

Créditos

Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano.

Lic. Jesús Murillo Karam
Secretario de Desarrollo Agrario
Territorial y Urbano.

Lic. Gustavo Cárdenas Monroy
Subsecretario de Ordenamiento Territorial.

Dirección General de Ordenamiento Territorial y
de Atención a Zonas de Riesgo.

Dirección General Adjunta de Prevención y Atención a
Desastres Naturales

Arq. Jesús Cruz Caprio
Encargado de la Dirección de Gestión de Riesgos.

Ing. Adriana Soto Álvarez
Subdirectora Técnica.

Seguimiento Técnico

LPT. Alejandro Sánchez Galván
Geóg. José Alberto Moreno Saucedo
LPT. Víctor Álvarez Durán
Geóg. Francisco Herrera Valencia

Seguimiento Administrativo

Lic. Jonathan T. Medina Olmedo
Lic. Daniela Esthefany Máximo García
Lic. Zoraya Pérez Salomón
Lic. Rodrigo Rembis Vega

Municipio de Guasave, Sinaloa.

Nombre del Presidente Municipal: Lic. Armando Leyson Castro
Tesorería: Lic. Angelina Morales León
Dirección General de Planeación de Desarrollo Social: Lic. Artemisa García Valle
Director de Desarrollo Social: Arq. Rómulo Félix Ibarra.
Responsable seguimiento de estudios: Arq. Rómulo Félix Ibarra.
Protección Civil.: C. José Rosendo Castro Espinoza

Empresa

Nombre empresa y/o institución: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V.
Representante legal: Lic. Edith Berenice Contla Sandoval
Coordinador del Proyecto: Dr. Víctor Carlos Valerio
Colaboradores: Dra. Alicia Martínez Bringas, Dra. Monique Villatoro Lacouture , Ing. Leo Mijail Castañeda Robles, M. en C. Carlos Guillermo García Vargas, Geóg. Sandra Itzel López Zepeda, Ing. Arturo Sánchez Téllez, Ing. Ariadna Padilla León, Ing. María Nadxely Guzmán Andrews.

Datos del Proyecto:

Fecha de entrega final 31 de diciembre de 2014
Número de obra: 425011PP003221



Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de
Guasave, Sinaloa
No. de Obra: 425011PP003221
Entrega Final 2014

SEDATU
SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGRARIO,
TERRITORIAL Y URBANO



Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guasave, Sinaloa, 2014.

Entrega Final 2014



Fecha: 31 de diciembre de 2014
Entrega Final
Número de obra: 425011PP003221
Municipio de Guasave, Sinaloa
EM CAPITAL SOLUCIONES INTEGRALES S.A. DE C.V.
Av. Paseo de la Reforma No. 42, Piso 1, Oficina A, Colonia Centro.
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, México D.F.
Tel: (55) 55 32 04 81, www.emcapital.mx

ESTE PROGRAMA ES DE CARÁCTER PÚBLICO, NO ES PATROCINADO NI PROMOVIDO POR PARTIDO POLÍTICO ALGUNO Y SUS RECURSOS PROVIENEN DE LOS IMPUESTOS QUE PAGAN TODOS LOS CONTRIBUYENTES. ESTA PROHIBIDO EL USO DE ESTE PROGRAMA CON FINES POLÍTICOS, ELECTORALES, DE LUCRO Y OTROS DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS. QUIEN HAGA USO INDEBIDO DE LOS RECURSOS DE ESTE PROGRAMA DEBERÁ SER DENUNCIADO Y SANCIONADO DE ACUERDO CON LA LEY APLICABLE Y ANTE LA AUTORIDAD COMPETENTE.



PRÓLOGO

El Ordenamiento Territorial, concebido como un proceso que involucra a diversos actores, como Instituciones de Gobierno en sus tres niveles, Instituciones Académicas, Consultoras Especializadas, Medios de Comunicación y a la sociedad en su conjunto, tiene con fines primordiales coadyuvar en el desarrollo de las potencialidades productivas de las regiones, eficientar los procesos de ocupación de la tierra e identificar las zonas de riesgo que pudieran afectar a la población e infraestructura civil. En este sentido, la contribución del presente Atlas de Riesgos del Municipio de Guasave, Sinaloa, muestra cómo la población, la producción y la infraestructura son parte integral de la dinámica del territorio y cómo estos elementos pueden verse afectados en caso de que ocurra un fenómeno natural potencialmente destructivo. Reconocer los patrones y variables que configuran el territorio y que hacen parte de la relación entre riesgo y desarrollo, es un paso fundamental en la toma de decisiones para reducir los riesgos y actuar en consecuencia.

El Atlas de Riesgos del municipio de Guasave, tiene la finalidad de aportar conocimientos relacionados con los fenómenos geológicos, hidrometeorológicos (e incluso antropogénicos), presentes en el Municipio. Pretende además, a fin de poder proteger a la población y al entorno natural contra los fenómenos perturbadores, cumplir con las funciones específicas de Identificación y ubicación de las fuentes de peligro así como la determinación del alcance y afectación potencial que pudieran representar para la ciudadanía y sus bienes.

Este proyecto, aporta una serie de elementos técnico-científicos que permitirán delinear las políticas de Protección Civil (prevención, mitigación y eventualmente de respuesta a situaciones de emergencia) así como políticas de Desarrollo Urbano y de Gestión Ambiental. Todo ello redunda en un mejor manejo del territorio y ayuda a reforzar las estrategias preventivas con el propósito de disminuir el impacto socio-económico de los fenómenos naturales. El compromiso de la administración municipal, en concordancia con los lineamientos del Gobierno Federal, es reducir los riesgos a través de una adecuada infraestructura (evolucionando de acciones reactivas a preventivas), de una capacitación constante tanto de la población como del personal del Protección Civil, además de un fortalecimiento de las capacidades de respuesta. La elaboración del Atlas de Riesgos fue posible gracias a la valiosa contribución del Gobierno Municipal y Federal, dentro del marco del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH), a cargo de la Secretaría de Desarrollo, Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). Expresamos nuestro reconocimiento a todas las personas que hicieron posible la construcción del presente Atlas.

DR. VICTOR CARLOS VALERIO

ÍNDICE

CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción	6
1.1. Introducción	6
1.2. Antecedentes	6
1.3. Objetivo	7
CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio	10
2.1. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica	12
CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural	13
3.1. Fisiografía	13
3.2. Geomorfología	14
3.3. Geología	14
3.4. Edafología	15
3.5. Hidrografía	16
3.6. Cuencas y Sub-cuencas	16
3.7. Clima	17
3.8. Uso de suelo y vegetación	17
3.9. Áreas Naturales Protegidas	19
CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos	22
4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, pirámide de edades, mortalidad, densidad de población	22
4.2. Características sociales	26
4.3. Principales actividades económicas en la zona	30
CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural y antropogénico	30
5.1. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico	30
5.1.1. Erupciones volcánicas	30
5.1.2. Sismos	33
5.1.3. Tsunamis	40
5.1.4. Inestabilidad de laderas	42
5.1.5. Flujos	45
5.1.6. Caídos o derrumbes	46
5.1.7. Hundimientos	49
5.1.8. Subsistencia	50
5.1.9. Agrietamientos	50



5.1.10. Erosión Costera	51
5.2. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico.....	57
5.2.1. Ondas cálidas y gélidas.....	59
5.2.2. Sequías	64
5.2.3. Heladas	66
5.2.4. Tormentas de granizo.....	70
5.2.5. Tormentas de nieve	71
5.2.6. Ciclones tropicales	72
5.2.7. Tornados.....	75
5.2.8. Tormentas polvo.....	76
5.2.9. Tormentas eléctricas.....	76
5.2.10. Lluvias extremas.....	78
5.2.11. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres.....	82
5.3 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Químico-Tecnológico.....	90
5.4 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Sanitario-Ambiental.....	93
5.5 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de Socio-organizativo	96
CAPÍTULO VI. Obras de Mitigación	101
CAPÍTULO VII. Anexo.....	110
7.1. Glosario de Términos.....	110
7.2. Bibliografía.....	114
7.3. Cartografía empleada.....	115
7.4. Fichas de Campo	115
7.5. Memoria fotográfica	115
7.6. Nombre de la consultoría y personas que elaboran el Atlas.....	115
CAPITULO VIII. Metadatos.....	115



CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción

1.1. Introducción

El Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guasave, Sinaloa, que integra el presente trabajo, se deriva del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH), a cargo de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). La mejor estrategia para reducir el impacto de los riesgos es la prevención, la cual precisa de la percepción de la existencia de un fenómeno peligroso, de la estimación de la susceptibilidad o peligrosidad, de la evaluación de la vulnerabilidad y su reducción, así como la adopción de medidas para mitigar los efectos. Una fase fundamental en la prevención de riesgos naturales, es su identificación y caracterización, lo cual usualmente se expresa de forma cartográfica mediante la zonificación del territorio. Este último concepto tiene su mayor expresión en un *Atlas de Riesgos*, concebido como una herramienta básica que permite orientar políticas y programas de:

- Protección Civil (mitigación, prevención, atención de emergencias, difusión y capacitación).
- Desarrollo Urbano y Ordenamiento territorial (normatividades, planes de desarrollo urbano, atención y gestión de riesgo en zonas de asentamientos irregulares).
- Regularización de vivienda y reubicación de asentamientos.
- Normatividad y cumplimiento de Programas Internos de Protección Civil.
- Aseguramiento de infraestructura.

El Atlas de Riesgos Naturales permitirá al municipio de Guasave, hacer un mejor uso del suelo y orientar políticas de ordenamiento urbano, donde determine la aptitud del terreno y sus posibles riesgos. Asimismo, los resultados de este estudio, deben involucrar a todos los niveles de gobierno, medios de comunicación, y a los habitantes del municipio, para que el manejo y la comprensión de la información con respecto a los riesgos, permita reducir significativamente su impacto.



Fig. 1.1. Presentación pública del Atlas de Riesgos, que congregó a autoridades, medios de comunicación y público en general.

1.2. Antecedentes

En el municipio de Guasave, es recurrente la presencia de fenómenos hidrometeorológicos (sequías, inundaciones, ciclones, temperaturas extremas), que a lo largo del tiempo han afectado la actividad económica del municipio.

En la Tabla 1.2.1 se resumen algunas afectaciones históricas.

REFERENCIA	FECHA	TIPO DE EVENTO	AFECTACIONES QUE PRODUJO
El Universal 08/01/2000: Los Estados-On	08/01/2000	Onda fría	Frente frío y masa de aire polar produce serios daños en el Sector agrícola de la región.
La Jornada	25/01/2008	Onda fría	Frente frío No. 24 y masa de aire polar produce serios daños en el Sector agrícola de la región.
La Jornada, El Universal (varias fechas) y FONDEN para identificación de varios municipios	05/02/2011	Onda fría	Frente frío no. 26 y masa de aire polar produce serios daños en el Sector agrícola de la región.
	24/02/1973	Desbordamiento	Desborda el río Sinaloa, generado grandes afectaciones.
Excélsior 18/08/1977:27a	18/08/1977	Huracán	Se dejan sentir los efectos del huracán Doreen en el municipio de Guasave.
Excélsior 1981/09/23:5a-30	22/09/1981	Tormenta Tropical	La tormenta tropical Knut deja grandes cantidades de agua en el municipio de Guasave.
El Universal	01/10/1982	Huracán	Los efectos del huracán Paul dejan grandes afectaciones en e municipio.
La Jornada 03/10/86:23	02/10/1986	Huracán	El huracán Paine provoca fuertes vientos y lluvias que dejan afectaciones en diversas poblaciones del municipio.
La Jornada 04/09/1998	03/09/1998	Huracán	Como a las cinco de la tarde de aquel jueves 3 de septiembre de 1998, ISIS, empezó sus efectos con un desplazamiento de traslación hacia el norte a 20 kms por hora por el interior del Mar de Cortés estacionándose precisamente frente a Guasave.
La Jornada 05/09/1998	04/09/1998	Huracán	Isis sigue causando estragos y genera el desbordamiento del río Sinaloa.
La Jornada 10/09/1999	10/09/1999	Huracán	Derivado del huracán Greg el agua alcanzó medio metro de altura en algunas zonas del municipio.
La Jornada	26/10/2006	Tormenta Tropical	La tormenta tropical Paul deja serias afectaciones en Guasave.
La Jornada	12/09/2008	Tormenta Tropical	Los remanentes de la tormenta tropical Lowell, que aún se dispersa sobre el noreste del país golpearon con fuerza los estados de Sinaloa Sonora y Chihuahua, causando inundaciones en comunidades urbanas y rurales.

El Universal	13/10/2009	Tormenta Tropical	La tormenta tropical 'Patricia' ocasionó abundantes lluvias que provocaron inundaciones en comunidades de Ahome y Guasave
La Jornada	20/08/2011	Lluvias	Intensas lluvias provocan la saturación del drenaje
La Jornada	17/09/2006	Huracán	El huracan Lane deja intensas lluvias y rachas de viento de 250 km/h.
La Jornada	06/09/2007	Tormenta Tropical	DECLARATORIA de Emergencia por la presencia y efectos del huracán Henriette, en 12 municipios del Estado de Sinaloa.
La Jornada	13/10/2008	Huracán	Tras el paso del huracán Norbet y las lluvias que genero a su paso; se registró en el municipio de Guasave el desbordamiento del arroyo el Zopilote cerca del poblado de Portugal de Gálvez generando afectaciones a la población.
La Jornada	05/09/2009	Huracán	El Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos advirtió anoche que Jimena estaba a punto de convertirse en un huracán de categoría 5 sumamente peligroso
La Jornada	24/01/2007	Onda fría	Frente frío No. 32. y fuertes ráfagas de viento dejan severos daños en el sector agrícola de del estado de Sinaloa.
La Jornada 3/10/90:13	02/10/1990	Tormenta Tropical	La tormenta tropical Raquel trae a su paso vientos de 40 km/h y rachas de 135 km., dejando serias afectaciones en varios estados del Noreste.
Proyecto Puente. http://proyectopuente.com.mx/noticia/12643/declaran-zonas-de-desastre-a-22-municipios-de-sonora-y-sinaloa-por-odile	20/09/2014	Odile	El paso del Huracán Odile genera inundaciones severas en varios municipios del estado incluyendo Guasave. La Secretaria de Gobernación declaró zona de desastre el municipio de Guasave.
El Debate	08/09/2014	Sequia	El estado de Sinaloa ha presentado etapas de sequias extremas afectado el desarrollo económico de la entidad principalmente en el municipio de Guasave.
El Debate	27/01/2012	Sequias	CONAGUA determina que las presas Gustavo Díaz Ordaz y Guillermo Blake se encontraron en el nivel más bajo histórico por las sequias en la comunidad afectando el abasto del vital líquido en el municipio de Guasave.

Tabla 1.2.1. Afectaciones históricas.

Fuente:

- <http://www.debate.com.mx/Eldebate/noticias/default.asp?IdArt=11732008&IdCat=6100>
- <http://www.debate.com.mx/Eldebate/noticias/default.asp?IdArt=11732008&IdCat=6100>
- <http://meganoticias.mx/noticias-culiacan/item/49244-gobernador-busca-que-se-declare-zona-de-emergencia-a-3-municipios-por-norbet.html>
- <http://proyectopuente.com.mx/noticia/12643/declaran-zonas-de-desastre-a-22-municipios-de-sonora-y-sinaloa-por-odile>

1.3. Objetivo

Elaborar el *Atlas de Riesgos Naturales y Antropogénicos del Municipio de Guasave*, fin de detectar, clasificar y zonificar las áreas de peligros, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos perturbadores de origen natural y debidos a la actividad humana que impacten al territorio municipal. Se analizarán los peligros antropogénicos al nivel de inventario, amenaza y en donde exista información disponible, de peligro.

Alcances

La información temática y de riesgos que conforma el Atlas sirve para: visualización e impresión de mapas a diferentes escalas y formatos según las necesidades del usuario; consulta para la toma de decisiones; análisis de fenómenos multi-riesgo; delimitación de polígonos de actuación y respuesta; integración de bases de datos de eventos pasados; actualización de atenciones a emergencias; adiestramiento y perfeccionamiento de protocolos de respuesta.

Se analizarán a detalle los fenómenos naturales perturbadores que tengan relevancia dentro del territorio municipal. La información se integrará teniendo como plataforma el software "Arc Gis Desktop versión 10.0", con el fin de manipular, modificar, editar, actualizar la información correspondiente a los riesgos naturales involucrados en este estudio.

Mapa base

Se generará un mapa base para representar en él todos los temas, e incluirá: localidades (toponimia), vialidades principales, curvas de nivel, hidrografía, principales obras de infraestructura y líneas de comunicación. Se recabará la información relevante con que cuente el municipio, misma que será integrada en el Atlas de Riesgos para su consulta, manipulación, análisis y actualización.

Metodología General

Los análisis que integran este documento, se apegan a los términos de referencia denominados: "**Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para representar el Riesgo, 2014**" (BEEAR), emitidos por la SEDATU. Asimismo, se toman en cuenta los lineamientos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en sus "**Términos de Referencia y Guía de contenido mínimo para los Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos**".

Las actividades principales que conforman la metodología son:

- 1) Recopilación y análisis de información previa.
- 2) Generación de cartografía base, mapa base y mapas temáticos.
- 3) Análisis de los peligros geológicos e hidrometeorológicos que tengan un impacto en el municipio.
- 4) Trabajo de campo para los principales fenómenos perturbadores, para recabar datos que permitan ponderar y modelar las variables involucradas en los análisis de peligro.
- 5) Análisis de la vulnerabilidad del área de estudio con base en la información disponible (INEGI, CONEVAL, CONAPO).

- 6) Estimación del riesgo por fenómenos geológicos e hidrometeorológicos en términos de viviendas y población potencialmente afectable.
- 7) Recomendaciones para la mitigación.

METODOLOGIA PARA PELIGROS GEOLÓGICOS (G)

1. ERUPCIONES VOLCÁNICAS

Ubicación dentro del contexto geológico de México.

Aplicación: Ubicar la localidad en estudio, en la cartografía geológica de la República Mexicana.

2. SISMOS

Ubicación de la zona en cuestión, en mapas de Aceleración para Periodos de Retorno de 10, 100 y 500 años. Para facilitar la definición de niveles de peligro para un sitio dado, CENAPRED ha definido los mapas más representativos, en función de la vida útil de la gran mayoría de las construcciones, correspondientes a periodos de 10, 100 y 500 años.

3. TSUNAMIS

Ubicación de la zona de estudio en el mapa de Tsunamis o Maremotos.

Recopilación histórica de eventos ocurridos.

4. INESTABILIDAD DE LADERAS

Compilación de información de estudios realizados en el territorio objeto de análisis

Localización y clasificación de deslizamientos anteriores.

Descripción de los materiales geológicos.

Representación cartográfica de la información levantada, geo-referenciada con GPS.

Elaboración de cartografía especializada:

Cartografía Geológica.

Cartografía Geomorfológica.

Cartografía morfométrica.

Trabajo de campo:

- Levantamiento de información geológico-geomorfológica mediante fichas técnicas.
- Clasificación de laderas como indicador de estabilidad o inestabilidad del terreno.
- Confirmación de las zonas susceptibles a deslizamiento.
- Caracterización los sitios con susceptibilidad a deslizamientos.

5. FLUJOS

Evaluación de ocurrencia de procesos.

Los mapas que ayudan en el estudio de los flujos son los siguientes:

- Carta altimétrica.
- Carta de drenaje natural.

6. CAÍDOS O DERRUMBES

Investigación sobre antecedentes en la zona de estudio.

Análisis de cartografía temática existente, topografía, geología y uso del suelo, principalmente.

Trabajo de campo:

- Identificación de afloramientos rocosos
- Localización de afloramientos sobreescarpados o zonas de acumulación de bloques sueltos.

7. HUNDIMIENTOS

No aplica.

8. SUBSIDENCIA

No aplica.

9. AGRIETAMIENTOS

No aplica.

