el ojo del huracán y los alrededores. Esta marea puede alcanzar una altura mayor de 6 metros en algunas ocasiones. Asimismo, una pendiente suave del fondo marino puede propiciar la acumulación de agua por el viento y por tanto una marea de tempestad más alta.
- c) Las precipitaciones intensas que acompañan a un huracán pueden causar deslaves y provocar inundaciones.

Por su intensidad y los daños que ocasionan, los huracanes se clasifican en cinco categorías de acuerdo a la escala propuesta por Saffir Simpson, misma que se presenta en la tabla 22. Las trayectorias de los ciclones que han circulado por la Zona Sur-Sureste de la República Mexicana, donde se encuentra ubicada el área de interés de este Atlas se pueden apreciar en la figura 32. De igual forma, las trayectorias correspondientes a eventos ciclónicos que atañen específicamente al municipio de Paraíso se pueden consultar a mayor detalle en la figura 33.

Categoría	Velocidad Km/h	Vulnerabilidad	Oleaje
1	119-153	Ningún daño efectivo a los edificios. Daños menores a arbustos y árboles. Algunas inundaciones de carreteras costeras y daños leves a muelles.	Hasta 1.5 m

Categoría	Velocidad Km/h	Vulnerabilidad	Oleaje
2	154-177	Provoca algunos daños a los tejados, puertas y ventanas de edificios. Daños considerables a la vegetación, casas y muelles. Las carreteras costeras se inundan dos horas antes de la entrada del centro del huracán.	Hasta 2.5 m
3	178-209	Provoca algunos daños estructurales a pequeñas residencias y construcciones auxiliares con pequeñas fisuras en los muros. Las inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas y los escombros flotantes dañan a las mayores. La erosión y el transporte de objetos se incrementan.	Hasta 3.5 m
4	210-250	Provocan fisuras generalizadas en los muros, con derrumbe completo de toda la estructura del techo de las viviendas pequeñas. Inundaciones en terrenos planos debajo de tres metros situados a 10 kilómetros de la costa. La erosión es muy fuerte en las playas.	Hasta 5 m
5	Mayores a 250	Derrumbe total de los techos en muchas residencias y edificios. Algunos se desmoronan y el viento se lleva las construcciones. Los daños son graves en los pisos bajos de todas las estructuras. La erosión de las playas y la remoción en masa del relieve son muy elevadas.	Más de 5 m

Tabla 22.- Escala Saffir – Simpson. Descripción de daños producidos por los huracanes.
Fuente: Saffir, H. y Simpson, B., 1969.

A pesar de encontrarse en una zona costera, el municipio de Paraíso se ve protegido en cierta manera por la Península de Yucatán, en lo que puede considerarse una barrera natural que en ocasiones disminuye la fuerza de los eventos y cambia las trayectorias de estos.

Al analizar las trayectorias que se presentan en la figura 33 se puede observar que no existe una que haya impactado directamente al municipio. Sin embargo, el efecto de las masas de agua y viento que arrastran estos fenómenos llegan a ocasionar severos impactos en la población del municipio y en ocasiones afectan a la línea costera acelerando los procesos de erosión de esta.

Atlas de Riesgos del Municipio de Paraíso

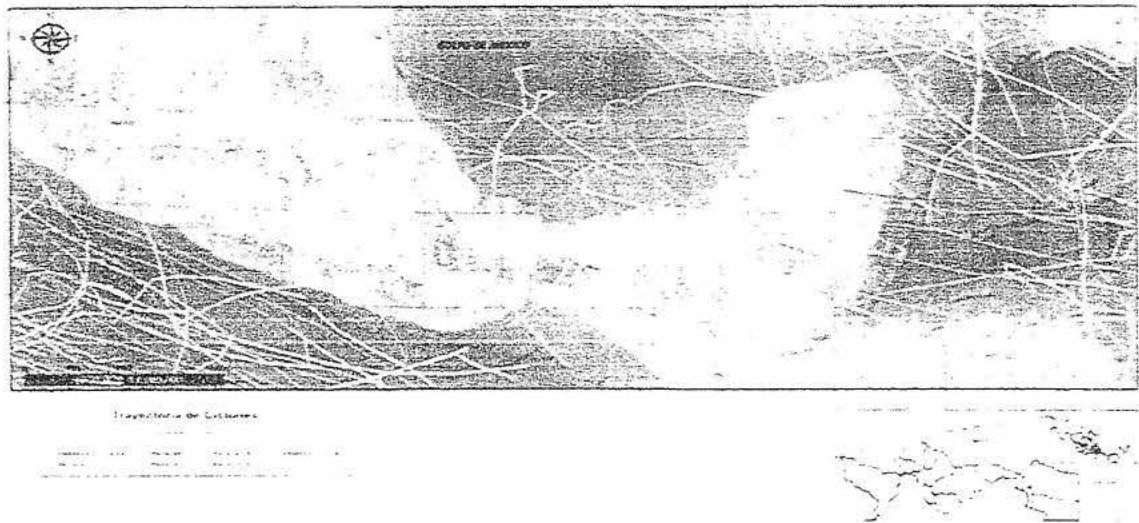


Figura 32.- Trayectorias de ciclones y tormentas tropicales en el Golfo de México

Atlas de Riesgos del Municipio de Paraíso

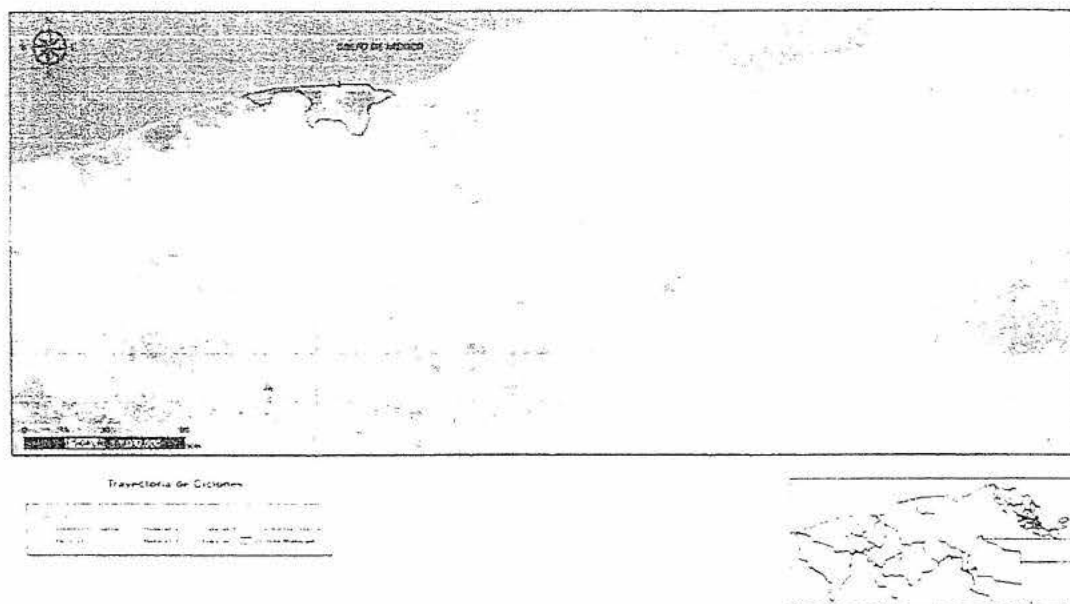


Figura 33.- Detalle de trayectorias de ciclones y tormentas en el municipio de Paraíso

4.4.6.- Peligro por presencia de huracanes

De acuerdo con la información sobre las trayectorias de los eventos ciclónicos específicos para el área proporcionada por el CENAPRED donde se observa que hasta el momento el municipio no ha sido impactado directamente por algún huracán y tomando en

1.0

consideración el efecto de los vientos, el peligro por presencia de huracanes en el territorio del municipio de Paraíso se estableció como peligro medio y la presencia de huracanes en caso de presentarse, se restringe a la temporada de ciclones y huracanes que inicia en términos generales el 1° de junio y concluye el 30 de noviembre de cada año.

El agente perturbador lluvia, es uno de los dos elementos que son de gran importancia en la presencia de huracanes, tormentas tropicales, depresiones tropicales, entre otros. Este agente perturbador por su relevancia y los daños que causa en el territorio municipal es tratado de forma particular en el acápite correspondiente.

4.5.- Tormentas eléctricas

Se conocen como tormentas eléctricas a la caída de rayos asociados o no a la presencia de lluvias torrenciales; las tormentas eléctricas se producen por el incremento del potencial eléctrico entre las nubes y la superficie terrestre, donde el rayo es la descarga eléctrica atmosférica a tierra. Durante este fenómeno meteorológico, los rayos caen a la superficie generalmente en zonas boscosas y en zonas urbanas, siendo los tendidos eléctricos, principalmente los de alta tensión y las zonas aledañas a ellos, vulnerables al mismo.

En el municipio se ha presentado la caída de rayos y la presencia de tormentas eléctricas, sin que a la fecha se haya reportado el deceso de alguna persona o animal por este fenómeno.

Para la determinación del riesgo potencial por este agente perturbador, se analizaron las normales climatológicas del municipio referente a las incidencias de tormentas eléctricas, desde 1951 hasta el 2010 proporcionadas por la CONAGUA.

El promedio de tormentas eléctricas al año en el municipio es de ocho, siendo los meses de mayor incidencia de junio a agosto. En contraposición, los meses en que no se han presentado fenómenos perturbadores de este tipo es el periodo comprendido de diciembre a marzo.

4.6.- Temperaturas extremas

4.6.1.-Generalidades

Una de las variables que afecta con mayor intensidad al estado de Tabasco y por ende al municipio de Paraíso es la temperatura. En este sentido para el municipio de Paraíso se registra una temperatura media anual de 26.5°C, con los valores promedio más bajos en los meses de enero y febrero y los valores más altos se presentan en los meses de abril y mayo. Las temperaturas máximas, mínimas y promedio diarias del municipio pueden observarse en la gráfica 4.

En cuanto a la temperatura máxima registrada en un día fue de 48°C en el mes de abril de 2009. Sin embargo, la temperatura máxima promedio se registra en para los meses de mayo

con un valor de 34.8°C. Por su parte, la temperatura mínima mensual promedio registrada es de 18.4°C para los meses de enero y la mínima diaria registrada en un día, fue de 10°C en enero de 1985.

Con estos valores, el confort climático es bastante equilibrado en el municipio, por lo que para la variable temperatura por sí misma, no existe un alto riesgo por temperaturas mínimas o máximas extremas. Sin embargo, cuando la temperatura se conjuga con otros elementos como la humedad o el viento existe otra variable que puede presentar un efecto directo sobre la población y por ende un riesgo como tal.

La relación entre la temperatura y la humedad ambiente para determinar el riesgo por temperaturas extremas y sensación térmica puede consultarse en la figura 33.

En efecto, la sensación térmica es una variable que conjuga la temperatura local con la humedad y la velocidad del viento para generar en el organismo la sensación de una temperatura más alta o más baja de la que registra el termómetro. En este sentido, la humedad en el municipio puede incrementar la sensación térmica en algunos grados, pero este incremento se ve disminuido por la presencia de vientos en casi todas las temporadas del año, por lo que el riesgo de que la población presente golpes de calor es bajo.

Para el caso contrario, las temperaturas bajas con presencia de vientos fuertes en los meses diciembre, enero y febrero pueden llegar a presentar complicaciones en las vías respiratorias de los habitantes del municipio, por lo que se considera un riesgo medio que se puede mitigar a través de campañas informativas dirigidas a la población con mayor grado de vulnerabilidad como son zonas marginadas, personas de la tercera edad y niños menores de 12 años.



Gráfica 4.- Temperaturas máxima normal, mínima normal, promedio, máxima y mínima diaria para el municipio de Paraíso (elaboración propia con datos de Normales climatológicas (Conagua)).

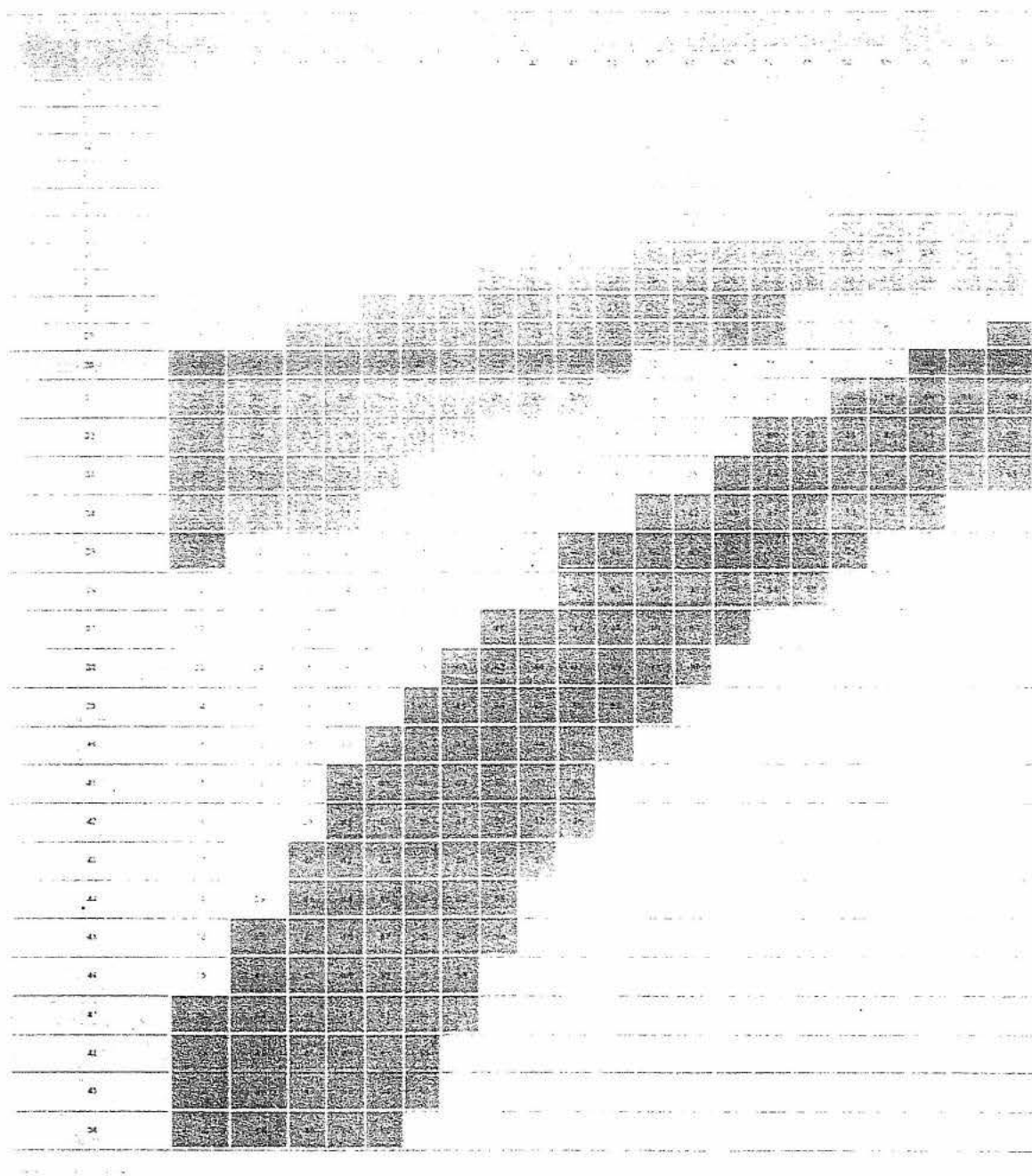


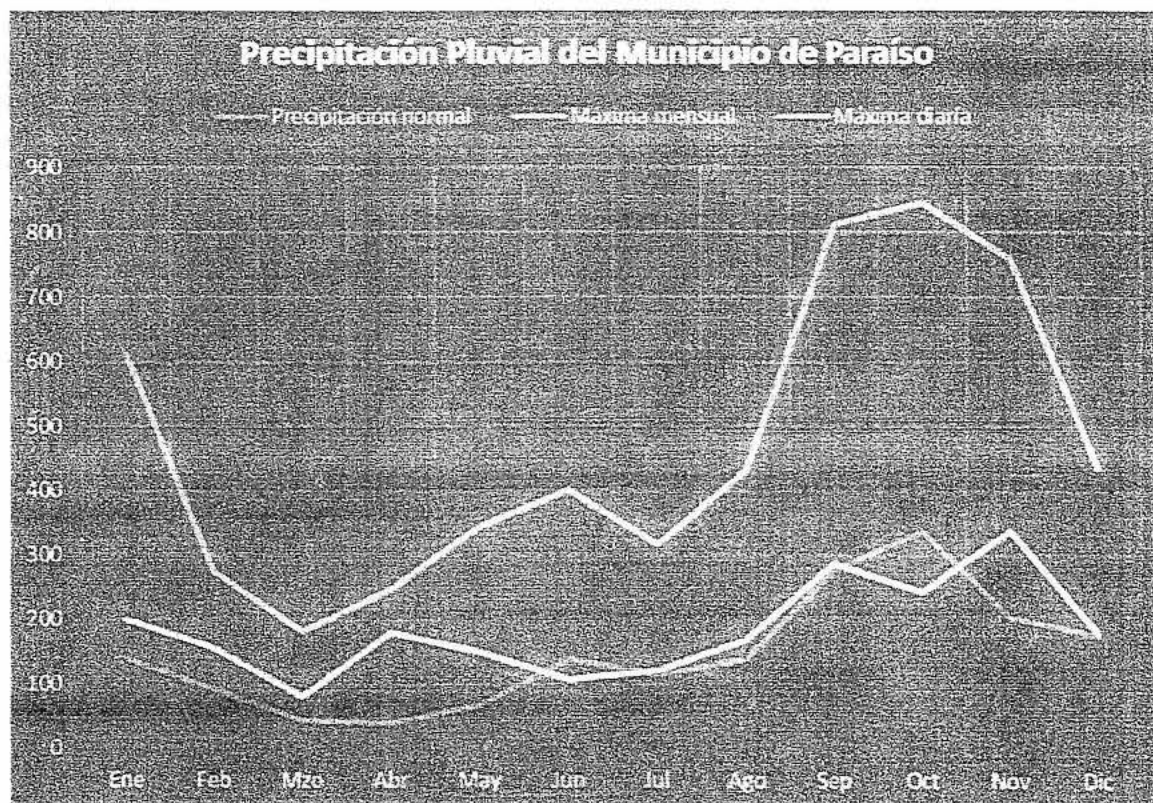
Figura 34.- Relación entre temperatura y humedad ambiente para determinación de riesgo por temperaturas extremas y sensación térmica (Fuente: Tremblay M., 2003)

4.7.-Lluvias extremas e inundaciones

Aunque las lluvias extremas y las inundaciones generan diferentes efectos o daños, ambas provienen de la precipitación pluvial, por lo que para ambos fenómenos se utiliza una metodología de tronco común que después se particulariza para cada tema. Bajo este contexto, se describen a continuación los métodos utilizados para ambos fenómenos y más adelante se describen los elementos particulares de cada uno de ellos.

4.7.1.-Evaluación de la precipitación pluvial.

Para la evaluación de la precipitación se recopiló la información disponible en las estaciones climáticas de la región de influencia y se calcularon diferentes escenarios como se explica a continuación.



Gráfica 5.- Comportamiento de la precipitación pluvial para el municipio de Paraíso, Tabasco. Valores Precipitación media normal, precipitación máxima mensual y precipitación máxima diaria.

Se realizó la estimación de la intensidad de la lluvia con duración de un día o 24 horas y periodos de retorno de 10, 20, 50, 200 y 500 años para los doce meses del año. Esta información se utilizó para calcular las curvas Intensidad-Duración-Periodos de Retorno para el área de influencia del municipio y las cuencas hidrológicas que el atañen.

El periodo de retorno de lluvias, expresado en años, puede ser definido como el número promedio de años en que un evento de lluvia puede ser igualado o excedido. Para estimar

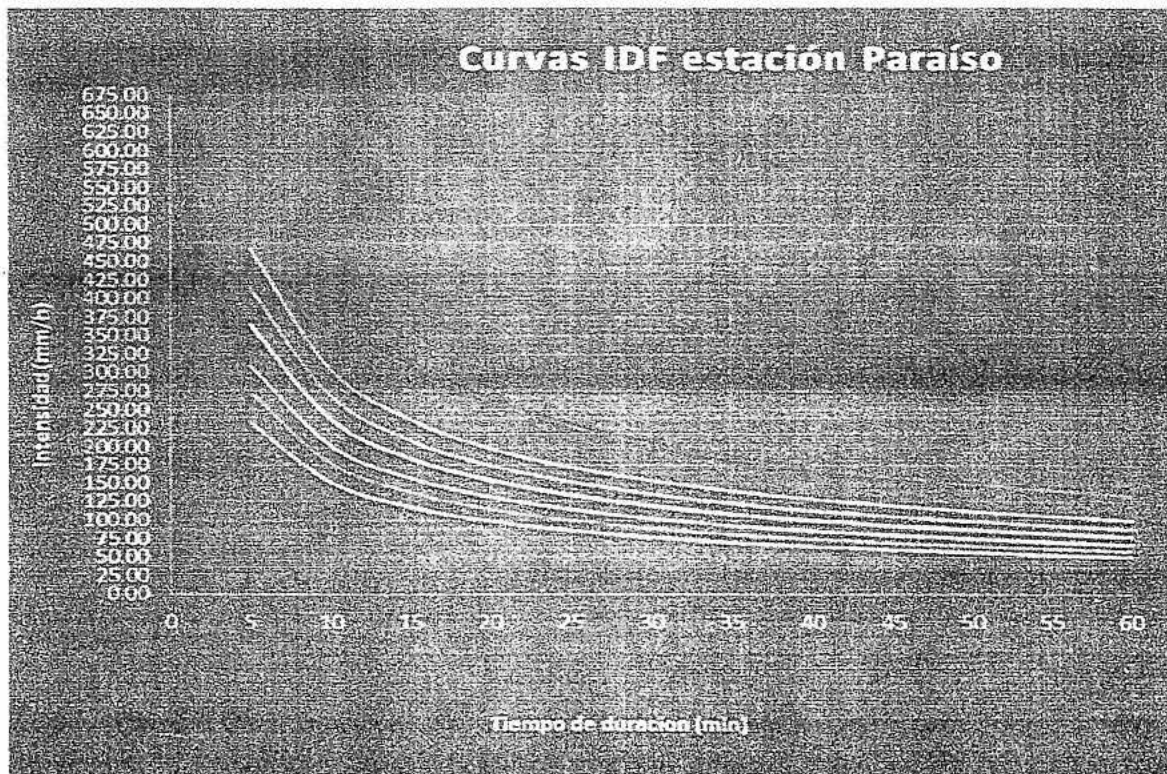
las lluvias de diseño asociados a cierto periodo de retorno, se usaron métodos estadísticos que incorporan en su análisis los registros de valores máximos anuales, lográndose una mayor precisión a medida que se cuente con más años de registro. En este se utilizó el registro de máximos valores anuales para cada mes y el valor máximo del año.

Los métodos estadísticos consideran que la lluvia máxima anual es una variable aleatoria que se distribuye de acuerdo a una cierta función de probabilidad. El proceso normalmente requiere el ajuste de diferentes funciones de probabilidad a los valores máximos de lluvia, escogiéndose la función de probabilidad que mejor se ajuste a los datos. La información de precipitación utilizada fue de la base de datos llamada CICLOM y del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Cálculo variables probabilísticas		Cálculo de las Precipitaciones Días Máximas Probables para distintas frecuencias				
$\bar{X}$	139.54 mm	Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fig.
$\sum X$	51.57 mm	Años	Y_T	$X_T(\text{mm})$	$F(x_T)$	$X_T^*(\text{mm})$
s^2	39.39 mm	2	0.3655	131.0421	0.5000	148.0775
s	6.28 mm	5	0.4997	175.0854	0.8000	159.5248
σ	6.28 mm	10	2.2504	205.2400	0.9000	167.8249
		25	0.1695	242.5595	0.9500	174.1261
		50	0.9019	270.2952	0.9800	305.4036
		100	4.5001	257.7963	0.9900	335.5095
		500	6.2136	361.3471	0.9980	408.3222

$$F_{(x)} = 1 - \frac{1}{T}$$

Tabla 23.- Precipitación pluvial y probabilidad de ocurrencia para el municipio de Paraíso



Gráfica 6.- Curvas de Intensidad, duración y frecuencia (IDF) para la estación Paraíso

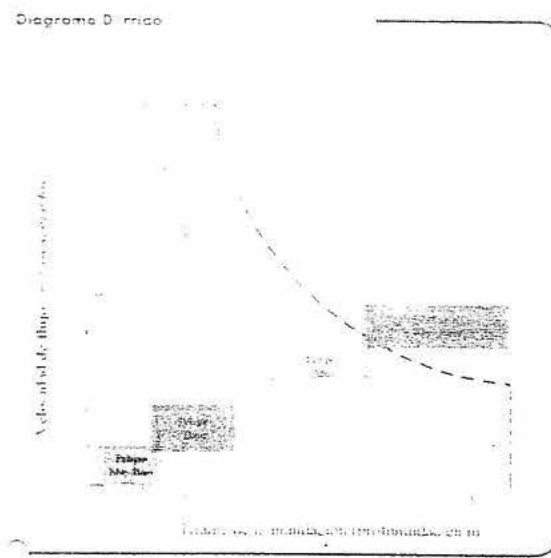


Figura 35.- Diagrama Dórrigo (SEDATU, 2014)

Para categorizar las zonas de amenaza y riesgo por anegamiento e inundaciones se utilizó una modificación del Diagrama Dórrigo (figura 35).

Este diagrama establece diferentes categorías de riesgo en función de la combinación de dos variables: tirante de inundación y velocidad del agua. Por fortuna, para el territorio tabasqueño y por ende para el municipio de Paraíso, la velocidad del agua es un factor que tiene poca influencia por la poca pendiente que hay en el territorio.

Esta situación deja prácticamente sujeta la clasificación del riesgo a la profundidad del espejo de agua, por lo que para definir las áreas de riesgo y su clasificación se agregaron otros elementos como la frecuencia de inundación y la posibilidad de corregir el problema.

De esta manera quedó la siguiente clasificación:

Clasificación	Tirante de inundación	Frecuencia	Alternativa
Alta	De 40 a 59 cm	Periodos de retorno mayores a 15 años	Obras de drenaje
Medio	De 20 a 39 cm	Periodos de retorno menores a 15 años	Obras de drenaje

Clasificación	Tirante de inundación	Frecuencia	Alternativa
Bajo	De 10 a 19 cm	Periodos de retorno menores a 25 años	Educación y mejora de servicios
Muy Bajo	Menos de 10 cm	Periodos de retorno menores a 50 años	Educación y mejora de servicios

Tabla 24.- Definición de escalas de riesgo para el municipio de Paraíso

De esta manera, se recomienda que zonas como alguno habitantes de Aquiles Serdán que viven en el margen izquierdo del río Gonzáles sean reubicados ya que año con año recientes inundaciones de al menos 40 cm de tirante y en eventos especiales como huracanes o frentes fríos de carácter estacionario el nivel de agua puede alcanzar hasta 1.50 m o más.

Esta situación se repite en gran parte de las comunidades aledañas a la laguna de Mecoacán que es una de las zonas con mayor impacto en las inundaciones, así como en la zona del río Cuxcuchapa en la zona oeste del municipio

Por su parte las lluvias extremas por si mismas generan encharcamientos y anegamientos puntuales en algunas zonas del municipio como los que se registran en la zona del Centro de la ciudad de Paraíso. Sin embargo, el mayor problema se constituye en zonas bajas sin drenaje que son características del municipio.

Hay que recordar que el municipio se asienta sobre una serie de cordones litorales que están formados por dunas de arena. Estas dunas son altamente permeables y permiten el rápido filtrado del agua de lluvia. Sin embargo, el alto nivel freático que se registra en el municipio bloquea la capacidad de filtrado retrasando el drenaje de la precipitación recibida. Por lo que a veces estos encharcamientos pueden llegar a durar de 15 a 20 días o más generando además de incomodidad en la población posibles brotes de enfermedades infecciosas.

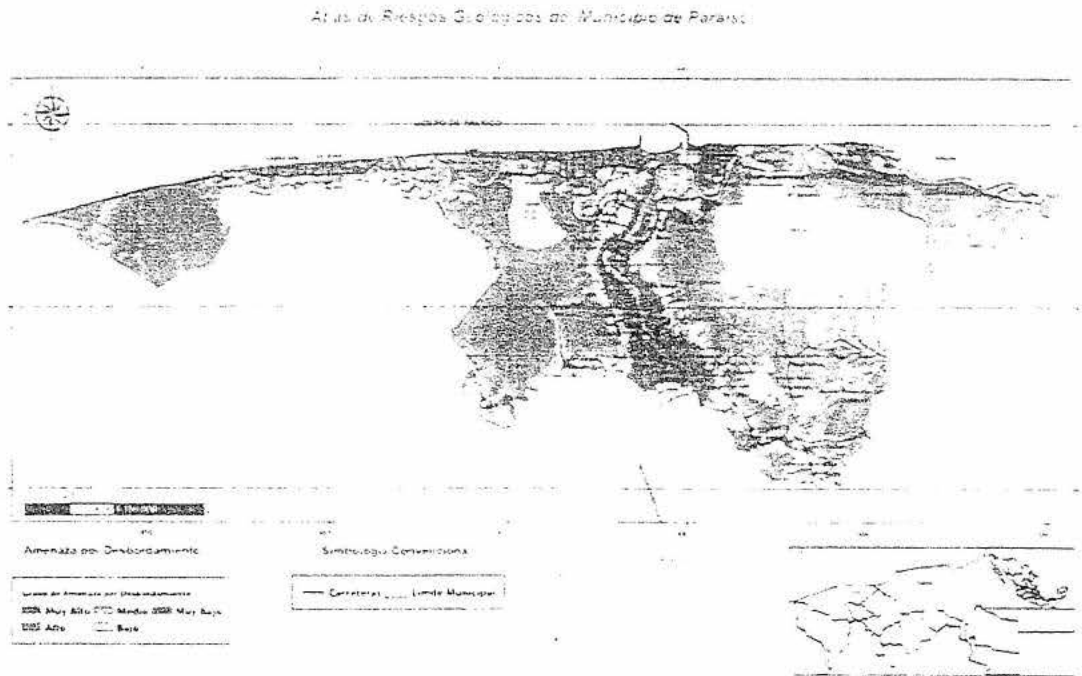


Figura 36.- Mapa de inundaciones por anegamiento.

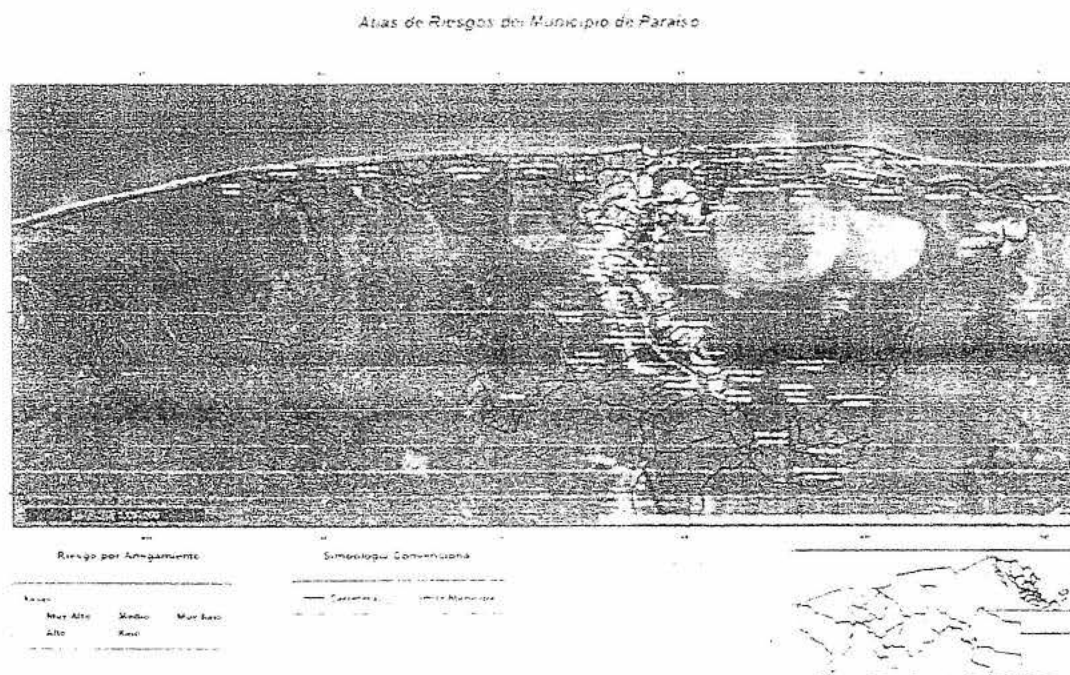


Figura 37.- Mapa de inundaciones por desbordamiento

Un ejemplo de ellas se encuentra al poniente de la cabecera municipal en el área comprendida entre las localidades de las Flores y Escribano. Esta zona se caracteriza por presentar dunas y cordones litorales que forman crestas. Entre estas crestas se forman

áreas de escurrimiento que concentran la lluvia precipitada y ponen en riesgo a los habitantes de la zona.

Otro ejemplo se encuentra en las zonas entre las localidades de Chiltepec y Aquiles Serdán donde la construcción de la nueva carretera no considero las zonas de escurrimientos naturales que había en el área por lo que ahora se favorecen los encharcamientos en la zona sur y norte de la carretera.

Sin embargo, una de las más importantes se encuentra en el área de interés para la Zona Económica especial que se está planeando para el municipio. Esta área requiere de un estudio hidrológico especial para poder desarrollar este espacio sin afectar a las comunidades aledañas y sin poner en riesgo la inversión que se habrá de realizar en la zona.

Capítulo 5.- Peligros Antropogénicos

Al igual que otros sectores del país, el sector industrial ha crecido de forma descontrolada por la falta de planeación. Esto ha traído como resultado el manejo de productos químicos y desechos industriales sin la adecuada preparación. Una muestra palpable de esto se presenta en la región sureste del país con el surgimiento de la explotación petrolera en las últimas décadas del siglo pasado. Los efectos aún son visibles en el territorio y en particular en Tabasco.

Con el nacimiento de la industria petrolera, el estado de Tabasco se ve inmerso en una dinámica poco común e inicia la construcción de plantas de extracción y procesamiento de gas, ductos para transporte de combustible, pozos para la extracción y todo tipo de infraestructura vinculada a la extracción, exploración y transporte del petróleo, incluso el uso de explosivos para la actividad de exploración.

Además de los riesgos que conlleva la actividad petrolera, el mismo devenir de la población supone algunos riesgos como los incendios comerciales y domésticos, explosiones por el almacenamiento de gas en viviendas y comercios entre otros elementos.