10. EROSION MARINA

El riesgo de erosión se determinará a través de la caracterización geomorfológica de la costa y de evaluación de los atributos de acuerdo a la vulnerabilidad a la erosión, siguiendo el método de Cuevas et al. (en prensa).

Levantamiento de Croquis morfológico y cartografía general de la zona costera.

Se obtiene cartografía general y específica de los sectores costeros en diferentes escalas de representación.

El levantamiento cartográfico se auxiliará de con fotografías aéreas, imágenes de satélite y trabajo de campo.

El croquis para escalas de trabajo a detalle y la cartografía general se hará para escalas más grandes.

METODOLOGIA PARA PELIGROS HIDROMETEOROLÓGICOS (H)

11. ONDAS CÁLIDAS Y GÉLIDAS

NEVADAS

Se cuantificarán de manera anual los días con Nevadas, se extrapolará la probabilidad de ocurrencia de nevadas a los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años.

TEMPERATURAS MAXIMAS EXTREMAS

Obtener los registros de datos climatológicos de varias décadas de temperaturas máximas extremas mensuales. Establecer los rangos para las isotermas de acuerdo a la distribución del sistema.

Determinar periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.

12. SEQUÍAS

Consultar mapas de sequía del país a nivel municipal del CENAPRED.

13. HELADAS

Visualización ambiental durante o posterior a las heladas en: Flora silvestre, Fauna silvestre, Agricultura, Ganadería, Población. Para ello se realiza trabajo de campo en zonas afectadas.

Registro de temperaturas. Los geofactores más propensos a ser identificados cuando las temperaturas atmosféricas bajan lo suficiente (alrededor de 0°C), son la vegetación natural y los cultivos agrícolas.

14. TORMENTAS DE GRANIZO

Se analizarán datos históricos y a partir de un análisis de frecuencias, se obtendrá un mapa de probabilidad de ocurrencia y se tipificará en niveles de peligro.

15. TORMENTAS DE NIEVE

Actualmente en las Guías de SEDATU, no se contempla una metodología para analizarlo, pero se generará una serie de datos a la que se ajustará una función de distribución de probabilidad, y se extrapolará la probabilidad de ocurrencia de granizadas a los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años.

16. CICLONES TROPICALES

Investigar la trayectoria de los eventos históricos. Se utilizará la escala Saffir-Simpson para caracterizar los huracanes históricamente.

17. TORNADOS

Consultar el Atlas Nacional de Riesgos. Se investigará mediante encuestas a la población y a Protección Civil Municipal, sobre la ocurrencia de este fenómeno. En caso de no contar con antecedentes, se considerara NO aplica.

18. TORMENTAS POLVO

Consultar el Atlas Nacional de Riesgos. Se investigará mediante encuestas a la población y a Protección Civil Municipal, sobre la ocurrencia de este fenómeno. En caso de no contar con antecedentes, se considerara NO aplica.

19. TORMENTAS ELÉCTRICAS

Registros históricos de tormentas eléctricas:

Se calcularán los valores medios de las tormentas de un periodo determinado, que puede ser un mes, una estación del año o los valores medios anuales.

Se trazarán isopletas de un espacio dado o bien pueden usarse rangos representados de varios colores para mostrar la distribución espacial del hidrometeoro.

Se analizarán las tormentas para periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.

20. LLUVIAS EXTREMAS

Análisis de registros históricos de precipitación máxima.

Generación de mapa de precipitación máxima e isoclinas.

21. INUNDACIONES PLUVIALES, FLUVIALES, COSTERAS Y LACUSTRES

Cartografía general de inundaciones históricas. Se realiza una encuesta de una muestra entre la población y un levantamiento general de infraestructura dañada y se registra en un mapa a escala detallada. La escala de información será de por lo menos 1:10 000.

Se realiza el análisis estadístico de las variables precipitación máxima y caudal máximo (en caso de existir datos de este último).

Contenido del Atlas de Riesgo

El presente documento está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo 1. Se refiere a aspectos generales del área de estudio, se plantean los objetivos, los alcances y la metodología general.

Capítulo 2. Consiste en la determinación del área de estudio.

Capítulo 3. Incluye las características físicas del área de estudio, abarcando la fisiografía, geología regional, geomorfología, vegetación y los tipos de uso de suelo, climas y aspectos como la contaminación de las corrientes de agua.

Capítulo 4. Refiere los aspectos sociales, económicos y demográficos más específicos, que detallan el grado de crecimiento demográfico, la dinámica poblacional, indicadores económicos, condiciones y tipo de equipamiento urbano.

Capítulo 5. En este apartado, se realiza el análisis de los peligros y riesgos geológicos e hidrometeorológicos considerados así como los peligros antropogénicos.

Capítulo 6. Se mencionan las obras de mitigación y las acciones preventivas que contribuyen a disminuir los riesgos.

Fundamento Jurídico

El Atlas de Riesgos Naturales municipal, se constituye como una herramienta integral para la gestión de riesgos y tiene como sustento principal el objetivo 1.6 delineado en el **Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018**, emitido por el Gobierno de la República que menciona:

Objetivo 1.6. Salvaguardar a la población, a sus bienes y a su entorno ante un desastre de origen natural o humano.

Este objetivo tiene como estrategia:

Estrategia 1.6.1. Política estratégica para la prevención de desastres.

Líneas de acción

- Promover y consolidar la elaboración de un Atlas Nacional de Riesgos a nivel federal, estatal y municipal, asegurando su homogeneidad.
- Impulsar la Gestión Integral del Riesgo como una política integral en los tres órdenes de gobierno, con la participación de los sectores privado y social.
- Fomentar la cultura de protección civil y la autoprotección.
- Promover el fortalecimiento de las normas existentes en materia de asentamientos humanos en zonas de riesgo, para prevenir la ocurrencia de daños tanto humanos como materiales evitables.

CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio

- Localización

El municipio de Guasave se localiza en el norte del estado de Sinaloa, entre los meridianos 108° 05' 26" y 108° 47' 24" de longitud oeste y entre los paralelos 25° 19' 04" y 25° 56' 36" de latitud norte, ocupando una **extensión de 2,907.00 kilómetros cuadrados de superficie (INEGI, 2010)**; esto lo ubica en el octavo lugar en tamaño con respecto al resto de los municipios, y representa el 6.0% de la superficie estatal. Su línea divisoria, colinda al norte con los municipios de Sinaloa y El Fuerte; al sur, con el Golfo de California; al este con Salvador Alvarado y Angostura y al noroeste con el municipio de Ahome. En su superficie se encuentran más de 600 localidades y de dicha superficie, más del 50% es utilizada para actividades agrícolas.

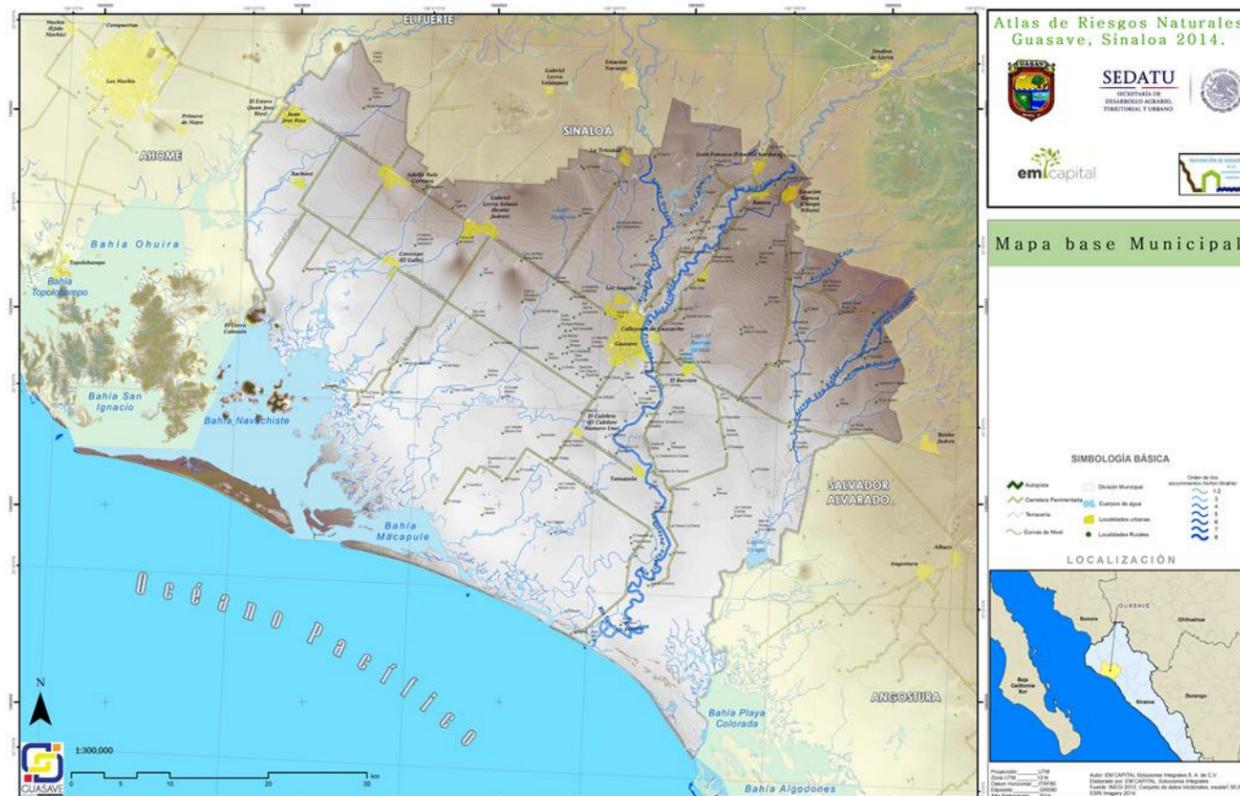


Fig. 2.1. Mapa Base Municipal

El municipio de Guasave está conformado por barrios, colonias y pueblos como se muestra en la siguiente tabla:

TIPO	CANTIDAD
BARRIO	24
COLONIA	170
FRACCIONAMIENTO	3
PUEBLO	415
UNIDAD HABITACIONAL	3
TOTAL GENERAL	615

Tabla 2.1. Distribución de colonias y pueblos del municipio de Guasave

Además de la cabecera municipal, contempla 12 sindicaturas, ubicadas hacia los cuatro puntos cardinales. De este modo, hacia el norte se encuentran: Bamoá, Estación Bamoá, León Fonseca y Nío; al Sur, La Brecha y Tamazula; al este, El Burrión y San Rafael; al oeste, Juan José Ríos, Adolfo Ruiz Cortínes, Lic. Benito Juárez y La Trinidad. Dichas sindicaturas están conformadas por 47 comisarías que agrupan un total de 442 localidades. Cuarenta y tres por ciento de éstas, están concentrada en tres sindicaturas: El Burrión, Lic. Benito Juárez y Tamazula