Si bien los accidentes vinculados a la actividad humana y en particular a aquellos que se relacionan con productos químicos son poco frecuentes debido a la mayor regulación en el tema, no se puede soslayar este tipo de amenaza para la población, especialmente cuando supone el daño al patrimonio de la población e incluso a su vida.

En general, muchas de las sustancias que ahora se manejan en comercios e industrias son peligrosas debido a sus propiedades de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, reactividad y corrosividad. Estas sustancias son clasificadas como peligrosas tanto para su manejo como para su almacenamiento y transporte por parte de las diferentes normas nacionales e internacionales. Sin embargo, a nivel municipal no existe un registro que identifique el uso o almacenamiento de estas sustancias.

5.1.- Accidentes con sustancias químicas

Los accidentes relacionados con sustancias químicas pueden presentarse por diversas causas, entre las que se incluyen: fallas operativas en los procesos industriales, fallas mecánicas, errores humanos y causas premeditadas. Entre las fallas operativas más comunes se encuentran aquellos siniestros resultados de accidentes en el manejo y transporte de sustancias químicas, lo que puede desencadenar alguno de los siguientes efectos:

- Liberación a la atmósfera de gases tóxicos o corrosivos, aerosoles o partículas.
- Liberación de líquidos o sólidos peligrosos.
- Incendios o explosiones.

De manera general, los accidentes con sustancias químicas pueden provocar daños al ambiente, a las propiedades y a la salud de las personas que habitan o trabajan en los alrededores de las industrias, de las vías de comunicación o de los ductos que transportan estos materiales.

Efectos de los accidentes con sustancias químicas

Los efectos de estos siniestros pueden ocasionar efectos negativos sobre la población que incluso puede abarcar vidas humanas. Entre los más frecuentes destacan:

- Pérdida de la salud de la población a corto y a largo plazo (daños en piel, ojos y mucosas; quemaduras en el tracto respiratorio, náuseas, vómito, daño renal, hepático, gastrointestinal, respiratorio o neurológico).
- Al ambiente: contaminación del suelo, aire y agua (superficial y subterránea).
- A las construcciones: daño a maquinaria y equipos, instrumentos, instalaciones industriales, casas y comercios.
- A la economía: suspensión de actividades productivas, pérdida de empleos, gastos de reconstrucción de viviendas y servicios públicos, así como gastos de auxilio a la población afectada.

Debido a que un análisis completo de los peligros existentes puede requerir de una gran cantidad de recursos económicos, comúnmente se establece un proceso de selección inicial con objeto de limitar la profundidad de este y destinar los recursos al estudio de los peligros más importantes.

El análisis de peligros se debe integrar al de vulnerabilidad y a la exposición de elementos en riesgo, para tener un conocimiento total del riesgo en el Municipio.

Para identificar los peligros se realizaron las siguientes actividades:

- Localización de instalaciones industriales y de servicios que manejan sustancias peligrosas.
- Identificación de la trayectoria y longitud de las tuberías que transportan sustancias peligrosas.
- Identificación de las principales rutas de transporte y distribución de sustancias y materiales peligrosos.
- Evaluación de la naturaleza de los peligros asociados.
- Determinación de la naturaleza de los efectos probables a consecuencia de una liberación no controlada de material peligroso: incendio, explosión, contaminación y derrame de hidrocarburos.

5.2.- Identificación de los ductos en el Municipio

La identificación de las tuberías superficiales y subterráneas existentes en el territorio municipal se realizó mediante el reconocimiento visual de los diferentes tipos de señalamientos que poseen las tuberías. Estos fueron georeferenciados para señalar la trayectoria de los ductos. De acuerdo a las Normas de Referencia de Petróleos Mexicanos (PEMEX) para ductos que transportan y distribuyen hidrocarburos, deben existir señalamientos y colores de identificación para identificar el producto que se transporta. Sin embargo, no se encontraron señalamientos que evidencien esta situación, por lo que se desconoce el producto transportado.

Para el análisis del resultado generado es necesario considerar que existen las siguientes limitaciones:

- Carencia de registros sobre accidentes en ductos que transportan sustancias peligrosas.
- Indisponibilidad de información sobre las características de diseño y condiciones de operación de los diferentes ductos.
- Falta de información sobre el estado de conservación de los ductos que transportan sustancias peligrosas.

Identificación de carreteras en las que se transportan sustancias y materiales peligrosos

Otras sustancias ajenas a la industria petrolera que también pueden ocasionar accidentes se transportan por carretera, por lo que es conveniente determinar las vías que actualmente se utilizan para este fin, así como aquellas que se deberían utilizar para reducir el peligro al mínimo.

En general, los accidentes en el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos son eventos que se consideran poco frecuentes.

Dependiendo de las características de un siniestro, puede ocurrir una liberación accidental del material y tener impactos de consideración al ambiente, a los bienes materiales y a las personas próximas al sitio del incidente.

Es necesario trabajar arduamente en recabar estadísticas y datos sobre los siguientes temas:

- El número de accidentes y su ubicación. Esto permitirá definir una tasa de excedencia por periodo de tiempo.
- Nivel de exposición: consiste en determinar el aforo promedio para los tramos de carretera.
- La tasa de accidentes para un periodo dado, que exceda un valor establecido.

Este último criterio toma en cuenta el nivel de exposición. Las tasas se expresan usualmente en términos del número de accidentes por millón de vehículos, o bien por el número de accidentes por kilómetro para el caso de carreteras. Lo anterior, permitirá identificar los peligros debidos al transporte de materiales y residuos peligrosos en el municipio.

Con esta información se podrá evaluar y analizar con mayor detalle las rutas de transporte y sus alternativas, los segmentos con mayor tránsito vehicular y sectores con mayor número de accidentes, las circunstancias especiales que determinen la utilidad de un segmento, por ejemplo, cuando este camino es el único acceso a una población y las áreas ambientalmente sensibles.

5.2.1.- Determinación de Zonas Vulnerables

En el análisis de vulnerabilidad se identificaron los puntos de la población susceptibles a ser dañados. Este procedimiento se realizó mediante la construcción de un Buffer multianillo que determinó la distancia de afectación para diferentes intervalos de intensidad en los fenómenos analizados.

5.2.2.- Elaboración de la Zonificación

En el análisis de vulnerabilidad se identificaron los puntos de la población susceptibles a ser dañados. Este procedimiento se realizó mediante la construcción de un Buffer multi-anillo que determinó la distancia de afectación para diferentes intervalos de intensidad en los fenómenos analizados.

Con esta información es posible determinar el tamaño y tipo de población dentro de la zona afectable.

También es posible identificar, además de las casas habitación, las zonas comerciales, mercados, iglesias, escuelas, hospitales, zonas industriales, subestaciones eléctricas, estaciones de bombeo de agua, reservas ecológicas, cuerpos de agua superficiales, zonas

ganaderas, zonas agrícolas, zonas avícolas, zonas pecuarias y terminales de transporte de pasajeros. En general, todos aquellos lugares susceptibles a concentrar actividades económicas, población y sistemas naturales.

En la tabla 25 se muestra la propuesta elaborada por el CENAPRED para determinar zonas e intervalos de distancias utilizados en la categorización de las áreas de sensibilidad.

Categoría	Distancia
A	0 a 25
B	25 a 50
C	50 a 100
D	100 a 200
E	200 a 500

Tabla 25.- Distancia de peligro por categoría (Cenapred, 2006)

5.2.3.- Estimación del riesgo

Para el análisis del riesgo se utilizó la información disponible y se determinó de acuerdo a la misma, el alcance de un posible evento. De esta forma, se señalaron las áreas afectadas, así como el tipo de efecto esperado. Sin embargo, aún falta mucho por hacer, sobre todo en el área de recopilación y sistematización de información.

Es importante señalar que el ir recabando mas información, permitirá tener una base de datos mucho más completa, sólida y actualizada, lo que consecuentemente favorecerá el diseño de mejores planes de respuesta ante posibles emergencias de esta naturaleza. No existe una manera única de medir el riesgo y esta se encuentra determinada por la información y los recursos disponibles, así como el propósito para el cual se hace la estimación. Sin embargo, para calcular de manera cuantitativa el riesgo, es necesario construir una base de datos para determinar la relación entre la frecuencia, las causas y los efectos entre los incidentes registrados.

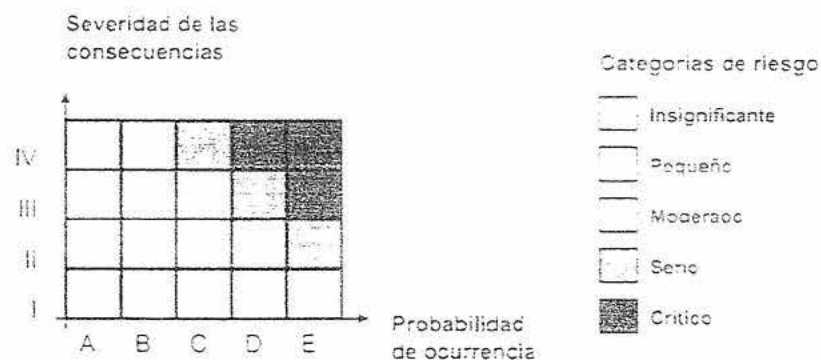
5.3.- Frecuencia y probabilidad de un incidente

El proceso de evaluación de riesgo implica la estimación de la frecuencia del incidente, así como la probabilidad y las consecuencias de eventos no deseados.

La estimación de frecuencias y probabilidades pueden realizarse a partir de datos históricos o de la aplicación de otras técnicas tales como árbol de fallas y de eventos, estimación subjetiva, etcétera.

La frecuencia de un incidente se expresa como el número de eventos esperados por unidad de tiempo. La probabilidad no posee unidades y se utiliza para describir la posibilidad de un evento durante un periodo de tiempo especificado (ejemplo: un año), probabilidad de falla

por demanda, o la probabilidad condicional de que un evento ocurra dado que el evento precursor ya se ha presentado.



En la figura 38 se muestra una propuesta sencilla para clasificar cualitativamente el riesgo y consiste en un diagrama de riesgo donde se establecen a partir de intervalos de probabilidad y de consecuencias, diferentes categorías de riesgo.

En las tablas 26 y 27 se definen las diferentes categorías de severidad de las consecuencias y de la probabilidad de ocurrencia empleadas en el diagrama de riesgo

Figura 38.- Clasificación cualitativa del riesgo (Cenapred, 2006)

Consecuencia	Descripción
I.- Insignificante	No hay degradación mayor en el sistema, daños insignificantes que no representan riesgo
II.- Marginal	Degradación moderada del sistema, consecuencias que pueden ser controladas
III.- Crítica	Se degrada el sistema y los daños causados representan un riesgo inaceptable
IV.- Catastrófica	Severa degradación del sistema o ambiente, pérdidas económicas y humanas graves

Tabla 26.-Categorías de severidad en consecuencia

Categoría	Frecuencia de ocurrencia	Descripción
A.- Muy raro	$F < 10^{-4}$	Ocurrencia teóricamente posible, pero técnicamente improbable
B.- Raro	$10^{-3} > f > 10^{-4}$	No se espera que ocurra
C.- Eventual	$10^{-2} > f > 10^{-3}$	Probablemente ocurra
D.- Probable	$10^{-1} > f > 10^{-2}$	Se espera que ocurra una vez en 25 años
E.- Frecuente	$F < 10^{-1}$	Es posible que ocurra más de una vez en 25 años

Tabla 27.- Categorías de probabilidad de ocurrencia

5.4.- Contaminación del agua

Un ejemplo de contaminación de este vital líquido se presenta en el agua que es consumida por las sociedades. Ya sea para consumo o para su uso en la higiene personal o la industria, el agua que llega hasta nuestras casas proviene directamente de los cuerpos de agua superficiales o subterráneos con algún proceso de purificación o potabilización. Este proceso remueve del agua natural microorganismos, sedimentos y en general todo aquel elemento que pueda ocasionar daños a la salud humana.

Sin embargo, una vez utilizada, el agua lleva residuos de jabón, grasas, sedimentos y otros elementos ajenos a la naturaleza de esta, por lo que se define como agua contaminada. Esta agua por lo general se reintegra al medio ambiente a través del sistema de drenaje sin tratamiento previo.

El exceso en la concentración de estas impurezas en el agua constituyen, un serio peligro para el ambiente, ya que puede dañar la salud de la población y poner en riesgo la viabilidad del ecosistema. Para determinar la calidad del agua, en México se emplea el Índice de Calidad del Agua (ICA), que agrupa de manera ponderada algunos parámetros del deterioro de la calidad del líquido. El índice toma valores en una escala de 0 a 100%, donde, mientras mayor sea el valor, mejor es la calidad del agua. El ICA se calcula a partir de una ponderación de 18 parámetros fisicoquímicos, algunos de ellos son: oxígeno disuelto, coliformes fecales, fosfatos, pH, sólidos suspendidos, entre otros.

Atlas de Riesgos Geológicos del Municipio de Parícuti

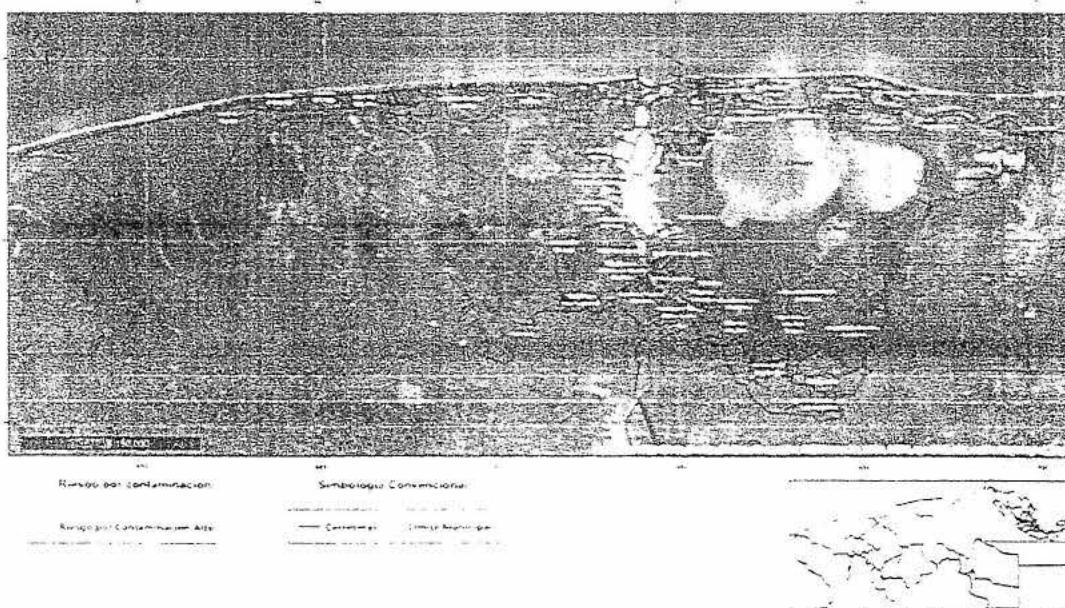


Figura 39.- Mapa de riesgo por contaminación

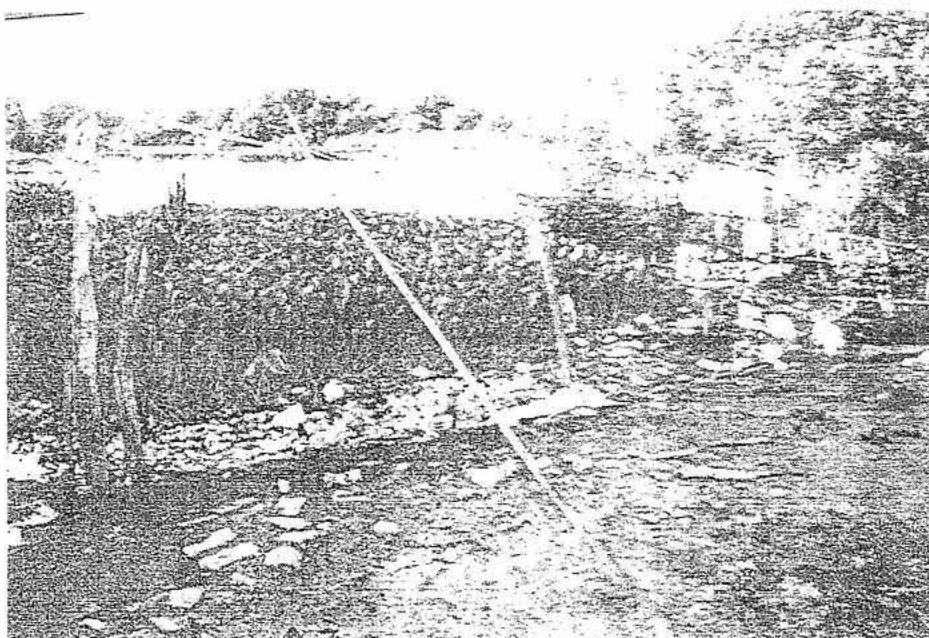


Figura 40.- Contaminación de agua por residuos sólidos domésticos

La mayor parte de la contaminación de este elemento se origina en los usos doméstico, industrial y agrícola. Existen dos tipos de contaminación: la puntual y la difusa o dispersa.

Las fuentes de contaminación difusa o fuentes no localizadas son el resultado de un amplio grupo de actividades humanas en las que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso en los cursos de agua que los reciben. Por lo general, este tipo de contaminación proviene de áreas agrícolas, pecuarias y forestales, principalmente por el uso de plaguicidas e insecticidas o por el escurrimiento natural de heces de origen animal y humano.

Las fuentes localizadas están asociadas a las actividades en las que las aguas residuales van directamente a las aguas receptoras y fácilmente pueden ser cuantificadas y controladas. Las principales fuentes de contaminación dentro de este grupo son: descargas de aguas residuales, gasolineras y lixiviados de rellenos sanitarios.

Para este tipo de contaminación se registraron varias descargas de aguas residuales sobre el río seco, así como de las lagunas y sistemas que integran el conjunto hídrico del municipio.

Cabe señalar en este punto que el municipio aun no es responsable de los sistemas de agua potable y drenaje, estos operan a través de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado (CEAS).

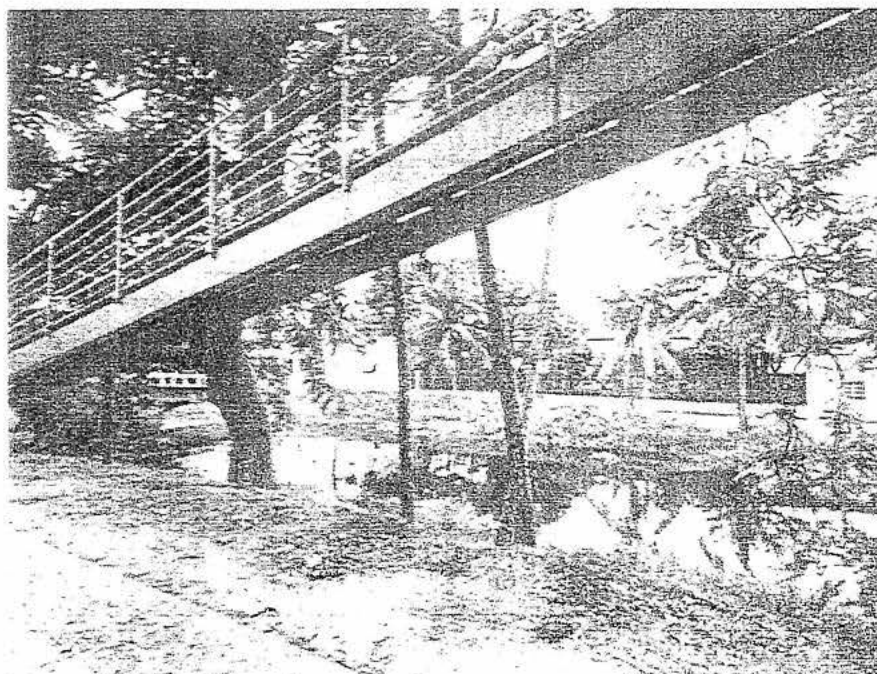


Figura 41. - Uno de los elementos más afectados por la contaminación es el río Seco

Otra fuente importante de contaminación de los cuerpos de agua son los hidrocarburos. Estos provienen de derrames ocasionados por fallas en las instalaciones petroleras o bien por daños ocasionados por el robo de combustible.

Sin embargo, otras fuentes menos visibles y más comunes como las emulsiones utilizadas en la producción de asfalto también contribuyen fuertemente en la contaminación de cuerpos de agua.

De esta manera, la combinación de aguas residuales no tratadas y los residuos de hidrocarburos vertidos a los cuerpos de agua son una seria amenaza a la salud pública y de los ecosistemas por lo que debe actuarse de inmediato en la solución a estos inconvenientes.

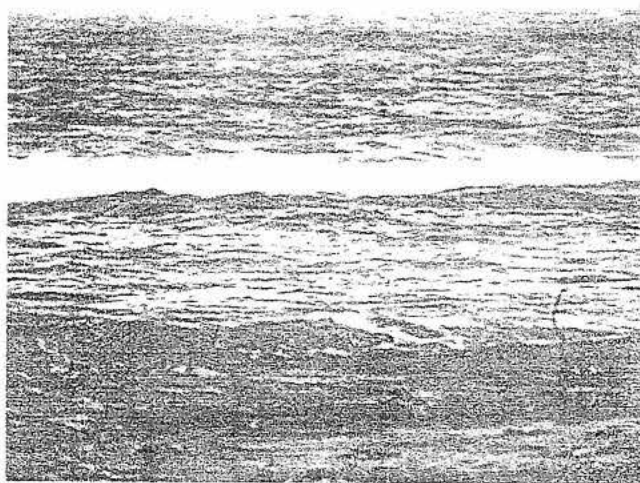


Figura 42.- Una de las actividades económicas más importantes en el municipio es la industria petrolera. Paradójicamente es una de las que más le afecta por la contaminación que genera.

5.5.- Contaminación del suelo

La contaminación del suelo consiste en la incorporación de materias extrañas como basura, desechos tóxicos, productos químicos y desechos industriales al mismo.

La contaminación del suelo produce un desequilibrio físico, químico y biológico que afecta negativamente a plantas, animales y seres humanos.

El suelo es un medio complejo, compuesto de tres fases principales: una sólida que integra aproximadamente el 50% del mismo; otra la líquida y una más de tipo gaseosa. Como recurso natural, resulta fundamental para la supervivencia de la especie humana, ya que constituye la base de la producción alimenticia. Además, actúa como regulador del ciclo del agua, es un filtro para la recarga de mantos acuíferos, contiene una gran biodiversidad y se considera un recurso no renovable.

5.5.1.- Fuentes de contaminación del suelo

Las principales fuentes de contaminación del suelo en el municipio son: las fugas y derrames asociados a la actividad de extracción y transporte vinculadas a la industria petrolera; el uso de productos químicos como apoyo en las actividades agropecuarias; los productos químicos y residuos asociados a las actividades industriales y por último, los residuos sólidos domiciliarios que son arrojados en tiraderos a cielo abierto, muchos de ellos ubicados en zonas inundables.

La mayor proporción de fugas y derrames se presenta en zonas aledañas a las instalaciones de extracción y transporte de sustancias peligrosas, por lo que los suelos aledaños a las carreteras son usualmente afectados por los accidentes de tránsito de los transportes. Otro sitio frecuentemente afectado por fugas y derrames son las áreas laterales a los ductos de gasolina y petróleo, así como en estaciones de servicio como son gasolineras, talleres mecánicos, terminales de autobús, sitios de transferencia y de confinamiento de materiales peligrosos, se presentan de manera frecuente derrames de sustancias peligrosas que incluso pueden contaminar los mantos acuíferos.

5.5.2.- Contaminantes en suelo

Uno de los elementos que mayor impacto puede generar al contaminar los suelos son los hidrocarburos. Estos contienen una amplia gama de contaminantes que resultan a la naturaleza difíciles de degradar, por lo que la contaminación puede persistir por años en un mismo sitio. Algunas de estas sustancias incluso pueden generar problemas a la salud de la población entre las que se incluyen enfermedades como el cáncer y otros más pueden incluso llegar a causar la muerte.

El impacto de un siniestro de este tipo dependerá por supuesto de la magnitud del daño, el tipo de sustancia derramada, la frecuencia de exposición y de otras variables ambientales como la temperatura, la humedad y la precipitación pluvial. Al respecto se encuentran ubicadas e identificadas todas las posibles fuentes de contaminación de suelos por hidrocarburos, las de mayor importancia desde luego, son las zonas aledañas a pozos, ductos y áreas de almacenamiento y embarque.

5.5.3.- Residuos sólidos

Los desperdicios generados en una vivienda, hospital industria difieren sustancialmente y requieren de un manejo particular. Por esta razón se les clasifica como: Residuos Peligrosos (RP) a aquellos que, por sus características, representan un peligro para el ambiente, la salud y los recursos naturales. Por lo que aquellos residuos que se consideran corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables o biológico infecciosos, califican para considerarse residuos peligrosos. La Norma Oficial Mexicana (NOM), establece sus características, así como un listado de estas y los límites máximos permisibles.

Residuos Sólidos Municipales (RSM) son definidos según la Norma Oficial Mexicana como aquellos que provienen de casas habitación, sitios de servicios privados y públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios. Dentro de los RSM se puede encontrar una gran variedad de residuos peligrosos, ya que poseen algunas de las características de corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico - infeccioso (CRETIB). Algunos ejemplos de estos residuos son: baterías, aceites y grasas, plaguicidas, solventes, tintes, productos de limpieza, fármacos, además de gases, pañales desechables y papel higiénico.

Los residuos biológico - infecciosos son definidos por la NOM como aquellos materiales generados durante los servicios de atención médica que contengan agentes biológico -

infecciosos, según son definidos en la norma, y que puedan causar efectos nocivos a la salud y al ambiente.

5.5.4.- Manejo y disposición de residuos sólidos municipales

Comprende las diferentes fases del ciclo: generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición en algún sitio. El manejo inadecuado de la basura no sólo causa la contaminación del suelo, también puede afectar a la atmósfera, las aguas superficiales y subterráneas y el paisaje urbano y natural.

En México, la tendencia general en el manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales son los rellenos sanitarios, rellenos de tierra controlada y no controlada, y los tiraderos a cielo abierto.

Los rellenos sanitarios son obras de ingeniería que procuran el adecuado confinamiento de los residuos sólidos municipales. Comprenden el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte, así como el control de gases, lixiviados y proliferación de vectores. Todo ello con el fin de evitar la contaminación del ambiente y lograr la protección de la salud de la población.

Los rellenos de tierra no controlados son oquedades donde se vierten y mezclan diversos tipos de residuos sólidos municipales sin control o protección al ambiente. Los tiraderos a cielo abierto son aquellos sitios en donde clandestinamente se depositan y acumulan los desechos sólidos municipales sin ningún control técnico, como lotes baldíos, barrancas, ríos, arroyos, manglares y otros cuerpos de agua.

En el presente trabajo no se identificó un relleno sanitario municipal. Además, cabe mencionar que en el manejo de los residuos municipales existe un gran problema y este se debe a la falta de educación ambiental de la población, así como al deficiente sistema de recolección actual. Esto se ve reflejado en la basura que es abandonada en las calles y caminos municipales y que termina contaminando suelo y agua, además de obstruir el flujo de esta última ocasionando que los anegamientos e inundaciones se acentúen.

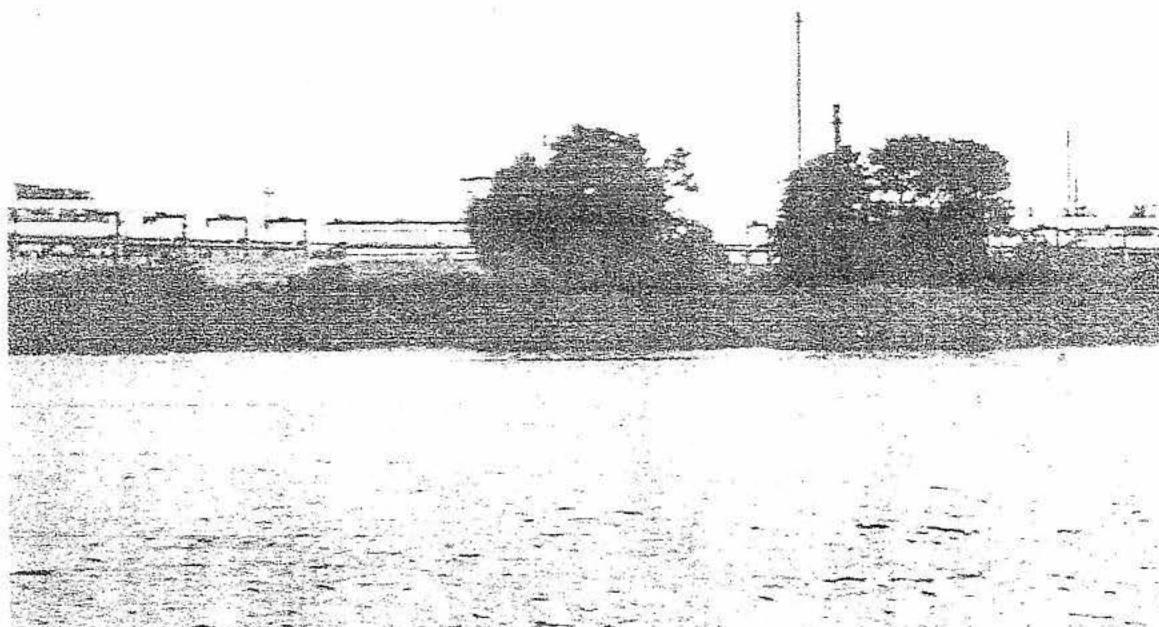


Figura 43.- Mecheros en instalaciones de PEMEX

5.6.- Incendios

El Cenapred (2014) define a los fuegos forestales como la propagación libre y no programada del fuego sobre la vegetación en los bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas. Estos pueden ser fuegos naturales o provocados. Respecto a los incendios, existen tres tipos de ellos: incendios de copa, incendios subterráneos e incendios superficiales.

Los fuegos de suelo queman la capa de humus del suelo del bosque, pero no arden de forma apreciable sobre la superficie; los fuegos de superficie queman el sotobosque y los residuos superficiales; y los fuegos de corona, que avanzan por las copas de los árboles o arbustos. No es infrecuente que se produzcan dos o tres de estos tipos de incendio al mismo tiempo.

Los incendios superficiales son los que se producen con mayor frecuencia en la entidad y en el municipio y se caracterizan por avanzar por la superficie terrestre consumiendo principalmente pastos, así como vegetación herbácea y arbustiva con una altura no mayor a 1.5 m. Este tipo de incendios deterioran gravemente la regeneración natural. Un ejemplo de ello puede observarse en la figura 44.



Figura 44.- Incendio rural en el municipio de Paraíso

Una vez que se ha generado una ignición provocando un incendio forestal, su propagación depende de las características propias del sitio, tales como tipo de material combustible, pendiente del terreno, velocidad y dirección del viento, temperatura y precipitación pluvial.

Durante un incendio forestal ocurren diferentes procesos de combustión que para su estudio se dividen en tres etapas:

- **Precalentamiento.** Inicia cuando el material combustible se localiza cerca de una fuente de calor; esta puede ser una llama, ceniza o la propia incidencia del sol. El calor generado consume la humedad del material combustible. En esta etapa se generan temperaturas entre 100 y 200°C, además de la presencia de algunos hidrocarburos gaseosos sin presencia de llamas.
- **Combustión de gases.** Inicia cuando la temperatura oscila entre 300 y 400°C, se caracteriza por la presencia de llamas sobre el material combustible, desprendiendo gases, así como humo, conformado por anhídrido carbónico y vapor de agua. La temperatura seguirá elevándose hasta alcanzar un rango entre los 600 y 1000°C.
- **Combustión de carbón.** Caracterizada por la quema de madera a una alta intensidad calorífica con poco desprendimiento de humo, se producen cenizas y minerales que no arden.

5.6.1.- Peligro por incendio forestal

Se refiere a cualquier situación, proceso o condición que puede causar fuego o proporcionar una fuente de combustible lista para aumentar la extensión o la intensidad del fuego y que plantea una amenaza a la vida o al ambiente (National Fire Protection Association, 1997).

En la mayoría de los fenómenos pueden distinguirse dos medidas, una de magnitud y otra de intensidad. La magnitud es una medida del tamaño del fenómeno, de su potencial destructivo y de la energía que libera. La intensidad es una medida de la fuerza con que se

manifiesta el fenómeno en un sitio dado. Por ello un fenómeno tiene una sola magnitud, pero tantas intensidades como son los sitios en que interese determinar sus efectos (CENAPRED, 2014).

El Peligro por incendio forestal es la probabilidad de ocurrencia de un incendio con una magnitud y cierta intensidad, que ocurre en un periodo dado y que está relacionado con las características del entorno fisiográfico y socioeconómico de una región específica.

5.6.2.- Vulnerabilidad por incendio forestal

Se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un incendio forestal; es decir, el grado de pérdidas esperadas.

La Exposición o Grado de Exposición del sistema se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados. Considerado como el área de vegetación, cultivos, infraestructura, el número de personas o especies animales que se encuentren en un sitio específico y que son factibles de sufrir daño por un incendio forestal.

5.6.3.- Riesgo por incendio forestal

Es la pérdida probable debida a un incendio forestal y que puede ser calculada por el valor directo o indirecto de los recursos forestales, agrícolas y ganaderos entre otros, que se pierden debido a la intensidad del fuego.

En el análisis de peligro y riesgo por incendios forestales, se puede considerar a la vegetación como una variable implícita en la vulnerabilidad y en la determinación del nivel de peligro.

Por ejemplo, una mayor densidad de vegetación aumenta la posibilidad de afectación del sistema expuesto (vulnerabilidad) y adicionalmente el nivel de peligro se determina entre otras cosas por la carga de material combustible, de ahí que la vegetación cumpla un doble rol en el estudio del fenómeno.

Para determinar la temporalidad de los incendios forestales, es necesario contar no sólo con registros meteorológicos y de incendios recientes, sino también los patrones históricos presentes antes de la influencia del manejo de los ecosistemas y de otras actividades humanas (Villers, 2004).

En este sentido, no existen estadísticas oficiales que indiquen la frecuencia, magnitud y/o extensión de los incendios forestales en el territorio municipal. Sin embargo, como menciona Villers (2004), a partir de las características de manejo agropecuario y del clima local, es posible deducir que la mayor parte de los incendios forestales se presenten entre los meses de marzo, abril y mayo; así como en los meses de julio - agosto en el periodo de sequía intraestival.

Los incendios en la zona de Paraíso son frecuentes en la temporada de seca y en la canícula ya que es cuando mayor cantidad de material combustible se acumula en la naturaleza. Esta

situación se magnifica especialmente en las zonas rurales donde se quema basura y se limpian lo potreros de maleza.