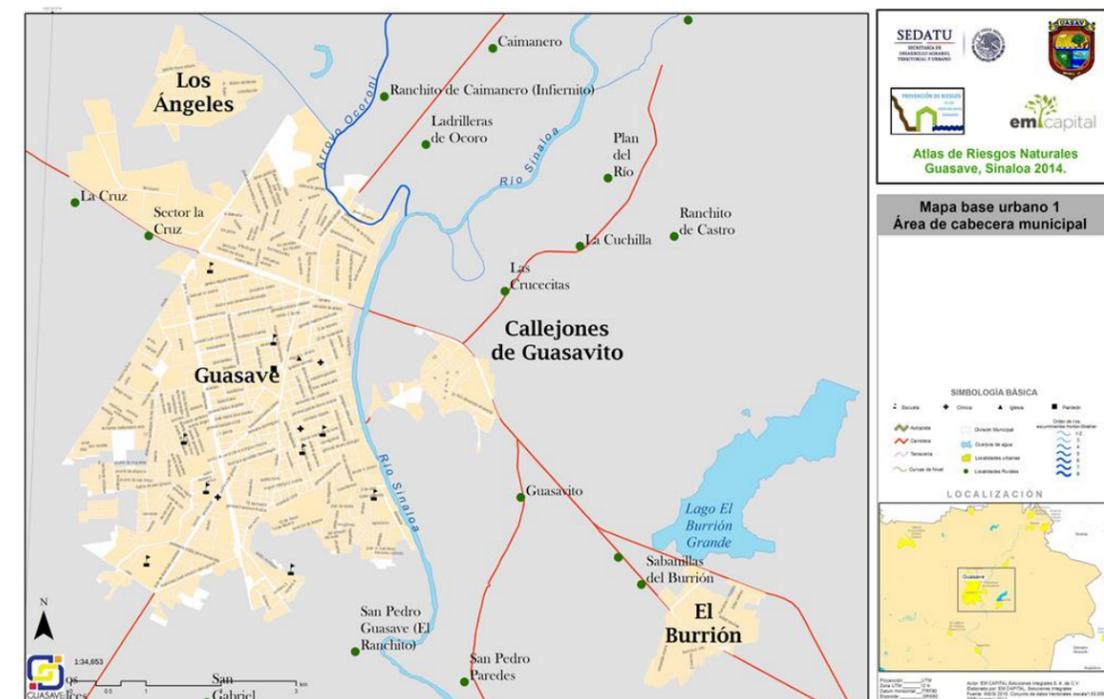


Fig. 2.2. Mapa Base urbano de la cabecera municipal

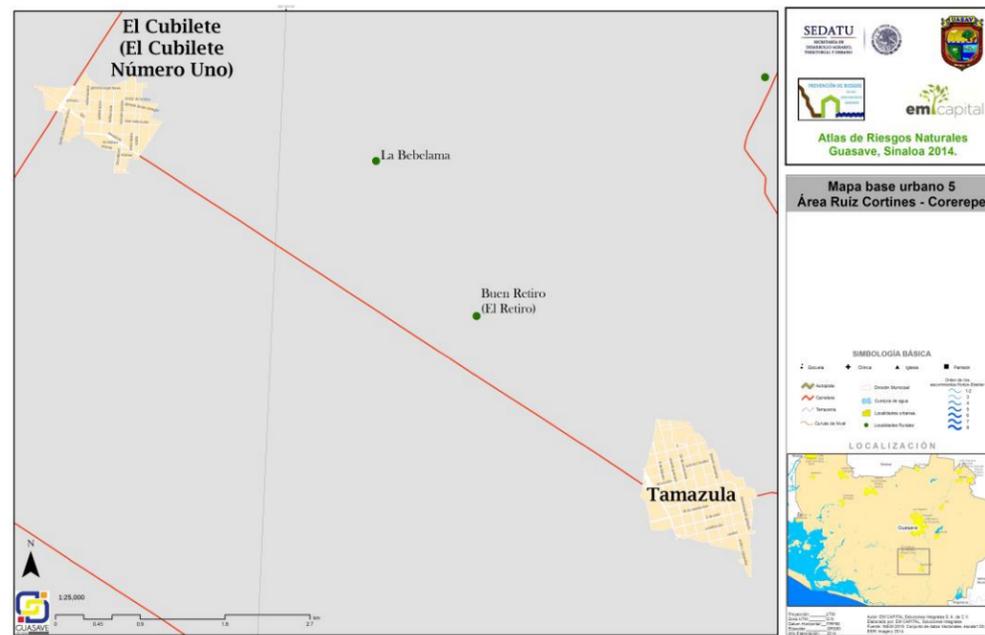


Fig. 2.2(a). Mapa Base urbano de Tamazula y Cubilete

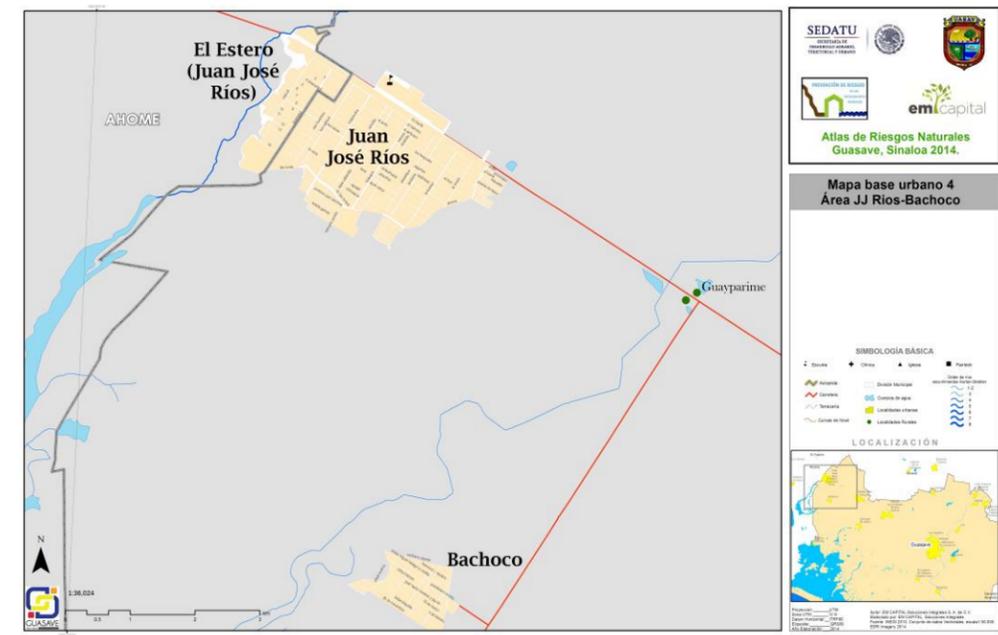


Fig. 2.2 (c). Mapa Base urbano de Bachoco y Juan José Ríos

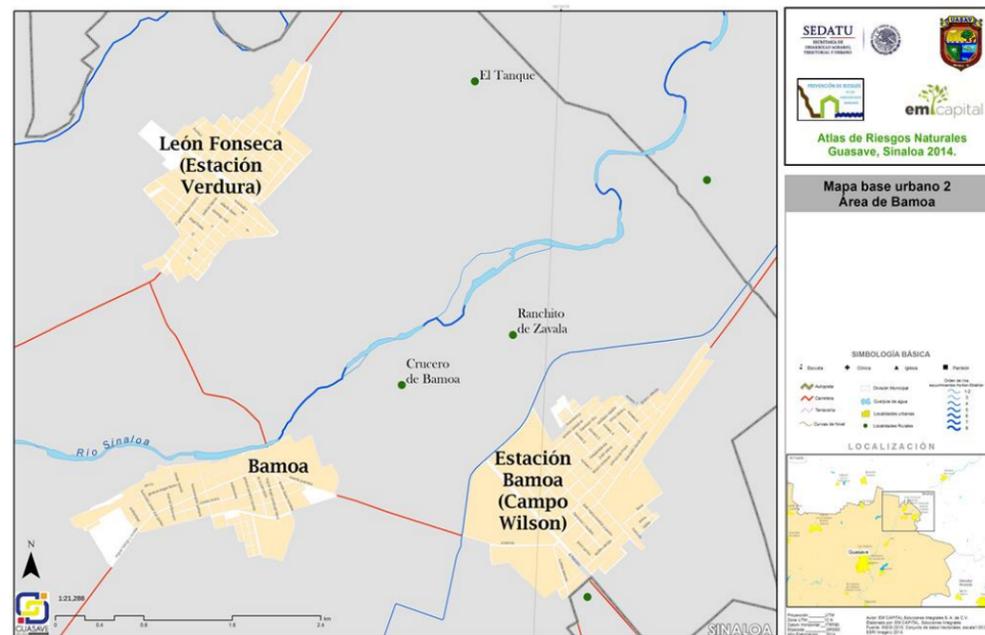


Fig. 2.2(b). Mapa Base urbano de Bamoa, Estación Bamoa y León Fonseca

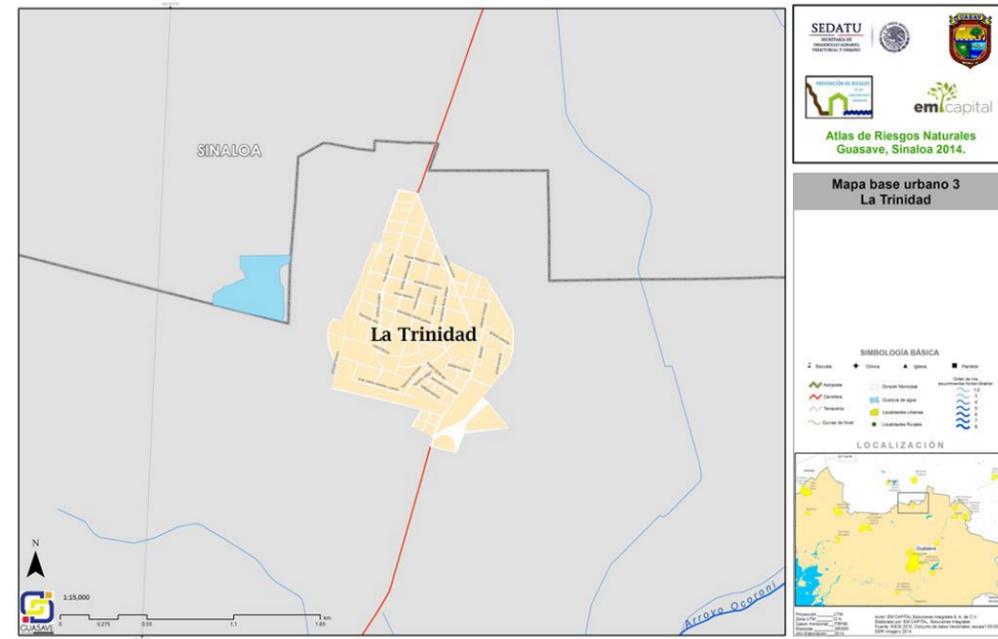


Fig. 2.2 (d). Mapa Base de urbano La Trinidad

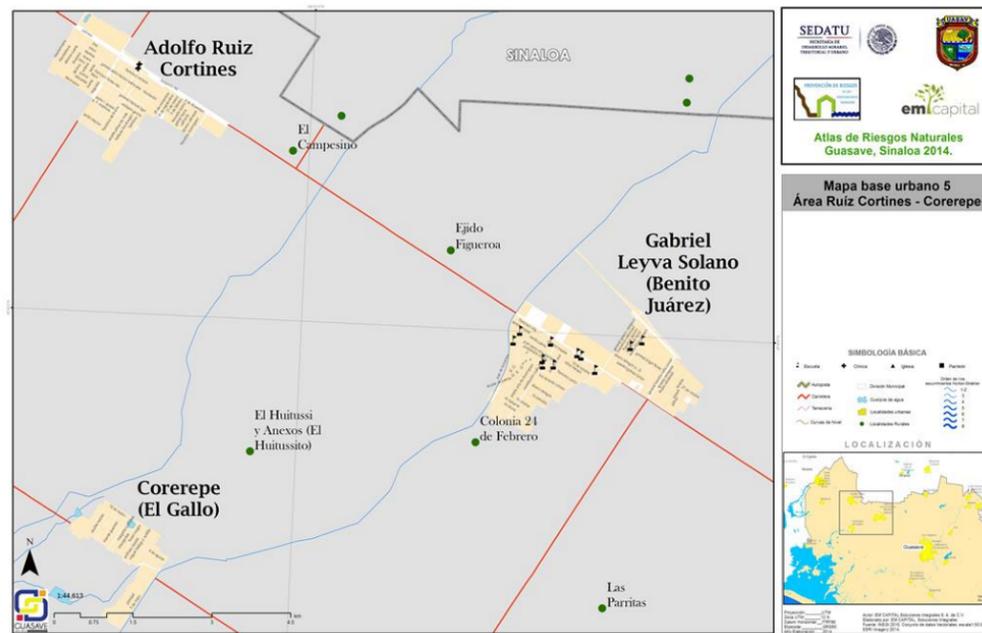


Fig. 2.2(e). Mapa Base urbano de Corerepe y Ruiz Cortines.

2.1. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica

- Niveles de análisis y escalas de representación cartográfica

Los niveles de análisis de los diferentes peligros y riesgos, según las BEEAR, se determinaron a partir del tipo de fenómeno perturbador, su extensión, nivel de afectación y nivel de detalle de la información disponible. Las tablas 2.1.1 y 2.1.2. muestran las diferentes escalas y niveles de análisis de acuerdo a cada tipo de peligro considerado.

PELIGRO	NIVEL CONCEPTUAL DE ANÁLISIS	ESCALA DE ANÁLISIS	ESCALAS
1.- Erupciones volcánicas	Nivel 3	Municipal	1:300,000
2.- Sismos	Nivel 2	Municipal	1:300,000
3.- Tsunamis	Nivel 2	Municipal	1:300,000
4.- Inestabilidad de laderas	Nivel 2	-	1:300,000 1:10,000
5.- Flujos	Nivel 2	Municipal	1:300,000
6.- Caídos o derrumbes	Nivel 2.	-	1:300,000 1:10,000
7.- Hundimientos	No aplica.	Municipal,	1:300,000
8.- Subsistencia	No aplica	-	1:300,000
9.- Agrietamientos	No aplica	-	1:300,000
10.- Erosión marina	Nivel 2.	Municipal Localidad	1:14,500

Tabla 2.1.1. Fenómenos geológicos

PELIGRO	NIVEL CONCEPTUAL DE ANÁLISIS	ESCALA DE ANÁLISIS	ESCALAS
11. Ondas cálidas y gélidas	- Ondas gélidas: Aplica. El análisis se realizará con el método de Nivel 1. - Ondas Cálidas: Aplica. El análisis se realizará con el método de Nivel 2.	Municipal	1:300,00
12. Sequías	Aplica. El análisis se realizará con el método de Nivel 2.	Municipal	1:300,00
13. Heladas	Aplica. El análisis se realizara con el método de Nivel 2.	Municipal	1:300,00
14. Tormentas de granizo	Se analizará, en el cual se obtendrá un mapa probabilidad de ocurrencia y se tipificara en niveles de peligro. Nivel 2.	Municipal	1:300,00
15. Tormentas de nieve	Se analizará, en el cual se obtendrá un mapa Probabilidad de ocurrencia y se tipificara en niveles de peligro. Nivel 2.	Municipal	1:300,00
16. Ciclones tropicales	Aplica. El análisis se realizará con el método de Nivel 1.	Municipal	1:300,00
17. Tornados	El análisis se realizará con el método de Nivel 1. En caso de que se presente.	Municipal	1:300,00
18. Tormentas polvo	El análisis se realizará con el método de Nivel 1. En caso de que se presente.	Municipal	1:300,00
19. Tormentas eléctricas.	Aplica. El análisis se realizara con el método de Nivel 1.	Municipal	1:300,00

20. Lluvias extremas	El análisis se realizará con el método de nivel 2.	Municipal	1:300,00
21. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres	Aplica. Se realizará con el método de Nivel 2.	Municipal, localidad	1:300,00 1:50,000 1:10,000

Tabla 2.1.2. Fenómenos hidrometeorológicos

En el caso del análisis y las fuentes de información de los rubros Sociales, demográficos y económicos, se tendrá la siguiente escala de análisis (Tabla 2.1.3).

ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS	METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN	NIVEL DE ANÁLISIS	ESCALAS
Distribución de población	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1: 15, 000
Densidad de población	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1: 15, 000
Grado de escolaridad	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1: 15, 000
Grados de marginación	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1: 15, 000
Viviendas sin energía eléctrica	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1: 15, 000
Viviendas sin agua	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1: 15, 000
Viviendas sin drenaje	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1: 15, 000
Hacinamiento	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1: 15, 000
Equipamiento urbano	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1: 15, 000

Tabla 2.1.3. Niveles de análisis y escalas de elementos sociales-demográficos y económicos

CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural

3.1. Fisiografía

De acuerdo con la clasificación de provincias fisiográficas propuesta por Raisz E. (1964), el estado de Sinaloa queda comprendido dentro de la provincia Sierras Sepultadas, parcialmente entre las subprovincias fisiográficas Sierras de Piamonte y Deltas Costeros de Sinaloa y Nayarit. Morfológicamente la región del estado de Sinaloa es caracterizada por presentar cadenas montañosas separadas por amplios valles intermontanos, delimitadas estructuralmente por fallas normales que producen una alternancia de bloques levantados y hundidos que dan un efecto tipo dominó con orientación preferencial NW-SE.

Fisiográficamente el municipio de Guasave está formado por amplias llanuras que integran el valle agrícola del municipio, pertenecientes a la Sierra Madre Occidental y a la Sierra de Navachiste, en las proximidades del Golfo de California. Las principales elevaciones son el cerro de Guiguiricahui y el Cerro Cabezón de la Sierra de Navachiste, que se localiza en la parte oeste del municipio. Se presenta una gran extensión de llanura que da una peculiar morfología al territorio del municipio.

En el municipio de Guasave encontramos un sistema de topofomas, que permiten dar la siguiente configuración fisiográfica: Llanura costera (89.6%), Playa o barra (2.21%), Sierra baja de laderas escarpadas con dunas (0.40%).

Área del municipio (Según polígono INEGI)	2,907 km ²	100 %
Mapa	Área	Porcentaje
Fisiografía		
Llanura	2607.4	89.69
Sierra	11.8	0.40
Playa o Barra	64.5	2.21

Tabla 3.1.1. Áreas y porcentajes



Fig. 3.1.1. Mapa de fisiografía.

3.2. Geomorfología

La geomorfología del municipio de Guasave, se conforma principalmente por amplias llanuras que integran el valle agrícola del municipio. También cruza con la Sierra Madre Occidental a la sierra de Navachiste en las proximidades del Golfo de California. Por su proximidad con el mar existen, playas, marismas y esteros pantanosos.

Las llanuras costeras presentan planicies bajas y están asociadas a zonas cercanas a las costas, siendo este rasgo geomorfológico y tipo de relieve, el que predomina en el municipio. También tienen llanuras deltaicas detrás de las llanuras costeras, donde se genera un medio de intercambio de materiales con la zona continental.

Geomorfología	Superficie km ²	Porcentaje %
Llanura costera con ciénagas salina	466.2	16.03
Llanura deltaica	581.7	20.01
Llanura costera	1443.0	49.63
Llanura costera con dunas y salina	116.4	4.0
Sierra baja de laderas escarpadas con dunas	11.8	0.40
Playa o barra	64.5	2.21

Tabla 3.2.1. Áreas y porcentajes

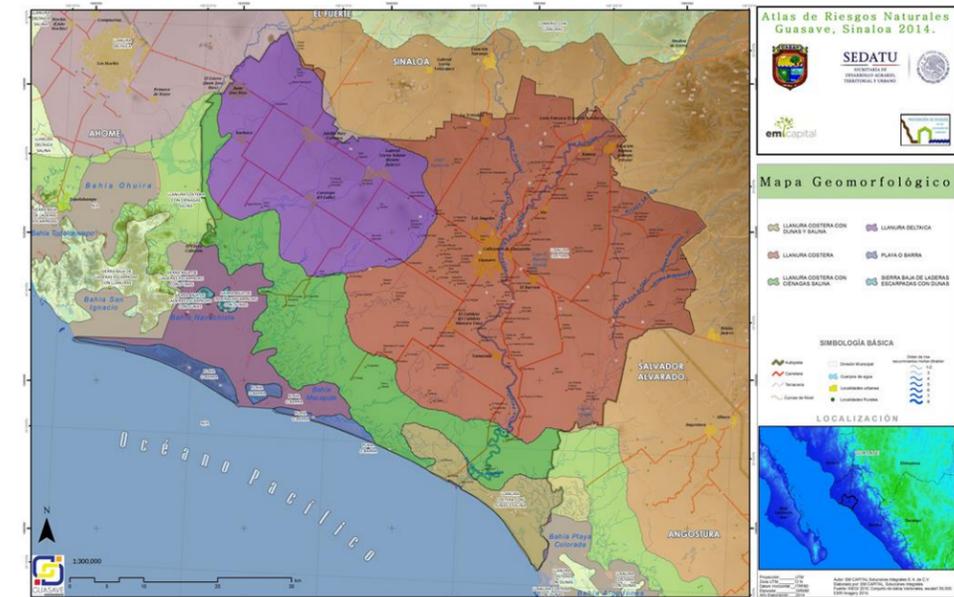


Fig. 3.2.1. Mapa de geomorfología.

3.3. Geología

En un contexto geológico, la zona, está constituida por formaciones rocosas pertenecientes al Cuaternario, Pleistoceno y Cenozoico, esto en la zona central; en la región norte las formaciones corresponden al periodo Paleozoico y Mesozoico. La litología predominante en la región son intercalaciones de gravas, limos y arcillas en forma de llanuras deltaicas con pequeñas franjas de talud y abanicos aluviales.

Cuaternario (98.41%), Neógeno (0.60%)

Suelo: aluvial (81.24%), lacustre (11.58%), litoral (2.34%), eólico (1.18%)

Sedimentaria: arenisca conglomerado (1.80%), arenisca (0.27%) Ígnea extrusiva: toba ácida-brecha volcánica intermedia (0.60%) y No aplicable (0.99%).

Litología	Superficie km ²	Porcentaje %
Aluvial	2206.5	75.90
Andesita-Brecha volcánica intermedia	16.3	0.56
Arenisca	8.5	0.29
Eólico	20.0	0.68
Ígnea extrusiva	16.5	0.56
Lacustre	314.0	10.80
Litoral	60.1	2.06
Sedimentaria	59.3	2.03
Toba Ácida-Brecha volcánica Ácida	0.2	0.008

Tabla 3.3.1. Áreas y porcentajes

- Aluvial. Depósito de materiales sueltos, gravas, arenas y limos dejadas por el agua. Estos materiales generalmente son del Holoceno.
- Andesita. Es una roca volcánica caracterizada normalmente por una textura hipocristalina con abundantes fenocristales de plagioclasa entre los félsicos y anfíbol, biotita o piroxenos entre los máficos.
- Arenisca. Son rocas sedimentarias detríticas formadas en ambientes marinos, fluviales o de origen eólico. Con textura clástica y de grano normalmente fino, de un diámetro inferior a los 2 milímetros, están formados por fragmentos de roca o minerales, básicamente cuarzo, calcita, micas o feldespatos, que pueden estar acompañados por otros, como la magnetita.
- Arenisca-Conglomerado. Son rocas sedimentarias formadas por consolidación de cantos, guijarros o gravas, de fragmentos superiores a 4 mm. Si los granos son entre 2 y 4 mm, se engloban por una matriz arenosa o arcillosa y con un cemento de grano fino que los une (caliza o sílicea).

- Xerosol. Estos suelos se localizan en zonas áridas y semiáridas. Su vegetación natural es de matorral y pastizal y son el tercer tipo de suelo más importante por una extensión en el país (9.5%). Tienen por lo general una capa superficial de color claro por el bajo contenido en el país.
- Luvisol. Evolucionan en áreas de relieves montañosos, ondulados y de mesetas, de fertilidad media, presentan buen drenaje y fácil manejo. Paulatinamente se han incorporado a la agricultura y ganadería. Estos suelos presentan alta susceptibilidad a la erosión, si se les da este tipo de manejo. Su mayor potencialidad es el uso silvícol.
- Litosol. Constituyen la etapa primaria de formación del suelo, la capa del mismo es menor a 10 cm de espesor, predominando en ella la materia orgánica, con una fertilidad de media a alta. Se presentan en pendientes altas, lo cual impide su explotación económica.
- Cambisol. Son suelos jóvenes, de características poco definidas; se presentan en diferentes condiciones topográficas y climáticas; son de moderadamente aptos para la agricultura. En el caso particular de la Región II, Guasave, los suelos muestran una capa superficial de color claro, pobre en material orgánico y tienen acumulación de caliche suelto.
- Vertisol. Presentan alto contenido de arcilla, con grietas anchas y profundas en la época de secas, y pegajosos con la humedad, son poco adecuados para la agricultura de temporal, pero aptos para la agricultura de riego y tecnificada. Se encuentran en zonas bajas y de lomeríos. Presentan problemas de inundación debida a su baja permeabilidad, asimismo se destacan por ser expansivos, lo que quiere decir que al saturarse de agua provocan fuertes presiones de empuje o alzamiento, y al secarse se contraen y agrietan, con lo que afectan las estructuras que se construyen sobre este tipo de suelo.
- Solonchak. Son suelos que acumulan sales en condiciones de aridez, lo que limita el desarrollo de la mayor parte de las especies vegetales; son de color claro y no son aptos para la agricultura. Suelo Solonchak Gleico: Presenta propiedades gleicas en el primer metro de suelo. Se distinguen dos modalidades: Endogleico. Las propiedades aparecen entre 50 y 100 cm. Epigleico. Las propiedades aparecen en los primeros 50 cm de suelo. Suelo Solonchak ócrico. El suelo posee un horizonte ócrico. Se acepta una modalidad: Hiperócrico. El horizonte ócrico es de color claro en seco, usualmente gris y se vuelve más oscuro al humedecerlo; su contenido en materia orgánica es bajo, comúnmente el C orgánico menor de 0.4 %, su contenido en hierro relativamente bajo.
- Regosol. Están formados por material suelto diferente del aluvial reciente, como los depósitos fluviales, dunas o cenizas volcánicas; con frecuencia son someros y pedregosos; su aptitud para la agricultura es moderada; se localizan, sobre todo, en zonas de montaña y lomeríos; tienen materiales calcáreos entre los 20 y 50 cm superficiales. Este tipo de suelo es colapsable, esto quiere decir que sufren fuertes asentamientos repentinos cuando se saturan de agua, por lo que se requiere hacer estudios especiales para el desarrollo de diversos tipos de obra

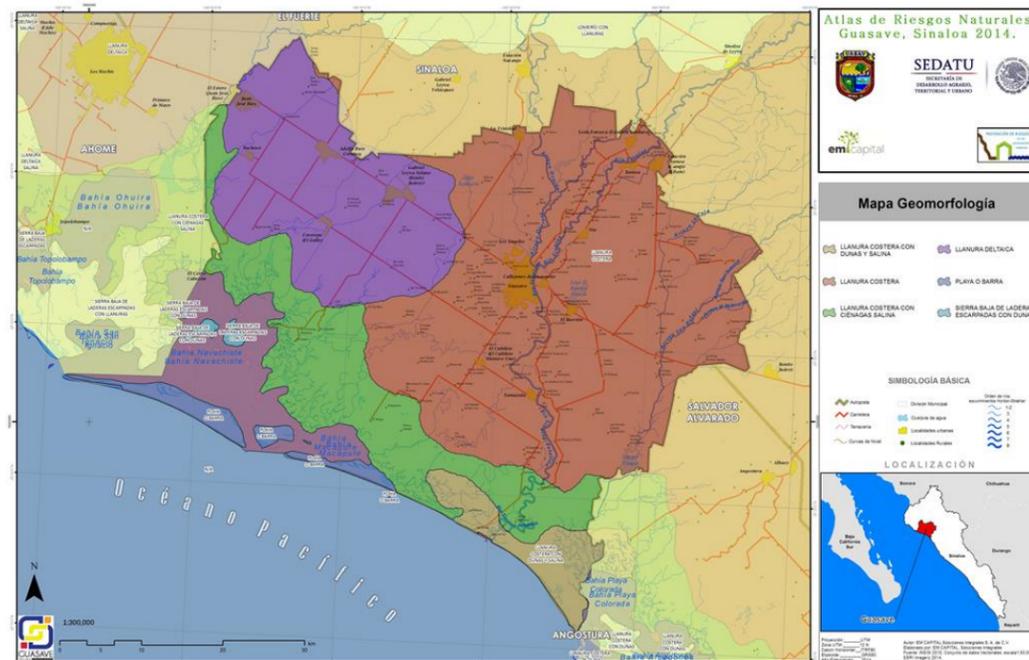


Fig. 3.3.1. Mapa geológico.