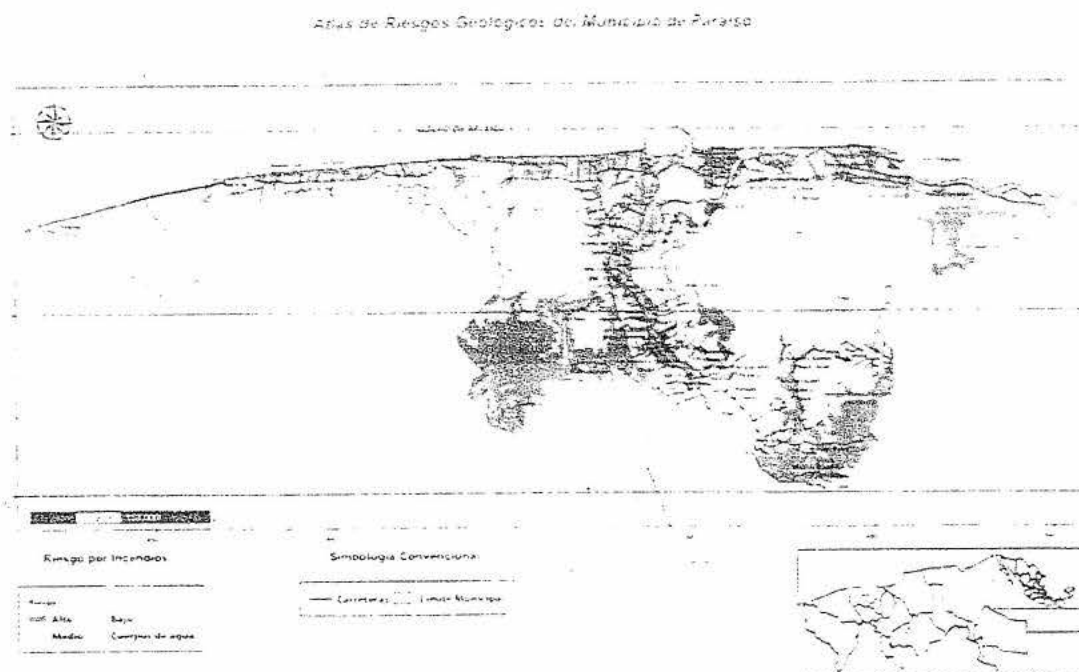


Figura 45.- Mapa de riesgos por incendios

Una costumbre muy extendida, es la quema de pastizales para control de malezas y basura para como mecanismo de manejo de los residuos sólidos municipales. Sin embargo, si estas no se controlan adecuadamente pueden ocasionar algún tipo de siniestro en la población.

Otro problema relacionado a este tipo de actividad es la generación de gases de efecto invernadero y el calentamiento de la atmósfera como resultado de la combustión generada. Esto además ocasiona la pérdida de innumerables especies de fauna silvestre que quedan atrapadas por el fuego.

Finalmente, uno de los elementos más graves que puede ocasionar este tipo de actividad es la explosión de ductos de transporte de hidrocarburos y sus derivados. Si en algún momento se llega a combinar una fuga en algún ducto con un siniestro de esta naturaleza, las consecuencias pueden ser graves. Uno de los eventos más significativos relacionados con la presencia de estas instalaciones se dio en el municipio de Cunduacán cuando varias personas, animales y viviendas se vieron afectadas por una fuga de gas que termino en explosión (figura 46)



Figura 46.- En julio de 2005, una explosión en Huimango, Cunduacán, de un gaseoducto de 48 pulgadas de diámetro, provocó la muerte de 8 personas, 12 viviendas quedaron destrozadas, 20 vehículos, calcinados, se perdieron unas 200 reses y 100 hectáreas de cultivos. (Policroniades, 2018)

5.6.4.- Incendios no forestales

Para la determinación del riesgo por incendios no forestales se identificaron y georreferenciaron los sitios que por sus características son altamente susceptibles de presentar un incendio de esta naturaleza. De hecho, estos pueden ocurrir en casi cualquier sitio incluyendo las casas habitación. Sin embargo, para este trabajo se dirigieron los esfuerzos hacia la determinación de lugares específicos que, en caso de presentarse un evento de este tipo, exista la posibilidad de que se genere un importante número de víctimas y daños.

De esta forma, algunos de los lugares que se identificaron como fuentes potenciales de incendios no forestales para el municipio de Centro son las siguientes: gasolineras, bodegas y almacenes, centros comerciales (incluyendo supermercados) y cines. La ubicación de cada uno de ellos se encuentra señalada en el mapa correspondiente, donde puede consultarse con mayor detalle.

5.7.- Explosiones

Una explosión es una liberación rápida y concentrada de energía acumulada que genera una onda de presión. Esta se desplaza rápidamente alejándose de la fuente, a la par que va

disipando la energía acumulada. Las explosiones pueden ser de dos tipos: deflagraciones o detonaciones.

Características que influyen en el escape de una fuga de gas.

- a) La velocidad y dirección de la sustancia inflamable en el punto de la fuga
- b) La facilidad de difusión de la sustancia inflamable en la atmósfera existente
- c) La diferencia de densidades entre la sustancia inflamable y el aire
- d) La existencia de obstáculos próximos al punto de fuga

La dimensión de una nube de gas inflamable está determinada por la tasa de escape y por su dispersión en el aire. Para una fuente de escape dada, la tasa de escape aumenta con la velocidad del aire. La velocidad de escape depende también de la presión y de la geometría de la fuente de escape.

Se consideran sustancias inflamables aquellas capaces de formar atmósferas explosivas en las condiciones de operación previsibles. El producto inflamable que tiene más riesgo de generar atmósferas explosivas es, considerando sus características y zonas de utilización, el gas combustible (gas natural).

Por regla general, y según lo establecido en las directrices básicas para el transporte, almacenaje y utilización del gas natural, los accidentes mayores en las industrias del gas pueden producir tres tipos de fenómenos:

- De tipo mecánico, como ondas de presión y proyectiles, ambos relacionados con las explosiones;
- De tipo térmico, como incendios y radiaciones térmicas;
- De tipo químico, como fuga o salidas descontroladas de gas a la atmósfera o al medio ambiente, acompañado de inflamación (fuego) de la mezcla conformada.

A continuación, se expone brevemente las consecuencias para las personas e instalaciones que encierra cada uno de estos fenómenos; lo que se llama el estudio de la vulnerabilidad de personas e instalaciones.

5.7.1.- Vulnerabilidad a las explosiones

En caso de ocurrir una explosión, ¿qué efectos podría causar sobre las personas, las instalaciones y el medio ambiente?

Una explosión se produce cuando se libera una gran cantidad de energía en un espacio de tiempo muy corto.

- En la explosión física, la energía necesaria para que se produzca, procede de un fenómeno físico.

- La explosión química, es la energía que procede de una reacción química y no es necesario que esté confinada.

El caso típico de una explosión física es la liberación súbita de la energía presente en un gas comprimido. Es necesario que la sustancia se encuentre en un recipiente hermético. Ejemplo: En un gasoducto, en una instalación fija que transporta gas a alta presión, en un cilindro para almacenaje, entre otros.

En cambio, para las explosiones químicas se requiere de un punto de energía que inicia la reacción. Este por lo general es un punto caliente que hace contacto con una nube de gas producto de una pérdida.

Las consecuencias inmediatas de una explosión son, por un lado, la generación de ondas de presión que crean compresiones y expansiones alternativas del aire y, por otro lado, la formación de objetos acelerados que actúan como proyectiles. A veces las explosiones pueden ir acompañadas de fenómenos de tipo térmico según sus características, por ejemplo, las explosiones físicas pueden originarse por un incendio.

Daños producidos por una explosión Pueden derivar de dos efectos; por ondas de presión, por proyectiles y por fenómenos térmicos.

a. Por las ondas de presión

Sobre las instalaciones, según la presión que se origine, puede ocasionar desde la rotura de cristales hasta la destrucción de equipos, instalaciones y edificios. Además, se producirían fragmentos de diferentes tamaños que resultan violentamente expulsados y actuarán como proyectiles.

Sobre las personas, las ondas de presión van a afectar principalmente a los órganos que contienen aire en su interior, como los pulmones, el estómago o el oído medio entre otros. Así, el daño puede variar desde una ruptura timpánica hasta la muerte por hemorragia pulmonar.

También puede producir el desplazamiento de las personas afectadas, proyectándolas contra otros objetos fijos o móviles, produciéndose de esta manera traumatismos múltiples. La vulnerabilidad de las personas va a ser mucho mayor en el interior de los edificios que en el exterior.

b. Por los proyectiles

Estos se pueden originar directamente en el foco de la explosión o bien al actuar las ondas de presión sobre las instalaciones y edificios. Según el tamaño, peso, forma, velocidad y punto de impacto, el daño producido por un proyectil sobre una persona va a ser desde una lesión leve hasta la muerte instantánea.

De esta manera, de las lesiones producidas sobre las personas se pueden distinguir:

- Lesión primaria (producida directamente por la onda de presión).
- Lesión secundaria (producida por los proyectiles generados).
- Lesión terciaria (producida por el desplazamiento de los afectados, golpeándose así contra otros objetos).

c. Por la temperatura

Las radiaciones térmicas van a tener un efecto sobre las instalaciones, debilitando las estructuras de estas (principalmente por acción directa de la llama) afectando, en consecuencia, la resistencia mecánica de los mismos, pudiendo provocar derrumbamientos, por lo que aumentarían así los daños sobre las personas. El tipo de material también puede favorecer la expansión de las llamas.

En las personas: El principal efecto de los fenómenos de tipo térmico sobre las personas será la producción de quemaduras de distinta consideración según sus características, y en ciertos casos de carácter grave o fatal.

El hecho de que un accidente localizado pueda provocar otros accidentes en instalaciones contiguas se denomina "efecto dominó", el cual es muy importante tener en cuenta a la hora de planificar la actuación ante un accidente mayor en una zona industrial o en una zona urbana.

Atlas de Riesgos Geológicos del Municipio de Paraiso

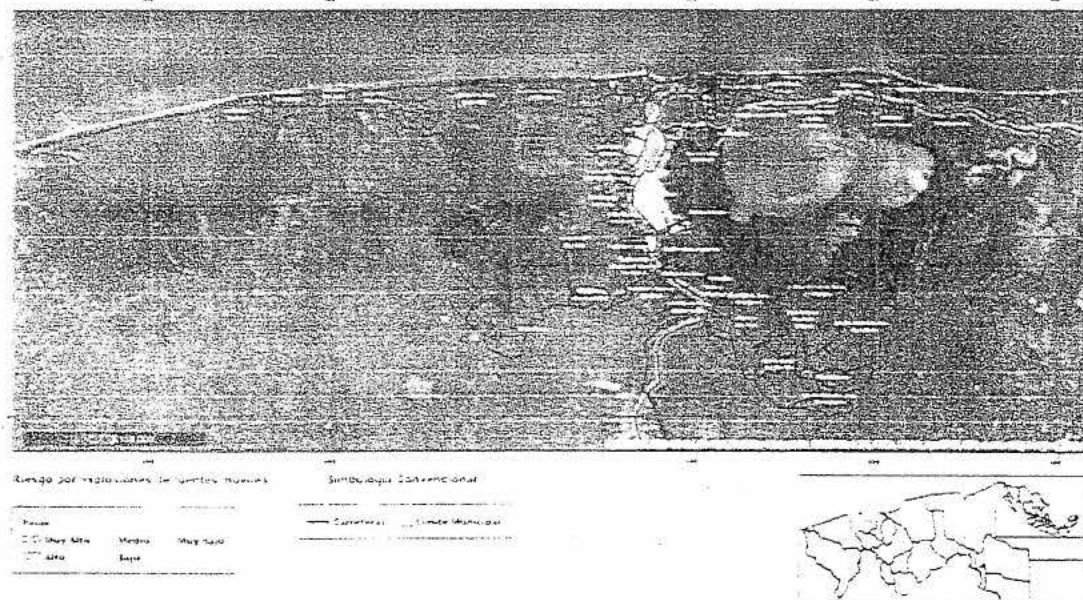


Figura 47.- Mapa de riesgo de explosión por fuentes móviles

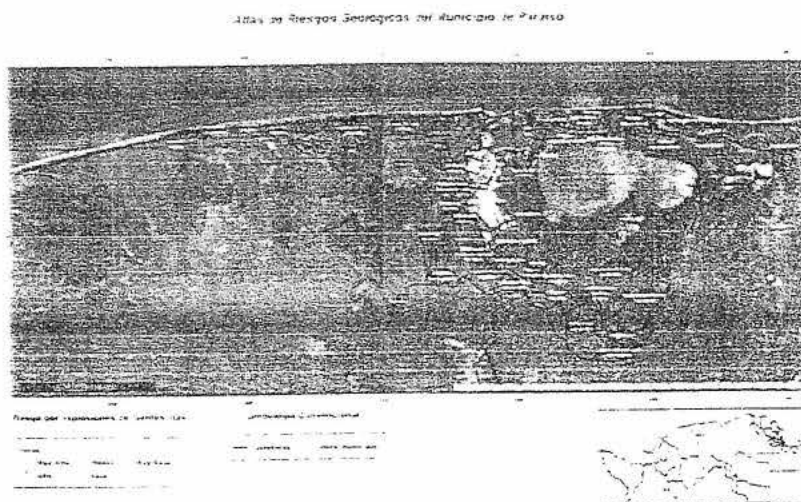


Figura 48.- Mapa de riesgo de explosión por fuentes fijas

5.7.2.- Fuentes de amenazas por fenómenos antrópicos

Una liberación a la atmósfera de las sustancias transportadas a través de ductos puede poner en peligro a las personas que vivan o se encuentren próximas al lugar de la fuga. El grado de peligro se encuentra en función de las características de las sustancias transportadas, del diámetro de la tubería, de la presión a que se encuentran en el interior de la tubería y de las condiciones en que sean liberadas.

El gas natural, por ejemplo, puede crear una nube inflamable al mezclarse con el aire que al incendiarse puede provocar una explosión. Otros como el propano, butano, gas licuado de petróleo y otros productos se transportan en forma líquida, por lo cual de suceder una fuga pue-den evaporarse rápidamente y formar una mezcla altamente inflamable y explosiva; esta mezcla puede formar una nube y despiazarse a distancias considerables en la dirección del viento, antes de su posible ignición.

En la entidad no se cuenta con registros oficiales de siniestros ocurridos. Sin embargo, por fuentes periodísticas se conocen por lo menos, tres eventos de explosión por fuga de gas. En el municipio, tampoco existe registro alguno de incidentes de esta naturaleza a pesar de que por el territorio transitan varios ductos de la industria petrolera.

En este sentido cabe señalar que para efectos de este trabajo se señala la trayectoria y longitud de los derechos de vía correspondientes sin que se conozca el material que transportan, la presión y el diámetro del ducto.

Es indispensable que se solicite por vías oficiales a la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos la siguiente información: tipo y características de la instalación, mapa de distribución o red de ubicación de los ductos, profundidad a la que se encuentran las líneas,

estado físico de la red de distribución, material transportado, estado físico de la sustancia, presión de operación, temperatura e historial oficial de accidentes.

La información anterior es fundamental para contar con una base de datos elemental que debe alimentarse constantemente para mantenerla actualizada, ya que a partir de la misma podrán tomarse decisiones y diseñarse planes de respuesta rápidos, acertados y oportunos en caso de que se presente alguna contingencia de este tipo.

De los datos que lograron obtenerse por evidencias físicas de campo, se sabe que existe un gran número de ductos que alimentan la base de operaciones del puerto de Dos Bocas que es una de las terminales por donde se importa y exporta crudo y sus derivados.

Otro dato muy importante que también se desconoce, es la profundidad a la que se encuentran colocadas estas instalaciones, motivo por el cual no puede calcularse entre otros, el impacto que puede llegar a producirse debido a las excavaciones superficiales que en su momento pudiesen realizar los habitantes que se encuentran asentados irregularmente en los derechos de paso.

Es importante señalar que, conforme a la legislación vigente en el estado de Tabasco, en un área de 200 m a cada lado de instalaciones de este tipo, no debe establecerse ningún asentamiento humano, ni sitio de reunión como templos, estadios, escuelas, etc. Por lo que en estas zonas donde existe este tipo de infraestructura solo se permiten oficialmente actividades de bajo impacto y que no perforan el subsuelo. Desafortunadamente, si no se cuenta con la información de la ubicación exacta de estas líneas, no puede regularse la actividad

Una fuente de amenaza adicional por explosión resulta de los depósitos de gas y combustible que se almacenan en la terminal marítima de Dos Bocas. En ella además existen varios quemadores de gas que generar emisiones contaminantes a la atmosfera.

Otra posible fuente de explosiones resulta los expendios de gasolina, aunque estos tienen mecanismos de seguridad para el control de emisiones, es posible, aunque poco probable que se presente una situación de explosión en cualquiera de las estaciones de servicio distribuidas en el municipio. Las ubicaciones geográficas de cada una de ellas se encuentran señaladas en el mapa correspondiente.

A esto es conveniente agregar ahora los expendios de etanol derivado de la caña. Este es un bio combustible que se esta comercializando por garrafas y que se almacena sin algún tipo de normativa en los expendios señalados.

No se tiene algún registro en el municipio de presencia de polvorines

Otras fuentes de explosión pueden ser las baterías de separación y las estaciones de bombeo que se sitúan en la trayectoria de los ductos.