3.4. Edafología

En su edafología, en el municipio de Guasave predominan los suelos Castañozem o Chesnut, prototipo de regiones de clima seco con deficiencia de humedad, donde una de las principales características de esta unidad edafológica es su riqueza en material orgánico y un matiz café castaño en la superficie. En general los suelos del municipio se clasifican como sigue:

Suelo/subsuelo	Órtico	Crómico	Eútrico	Gléyico	Háplico	Superficie km ²	Porcentaje %
Cambisol	0	0	153	0	0	153	5.26
Litosol	0	0	0	0	0	13	0.43
Luvisol	0	33	0	0	0	33	1.15
Regosol	0	0	66	0	0	66	2.28
Solonchak	410	0	0	122	0	531	18.28
Vertisol	0	1482	0	0	0	1482	50.97
Xerosol	0	0	0	0	372	372	12.78

Tabla 3.4.1. Áreas y porcentajes

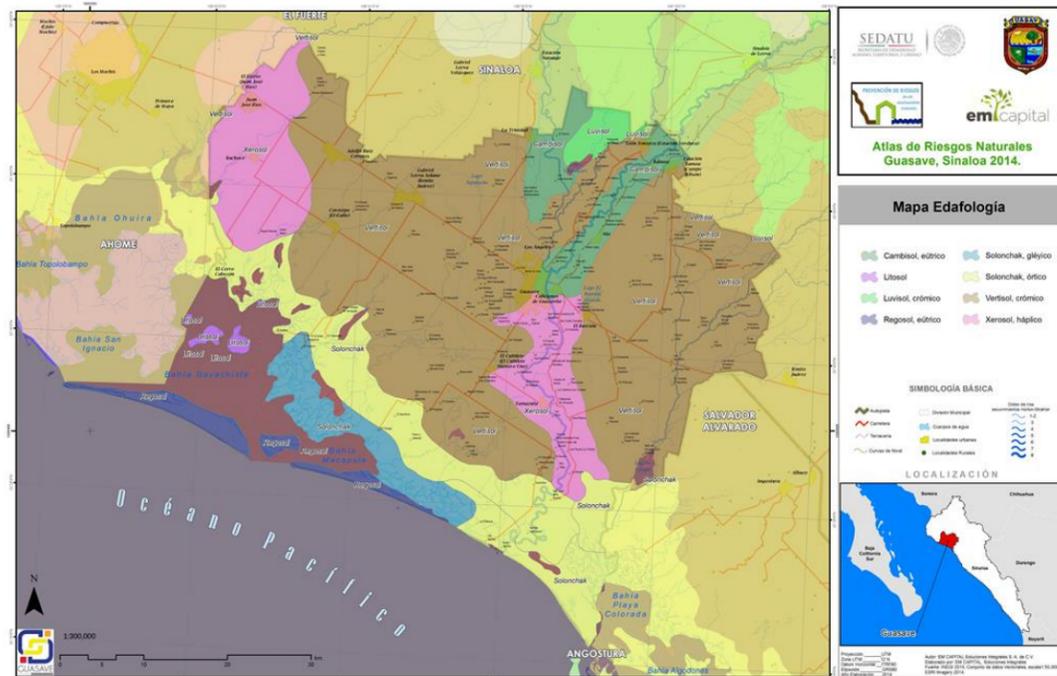


Fig. 3.4. Mapa edafológico.

3.5. Hidrografía

Sinaloa cuenta con una buena fuente hidrográfica compuesta por 11 ríos e infinidad de arroyos, en la mayoría de los ríos existen presas y represas que son las fuentes principales del abasto de agua para el cultivo y como acuíferos para sostenimiento de bebederos para ganado

La corriente superficial más importante en el municipio es el **RÍO SINALOA O PETATLÁN**, que se forma en el suroeste del estado de Chihuahua, con la confluencia de los arroyos de Nahirora y Besanopa. Se adentra a través del municipio de Sinaloa, donde recibe afluentes de los arroyos de Magdalena, San José de Gracia y Bacubirito.

Ya dentro del municipio de Guasave, el río Sinaloa recibe las afluentes de los arroyos de **OCORONI Y DE CABRERA**. La cuenca de captación de este río, es de 8 mil 179 kilómetros cuadrados, poseyendo un escurrimiento medio anual de 1 mil 239 millones de metros cúbicos. El río Sinaloa se adentra 70 kilómetros, el 17 por ciento de su longitud total en la superficie municipal. En la ribera de su trayecto se encuentran las poblaciones de Bamoa, Cruz Blanca, Pueblo Viejo, la ciudad Guasave, Tamazula y La Brecha, para verter sus aguas al Golfo de California en la comunidad de Boca del Río a un kilómetro de Las Juntas, sindicatura de La Brecha.

Descripción hidrológica	Superficie km ²	Porcentaje %
Cuerpo de agua	302.76	10.41
Material consolidado con posibilidades bajas	16.28	0.56
Material no consolidado con posibilidades altas	2243.35	77.17
Material no consolidado con posibilidades bajas	375.69	12.92

Tabla 3.5.1. Áreas y porcentajes

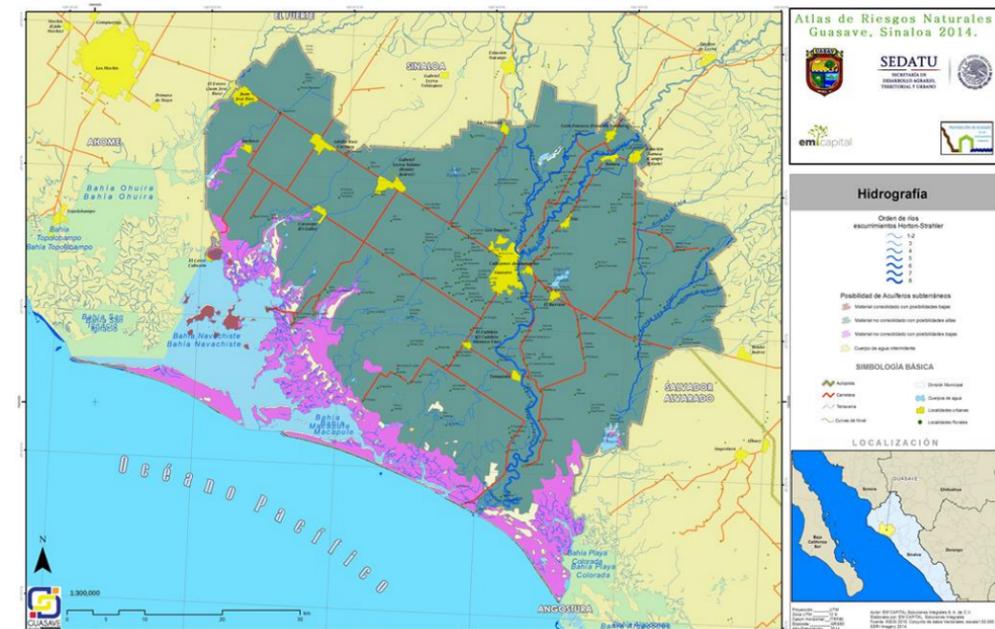


Fig. 3.5. Mapa de hidrografía.

3.6. Cuencas y Sub-cuencas

En el municipio de Guasave queda comprendido un litoral de 50 kilómetros de longitud que comprende varias lagunas, bahías e islas. Los esteros de Babaraza, el Tortugo, Cuchillo y Algodoneros están integrados a este sistemas y desembocan en drenes derivados de las zonas de riego y drenaje del municipio.

Además de los ríos mencionados que confluyen en el municipio, también fluyen los arroyos de El Mesquitillo y San Rafael. Además, encontramos dos importantes cuerpos de agua: las lagunas de **Huyaqui y Chamicari**, y los esteros **La Presa y Cohui**.

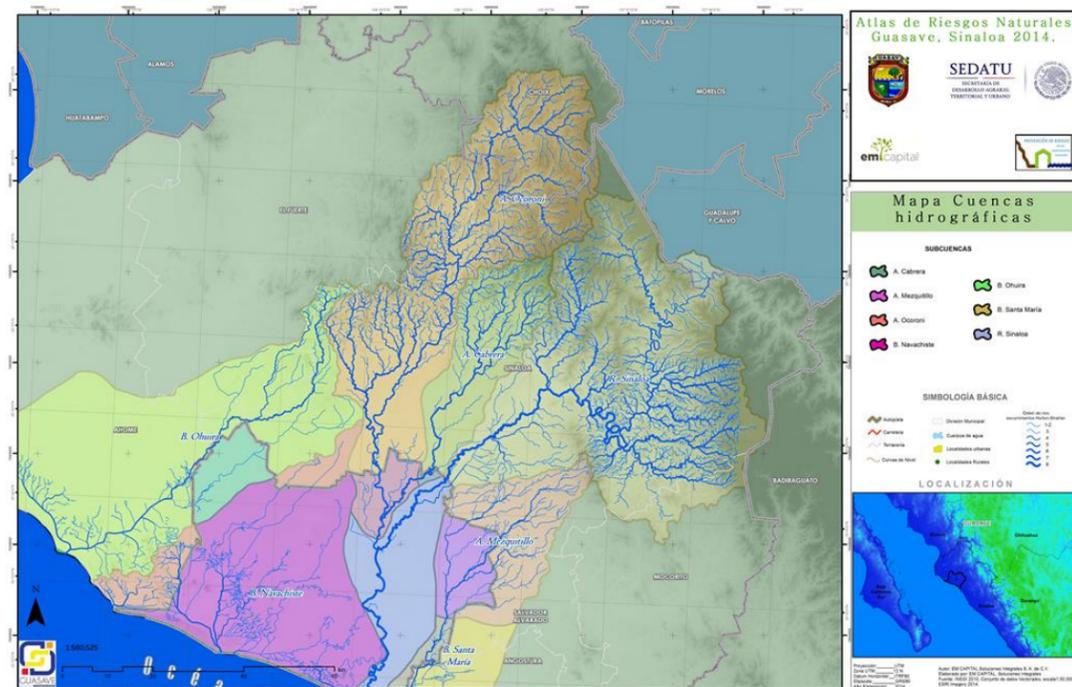


Fig. 3.6. Mapa de cuencas.

3.7. Clima

Por su ubicación geográfica, en el municipio de Guasave prevalecen tres tipos de climas. El muy seco muy cálido y cálido que comprende las sindicaturas de Juan José Ríos, Adolfo Ruiz Cortines, Lic. Benito Juárez, Tamazula, La Brecha y aproximadamente un 60 por ciento de la Sindicatura Central; el seco muy cálido que predomina en las sindicaturas de La Trinidad, Nío, El Burrión, San Rafael y aproximadamente un 40 por ciento de la Sindicatura Central; por último el semiseco muy cálido y cálido que predomina en las sindicaturas de León Fonseca y Bamoá.

La temperatura ha acusado los siguiente registros: la media registró 25.1°C, la máxima 43.0°C, y la mínima 3.0°C. La estación climatológica "El Nudo" determinó de 1960 a 1982 una temperatura media anual de 24.3°C; una máxima de 45.0°C y una mínima de -1.0°C. Los meses más calurosos abarcan de junio a octubre y los más fríos de noviembre a marzo.

Tipo_C	Superficie	Clave	Porcentaje
Seco cálido	1167.9	BS0(h')hw	40.18
Semiseco cálido	119.3	BS0(h')hw	4.10
Muy seco cálido	1396.5	BS0(h')hw	48.04

Tabla 3.7.1. Áreas y porcentajes

Precipitación pluvial.

El municipio percibe una precipitación pluvial anual media de 392.8 milímetros, con una máxima de 760.3 y una mínima de 231.1 milímetros.

Vientos dominantes.

Los vientos predominantes son en dirección suroeste, y llegan a alcanzar velocidades de hasta 2 metros por segundo.

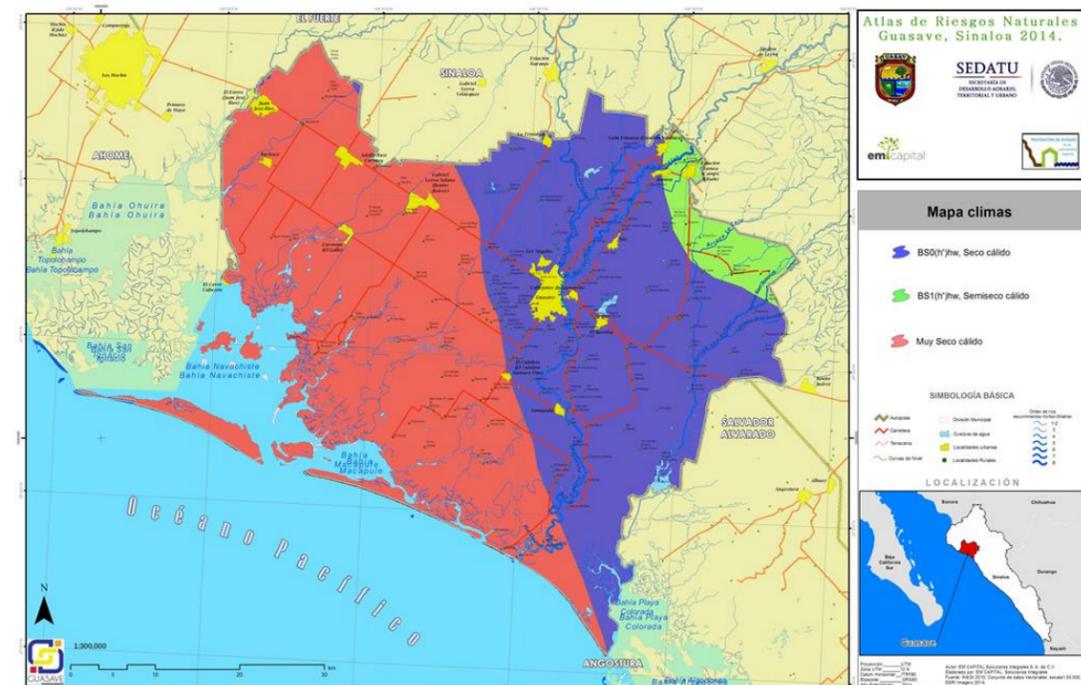


Fig. 3.7. Mapa de climas.

3.8. Uso de suelo y vegetación

La vegetación en Guasave se encuentra ubicada en la llanura costera y consiste en vegetación halófila propia de dunas costeras, vegetación secundaria matorral y hacia el centro del municipio existe selva baja caducifolia.

La flora está clasificada como bosque espinoso, vegetación propia de las zonas más secas. Su vegetación se presenta en forma de zacates bajos que se propagan por rizomas. Este tipo de vegetación es una muestra de las formas de adaptación de la naturaleza a condiciones extremas.

Es posible encontrar diversas variedades de árboles como el mezquite, el árbol recio, el espino y el amole. Otras especies muy características de este tipo de bosque son las cactáceas que llegan a medir de dos a cinco metros de altura.

La fauna se caracteriza por una mezcla de animales de zonas áridas y especies tropicales. Sobresale de entre los arácnidos el alacrán y entre sus pocos anfibios característicos: lagarto, cocodrilo, tortuga, caimanes; además, encontramos los sapos, de los cuales tres son especies endémicas. Los gecos, los anolis, las culebras ratoneras, las iguanas y las serpientes de cascabel, son reptiles característicos de esta región. Las aves como el correcaminos, la aguililla de swainson, tecolotes, búhos, chachalacas, así como también palomas y codornices son especies abundantes en la fauna del municipio. Dentro de los mamíferos es posible encontrar ratones de campo, ardillas, conejos, liebres, mapaches y tejones. Destacan en la fauna de la región, la zorra gris, el jabalí y el venado cola blanca; y depredadores como el gato montés, el coyote y el puma.

Mediante un decreto federal de 1978 se dictaminó que las islas más importantes del ecosistema del Mar de Cortés son reserva ecológica de la nación. El Ayuntamiento tiene la responsabilidad de vigilar que ese decreto se respete para el bienestar ecológico del municipio. Actualmente, se está gestionando para que la bahía de Navachiste y un promedio de 18 hectáreas de la comunidad de la Uva del Ejido Cofradía No. 2 sean aprobadas como reservas ecológicas.

El desarrollo y el avance del municipio de Guasave se reflejan principalmente en el sector primario, principalmente la agricultura, donde contamos con productores con alta tecnología y hasta aquellos de subsistencia. Se destaca en el octavo lugar territorial con una superficie de 3 mil 464 kilómetros cuadrados respecto a los demás municipios del Estado. La agricultura ocupa un 70% de la superficie municipal, cuenta con más de 346 mil 441 has, de las cuales 181 mil 542 son de riego, 27 mil 691 pecuarias, 12 mil 570 forestales y 124 mil 638 para otros usos. Guasave dispone de 758 mil 66884 toneladas, gracias a su capacidad de almacenamiento de granos, cereales y oleaginosas se sitúa en tercer lugar a nivel estatal. Una gran superficie del suelo en el municipio de Guasave es utilizado para la agricultura. El potencial del suelo y los tipos de vegetación se muestran en la siguiente tabla:

Unidades	Superficie km ²	Porcentaje %
Agricultura de Riego	1960.7	67.44
Agricultura de Temporal	11.2	0.38
Área sin vegetación	78.3	2.69
Área Urbana	70.4	2.42
Manglar	158.5	5.45
Matorral Crasicaule	37.5	1.28
Matorral Sarcocaula	36.6	1.25
Vegetación Halofila	272.5	9.37

Tabla 3.8.1. Áreas y porcentajes.

- **Agricultura de riego:** consiste en el suministro de importantes cantidades de agua a los cultivos a través de diversos métodos artificiales. Este tipo de agricultura requiere grandes inversiones

económicas y una cuidada infraestructura hídrica: canales, acequias, aspersores, albercas que exige, a su vez, un desarrollo técnico avanzado.

- **Agricultura de temporal:** La agricultura de temporal es un sistema de producción que depende del comportamiento de las lluvias durante el ciclo de producción y de la capacidad del suelo para captar el agua y conservar la humedad.
- **Matorral Casicaule:** La agricultura de temporal es un sistema de producción que depende del comportamiento de las lluvias durante el ciclo de producción y de la capacidad del suelo para captar el agua y conservar la humedad.
- **Matorral sarcocaula:** Comunidad vegetal caracterizada por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, algunos de corteza papiracea. Se presentan sobre terrenos rocosos y suelos delgados, distribuidos principalmente en regiones de Sonora y la península de Baja California. Dentro de este matorral se encuentran especies como la *Jatropha cinerea*, *Bursera microphylla* y *B. odorata*.