Algunas explosiones que también pueden producirse en el municipio están vinculadas a las subestaciones de la Comisión Federal de Electricidad, aunque estas son de menor

intensidad. En términos generales estas explosiones están relacionadas con la falla de equipos eléctricos, por lo que la explosión es más auditiva que expansiva ya que no hay gran desplazamiento de gases.

Finalmente, en el tema de las explosiones, existen varios kilómetros de carreteras que cruzan el municipio y que funcionan como una suerte de libramiento para el tráfico que va de Cárdenas a Centla.

Este trayecto cruza por la cabecera municipal y a través de esta vía circulan diferentes cargueros que transportan gasolina, diésel y gas, así como otros productos no identificados que pueden ser de gran riesgo para la población.

Una segunda fuente de amenaza son los transportes de gas para el reparto a domicilio. Estos transitan en dos modalidades. El primero y más común es el gas embotellado en cilindros de 20, 30 y 40 kg que se reparte por todo el municipio. Una segunda opción es el reparto mediante vehículos pipa que atienden a comercios, panaderías, tortillerías y domicilios particulares.

Estos vehículos son de baja capacidad (10 mil litros en promedio) y por lo general guardan un alto nivel de seguridad. Sin embargo, eso no les exime de presentar algún siniestro como el registrado en 2011 en la ciudad de Villahermosa. En efecto, una explosión de gas en este tipo de transportes se da a finales del mes de diciembre del año 2011, cuando una camioneta de tres toneladas repartidora de gas LP propiedad de la empresa SoniGas, que iba cargada con 5 mil 500 litros de gas LP (licuado puro), se incendió por una falla del sistema eléctrico y terminó explotando en la entrada de la ciudad.



Figura 49.- Gente recibiendo auxilio por parte del personal de Protección Civil Municipal en el municipio de Paraíso (Wilson, 2017)

Capítulo 6.- Estudios, obras y acciones propuestas

6.1.- Estudios

De acuerdo a los resultados del análisis realizado, es necesario realizar diferentes estudios y proyectos en el municipio para disminuir el riesgo y evitar la construcción de nuevos asentamientos humanos en zonas de riesgo.

6.1.1.- Estudio para la conformación de una zona metropolitana

El análisis de la distribución de los asentamientos humanos reveló que existe en la práctica un fenómeno de conurbación entre los municipios de Paraíso y Comalcalco lo que sustenta la necesidad de establecer mecanismos de colaboración en la planeación del uso del suelo de ambos municipios. Esta necesidad, se vuelve incluso más importante ahora que existen proyectos como la creación de una zona económica especial, el establecimiento de una refinería y otros más que se espera surjan con la reactivación de la actividad petrolera en los próximos años.

6.1.2.- Ordenamiento Ecológico territorial del municipio

Dentro de los estudios que se requieren de forma urgente en el municipio se encuentra el programa de ordenamiento ecológico territorial que permitirá conjugar los intereses entre

la conservación de los recursos naturales y el desarrollo local y regional. Este es el junto con el Atlas de Riesgos el primer escalón en la definición de áreas seguras para el asentamiento de actividades económicas y centros de población seguros y sustentables.

6.1.3.- Programa de Desarrollo Urbano de Paraíso y sus centros metropolitanos.

Una vez definidas las áreas para las actividades económicas, los asentamientos humanos y la conservación de recursos naturales el siguiente paso es elaborar un programa de desarrollo urbano que permita normar el uso del suelo en función de sus características de riesgo y de acuerdo a las necesidades del municipio en materia de vivienda, zonas industriales, áreas de conservación y esparcimiento, turismo, etc.

Este programa incorpora los resultados del Atlas y del programa de ordenamiento en un solo instrumento para la gestión municipal del uso del suelo.

6.1.4.- Estudios de Mecánica de Suelos para la zonificación

Es importante resaltar la necesidad de elaborar algunos estudios de mecánica de suelos para fortalecer la zonificación de usos de suelo que planteará el Programa de Desarrollo Urbano. A través de este estudio se definirá con claridad las características constructivas de las viviendas y edificios conforme a la naturaleza de los suelos y sus propiedades.

6.1.5.- Reglamento de usos del suelo y construcción del municipio de Paraíso

Finalmente, este instrumento sintetizará en una normativa clara los diferentes aspectos técnicos y legales de los diferentes estudios señalados anteriormente con lo que se tendrá una estructura jurídica sólida para dirigir los esfuerzos del municipio en pro de la seguridad y del desarrollo sustentable del municipio.

6.2.- Obra pública propuesta

6.2.1.- Drenaje pluvial y sanitario

Uno de los problemas mas importantes a resolver en las zonas urbanas del municipio para disminuir el riesgo por anegamiento ocasionado por lluvias extremas es la construcción de un drenaje pluvial independiente del sanitario. En efecto, como casi todas las localidades de Tabasco el crecimiento explosivo de la población en los últimos años ha tomado desprevenido a las autoridades. Esta situación ha ocasionado un crecimiento desordenado de los asentamientos humanos y un fuerte déficit en la prestación de servicios municipales. Uno de ellos es el drenaje pluvial y sanitario, lo que ha sido un factor importante en el impacto de las inundaciones y anegamiento del municipio.

De esta manera, en los asentamientos irregulares tradicionalmente se da primero la lotificación y la construcción de viviendas antes que la entrada de los servicios. De ahí que cuando ya se encuentra la gente viviendo en esas áreas se da una demanda al municipio que ante la falta de programación y recursos tiende a construir un drenaje conjunto que con las intensas precipitaciones de la región tiende a colapsar quedando bloqueado y

desbordando su capacidad. Lo que por lo regular concluye en el anegamiento de las zonas más bajas de las zonas urbanizadas.

Otro problema vinculado al drenaje son los parámetros utilizados en el cálculo de la capacidad de drenaje que para Tabasco y Paraíso deberían ser un poco más exigentes para soportar las grandes lluvias que se presentan en el municipio.

Finalmente, se presenta un problema de manejo y gestión de los residuos sólidos municipales, ya que el arrastre de residuos sólidos domésticos esta vinculado en la gran mayoría de las veces con el congestionamiento de las bocas de tormenta. Estas se ven obstruidas por el arrastre de la lluvia y generan un congestionamiento que culmina con el anegamiento o inundación de algunas áreas.

Por lo que se sugiere el diseño de un sistema de drenaje pluvial independiente por completo del drenaje sanitario para facilitar el manejo, disminuir los riesgos y limitar la contaminación de aguas por efectos de las aguas servidas.

Además, se sugiere implementar un programa de gestión de los residuos sólidos domésticos del municipio que contemple la separación de residuos para su mejor tratamiento.

En este nuevo esquema de drenaje se requiere un colector perimetral que impida la entrada de aguas negras al cauce del río Seco para que el proceso de remediación no se vea afectado.

6.2.2.- Substitución de puentes

Una de las funciones más importantes del río Seco y en general de los cuerpos de agua del municipio es facilitar el tránsito del agua colectada por la lluvia con destino al mar. Por lo que una de las obras y acciones que se deben iniciar lo más pronto posible es la liberación y ampliación del cauce del río. Eso incluye la remoción y ampliación del claro de los puentes que lo cruzan para incrementar el área de flujo. Esta operación se puede complementar con el programa de desarrollo para mejorar la capacidad de vialidades y mejorar el tránsito general de la zona céntrica del municipio.

6.2.3.- Recuperación de río

Uno de los proyectos más importantes a desarrollar y ejecutar en un corto plazo deberá ser la recuperación ecológica del río. Esta acción tiene dos fundamentos a saber. El primero de ellos el saneamiento para recuperar su capacidad hidráulica y la segunda de ellos para disminuir el riesgo ante la presencia de enfermedades por la contaminación o el desarrollo de vectores como mosquitos, moscas y roedores.

6.3.- Acciones propuestas

6.3.1.- Fortalecimiento de la Unidad Municipal de Protección Civil

Uno de los elementos de mayor importancia para la gestión del riesgo municipal es el fortalecimiento de la UMPC. Esta requiere de equipo, capacitación y personal especializado.

Equipamiento: la UMPC cuenta con algunos equipos especializados que requieren un presupuesto asignado para mantenimiento y operación. Igual se requiere la adquisición de equipo de oficina y servicios de telecomunicaciones para el acceso a internet, software especializado entre otras cosas.

Para su personal, es importante contar con un programa de capacitación que permita la actualización profesional y continua en diferentes materias de atención y gestión del riesgo.

Sin embargo, quizá lo más importante a superar en la UMPC a corto plazo es la construcción de bases de información de diferentes áreas como el inventario de sustancias peligrosas en el municipio, la georreferenciación de fuentes de contaminación, almacenamiento de sustancias tóxicas e inflamables, datos de ductos y productos que transportan entre otros tantos que hacen mucha falta.

Además de un sistema de inspecciones periódicas aleatorias para vigilar que las instituciones y particulares cumplan con las normativas vigentes en materia de protección civil y seguridad de la población.

6.3.2.- Desarrollo de capacidades de resiliencia por parte de la población civil

Es muy importante desarrollar un programa de capacitación dirigido a la población civil para la concientización de los diferentes riesgos a los que están expuestos, así como a su manejo en caso de emergencia.

Este programa puede aplicarse en escuelas e instituciones públicas y privadas, así como en algunas áreas específicas del municipio de acuerdo a la zonificación de riesgos y amenazas realizados en el presente trabajo.

6.3.3.- Reordenamiento de los espacios urbanos del municipio

Otro programa que debe desarrollarse y que debe derivarse del programa de desarrollo urbano del municipio es un programa de reordenamiento de los espacios públicos para señalar áreas de concentración de la población en caso de emergencia, zonas de riesgo y zonas de reubicación.

Es necesario trabajar en rutas de evacuación para las diferentes amenazas de cada localidad, asegurando el libre tránsito en caso de emergencia.

Las condiciones del municipio son complicadas porque las áreas de inundación limitan los espacios de crecimiento, pero el número de habitantes es aún bajo por lo que es posible mejorar las condiciones mediante un programa de densificación del uso del suelo.

6.3.4.- Densificación de la vivienda

Es necesario densificar algunas áreas de asentamientos humanos seguras para poder trasladar comunidades que se encuentran en zonas de riesgo. Un programa de densificación de vivienda que surja del análisis de un programa de desarrollo urbano sería el elemento

ideal para proteger a la población y disminuir los costos en la gestión de los servicios municipales.

6.3.5.- Reubicación de localidades

Es necesario realizar estudios de Costo Beneficio para validar programas de reubicación de la población en varias comunidades del municipio que se encuentran en condiciones de riesgo casi anual como es el caso de los habitantes de Chiltepec y Aquiles Serdán entre otras.



Figura 50.- Viviendas en Aquiles Serdán que requieren de reubicación

Capítulo 7.- Recomendaciones Generales

En este Atlas, se incorpora información sobre diversas fuentes de peligro tanto naturales como antrópicas en el territorio municipal, que proveen de elementos sólidos a la administración municipal para fundamentar la toma de decisiones en la planeación del uso del suelo del municipio. No obstante, los administradores municipales enfrentan un gran reto, ya que es imprescindible el desarrollo de mecanismos que logren articular los resultados presentados en el nuevo Atlas y su traducción en una aplicación directa a la normativa diaria del municipio.

En este sentido, es necesario desarrollar los instrumentos legales necesarios en el uso del territorio, así como crear otros que fomenten el desarrollo y modernización del municipio de acuerdo a sus características particulares y a las demandas nacionales e internacionales en materia de gestión del riesgo y seguridad de su población y bienes.

De este modo, la tarea más importante a partir de la información generada para el del Atlas de Riesgos del municipio, será la aplicación de dichos resultados a través de normativas claras y precisas que permitan disminuir el riesgo en el territorio municipal.

Cabe señalar que en este instrumento se plantean las estrategias, programas y acciones básicos a realizar en un corto y mediano plazo, pero cada una de ellas requiere por si misma un estudio complementario para profundizar en sus alcances y obtener los mejores resultados para el municipio y su población

El ordenamiento territorial, así como el Programa de Desarrollo Municipal son los instrumentos que deberán proveer a partir de la información generada por el Ordenamiento Ecológico y el Atlas de Riesgos, las estrategias, programas y acciones a seguir para lograr el desarrollo armónico, moderno, funcional y seguro del municipio de Paraíso.

No obstante, lo antes indicado, como un aporte adicional de este instrumento a continuación se enfatizan algunos puntos y se plantean algunas recomendaciones generales que pueden contribuir al logro de la Gestión Integral de Riesgos municipal:

7.1.- Funciones básicas de la Unidad de Protección Civil Municipal (UPCM).

La Unidad de Protección Civil Municipal, tendrá dentro de sus funciones básicas la de dictar los lineamientos generales en materia de protección civil para inducir y fomentar que el principio de la Gestión Integral de Riesgos y la Continuidad de Operaciones, sea un valor de política pública y una tarea transversal para que con ello se realicen acciones de orden preventivo, con especial énfasis en aquellas que tienen relación directa con la salud, la educación, el ordenamiento territorial, la planeación urbano-regional, la conservación y empleo de los recursos naturales, la gobernabilidad y la seguridad. Deberá vigilar, mediante las dependencias y entidades competentes y conforme a las disposiciones legales aplicables, que no se autoricen centros de población en zonas de riesgo y, de ser el caso, se notifique a las autoridades competentes para que proceda a su desalojo, así como al deslinde de las responsabilidades en las que incurren por la omisión y complacencia ante dichas irregularidades.

Deberá elaborar y actualizar los Programas Especiales de Protección Civil, que son el instrumento de planeación y operación que se implementa con la participación corresponsable de diversas dependencias e instituciones, ante un peligro o riesgo específico derivado de un agente perturbador en un área o región determinada, que involucren a grupos de población específicos y vulnerables, y que por las características previsibles de los mismos, permiten un tiempo adecuado de planeación, con base en las etapas consideradas en la Gestión Integral de Riesgos.

Conforme a las disposiciones del artículo 75 de la Ley General de Protección Civil, son facultades de la UPCM aplicar las siguientes medidas de seguridad: identificación y delimitación de lugares o zonas de riesgo; control de rutas de evacuación y acceso a las zonas afectadas; acciones preventivas para la movilización precautoria de la población y su

instalación y atención en refugios temporales; coordinación de los servicios asistenciales; el aislamiento temporal, parcial o total del área afectada; la suspensión de trabajos, actividades y servicios, y las demás que en materia de protección civil determinen las disposiciones reglamentarias y la legislación local correspondiente, tendientes a evitar que se generen o sigan causando daños.

En el caso de asentamientos humanos ya establecidos en zonas de alto riesgo, es facultad de la UPCM proponer con base en estudios de riesgos específicos, la realización de las obras de infraestructura que sean necesarias para mitigar el riesgo a que están expuestas o, de ser el caso, formular un plan a fin de determinar cuáles de ellos deben ser reubicados, proponiendo mecanismos financieros que permitan esta acción.

Para cumplir cabalmente con las funciones expresadas previamente es necesario trabajar en varios sentidos en la reorientación del ejercicio de la protección civil en el municipio. Para esto se propone incorporar una visión administrativa orientada a la Gestión Integral del Riesgo, por lo que las medidas que a continuación se presentan se plantean en tres grandes ejes de acción: estructura administrativa; calidad en el servicio y continuidad en su funcionamiento; y difusión y cultura de la protección civil.

7.2.-Estructura administrativa

Se propone inicialmente una estructura administrativa sencilla con tres niveles jerárquicos que van el paso del tiempo y la evaluación de su funcionamiento. Esto quiere decir que deberá diseñarse un sistema de control y evaluación de la Unidad de Protección Civil Municipal que permita conocer de manera puntual su efectividad en las diferentes líneas de acción de su competencia.

En el primer nivel se encuentra la Dirección General que tendrá como responsabilidad mantener la operación y funcionamiento de la Unidad, gestionar recursos y articular las actividades con los diferentes ámbitos gubernamentales y civiles. Igualmente, el titular de la unidad fungirá como Coordinador General del Sistema de Protección Civil Municipal, mecanismo que servirá para articular la actuación de las diferentes entidades municipales con las del orden federal y estatal en caso de emergencia.

La dirección será responsable de presentar el Programa Municipal de Protección Civil en un plazo máximo de tres meses contados a partir del inicio del trienio.

Dicho programa deberá alinearse en lo posible al Programa Nacional y Estatal correspondiente sin dejar de lado las características específicas de municipio. De esta manera, formará parte sustantiva de la estructura del Plan de Desarrollo Municipal en vigencia y será fundamental para gestionar los recursos necesarios del presupuesto municipal para fomentar la capacitación, equipamiento y tecnificación de la UPCM.

Justamente en este tema, es conveniente señalar que actualmente se ha destinado al 1% del presupuesto anual para la operación de la UMPC. Sin embargo, esta inversión no es

suficiente aun, por lo que se recomienda incrementar esta partida en un corto plazo para mejorar las condiciones de operación y seguridad del personal.

Para la atención a emergencias puede establecerse un fondo específico que podrá ser integrado por recursos municipales y privados derivados de la gestión de la UPCM. Dichos fondos deberán ser administrados por un fideicomiso y solo deben ser utilizados para los gastos de operación en la emergencia.

Conforme a lo estipulado en los artículos 89 y 90 de la Ley General de Protección Civil, la administración municipal deberá hacer patente que la Unidad de Protección Civil Municipal es la única autoridad con competencia y facultad para autorizar la utilización de una extensión territorial en términos de la amenaza y del riesgo esperado en el área de interés. Es importante destacar que todas aquellas medidas de mitigación o adaptación sugeridas por los particulares y autorizadas por la UPCM para el futuro uso del suelo deberán contar con un estudio sustentado técnica y científicamente, considerando además que las medidas de mitigación no afecten a otras personas o áreas.