CICLO MODALIDAD CULTIVO	SUPERFICIE (Ha)		REND. (Ton/Ha)	PRODUCCIÓN (Ton)	P.M.R. (\$/Ton)	VALOR DE LA COSECHA (Miles \$)
	SEMBRADA	COSECHADA				
TOTAL GENERAL	126 770	126 744	7.99	1 012 813	3 677	3 724 291.26
Otoño-Invierno	108 053	108 048	8.29	896 205	3 885	3 482 069.70
Riego	108 053	108 048	8.29	896 205	3 885	3 482 069.70
Avena	7	7	3.14	22	3 200	70.34
Calabaza	395	395	24.50	9 682	4 500	43 570.10
Cebolla	19	19	23.25	444	2 000	888.12
Chile Verde	175	175	17.08	2 992	4 000	11 968.09
Cártamo	60	60	1.07	64	3 997	257.76
Ejote	466	466	16.26	7 575	6 000	45 447.50
Frijol (Alubia)	14 594	14 594	1.92	28 016	13 996	392 112.02
Garbanzo	11 045	11 044	1.87	20 680	7 999	165 423.05
Jitomate (Tomate Rojo)	1 823	1 823	46.87	85 440	6 500	555 356.24
Maíz Elotero	75	75	23.73	1 781	1 300	2 315.55
Maíz Grano	68 206	68 205	9.57	652 860	2 850	1 860 559.87
Otras Hortalizas	4	4	23.00	92	5 000	460.00
Papa	1 189	1 189	35.26	41 938	6 250	262 105.68
Pepino	49	49	25.35	1 234	6 000	7 403.35
Sandía	13	13	16.27	209	2 000	417.49
Sorgo Grano	232	232	5.95	1 382	2 200	3 039.90
Tomate de Cáscara (Tomatillo)	624	622	18.28	11 380	4 000	45 519.68
Trigo Grano	9 075	9 075	3.35	30 414	2 800	85 154.96
Perennes	1 060	1 038	15.45	16 042	1 935	31 049.24
Riego	1 060	1 038	15.45	16 042	1 935	31 049.24
Alfalfa Achicalada	552	542	16.75	9 072	2 000	18 142.98
Otros Frutales	300	300	11.74	3 521	2 000	7 041.50
Sudan (Zacate) Verde	207	197	17.53	3 450	1 700	5 864.75
Segundos Cultivos	17 658	17 658	5.70	100 566	2 100	211 172.32
Riego	17 658	17 658	5.70	100 566	2 100	211 172.32
Maíz Grano	5 031	5 031	7.78	39 140	2 100	82 184.48
Sorgo Grano	12 627	12 627	4.86	61 426	2 100	128 987.84

Tabla 3.8.2. Tipo de siembra y sus principales productos para la unidad de riego 063 Guasave Sinaloa. Superficie sembrada y cosechada, rendimiento, producción, precio medio rural y valor de la producción por ciclo, modalidad y cultivo. Año Agrícola 2008/09

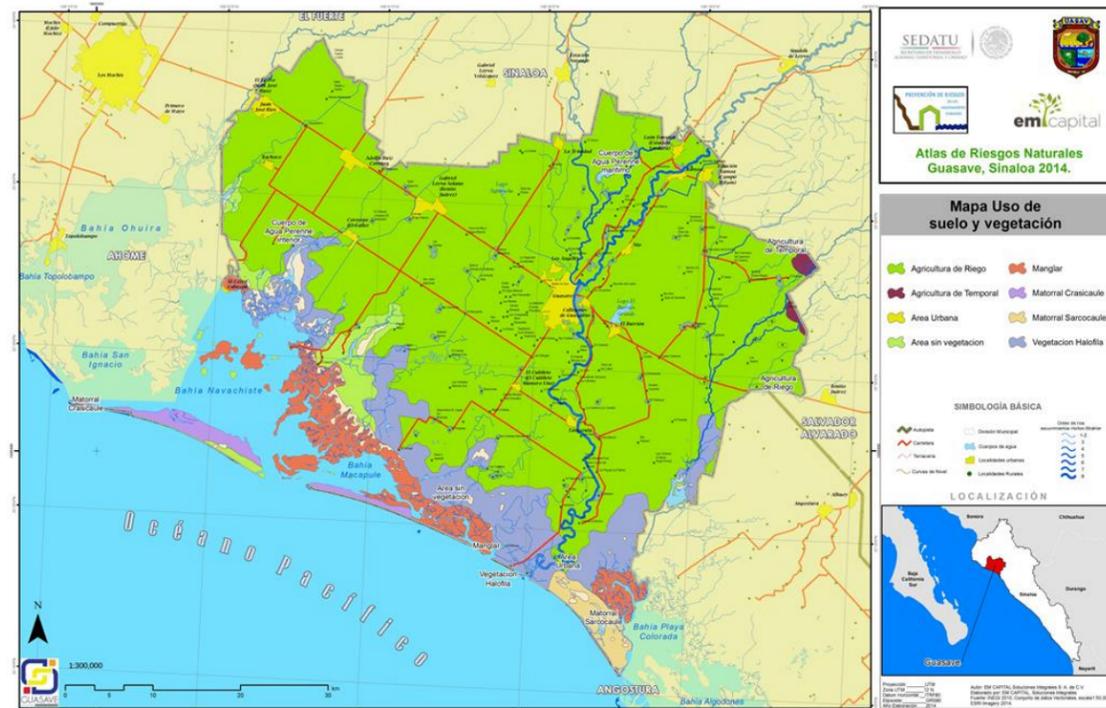


Fig. 3.8. Mapa de uso de suelo y vegetación.

3.9. Áreas Naturales Protegidas

Los sitios de interés ecológico y de manglar con relevancia biológica, con necesidades de rehabilitación ecológica son: San Ignacio – Navachiste – Macapule, en la Región del Pacífico Norte. Se localizan en la Subprovincia fisiográfica de la llanura Costera y Deltas de Sinaloa.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE CONTROL ESTATAL DEL ESTADO DE SINALOA				
NOMBRE	CATEGORÍA	DECRETO Y FECHA DE PUBLICACIÓN EN EL DIARIO OFICIAL	SUPERFICIE	UBICACIÓN
Navachiste.	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	Decreto original: 27-05-2004 Publicado: 04-06-2004	13,937-51-38.961 Has	Municipios de Guasave y Ahome. 25°27'10" LN 108°48'05" LW

		Decreto Modificatorio: 24-10-2011 Publicado: 26-10-2011		25°36'30 LN 109°05'00" LW
La Uba	Zona de Preservación Ecológica de Centro de Población.	Decreto: 10-Jun-04 Publicado: 16-Jul-04	17-88-00 HAS	Municipio de Gusave 25°29'42" LN 108°27'12" LW

Tabla 3.9.1. Principales Áreas Naturales Protegidas del Municipio de Guasave.

- Área Natural Protegida Bahía de Navachiste

La bahía Navachiste es propiamente una parte de la larga cadena de esteros que desde Nayarit cubren la costa del Pacífico mexicano hasta el extremo sur del estado de Sonora. Al mismo tiempo, es una región independiente formada no por una bahía, sino por un conjunto de bahías, islas y esteros, que en toda su amplitud puede medir 60 km de largo en el eje de la costa, por unos 15 km de ancho. Su principal virtud económica radica en la gran cantidad de pesca que ofrece; pero su riqueza, como lo pudimos comprobar, rebasa ese ámbito. En realidad es todo un mundo poblado de abundante vida natural, sobre todo de aves, e interesantes vestigios culturales.

El área natural de Navachiste está conformada como una depresión inundada en la margen interna del bordo continental, protegida por una barra arenosa (Lankford, 1977).

Es este hábitat existen 21 especies en riesgo, y se conforma por una importante diversidad de especies de flora y fauna. A pesar de que no existe un estudio completo, los primeros resultados reportan: 99 especies de moluscos, 43 de aves, 14 de reptiles, 22 de crustáceos, 9 de mamíferos y alrededor de 140 especies de peces. De estas especies sobresalen por su valor comercial: los camarones azul *Litopenaeus stylirostris*, blanco *L. vanamei*, café *Farfantepenaeus californiensis* y cristal *F. brevirostris*; además de especies carismáticas como el delfín nariz, de botella *Tursiops truncatus*, el lobo marino *Zalophus californianus* y tres especies de tortugas (*Chelonia agassizii*, *Eretmochelys imbricata* y *Lepidochelys olivacea*). Es un área de Importancia para la Conservación de las Aves (CONABIO: AICA No. 93) con la categoría G-4-C.

Con relación a la flora también es muy diversa. Se han registrado 87 especies de plantas terrestres y halófitas, representadas principalmente por bosque de manglar, plantas halófitas, matorrales sarcocaulés; así como 32 especies de macroalgas.

Este gran extenso sistema lagunar costero, incluye tres zonas denominadas en las cartas topográficas como bahías: San Ignacio, Navachiste, y Macapule. También forman parte de este ecosistema los esteros de abaraza, Algodones, El Cuchillo, El Coloradito y El Tortugo o Tortuguero. Por su origen, según la clasificación de Lankford, Bahía Santa María pertenece a las lagunas tipo II y Bahía Navachiste al III. La laguna tiene una superficie total de alrededor de 22, 000 ha: San Ignacio, 4,900 ha; Navachiste, 14,000; y Macapule de 3,800 ha. El espejo de agua de la laguna tiene una superficie de aproximadamente 24,650 ha. Tiene su eje principal paralelo a la costa y una de las características que la distingue de las otras lagunas costeras de la región es

que tiene una gran cantidad de islas. Su barra está formada por arena depositada en antiguas líneas de costa y planicies limo-arcillosas en dos islas: San Ignacio y Macapule.



Fig. 3.9. El sistema Lagunar San Ignacio Navachiste Macapule, posee la categoría de sitio RAMSAR, de protección y conservación de humadales.

Este sistema lagunar tiene 4 entradas: La Boca de Ajoro que comunica la parte denominada Bahía de San Ignacio y la parte norte de Navachiste con el Mar; tiene una extensión de 2 km; la boca de Basiquilla que une la Bahía de Navachiste con el mar, de aproximadamente 1.5 km; la bocas de Macapule que une el norte de la Bahía de Macapule con el mar; y la bocanita, que comunica al mar con la parte sur de la bahía de Macapule a través del estero denominado El Esterón.

La profundidad promedio es de alrededor de cuatro metros con excepción del canal principal que llega a alcanzar 11.5 metros y está ubicado a lo largo de la zona denominada Bahía San Ignacio. También posee una barra de arena de 23 km de largo conocida como Isla San Ignacio.

La descripción del sistema se ha realizado como si fueran tres bahías separadas:

- La Bahía de San Ignacio, tiene una extensión de 2,700 ha. Esta Bahía está limitada por una serie de islas que configuran la costa. Aledaña a esta bahía existe la sierra de Navachiste. La presencia de esta sierra crea una cuenca propia importante por los escurrimientos que bajan en épocas de lluvias.
- La Bahía de Navachiste, se localiza en la llanura costera del municipio, dentro del Golfo de California, se comunica al mar a través de una boca limitada por las Islas de San Ignacio y Vinorama. Tiene una extensión de 19,360 ha, con una configuración muy variable, penetra dentro del continente 20 km como máximo. El canal de entrada es irregular.
- La Bahía de Macapule, tiene una superficie de 2,600 ha, tiene una orientación paralela a la Isla de Macapule y se pueden distinguir dos zonas características: una amplia, ligada directamente al mar y la otra que en realidad es un canal orientado paralelo a la isla. Al sistema llegan diversos arroyos de la planicie costera. La entrada a la Bahía es estrecha y poco profunda.

Las principales islas que forman parte de la laguna San Ignacio-Navachiste-Macapule son:

- Isla de San Ignacio. Su formación es de arenas de grano grueso a fino, depositado en antiguas líneas de costa, con manglar en su litoral, así como limos y arcillas.
- Isla de los cerros de Huituviana, Lucas y Guasayeye.-conjunto de islas localizadas en la bahía de Navachiste. Están formadas por aparatos volcánicos, andesitas basálticas, andesitas y latitas del cenozoico, pertenecientes al terciario superior básico. Se pueden clasificar como islas pequeñas ya que su longitud promedio es de 4.2 kilómetros; 2.6 kilómetros de ancho máximo y mínimo de 900 metros en su parte más angosta.
- Isla de Macapule. Posee una longitud de 22.7 kilómetros, 2.5 kilómetros en su parte más ancha y 300 metros en su parte más angosta; se localiza en posición paralela con la costa de la bahía de Macapule. En la parte central del litoral norte de la isla, predominan limos y arcillas depositadas en manglar del cuaternario actual; en su parte media longitudinal, sobresalen dunas activas constituidas por arenas de grano medio combinadas en playas actuales, constituidas por arena de grano muy grueso a fino, localizadas en forma adyacente al interior y extendiéndose por el litoral hasta el extremo oriente.
- Isla Vinorama. Abarca una superficie de cinco kilómetros de largo por dos de ancho; se constituye por limos y arcillas depositadas en manglar y por llanuras de inundación mixta por procesos marinos y pluviales. Sirve como barrera a la bahía de Macapule, ya que se ubica frente a su entrada oeste.
- Isla Sierra del Negro. Tiene una longitud de 4.2 kilómetros, en su parte más ancha mide 2.6 kilómetros y en su faja más angosta 900 metros; su formación es de sedimentos volcánicos y lavas, brechas basálticas, andesitas y latitas del cenozoico, pertenecientes al terciario superior básico.
- Isla del Indio. Su configuración la forman sedimentos volcánicos, lavas, brechas basálticas, andesitas y latitas del cenozoico, pertenecientes al terciario superior básico.

Los rasgos fisiográficos identificados en el área son antiguos cordones de playa, antiguas llanuras de inundación fluvial, playas, tómbolos y ganchos que pueden ser considerados como remanentes de antiguas formaciones costeras. Los sedimentos lagunares son de cuatro grupos. El grupo predominante es el de las arenas finas a muy finas, distribuidas ampliamente en el sustrato de las bahías y la plataforma continental. Los carbonatos se obtuvieron dentro de la bahía Navachiste en los extremos noroeste y noreste. Los sedimentos arenosos sólo se encuentran en zonas de la plataforma. Los sedimentos que cubren la superficie de las bahías San Ignacio y Navachiste, así como los de la plataforma, son de origen continental y han sido transportados hacia la cuenca de depósito principalmente por los ríos Fuerte y Sinaloa.

Según García (1973) el sistema lagunar se encuentra en la franja de transición entre los climas semi seco muy cálido BS (h⁺) y muy seco y cálido BW (h⁻). El promedio anual de precipitación es de 365 a 450 mm, un tercio de las lluvias se presentan en los meses de agosto y septiembre. La evaporación anual es cercana a los 2,000 mm, con un máximo de 2,498 y un mínimo de 1358 mm. La temperatura ambiente promedio anual es de 23.5 C.

Las mareas son de tipo mixto semidiurno. En la boca de Vasequilla se presentan corrientes muy fuertes durante el reflujo que alcanzan 2 m/s. En la boca de Ajoro la dinámica hidrológica es más dominada por los vientos de la región. La gran cantidad de islas que se han formado por depositación de arenas, afectan la dinámica hidráulica del sistema.

El sistema lagunar, conforma la parte final de la subcuenca denominada Bahía de Lechuguilla-OhuiraNavachiste, de la Región Hidrológica 10, y tiene una extensión de 3,858 km². Su límite en el noroeste es la cuenca del Río Fuerte, en la parte oeste por la cuenca del Río Sinaloa y en la porción

suroeste el Golfo de California. Particularmente la sub cuenca hidrológica del sistema lagunar San Ignacio-NavachisteMacapule, está comprendida entre la Sierra de Navachiste Macpaulé y el Río Sinaloa y tiene una superficie de 1500 km².

Debido a la irrigación del distrito de riego de Guasave, el sistema estuarino también recibe parte de los escurrimientos de la subcuenca Río Sinaloa de la cuenca del mismo nombre. Tiene un escurrimiento virgen de 200, 000 m³/día. Por la boca, el escurrimiento medio anual se ha estimado en 65 millones de metros cúbicos y la precipitación de la sierra de Navachiste hace que la mayor parte del escurrimiento sea hacia la bahía del mismo nombre siendo este aporte de unos 35 millones de m³; 18 corresponden a la Bahía de San Ignacio y 12 a la de Macapule. La evaporación es de 2,230 mm y la precipitación de 546 mm.

El sistema lagunar presenta dos condiciones ambientales bien definidas, con base en la isoterma de los 25°C: una temporada fría de noviembre a abril y una cálida de mayo a octubre. Las temperaturas más altas se presentaron en estaciones someras (32.5 °C) y las más bajas en San Ignacio (20.13 °C).

- **Área Natural Protegida La Uba**

La riqueza de los recursos naturales de México se ve reflejada en su biodiversidad y abundancia, producto de variados ambientes físicos y bióticos, que se confirman con los inventarios de flora y fauna silvestres donde se han registrado a 25,000 especies de plantas superiores, 449 mamíferos, 1,051 aves, 695 reptiles y 285 anfibios. Sin embargo, esta megadiversidad cada día se ve más amenazada por la destrucción del hábitat y un aprovechamiento irracional de los recursos naturales, lo cual conlleva a un desequilibrio.

La zona de vegetación natural conocida como la Uba, se localiza en el municipio de Guasave, en la Cofradía de Tamazula de la sindicatura de El Burrión a 16 km. al suroeste de la ciudad de Guasave. El área comprende una superficie de 17, 88.00 has. ubicadas a orillas del margen izquierdo del Río Sinaloa, con las coordenadas geográficas de: 25°29'6.43" de latitud norte y 108°28'2.17" de longitud oeste.

Uso de suelo y vegetación en el sitio de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica San Ignacio - Navachiste - Macapule, Sinaloa (2010)

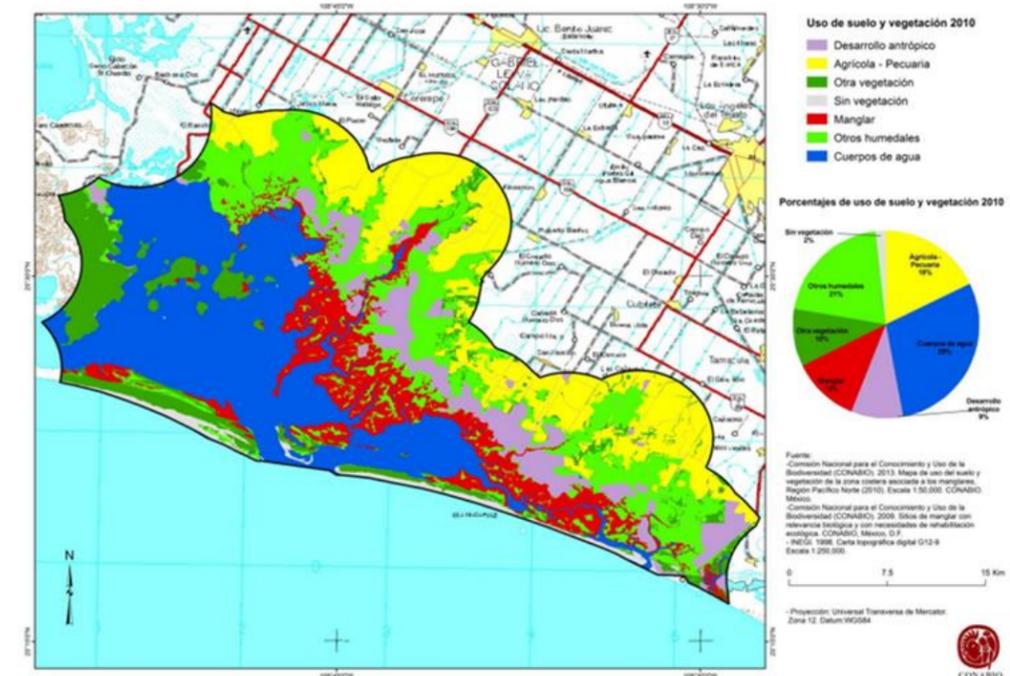


Fig. 3.9a. Los sitios de interés ecológico y de manglar con relevancia biológica, San Ignacio-Navachiste-Macapule.

Cambios de manglar de 2005 a 2010 en el sitio con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica San Ignacio - Navachiste - Macapule, Sinaloa

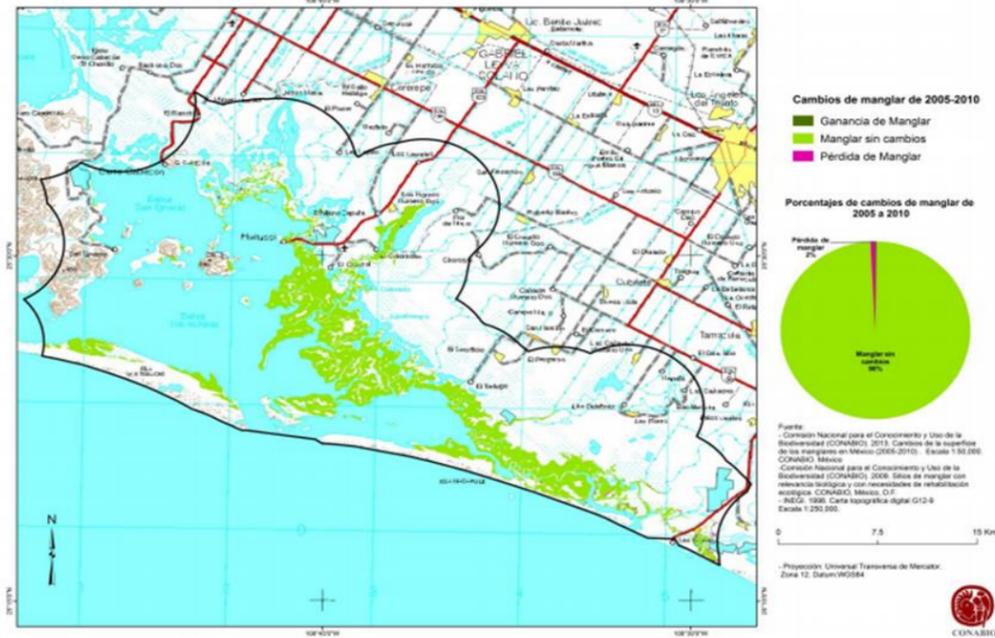


Fig. 3.9b. Los sitios de interés ecológico y de manglar con relevancia biológica.

CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos.

4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, pirámide de edades, mortalidad, densidad de población.

En el municipio de Guasave, habitan un total de 285,912 personas, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, de los cuales el 49.7 % son hombres (en cifras corresponde a 78,608) y el 50.3 % corresponde a población femenina (es decir 143881) (Fig. 4.1.1).

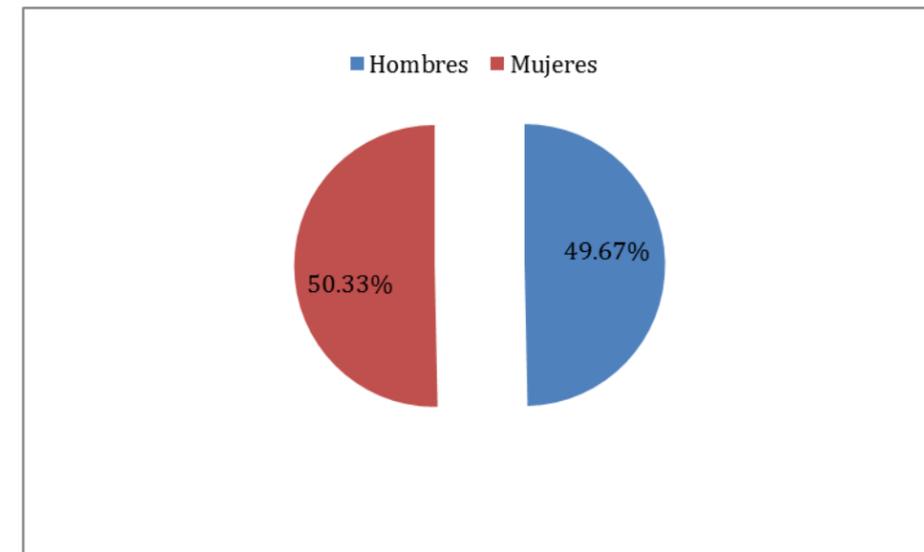


Figura 4.1.1. Población según género. Municipio Guasave

En el siguiente mapa (Fig. 4.1.2 (a,b,c)) se encuentra la distribución de la población total por cada una de las áreas geoestadísticas básicas (AGEB) que integran al municipio de Guasave.

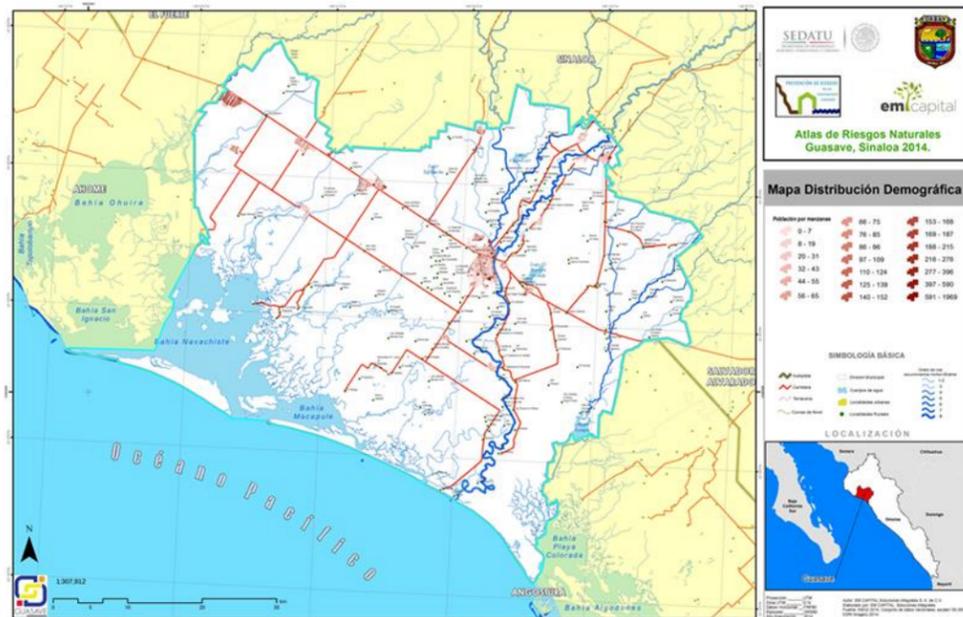


Figura 4.1.2. Distribución de la población por AGEB.

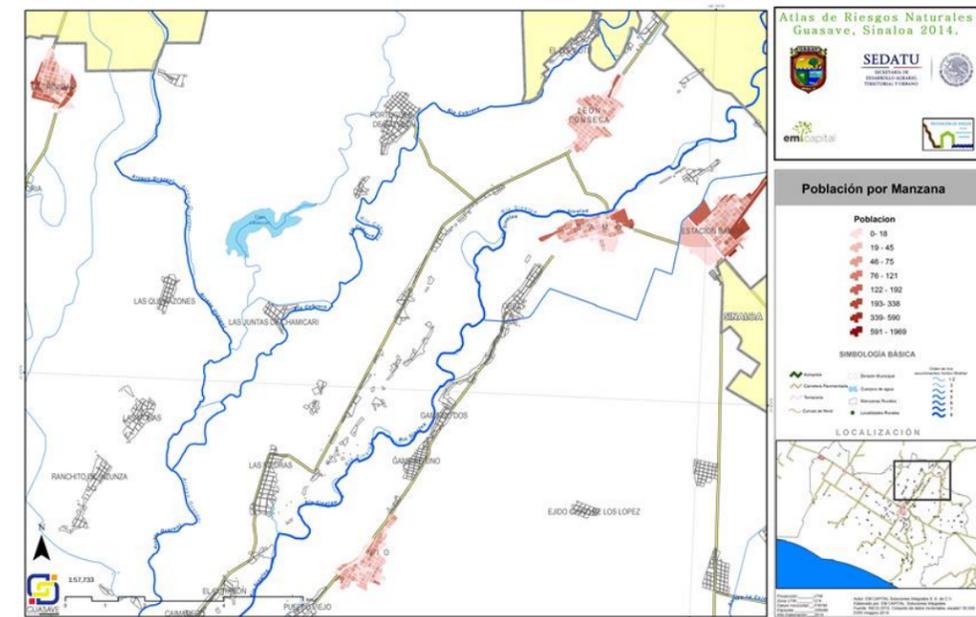


Figura 4.1.2 (b) Densidad demográfica por manzana

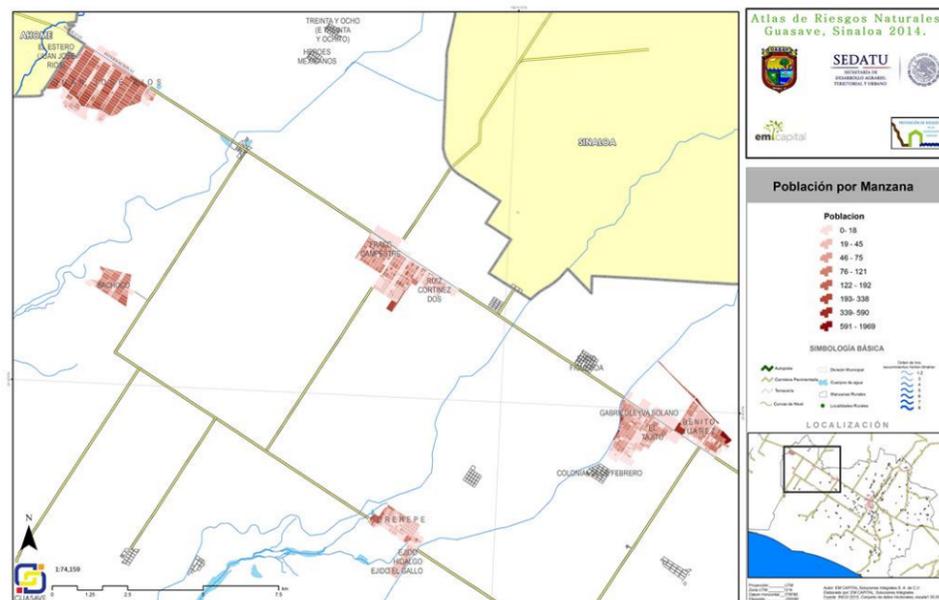


Figura 4.1.2 (a). Densidad demográfica por manzana.

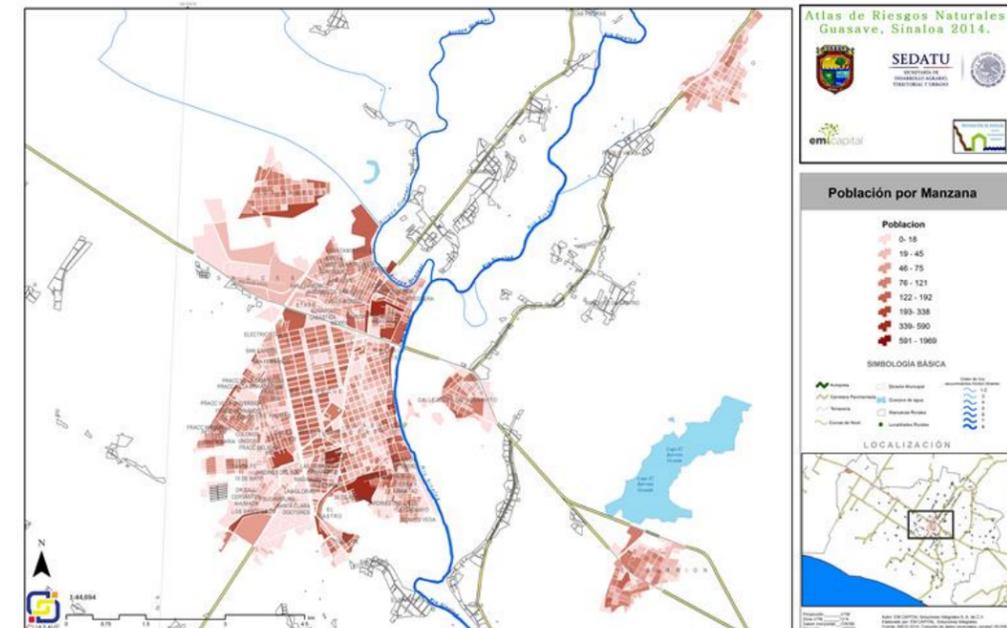


Figura 4.1.2 (c) Densidad demográfica por manzana

La división en grupos quinquenales de población de acuerdo con las cifras publicadas por el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, muestran que la mayor población se concentra entre las edades de 0 a 14 años, es decir que la mayor parte de la población es infantil y adolescentes. De acuerdo con el INEGI el promedio de edad de la mayoría de la población que vive en el municipio de Guasave es de 30-44 años. En la gráfica de la figura 4.3 se puede observar que la población va disminuyendo a partir de los grupos de edades mayores a los 40 años.

LOCALIDADES URBANAS Y RURALES	
Tipo de localidad	No. de localidades.
Rural	607
Urbana	3
Total general	610

Tabla 4.1.1. Distribución de localidades Urbanas y Rurales

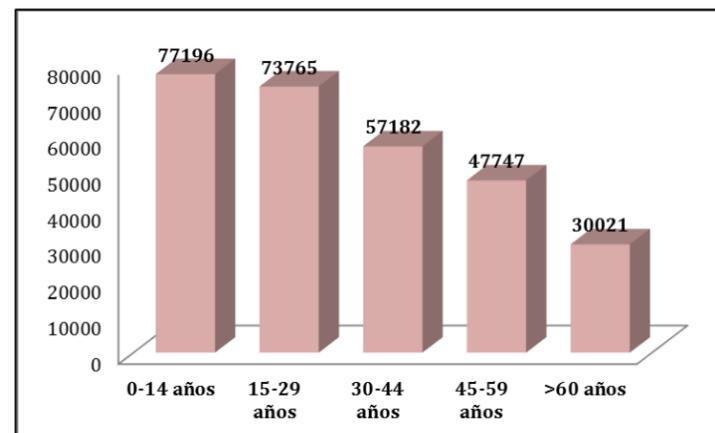


Figura 4.1.3. Distribución de la población total por grupos quinquenales de edad

La estructura poblacional por edades en un rango quinquenal y por género se presenta en la gráfica poblacional (Fig. 4.14). De acuerdo con los resultados del censo poblacional 2010.

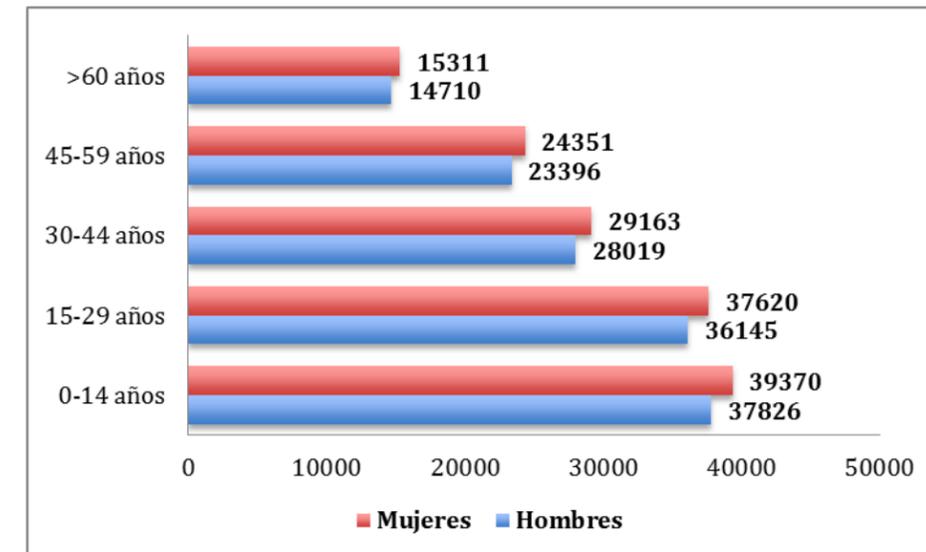


Figura 4.1.4. Pirámide Poblacional por grupo de edad y género.

Las localidades del municipio de Guasave en las que se concentra la mayor cantidad de población son tres: Guasave de Ocampo, Gabriel Leyva Solano (Benito Juárez) y Juan José Ríos. La localidad de Guasave de Ocampo concentra el 24.9 % del total de la población (Tabla 4.1.2).

Localidad	Población	Porcentaje del total (%)
Guasave	71,196	24.89
Gabriel Leyva Solano	24,914	8.71
Juan José Ríos	23,553	8.23

Tabla 4.1.2. Distribución poblacional de las localidades con mayor población.

La densidad poblacional de Guasave a nivel municipal es de 97.3 [hab/km²]. El siguiente mapa, presenta la densidad poblacional que se tiene en cada área geostadística básica del municipio. (Fig. 4.1.5).



Figura 4.1.5. Densidad de Población por AGEB.

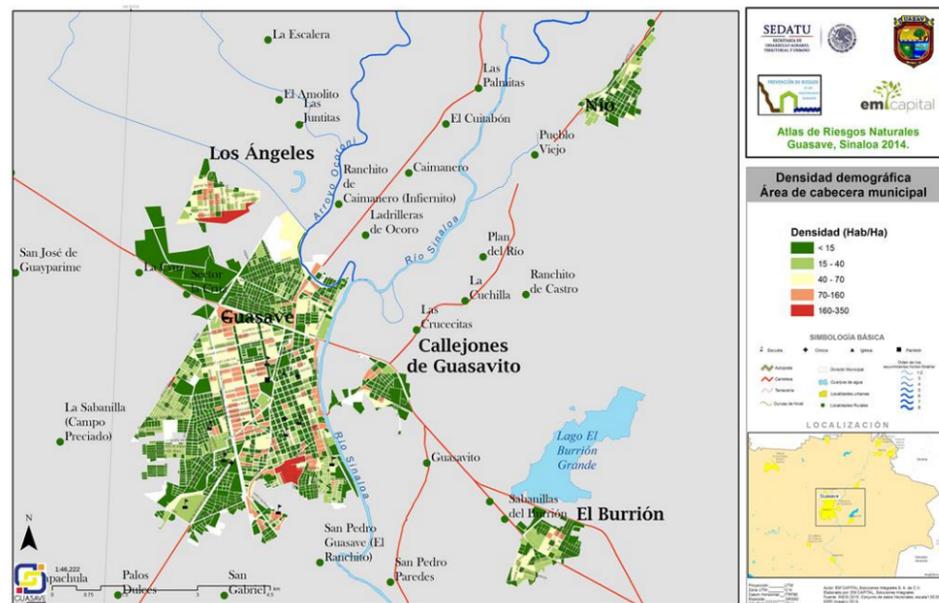


Figura 4.1.5(a). Densidad de Población Cabecera municipal, por manzana.

Proyección de población al 2030

Una proyección de población es un cálculo que refiere el crecimiento aproximado previsto en el número de habitantes de un lugar para un año futuro dado. Estos modelos incluyen variables básicas de población y no

buscan predecir con exactitud la dinámica de una población, sino más bien explicar el tipo de dinámica esperada con base en el comportamiento de años pasados y su posible comportamiento futuro bajo el mismo esquema de crecimiento –u otro distinto, si lo que se quiere es crear escenarios–, para prever así estrategias de tipo demográfico, de infraestructura y servicios, económicas y ambientales.

De acuerdo con estimaciones de la CONAPO, la población en el municipio de Guasave crecerá según estimaciones, de la siguiente forma:

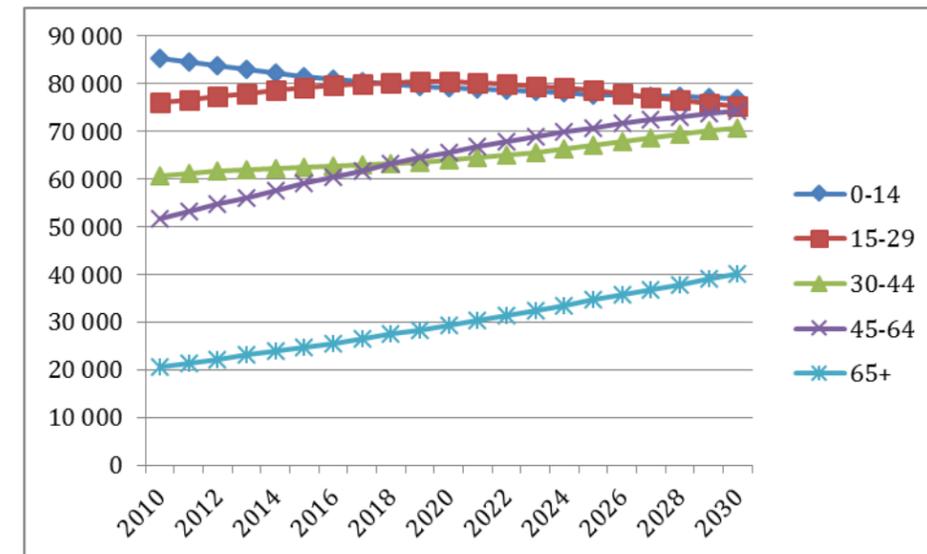


Figura 4.1.6. Crecimiento poblacional 2030 CONAPO por grupos de edad.