Es importante señalar en este sentido que la autorización de permisos de uso del suelo o de utilización por parte de servidores públicos de cualquiera de los tres órdenes de gobierno, que no cuenten con la aprobación correspondiente, debe considerarse una conducta grave, la cual se debe sancionar de acuerdo con la Ley de Responsabilidad de los Servidores Públicos respectiva, además de constituir un hecho delictivo en los términos de esta Ley y de las demás disposiciones legales aplicables.

En un segundo escaño se encuentran la Dirección de Normatividad, la Dirección Operativa y la Dirección de Registro y seguimiento, las cuales se explican a continuación.

La Dirección de Normatividad tendrá a su cargo dos áreas o departamentos que le permitan por un lado generar información detallada de un fenómeno en particular o de un área específica mediante estudios puntuales que le permitan ir mejorando la información disponible y ampliando la escala de detalle de esta. Esta situación permitirá a la UPCM contar con insumos adecuados para la actualización de la base de datos del Atlas como herramienta básica en la administración integral del riesgo.

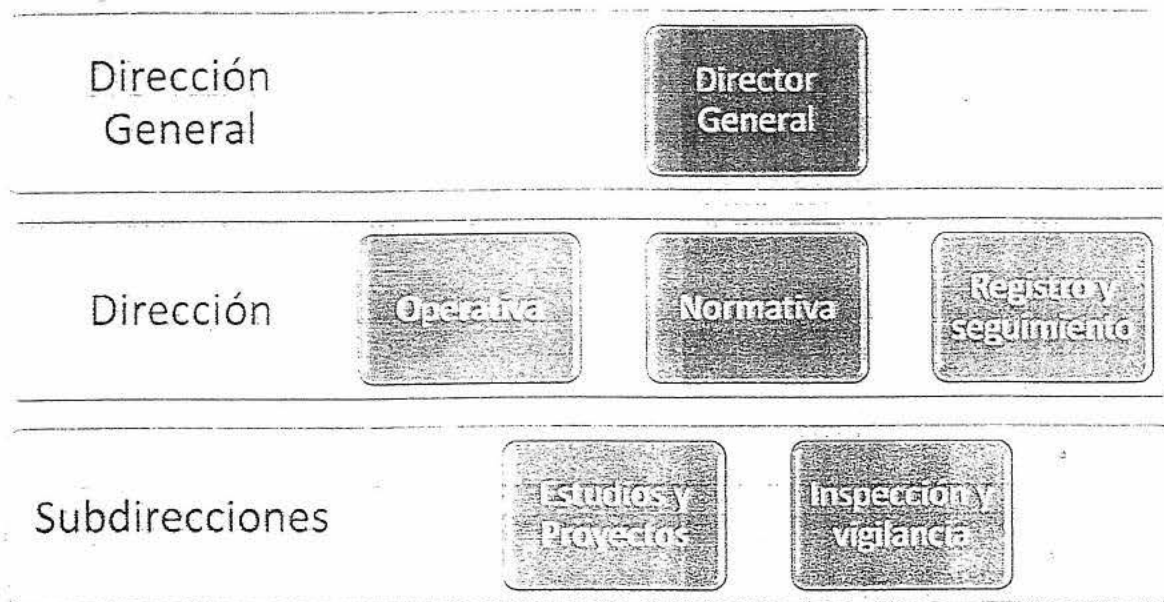


Figura 51.- Organigrama propuesto para la UPCM

Dentro de los estudios que actualmente son fundamentales de realizar se encuentra el proyecto de drenaje pluvial y sanitario para el municipio además de la identificación del drenaje urbano actual en sus dos modalidades (aguas residuales y pluviales), detallando el trazo, material, diámetros, capacidad de bombeo, detalles de bocas de tormenta, pozos y demás que permitan construir un modelo para la simulación de escenarios de anegamiento más puntuales.

Por otro lado, se sugiere instalar un mayor número de estaciones de monitoreo que provean información detallada, para lo cual deben contar al menos con variables climáticas como velocidad y dirección del viento, precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa por microcuenca urbana para identificar áreas con microclima.

Es necesario una evaluación anual de cambio de uso del suelo en el ámbito urbano y rural para identificar áreas de construcción fuera de la normatividad. Esto además permitirá al gobierno municipal identificar zonas de riesgo que se estén utilizando sin las autorizaciones y consideraciones debidas.

También es necesario realizar estudios puntuales de riesgo de fuentes específicas como rellenos sanitarios, depósitos de combustible y productos químicos, almacenes de pintura, tránsito de materiales peligrosos, entre otros para generar protocolos de actuación específicos ante un eventual desastre.

En el caso particular de PEMEX, es urgente conocer la distribución y ubicación exacta de ductos en redes primarias y secundarias, capacidad de los ductos, tipo de material que transportan, presión a la que viajan los productos transportados, profundidad a la que se encuentran instalados, material del que están constituidos los ductos, tiempo de instalación

y estimado de vida, programas de mantenimiento a ductos; ubicación de baterías y pozos, estado actual de los mismos, entre otros.

Con la información antes descrita, así como la incorporación a la base de datos de los incidentes ocurridos por diversos agentes perturbadores tanto de fenómenos naturales como antrópicos, la actualización permanente del Atlas de Riesgos Municipal podrá generar información actualizada, pertinente y cada vez con mayor exactitud acerca de los peligros y riesgos que pueden afectar al territorio, la población y sus bienes. De esta manera podrá constituirse como la herramienta principal de la Gestión Integral de Riesgo para el municipio.

Por otra parte, el departamento de normatividad deberá con la información disponible evaluar las solicitudes de uso del suelo desde el punto de vista del riesgo y que las medidas de mitigación propuestas sean adecuadas y no transfieran el peligro a otras áreas.

Esta información permitirá mejorar el marco normativo de uso del suelo desde el punto de vista de la Gestión Integral del Riesgo, mediante la publicación y modificación de reglamentos específicos de construcción y uso del suelo que eviten o en su defecto mitiguen las posibles consecuencias de algún tipo de fenómeno en particular.

Un segundo departamento de la Dirección de Normatividad deberá ser el de Inspección y Vigilancia, este deberá realizar actividades rutinarias de inspección para evitar se infrinjan los lineamientos vigentes y verificar que se cumplan las normas y recomendaciones realizadas por parte de la UPCM.

Es importante proponer el desarrollo de un mecanismo de aseguramiento en la construcción de áreas habitacionales para lograr la incorporación de estas al esquema administrativo municipal

Asimismo, a este departamento le corresponderá evaluar y en su caso autorizar los diferentes proyectos de uso del suelo que presenten los particulares. Este trámite podrá ser atendido por ventanilla única o directamente por la UPCM. Es importante resaltar que la información que presentan los particulares en temas como mecánica de suelos, topografía, batimetría, hidrología, drenaje, etcétera, deben ser organizados metódicamente y utilizados para enriquecer la información básica municipal, lo que permitirá optimizar la calidad de los servicios administrativos.

Es imposible para la UPCM contar con personal y áreas más específicas para la normatividad y vigilancia de los particulares como son química, hidráulica, geología, mecánica de suelos, entre otras. Sin embargo, es posible prescindir de estos mediante la instrumentación de una firma de corresponsabilidad como en el caso de los Directores Responsables de Obra (DRO).

Dirección de Registro y Seguimiento. Esta será la responsable de llevar un control de todos aquellos usos del suelo autorizados con la información asociada a los mismos. Por ejemplo,

en el caso de construcción de una nueva estación de servicio, sería necesario conocer el número de tanques de almacenamiento, la profundidad a la que se desplantaron, el material que contienen, equipo de seguridad, planes y programas de acción, etc.

Por su parte el departamento de registro deberá llevar estadísticas puntuales de los siniestros y sus afectaciones. Por ejemplo, en el caso de un incendio interesan variables como la fecha del siniestro, la intensidad, el monto de los daños, causa de este, etcétera. Es necesario llevar registros de vehículos automotores de transporte de material peligroso; volumen, presión y materiales transportados por ductos; materiales químicos almacenados en ferreterías, almacenes, restaurantes, entre otros, ya que, a mayor conocimiento de las fuentes de peligro, mejor será la respuesta por diseñar para el caso de un accidente.

Respecto a los fenómenos hidrometeorológicos como son lluvias extremas e inundaciones es necesario detallar las modificaciones que se realizan en los sistemas hidrológicos superficiales para evaluar el posible impacto que estas tengan sobre otros centros de población.

Es importante que la información recopilada en campo sea georreferenciada e integrada al Sistema Municipal de Protección Civil mediante fichas técnicas de manera que permitan ir construyendo con información real mejores curvas de vulnerabilidad, montos de riesgo y por supuesto, salvaguardar con eficiencia a la población y sus bienes. Esta información deberá estar especialmente disponible para el Departamento de Geomática. Esta será un área transversal que brinde servicio a todas las áreas de la UPCM. Su función será mantener vigente la cartografía con la información que se va generando en las áreas de normatividad, registro y seguimiento, así como en la operativa. Una buena coordinación entre esta área y la Dirección de Catastro permitirá dar seguimiento a las modificaciones y características de la vivienda para mejorar las clasificaciones y con ello los datos calculados del riesgo para los diferentes tipos de fenómenos. Igualmente, a través del departamento de Geomática es posible construir una plataforma de Sistemas de Información Geográfica (GIS) que permita poner a disposición del público en general la información necesaria a través de diferentes plataformas como ArcGis online, ArcGis Server, Bing, Google Earth, entre otras.

Sin embargo, instrumentar este tipo de servicios requiere de personal con conocimientos de geomática, informática y sistemas, redes de telecomunicaciones, así como equipamiento de cómputo e infraestructura de comunicación.

El mantenimiento de este tipo de servicio puede llegar a ser complejo por lo que para reducir costos de operación se sugiere contratarlo con terceros, que cuenten con los recursos y la experiencia o bien mediante el sector privado con un acuerdo de confidencialidad que permita resguardar el valor de la información y la secrecía de esta.

Una plataforma de GIS además de informar a la población permite una mayor interacción entre dependencias, lo que se traduce en colaboración directa para la recopilación de información y reporte de emergencias. La plataforma además debe integrar redes sociales,

transferencia de datos, fotografías y georreferencias para enriquecer la información del Sistema Municipal de Protección Civil (SMPC), además de otras aplicaciones.

Dirección Operativa

Ésta será la que atienda directamente las emergencias. En esta dirección deberá incorporarse personal altamente capacitado para atender emergencias y para preparar nuevo personal. Todos ellos deberán contar con certificaciones nacionales e internacionales y pertenecer al Servicio Público de Carrera con lo que se asegura el mantenimiento del personal capacitado a través del tiempo. Será responsabilidad de esta misma dirección coordinar y organizar a los diferentes grupos de voluntarios de rescate y atención de emergencias que existen en el municipio, procurando que permanezcan siempre capacitados y en comunicación.

En esta dirección el mayor grado de equipamiento deberá estar orientado al rescate y atención de emergencias. El uso de drones, lanchas, equipos de comunicación, vehículos todo terreno, ambulancias, entre otros, deberá ser un objetivo primordial en la gestión de esta dirección.

Uno de los objetivos primordiales de esta dirección será contar con los mecanismos de atención a emergencias necesarios para salvaguardar la vida de la población afectada por algún siniestro, lo que requiere de una estrecha coordinación entre instituciones de salud pública, grupos de atención, identificación de zonas de incidencia y demás que sean indispensables para el buen funcionamiento del SMPC.

Es importante destacar que la UPCM debe contar con un presupuesto adecuado a la relevancia de las actividades que debe realizar, considerando que su función principal debe consistir en salvaguardar la vida de la población que pudiera verse afectada por la presencia de algún agente perturbador sea por fenómeno natural o antropogénico.

Este presupuesto debe ser independiente del fondo de atención a emergencias, de tal manera que puedan realizarse inversiones en capacitación, equipamiento, mantenimiento de equipos, estudios, etc. Existen algunos mecanismos de financiamiento que pueden ser útiles para enriquecer la labor de la UPCM y que al mismo tiempo pueden ayudar a disminuir la carga fiscal a la administración municipal, entre ellos se encuentran fondos federales e internacionales a los cuales puede accederse a través de proyectos.

Calidad en el servicio

Para brindar un servicio de calidad es necesario invertir en la profesionalización y continuidad del personal, así como en la infraestructura y equipamiento de la unidad. La Ley General de Protección Civil en sus artículos 46, 47 y 48 señala necesaria la profesionalización de los integrantes del Sistema de Protección Civil mediante un Servicio Civil de Carrera, lo que coadyuvará a regular el ingreso, formación, permanencia, promoción y evaluación de todos los miembros. En caso de no existir este tipo de normativas en las

actuales disposiciones de la administración municipal, sería pertinente crear el Sistema Civil de Carrera para servidores públicos responsables de la protección civil.

Los planes y programas de protección civil municipal deben ser actualizados; de igual manera deben diseñarse esquemas de transferencia de riesgos, así como un fondo de protección civil mediante un fideicomiso. Es necesario vincular a la Unidad de Protección Civil Municipal con las diferentes entidades administrativas del Ayuntamiento, particularmente con las de obra pública, desarrollo, educación, salud y catastro para mejorar mediante el trabajo conjunto la información disponible y la eficiencia en la atención de emergencias.

Difusión y Cultura de la Protección Civil

El conocimiento general por parte de la población de los resultados de este documento debe ser una de las herramientas básicas en la tarea de disminuir el riesgo, por lo que se propone la instrumentación de una campaña permanente de difusión mediante medios impresos, radio, televisión, internet (donde se incluyan redes sociales) y reuniones de trabajo con los Comités locales de Protección Civil.

De la misma manera, se recomienda estructurar en internet un sitio que maneje la información cartográfica elaborada mediante las plataformas Google Earth o Bing Maps; estructurar en el website cartográfico del Atlas de Riesgos un mecanismo de colaboración entre dependencias municipales,

así como colaboración pública que permita generar reportes de eventos relacionados con la gestión del riesgo, mismos que posteriormente deberán ser validados y dados de alta en el GIS con la mayor cantidad de datos e imágenes posibles, de tal manera que disponga de una adecuada documentación y registro de siniestros.

Es aconsejable realizar campañas de difusión sobre protección civil en el hogar, el trabajo, la escuela y la vía pública, sobre los distintos tipos de riesgos detectados en el municipio y en áreas específicas del mismo, sus efectos y formas de actuación antes, durante y posterior a la emergencia. Estas actividades pueden ser dirigidas a las zonas que tienen alto peligro para los fenómenos detectados.

Asimismo, implementar un sistema de comunicación que permita alertar a la población con oportunidad de la presencia o el impacto de los fenómenos que amenazan al territorio, la población y sus bienes, en especial a aquellos que se encuentran cerca de zonas de peligro.

Se propone la estructuración de protocolos profesionales de actuación para los diferentes fenómenos detectados. Estos protocolos deberán incluir la interacción multi-dependencias definiendo puntualmente los alcances, actividades y responsabilidades de cada una de las entidades involucradas.

Por otra parte, es necesario crear el Plan de Desarrollo para la Unidad de Protección Civil Municipal (UPCM), que deberá incorporar los objetivos y metas a corto mediano y largo plazo para proveerla con el equipamiento adecuado (vehículos terrestres, acuáticos,

aéreos, equipo de cómputo, etc.) y personal profesional capacitado en las diferentes áreas que se requieran. Dentro de este plan es preciso incorporar al menos tres tipos de unidades operativas: Cuerpo de Bomberos, Cuerpo de Paramédicos y Rescate, así como una Unidad de Supervisión municipal. El plan debe incluir programas permanentes de capacitación al personal de la UPCM y un programa permanente de prevención de riesgos en asentamientos humanos. Estos instrumentos deberán ser públicos y tener amplia difusión entre la población.

Es necesario mejorar el sistema de refugios temporales que se instrumentan a partir de la presencia de diversos desastres en el municipio. Los establecimientos que puedan funcionar como refugios deberán estar perfectamente identificados, así como sus características. La instalación de los refugios deberá estar debidamente planificada considerando diversos aspectos como la determinación de un área segura para su ubicación, capacidad de este, ventilación adecuada, que cuente con el equipamiento necesario, entre otros. Se sugiere que estos espacios puedan ser útiles también para el desarrollo de programas de capacitación y realización de simulacros.

El equipamiento mínimo de los refugios temporales es: cisterna con capacidad suficiente para el número de personas que deberá albergar, sanitarios y regaderas en cantidad adecuada, cocina, suministro de energía eléctrica seguro, entre otros. En caso de que el establecimiento no cuente con el equipamiento necesario, pero sea calificado como refugio, deberá tenerse previsto proveer al mismo con equipos portátiles tales como cocinas portátiles, baños, planta purificadora de agua, planta de energía eléctrica, etcétera.

Se recomienda ampliamente incorporar los resultados del Atlas de Riesgos en los Programas de Desarrollo Urbano del Municipio y vigilar el cumplimiento de las recomendaciones y señalamientos de este.

7.3.- Otras recomendaciones específicas por tipo de fenómeno

Fenómenos hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos son quizá los que mayor importancia tienen para nuestro entorno, mismos que con las variaciones esperadas como consecuencia del cambio climático global pueden exacerbar su comportamiento haciendo que su impacto sea cada vez mayor. Ante este hecho es necesario actuar decididamente como autoridad y población para desarrollar estrategias que permitan mitigar los efectos de estos fenómenos en los próximos años.