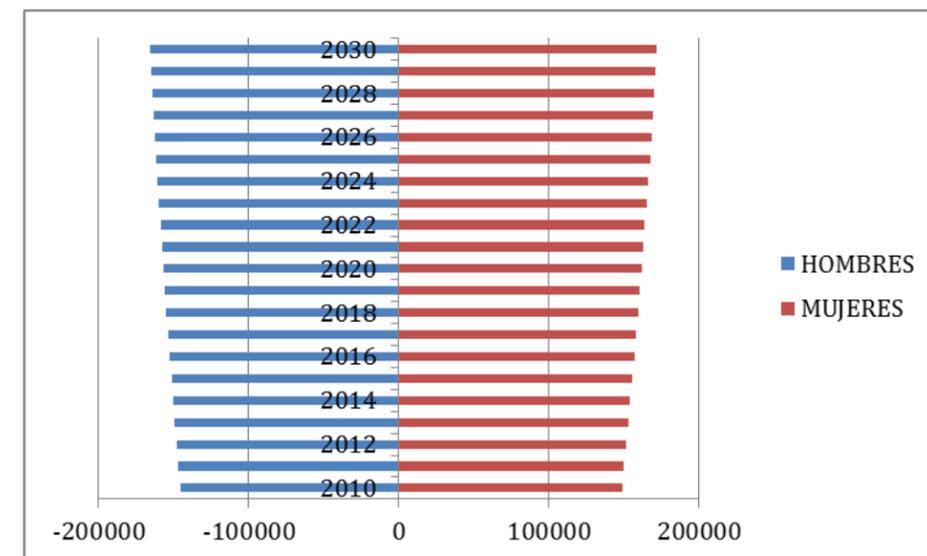


Figura 4.1.7. Crecimiento poblacional 2030 CONAPO por género.

Tabla 4.1.3. Proyección de habitantes al 2030 de ambos sexos.

Municipio	Sexo	Grupos de Edad	Habitantes 2030
Guasave	Ambos	0-14	77,002
		15-29	75,314
		30-44	70,801
		45-64	74,412
		65+	40,217

Tabla 4.1.4. Proyección de habitantes al 2030 por sexo,

Municipio	Sexo	Grupos de Edad	Habitantes 2030
Guasave	Hombres	0-14	40,390
		15-29	40,448
		30-44	31,116
		45-64	31,079
		65+	13,889
	Mujeres	0-14	38,780
		15-29	39,976
		30-44	32,934
		45-64	34,551
		65+	15,534

Natalidad y mortalidad

Respecto al tema de la natalidad en el 2012 se registraron 5,661 nacimientos, de los cuales 2,882 fueron varones y 2,779 fueron mujeres, en el caso de la mortalidad en el 2012 se registraron 1,506 muertes, de las cuales 921 fueron hombres y 558 mujeres. Se registraron 42 muertes de menores de un año.

4.2. Características sociales

Educación

En el municipio se cuenta con un total 567 escuelas básicas y medias para la impartición en educación preescolar se cuenta con 237, para escuela primaria 257, para secundaria 72, para profesionales técnico 6, para bachillerato 38 y formación de trabajo 11.

La tasa de alfabetización de las personas de 15 a 24 años, es de un promedio de 98.7%. El índice de aprovechamiento a nivel primaria fue del 96.7%, a nivel secundaria del 93.5% y de bachillerato del 90.1%. Los índices de retención para primaria, fue del 94.1%, para secundaria de 95.5% y para bachillerato del 93.7% (Fig. 4.2.1).

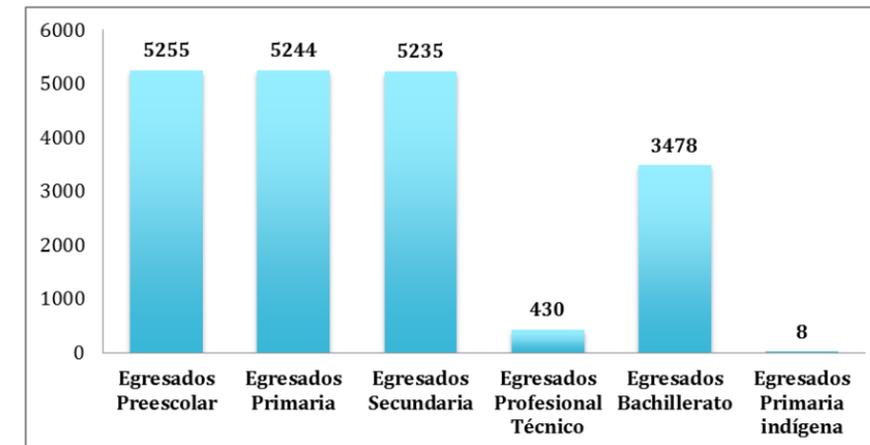


Figura 4.2.1. Alumnos egresados por nivel educativo en el 2011.

Discapacidad

De acuerdo con la información publicada en el Censo de Población y Vivienda 2011 del INEGI, en el municipio de Guasave hay 11,108 personas con algún tipo de limitación, representando un 3.88% del total de la población municipal.

Entre las principales limitaciones que presenta la población está la dificultad para caminar, moverse o subir y bajar, se indica que hay 6,329 con esa limitación, 2,473 personas indicaron tener limitación para ver y usan lentes, 963 están limitadas para hablar y 881 para escuchar (Fig. 4.2.2; Fig. 4.2.3).

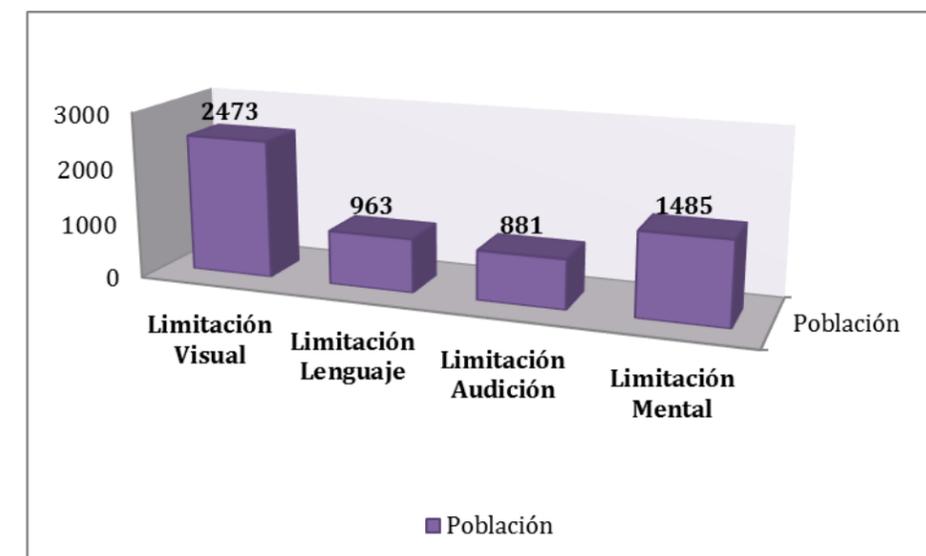


Figura 4.2.2. Distribución de las principales limitaciones de la población.

En la siguiente tabla se presenta las cifras de población con discapacidad, donde se puede encontrar la población total con algún tipo de limitación, así como las cifras por tipo de limitación (Tabla 4.2.2).

Tabla 4.2.2. Población con discapacidad

Clave AGEB	Limitación Motriz	Limitación Visual	Limitación Lenguaje	Limitación Audición	Limitación Mental
012	6329	2473	963	881	1485



Figura 4.2.3. Mapa de distribución de limitaciones de la población.

Marginación

De acuerdo con datos publicados por la CONAPO, la geoestadística básica del municipio de Guasave, está catalogado como un grado de marginación de muy bajo. En las siguientes tablas y figura (Tablas 4.2.3. y 4.2.4; Fig. 4.2.4) se presentan los indicadores considerados en la estimación del nivel de marginación, los índices se encuentran por AGEB y fueron publicados por la CONAPO, de acuerdo a las cifras publicadas en el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI.

Tabla 4.2.3. Indicadores de Marginación por AGEB

%Pob. De 15 años o más analfabetas	% Pob. De 15 años o más sin primaria completa	%Ocup. en viviendas sin drenaje, ni excusado	%Ocup. en viviendas sin energía eléctrica	%Ocup. en viviendas sin agua entubada	%Ocup. en viviendas con piso de tierra	%Pob. En localidades con menos de 5000 hab.
1.8	4.10	11.88	1.12	7.03	6.89	2.97



Figura 4.2.4. Índice de marginación por AGEB.

Tabla 4.2.4. Indicadores de Marginación por AGEB

Clave AGEB	Índice de marginación	Grado de Marginación	Población total
2501100010019	-0.81699	Bajo	3 281
2501100010023	-0.86691	Bajo	3 313
2501100010038	-0.92135	Bajo	2 518
2501100010042	-1.02785	Muy bajo	2 636
2501100010057	-1.05887	Muy bajo	2 892
2501100010076	-0.98867	Muy bajo	2 337
250110001063A	-0.84535	Bajo	1 279
2501100010644	-0.89505	Bajo	2 911
2501100010659	-0.03550	Medio	3 670
250110001070A	-0.84792	Bajo	737
2501100010714	-0.62625	Bajo	2 602
2501100010729	-0.73720	Bajo	1 723
2501100010733	-0.48679	Medio	1 860
2501100010748	-0.91613	Bajo	1 126
250110001120A	0.62848	Alto	577
2501100011356	-0.65427	Bajo	2 284
2501100011360	-0.95884	Bajo	1 176
2501100011375	-0.44228	Medio	3 148

Clave AGEB	Índice de marginación	Grado de Marginación	Población total
250110001138A	-0.37921	Medio	2 251
2501100011394	-0.95071	Bajo	1 353
2501100011407	-0.99194	Muy bajo	1 105
2501100011411	-0.76545	Bajo	1 654
2501100011426	-0.95101	Bajo	1 134
2501100011483	-0.14323	Medio	1 523
2501100011498	-0.77386	Bajo	460
2501100011587	0.52849	Alto	206
2501100011604	-0.93917	Bajo	180
2501100011765	0.23826	Alto	270
2501100011799	-1.36685	Muy bajo	179
2501100011801	-0.08460	Medio	270
2501100011816	-0.49976	Medio	86
2501100011905	-0.17820	Medio	1 867
250110001191A	-0.69808	Bajo	2 541
2501100011924	-0.93241	Bajo	1 063
2501100011939	-0.85516	Bajo	2 002
2501100012000	-0.53188	Medio	316
2501100012015	-0.99587	Muy bajo	4 535
250110001202A	-1.15541	Muy bajo	1 779
2501100012195	-0.97862	Muy bajo	2 598
2501100012208	-0.71651	Bajo	1 861
2501100012227	0.32727	Alto	197
2501100012246	-0.86661	Bajo	535
2501100012250	-0.80906	Bajo	283
250110001227A	-0.20164	Medio	229
2501100012299	-0.52989	Medio	308
2501100350184	0.58220	Alto	3 740
2501100350199	-0.15428	Medio	2 955
2501100350201	-0.38129	Medio	2 750
2501100350771	-0.17326	Medio	1 224
2501100351163	-0.02802	Medio	797
2501100351178	1.13630	Muy alto	1 308
2501100352072	4.70346	Muy alto	199
2501100490269	-0.35724	Medio	3 226
2501100510150	0.24563	Alto	2 234
2501100510165	-0.36274	Medio	1 817

Clave AGEB	Índice de marginación	Grado de Marginación	Población total
250110051017A	-0.02351	Medio	2 439
2501100512087	0.13702	Alto	137
2501100521303	-0.33339	Medio	1 404
2501100521479	-0.45692	Medio	1 260
2501100522091	-0.22946	Medio	287
2501100641318	-0.42358	Medio	2 039
2501100641322	0.11859	Alto	1 851
2501100651290	1.09447	Muy alto	2 819
2501100702053	-0.44170	Medio	1 016
2501100702068	-0.21531	Medio	1 975
2501100930593	-0.09127	Medio	852
2501100930822	0.02526	Medio	1 481
2501100930837	0.40720	Alto	1 353
2501101020610	0.03225	Medio	2 566
250110102184A	-0.60938	Medio	83

Hacinamiento

El hacinamiento tiene efectos en la dinámica y salud familiar, así como sobre la calidad de vida y la vulnerabilidad económica y social de los hogares. Según Goux y Maurin, existe una relación de causa y efecto entre el hacinamiento y el retraso de los niños en la escuela. Se ha encontrado también una relación entre hacinamiento y maltrato infantil (Salles, Vania y María de la Paz López, 2004, p: 316), así como tensión familiar y falta de privacidad para el desarrollo de diferentes actividades por parte de los miembros de la familia.

El hecho de que más de dos personas duerman en un mismo cuarto es una condición que no sólo compromete la privacidad de los residentes en la vivienda, sino que propicia espacios inadecuados para el desarrollo de distintas actividades esenciales para las personas.

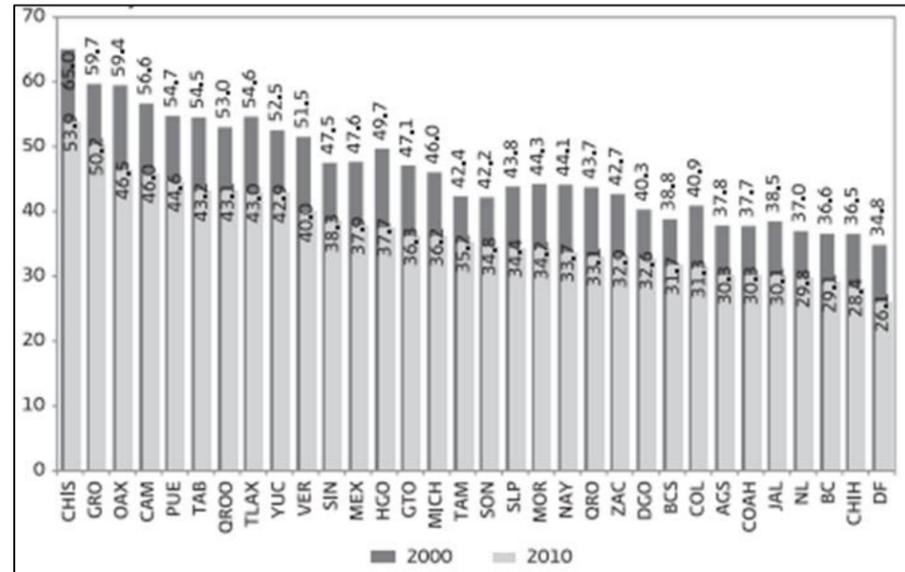


Figura 4.2.5. Porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento por entidad federativa, 2000-2010.

Según el censo de población del 2010 en el Municipio de Guasave existe el 25% de hacinamiento dentro de la sociedad que consiste que el 25% vive en condiciones muy precarias y en condiciones desfavorables donde en una casa pequeña pueden vivir hasta 6 integrantes.

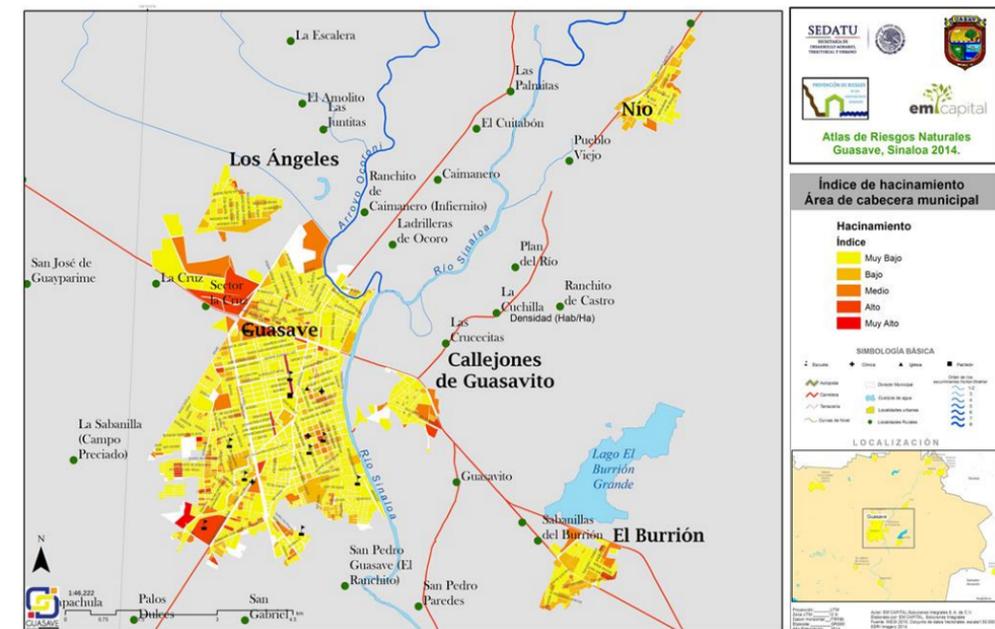


Figura 4.2.6.(a) Mapa de Hacinamiento por manzana. Cabecera municipal.

Pobreza

- Hogares, vivienda y urbanización

En el 2010 se contabilizaron 70,717 hogares, el 76.69% de los hogares tienen jefatura masculina mientras que el 23.31% son hogares con jefatura femenina. La cantidad de viviendas particulares habitadas contabilizadas en el censo de población y vivienda del 2010, fue de 70,639, con un promedio de ocupantes de 4. La Figura 4.2.7 resume las condiciones en cuanto a carencia de servicios por parte de la población.

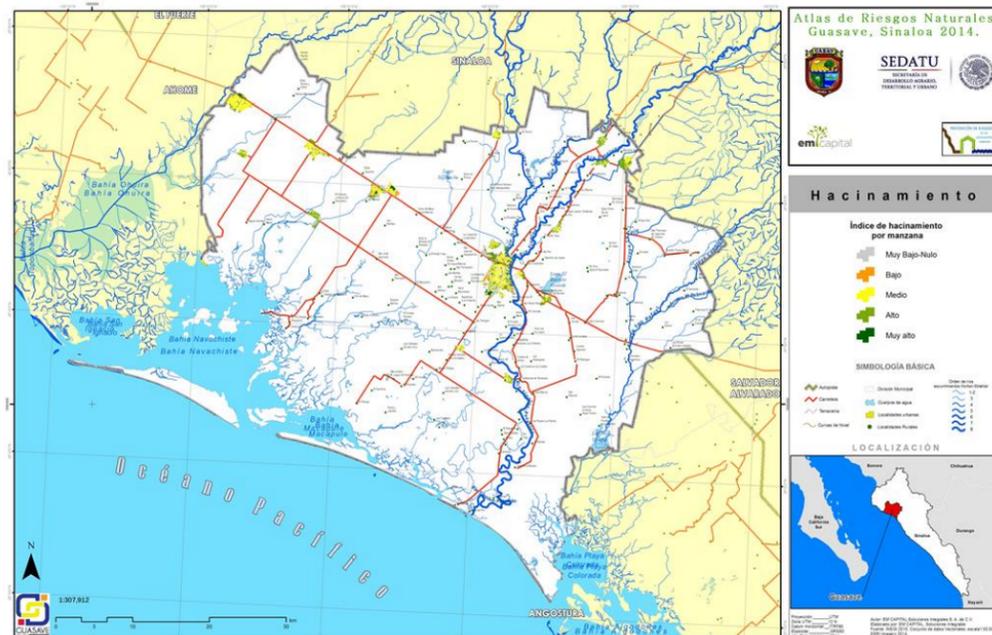


Figura 4.2.6. Mapa de Hacinamiento por manzana

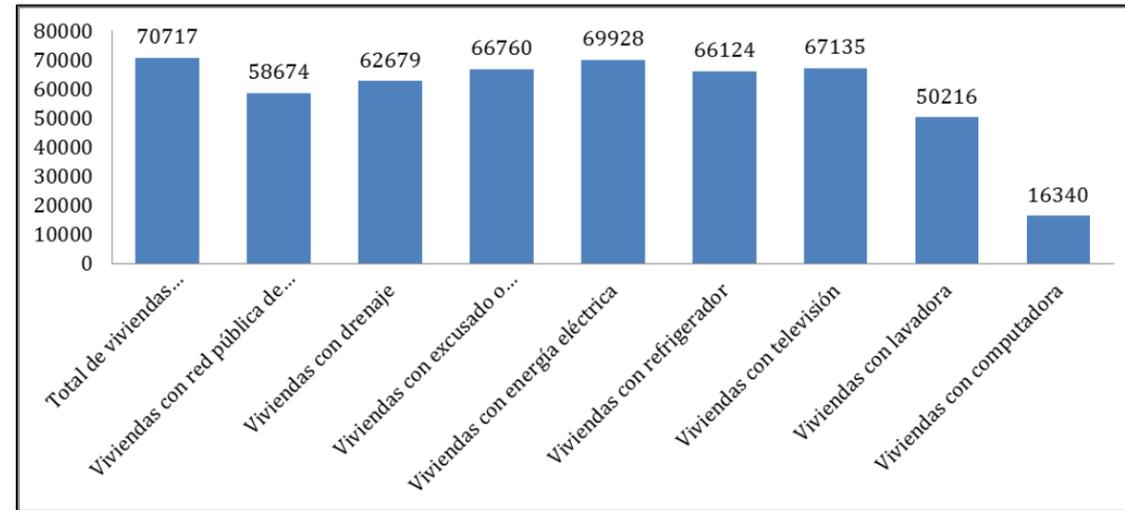


Figura 4.2.7. Cantidad de viviendas particulares por servicios.