Ondas cálidas y gélidas

Por las condiciones propias del sitio, las ondas gélidas no son factibles, la temperatura mínima registrada en esta zona no baja de los diez grados Celsius por lo que la sensación de confort no se pierde. Para este caso, el principal problema es que, por el alto grado de humedad en el ambiente, la sensación térmica puede realzar el efecto de estas temperaturas mínimas que combinadas con la poca preparación que tiene la población al respecto se manifiesta con la aparición de enfermedades del tracto respiratorio. Esto se intensifica particularmente en niños menores de 10 años y adultos mayores que sobrepasan los 65 años.

Sin embargo, con las debidas precauciones no debe generar consecuencias graves. Algunas recomendaciones al respecto son:

- Vigilar la temperatura de los cuartos de los bebés y los adultos mayores ya que pierden calor con facilidad;
- De preferencia no salir de casa si no hay necesidad, en caso de salir procurar vestir ropa abrigadora que cubra todo el cuerpo;
- Evitar los cambios bruscos de temperatura;
- No realizar ejercicios físicos excesivos, sobre todo al aire libre y
- Tomar líquidos suficientes durante el día para mantenerse hidratado.

Las campañas preventivas y durante el evento coadyuvan a mejorar la situación. Estas campañas deben ser en radio, televisión, prensa, internet (páginas web y redes sociales), escuelas, centros de trabajo, etc.

En años recientes, los eventos climáticos extremos han mostrado un mayor comportamiento en el planeta, dentro de estos se encuentran las ondas de calor, las cuales generan severos impactos en la población como golpes de calor, agotamiento y calambres, que suelen presentarse principalmente en la población infantil y de edad avanzada, pudiendo provocar enfermedades severas e incluso riesgo de muerte, particularmente en las zonas urbanas de bajos recursos económicos debido a que carecen de los medios para obtener mayor confort y donde se concentra un gran número de habitantes. En el municipio, la combinación de humedad ambiental y las altas temperaturas que se registran en los meses de abril y mayo pueden provocar algunos problemas de salud. Por lo que es deseable que a través de la Unidad de Protección Civil Municipal se implementen campañas de concientización para no arriesgar la vida ante estas circunstancias. Algunas recomendaciones que podría seguir la población para mitigar los riesgos por "Golpes de

Calor" derivado de las altas temperaturas que se lleguen a registrar en el municipio son las siguientes:

- Evitar en lo posible las actividades al aire libre, sobre todo las que implican esfuerzos físicos. Eludir el hora-río de 10:00 a 16:00 horas para estas actividades toda vez que los índices de Radiación Ultravioleta se registran en sus niveles más altos.
- Cierre ventanas y cortinas expuestas al sol mientras la temperatura exterior sea superior a la interior. Ábralas de noche para facilitar la entrada de corrientes de aire.
- Si tiene que salir, procure estar a la sombra.
- Use sombreros o pañuelos y vista ropa liviana y amplia, de colores claros. Llevar siempre una botella de agua.
- Mantener la piel expuesta hidratada, haciendo uso de filtros y cremas solares, con lo que se podrá reducir el riesgo de quemaduras.
- Si hace demasiado calor, bañarse varias veces al día.
- Consumir líquidos en suficiencia a fin de mantener la temperatura corporal y evitar riesgo de deshidratación.
- Ofrecer a los niños y adultos mayores líquidos cada 30 minutos, aunque no los soliciten.
- No consumir bebidas alcohólicas ni cafeína en ninguno de los casos anteriores, ya que favorecen la deshidratación.

- Vigilar las actividades de menores, personas de la tercera edad y con discapacidades, ya que son los más propensos a sufrir afectaciones importantes en estas condiciones.
- En caso de presentar síntomas de deshidratación acudir al servicio médico para la revisión correspondiente.
- De manera general, es también importante evitar tirar basura en lotes baldíos y colillas encendidas, ya que se corre el riesgo de provocar un incendio.

Ondas tropicales, ciclones y huracanes

Los efectos para estos fenómenos se analizan de manera separada. Por una parte, aquellos vinculados a la fuerza del viento y por otro aquellos que se relacionan con la precipitación pluvial que los caracteriza y sus efectos.

Vientos

La constante en el Estado y en particular en el municipio son vientos suaves con velocidades no mayores a los 15 km/h. Sin embargo, se ha registrado el incremento de la fuerza de este agente perturbador en los últimos años. Esto posiblemente puede estar asociado a los efectos globales que genera el cambio climático.

Los efectos se presentan principalmente en las zonas urbanas y rurales habitadas donde el desgajamiento y caída de árboles causan algunos daños en la vivienda y vehículos estacionados. Otros como el desprendimiento de techumbres de lámina de zinc se presentan en viviendas que no se encuentran bien construidas o por tener los soportes que se encuentran oxidados y en mal estado lo que provoca que no resistan la fuerza de los vientos y se desprendan.

Para contribuir en la solución a esta problemática se propone el desarrollo de un programa de sustitución escalonada de árboles viejos por árboles de especies nativas que sean flexibles y con raíz hipogea profunda para ayudar a resistir los vientos fuertes, evitando con ello dañar la infraestructura subterránea y disminuyendo los daños por caídas. Un programa permanente de podas de mantenimiento y adarreo complementaría el programa de sustitución escalonada. La instrumentación de estos programas no solo ayudará a evitar los daños ocasionados por la caída de árboles en zonas habitadas y en vías de comunicación, sino que además permitirá reforzar la imagen urbana.

Por otro lado, sería ideal establecer un programa de remplazo de techos de lámina y materiales vegetales (guano) por techos verdes y paneles solares, lo que tendría varias funciones. Por una parte, los techos verdes prestarían servicios ambientales como purificación del aire, captura de carbono, producción de oxígeno y disminución de temperatura; además de que se reducirían considerablemente los remolinos de polvo, las superficies pavimentadas, la radiación, producto del reflejo del sol en las láminas y techos de concreto (recalentamiento de techos), las variaciones de temperatura del ciclo día-noche y ayudarían a aliviar el sistema de alcantarillado al absorber parte de la lluvia.

Lo anterior, favorece la reducción de la temperatura general de la ciudad, lo que permitiría el uso más eficiente de la energía y mejorar las condiciones generales de la población al ofrecer un mayor confort en la temperatura de la vivienda y tener un menor gasto por consumo energético, ya sea por la disminución de la temperatura en la ciudad y al interior de la vivienda al usar techos verdes o por la generación y uso de energías limpias (verdes) al emplear paneles solares.

El programa de uso de techos verdes se puede implementar gradualmente para ir logrando progresivamente un clima urbano saludable. Los primeros resultados probablemente serían visibles al ajardinar un 20% de las superficies techadas de la ciudad, ya que un techo de césped sin podar tiene en promedio de 5 a 10 veces más superficie de hojas que la misma área en un parque abierto.

En otro sentido, se requiere llevar a cabo un trabajo de supervisión y registro de espectaculares para verificar que cumplan con las normas, lo que aportará información fidedigna sobre la cantidad total, ubicación de estos y las condiciones en que se encuentran.

Es necesario establecer un mayor número de estaciones de monitoreo para el viento y en general para las variables atmosféricas y climáticas en todo el territorio municipal ya que actualmente no se cuenta con información detallada y es necesario extrapolar la información disponible con los supuestos y errores que esto puede ocasionar.

Lluvias extremas e inundaciones

Uno de los problemas fundamentales del municipio se relaciona con la intensa precipitación pluvial que se registra en el municipio y en general en la cuenca de influencia. Esto supone un predicamento serio ante la necesidad de espacios seguros para viviendas, por lo que la población con escasos recursos económicos o bien con escaso conocimiento del medio, adquiere terrenos y casas en zonas inundables. Estas zonas por naturaleza sirven a los sistemas fluviales para regular sus crecientes y mantener la fertilidad de los suelos y la biodiversidad.

No obstante, ante la falta de lineamientos adecuados y mano firme en su aplicación, se ha reducido progresivamente la superficie de los cuerpos de agua y zonas bajas, y con ello su capacidad de almacenamiento, por lo que los asentamientos humanos que se han establecido en estas áreas son afectados prácticamente de forma anual por las crecientes naturales de los ríos y lagunas del territorio municipal.

Ante este panorama se recomienda realizar un estudio específico de la hidrología superficial que permita definir áreas de rescate de algunos cuerpos de agua, así como la delimitación puntual de zonas de amortiguamiento hidráulico para resolver de forma definitiva el problema, devolviendo al territorio parte de la capacidad de tránsito y acumulación del agua.

Lo anterior, permitirá incorporar en los programas de Ordenamiento Territorial y Ecológico, así como en los de Desarrollo Urbano, políticas de protección para humedales y zonas de amortiguamiento hidráulico de tal manera que les permita mantener su función pero que además faciliten el aprovechamiento sustentable del área.

Para el caso del drenaje urbano de los escurrimientos, se recomienda construir la red de drenaje pluvial para separar lo que corresponde a los escurrimientos pluviales de las aguas

negras. Esto además de mejorar el sistema de drenaje pluvial permitirá disminuir la carga de trabajo para las plantas de tratamiento de aguas residuales las cuales por el momento no funcionan.

Se sugiere reforzar y mejorar el sistema de recolección y manejo de residuos sólidos, además de concientizar a la población respecto al daño que se genera por la presencia de basura en las calles; ya que además de contribuir a la saturación, inadecuado funcionamiento e incluso la falla de los sistemas de drenaje, constituyen una fuente de contaminación de suelos y cuerpos de agua.

Fenómenos de tipo antropogénico

Es necesario realizar un censo general de industrias y servicios en el municipio para determinar el inventario de fuentes, cantidades, métodos de almacenamiento y disposición final de residuos y sustancias químicas. De hecho, es necesario contar con un censo de actividades, industrias y servicios debidamente georreferenciado ya que incluso las empresas, comercios, instituciones, etcétera, que realizan actividades no consideradas altamente riesgosas de acuerdo a los listados oficiales, pueden manejar en sus instalaciones sustancias y materiales peligrosos por lo que es importante también ubicarlas, identificarlas y clasificarlas.

Existen varias alternativas metodológicas para coleccionar esta información. No obstante, todas ellas requieren de la intervención de una Institución gubernamental que dé fe de la actividad realizada y de la utilidad de la información. Entre las instituciones, empresas y prestadores de servicios a visitar deberán encontrarse todo tipo de instalación industrial, almacenamientos de gases, terminales de autotransporte de carga, plantas potabilizadoras, plantas de tratamientos de aguas residuales, frigoríficos y plantas de refrigeración, plantas de tratamiento y/o disposición de residuos, comercios, gasolineras, tintorerías, restaurantes, tlapalerías, tortillerías, panaderías, mercados, estaciones de carburación, almacenes de explosivos, hospitales y empresas que manejan material radioactivo, entre otros.

Es conveniente que se le solicite oficialmente a la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos la siguiente información:

tipo y características de las instalaciones en territorio municipal, material manejado o transportado, estado físico de la sustancia, presión de operación, temperatura e historial oficial de accidentes.

Es necesario trabajar fuertemente en recabar estadísticas y datos sobre los siguientes temas:

- El número de accidentes y su ubicación. Esto permitirá definir una tasa de excedencia por periodo.
- Nivel de exposición: que consiste en determinar el aforo promedio para los tramos de carretera
- La tasa de accidentes para un periodo dado, que exceda un valor establecido. Este criterio toma en cuenta el nivel de exposición. Las tasas se expresan usualmente en términos de accidentes por millón de vehículo-kilómetros, para el caso de carreteras; para el caso de las intersecciones se ha utilizado una variedad de métodos para determinar el nivel de exposición.

Lo anterior, permitirá identificar los peligros debidos al transporte de materiales y residuos peligrosos en el sitio de interés.

Recomendaciones incendios

La falta de prevención, el abandono de áreas rurales y otras dificultades estructurales, favorecen el aumento de incendios forestales. Estos son altamente peligrosos, no solo para la biodiversidad, sino también para la seguridad de la población. Además, la mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor y el aumento de las temperaturas contribuye a una mayor frecuencia e intensidad de incendios forestales.

Para disminuir el riesgo por incendios forestales, es fundamental establecer y cumplir una serie de normas que controlen el uso del fuego en el ámbito rural. Es también necesario llevar a cabo un registro anual de incendios que incorpore la superficie afectada, la frecuencia y la ubicación, para que los resultados formen parte del inventario de emisiones con miras al establecimiento de medidas de mitigación para el cambio climático.

A través de un programa municipal de captura de carbono puede estimularse a quienes coadyuven al logro de los objetivos de este, parte de los recursos para estos estímulos pueden generarse a partir de los impuestos que deberán cubrir aquellos que deseen realizar quemas. Lo anterior, debido a los importantes daños que generan los gases emitidos a la atmósfera por esta actividad.

En el ámbito urbano, además de prohibir el uso del fuego para quemar basura, es necesario elaborar un inventario georreferenciado de restaurantes, boutiques (venta de ropa, tela, calzado), panaderías, tortillerías, tiendas de conveniencia, farmacias, abarroteras que son posibles fuentes de combustión.

Para las fuentes ya detectadas, es necesario recabar mayor información sobre los volúmenes de almacenamiento, mecanismos y protocolos de seguridad. Toda la información que se recabe y sistematice, debe constituirse como la base fundamental a partir de la cual debe realizarse la siguiente actualización del Atlas de Riesgos, misma que por ley debe llevarse a cabo al menos cada tres años. Las actualizaciones de este instrumento permitirán tener una mayor certeza de los peligros, vulnerabilidad y riesgo que existen en el territorio municipal y con ello la UPCM podrá preparar mejores estrategias que eviten y/o disminuyan el riesgo de la población.

Finalmente, es importante señalar que a largo plazo debería resultar menos costoso y más seguro, llevar a cabo los trabajos que se requieren para obtener información sobre todas las posibles fuentes de peligro en el municipio, así como brindar los apoyos y recursos para lograr el correcto y puntual funcionamiento del Sistema de Protección Civil Municipal, que realizar elevados gastos para la atención de emergencias, así como para la reconstrucción debido a los daños provocados por la presencia de estos fenómenos, además de que se ofrece a los habitantes de Paraíso, un municipio más seguro.

TRANSITORIO

ÚNICO.- EL PRESENTE ATLAS DE RIESGOS ENTRARÁ EN VIGOR A PARTIR DE SU APROBACIÓN POR EL H. CABILDO MUNICIPAL DEL AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DE PARAÍSO, TABASCO.

EXPEDIDO EN LA SALA DE CABILDO MUNICIPAL DEL AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DEL MUNICIPIO DE PARAÍSO, TABASCO; A LOS TRES DÍAS DEL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO DOS MIL DIECIOCHO.

EN CUMPLIMIENTO A LO DISPUESTO POR LOS ARTÍCULOS 29 FRACCIÓN III, 54 FRACCIÓN IV, 65 FRACCIÓN II Y 94 QUINQUES FRACCIÓN IX, APARTADO A FRACCIÓN VIII DE LA LEY ORGÁNICA DE LOS MUNICIPIOS DEL ESTADO DE TABASCO, SE PROMULGA EL PRESENTE ATLAS DE RIESGOS, PARA SU DEBIDA PUBLICACIÓN Y OBSERVANCIA EN LA CIUDAD DE PARAÍSO, TABASCO RESIDENCIA OFICIAL DEL AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DEL MUNICIPIO DE PARAÍSO, TABASCO; A LOS TRES DÍAS DE MES DE DICIEMBRE DEL AÑO DOS MIL DIECIOCHO.

C. ANTONIO ALEJANDRO ALMEIDA
PRESIDENTE MUNICIPAL

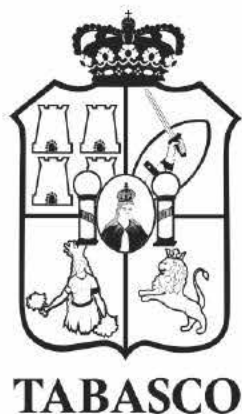


PRESIDENCIA
2018-2021



**SECRETARIA
DEL AYUNTAMIENTO**
2018-2021

LIC. EDILBERTO DIAZ ALMEIDA
SECRETARIO DEL AYUNTAMIENTO



Impreso en la Dirección de Talleres Gráficos de la Secretaría de Administración e Innovación Gubernamental, bajo la Coordinación de la Secretaría de Gobierno.

Las leyes, decretos y demás disposiciones superiores son obligatorias por el hecho de ser publicadas en este periódico.

Para cualquier aclaración acerca de los documentos publicados en el mismo, favor de dirigirse al inmueble ubicado en la calle Nicolás Bravo Esq. José N. Rovirosa # 359, 1er. piso zona Centro o a los teléfonos 131-37-32, 312-72-78 de Villahermosa, Tabasco.

Cadena Original: |00001000000403698529|

Firma Electrónica: tgdtC8IWIG+hGDwlSle49W980j9NkW8hNuqe/E+z2K3zFhUvpMdSbictppyvZjLSlgW7yKR/f6kw37Wz/C49Y6LX8D03y1t4PSNAn9F8Rrrz6hDof6ZjwrturYDqAcGWg1RSQIDTTNBWU3//awOR5EzIRRREQm6CMPdod6j9A9BbjVmSxmeF6ly2wwmlKr55ulnKM72vYC8Ox918sbj6irzHCZIngWzFJ7Gfm/9pwRlsFqnxSnifMm1IPLC5rLk+8w+2vnMA/h4ZDyHQXjmE1jCD8CfVC0HHLgLuF8S3PKyCLxG0dr7EiH5GO1RPgKpYX5neEJh3/DjZotaWF2bzwQ==