Salud

En total 213,203 habitantes son derechohabientes a algún servicio de salud, de los cuales reciben 118,731 servicios en el IMSS, 18048 habitantes se encuentran afiliados al ISSSTE y 30,594 a instituciones públicas de Seguridad Social. La población sin derechohabencia a algún servicio de salud es de 71,973. Se han registrado 37,451 familias beneficiadas por el seguro popular. El total de personal médico disponible en el municipio durante el 2011 es de 470, donde 259 médicos son parte del personal del IMSS y 182 pertenecen a la Secretaría de Salud del Estado. En el 2011 se contabilizaron 46 unidades médicas, y el promedio de consultas por médico fue de 21,690.9.

4.3. Principales actividades económicas en la zona

De acuerdo al INEGI para el 2011, Guasave cuenta con 291,674 hectáreas destinadas al uso agropecuario, que representan el 69.35% de la superficie municipal.

Adicionalmente, analizando el grado de especialización del municipio se obtiene que es altamente especializado en las actividades agrícolas de riego. En el ciclo primavera-verano del 2011 se cosecharon 154,309 hectáreas, de las cuales 1,171 hectáreas fueron cosechadas de alfalfa, 386 de chile verde, 10,196 de frijol y 1912 de trigo de grano.

Las principales especies animales en el municipio son las aves, la producción del 2011 en volumen de carne en canal de gallináceas fue de 76 toneladas, en la producción bovina fue de 4,763 toneladas, porcinas en un total de 836. Las zonas más productoras se localizan al oriente, norte y nororiente de la Cabecera Municipal.

CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural y antropogénico

5.1. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico.

Los peligros geológicos se originan por procesos naturales de dos tipos, los de tipo endógeno que tienen lugar en el interior de la Tierra y originan fenómenos naturales como los sismos, los tsunamis y los volcanes; y los de tipo exógeno que se presentan en la superficie terrestre como intemperismo, erosión y acumulación debido a las acciones de la gravedad, del agua, del aire, el sol y otros factores que, en conjunto, dan composición, forma y estructura a la superficie terrestre.

Por sus efectos, los desastres pueden tener importantes consecuencias en el ámbito económico y social, en el desarrollo de una región e inclusive llegar a comprometer la seguridad nacional. Por tanto, su impacto puede incidir significativamente en el bienestar y calidad de vida de sus habitantes. Así, en las últimas dos décadas (1980-1999), los efectos causados por los desastres en México significaron, en promedio anual, pérdidas de 500 vidas humanas y daños materiales por 700 millones de dólares (Bitrán D., 2001).

5.1.1. Erupciones volcánicas

La peligrosidad que representa una formación volcánica se basa en el principio de que, un volcán activo es capaz de repetir o exceder lo que ha hecho en el pasado. Por lo que es **necesario identificar las formaciones volcánicas que se encuentran dentro de un radio de 100 km del sitio de interés**, siendo que esta es la zona volcánica que puede representar algún tipo de amenaza, a corto o largo plazo. Del mismo modo es necesario hacer un **análisis de la actividad eruptiva pasada de las formaciones volcánicas cercanas** al área, a fin de determinar si representan algún tipo de peligro. Esto se realiza a través de estudios geológicos de los depósitos de materiales arrojados en erupciones previas, ya que es un indicador del nivel de peligro que un volcán ha sido capaz de generar en el pasado en el entorno del volcán, y definir con base en estos análisis si las formaciones volcánicas son activas o no. Un volcán es considerado activo o peligroso, cuando tiene el potencial de producir nuevas erupciones, y ha mostrado algún tipo de actividad en aproximadamente los últimos 10,000 años (Martínez-Bringas, et al., 2006a).

Los resultados de estos estudios se representan en mapas, en donde se muestran las dimensiones y los alcances más probables de las mayores erupciones volcánicas, ya que de las pequeñas es muy probable que no existan vestigios. El daño causado por una erupción volcánica depende en primer lugar del tipo y magnitud de la erupción, de la distancia y vulnerabilidad del elemento en riesgo, de la fuente generadora, de la topografía, del viento y otras variables meteorológicas (Martínez-Bringas, et al., 2006a).

En el municipio de Guasave el peligro volcánico lo representan las formaciones volcánicas de la Sierra Madre Occidental (Figura 5.1.1.1 y 5.1.1.2), ya que se ubica a una distancia menor a los 100 km del Municipio.

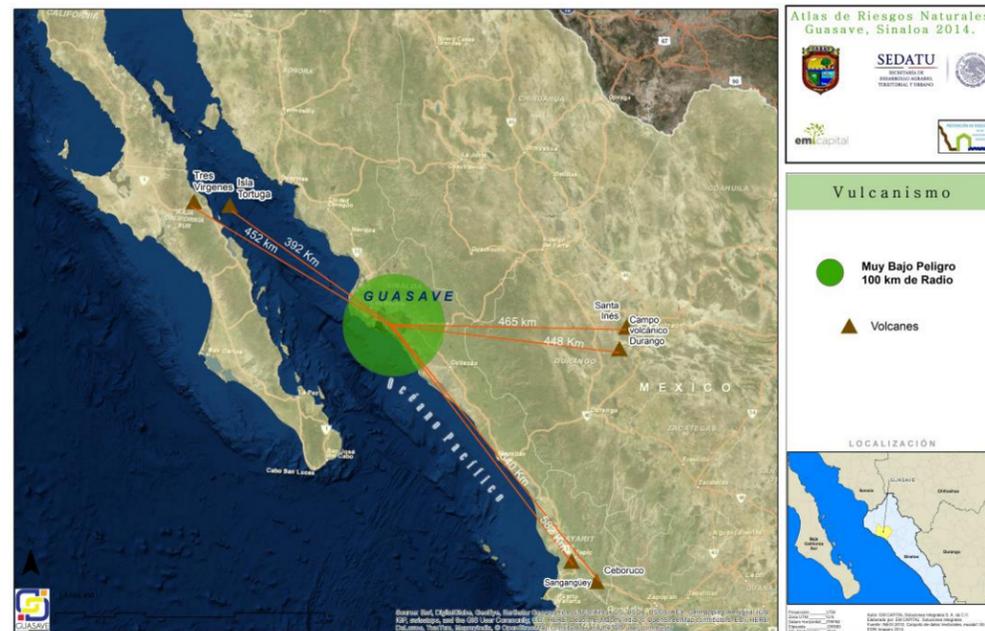


Figura 5.1.1.1 Ubicación de las formaciones volcánicas en un radio de 100 km.

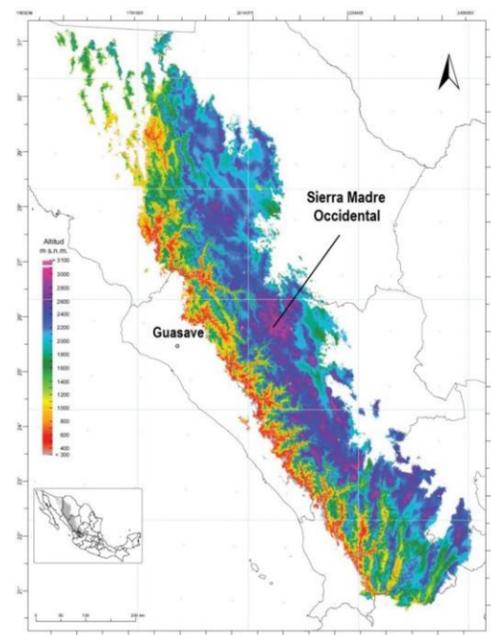


Figura 5.1.1.2 Modelo digital de elevación, INEGI, 2003. Municipio de Guasave.

5.1.1.1 Sierra Madre Occidental

La Sierra Madre Occidental (SMO) es una de las provincias ígneas silíceas más grandes del mundo. Constituye a la provincia fisiográfica del occidente de México, y se caracteriza por un altiplano con una elevación promedio de más de 2,000 m, y aproximadamente 1,200 km de largo, por 200-400 km de ancho, y se extiende desde la frontera con los Estados Unidos hasta la Faja Volcánica Transmexicana, limita al oeste con el Golfo de California y al este con el Altiplano Central mexicano (o Mesa Central) (Aguirre-Díaz y Labarthe-Hernández, 2003) (Figura 5.1.1.1).

La SMO es el resultado de diferentes episodios magmáticos y tectónicos durante el Cretácico-Cenozoico, asociados a la subducción de la placa Farallón debajo de la placa de Norteamérica, y a la apertura del Golfo de California. Está compuesta por cinco conjuntos ígneos principales: (1) rocas plutónicas y volcánicas del Cretácico Superior-Paleoceno y (2) rocas volcánicas andesíticas y, en menor medida, dacítico-riolíticas del Eoceno, que han sido agrupadas en el denominado "Complejo Volcánico Inferior"; 3) ignimbritas silíceas emplazadas en su mayoría en dos pulsos, en el Oligoceno temprano (32-28 Ma) y el Mioceno temprano (24-20 Ma), y agrupadas en el Supergrupo Volcánico Superior; 4) coladas basáltico-andesíticas transicionales extravasadas después de cada pulso ignimbrítico, correlacionadas con las "Andesita-Basálticas del Sur de la Cordillera" y 5) volcanismo post-subducción constituido por coladas de basaltos alcalinos e ignimbritas emplazados en diferentes episodios del Mioceno tardío, Plioceno y Cuaternario, y que se relacionan con la separación de Baja California del continente. Los productos de todos estos episodios magmáticos, parcialmente superpuestos entre sí, cubren a su vez un basamento heterogéneo pobremente expuesto con edades del Precámbrico y Paleozoico en la parte norte (Sonora y Chihuahua) y del Mesozoico en el resto de la SMO (Ferrari *et al.*, 2005).

La SMO se considera como el producto de un periodo de máxima intensidad del vulcanismo en México. Se desarrolló inicialmente en el borde oriental de la actual Sierra en un periodo de 32-28 millones de años y seguidamente se desplazó hacia la costa del Pacífico, hace 24-20 millones de años. La Sierra es el resultado de la evolución del sistema de subducción Cretácico-Cenozoico del occidente de Norteamérica, y está ligada a los eventos ocurridos en la subducción de la placa Farallón y puede verse como el precursor de la apertura del Golfo de California (Morán, 1984).

La actividad magmática en la SMO finalizó a principios del Oligoceno (20 millones de años) y la composición predominante de sus rocas fue silíceas, lo que es característico de vulcanismo con un alto grado de explosividad. Posteriormente el vulcanismo de subducción que había dado origen a esta Sierra, debido a cambios en la estructura térmica de la placa que se subducía, y a variaciones en la geometría de los límites entre las placas, dio lugar a una reorientación progresiva de la actividad volcánica (Ferrari *et al.*, 2005). Por lo que a partir del Mioceno medio (15 millones de años), el vulcanismo asociado a la subducción se concentró a lo largo de una franja con dirección Este-Oeste, que cruza al continente y es de composición principalmente andesítica basáltica, y que conforma actualmente a la Faja Volcánica Transmexicana (Aranda-Gómez *et al.*, 2000).

5.1.1.2 Peligro volcánico

Como se mencionó anteriormente, para que una formación volcánica se considere activa o peligrosa, y represente algún tipo de amenaza para una zona, deben existir evidencias de algún tipo de actividad en alrededor de los últimos 10,000 años. En el caso de la Sierra Madre Oriental, todo parece indicar que la

actividad volcánica finalizó hace alrededor de entre 15 y 20 millones de años, además de que las condiciones geológicas y tectónicas del área cambiaron sustancialmente hace alrededor de 15 millones de años, por lo que no es de esperar una reactivación volcánica en ningún sitio a todo lo largo de la SMO. De lo que se desprende que la **SMO no representa ningún tipo de peligro volcánico para el municipio de Guasave.**

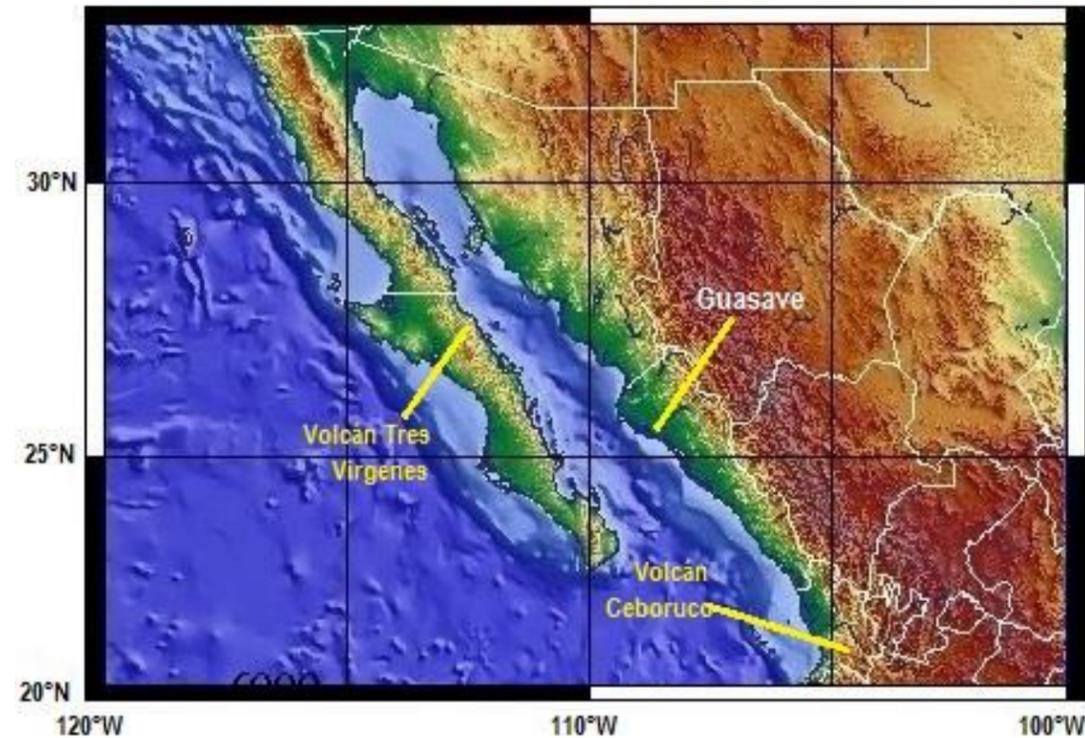


Figura 5.1.1.3 Ubicación de los volcanes activos Tres Vírgenes y Ceboruco.

Cabe mencionar que los volcanes activos más cercanos al Municipio son, el volcán Tres vírgenes en Baja California Sur, el cual se ubica a 450 km al Noroeste, y el Ceboruco en Nayarit, a 630 km al Sur de Guasave (Figura 5.1.1.1) (Mooser *et al.*, 1958). Además existe la presencia de las formaciones Sananguéy, Isla Tortugas, y las formaciones que integran el campo volcánico del estado de Durango.

Inicialmente describiremos el volcán Tres Vírgenes, el cual tuvo su última erupción explosiva Pliniana hace aproximadamente unos 6,500 años, seguida de la efusión de un grueso flujo de lava; y más recientemente, en 1746 fueron reportadas plumas de ceniza.

De igual manera se ha reportado que el volcán Ceboruco tuvo su último periodo eruptivo de 1870 a 1875, fue una actividad explosiva, que produjo 1.1 km³ de lava dacítica, que cubre una gran área del flanco oeste (De la Cruz *et al.*, 2003).

Finalmente se realiza un análisis del campo volcánico Durango y los volcanes Sangangüey, Isla Tortuga, mismos que se toman en consideración debido a la cercanía con municipio de Guasave aunque con un menor grado de peligro debido a su lejanía e inactividad en los últimos años.

El campo volcánico Durango está ubicado al norte de la ciudad de Durango, y al SE del municipio de Guasave cubre 2100 km² y contiene unos 100 maars, conos de ceniza y flujos de lava. Este campo se caracteriza por la presencia de estructuras volcánicas jóvenes con presencia de actividad eruptiva de tipo estromboliano resiente (2 mil años última erupción)

El campo Sanguangüey es un estratovolcán que forma parte del Eje volcánico transversal de México, con una altura de 2340 msnm, Ubicado cerca de Tepic Nayarit, y al SE del municipio de Guasave, su última erupción se presentó alrededor de los años 1700-1742.

La Tabla 5.1.1.1 muestra las características de las diferentes manifestaciones volcánicas, sus velocidades y sus alcances, que potencialmente podrían llegar a afectar a Guasave, en caso de una gran erupción de los volcanes Tres Vírgenes y Ceboruco. De acuerdo a la actividad volcánica previa de estos dos volcanes activos, se considera que el principal peligro volcánico al que se pudiera ver expuesto Guasave, en un momento dado, sería a las cenizas volcánicas.

Peligros	Distancia a la que se extiende el efecto		Área afectada		Velocidad de la manifestación		Temperatura característica (°C)
	Promedio (km)	Máxima (km)	Promedio (km ²)	Máxima (km ²)	Promedio (m/s)	Máxima (m/s)	
Caída de ceniza (fragmentos pequeños)	20-50	1000 +	100	100,000	15	30	Ambiente
Flujos piroclásticos y avalanchas	10	100	5-20	10,000	20-30	100	Hasta 900
Flujos de lava	3-4	100+	2	1,000 +	1	30	Hasta 1150
Lluvia ácida y gases	20-30	2,000 +	100	20,000	15	30	Ambiente
Ondas de choque	10-15	800 +	1,000	100,000 +	340	500	Ambiente
Rayos	10	100+	300	3,000	-	-	incandescencia

Tabla 5.1.1.1. Características y efectos de las principales manifestaciones volcánicas (Modificada de Blong, 1984).

Aun cuando los volcanes Tres Vírgenes y Ceboruco, se encuentran varios cientos de kilómetros de Guasave, se debe tomar en consideración que durante erupciones de gran tamaño, las cenizas volcánicas pueden afectar áreas muy extensas, además que la ceniza más fina puede permanecer en el aire por varios días y hasta por algunas semanas, y pueden alcanzar distancias de hasta varios cientos de kilómetros del volcán que las originó (Figura 5.1.1.3).

Las cenizas pueden provocar algunos efectos nocivos para la salud de personas y animales, afectar el clima, obstruyen las corrientes de agua, presas, alcantarillas, plantas de aguas y todo tipo de maquinaria; se amontonan en las carreteras, vías férreas obstruyendo el paso, y llega a ser resbalosa para la gente y vehículos en movimiento, al mezclarse con agua puede conducir la electricidad, produciendo corto-circuitos en líneas de transmisión de energía y en líneas de comunicación. El daño causado por una erupción volcánica va a depender en primer lugar del tipo y magnitud de la erupción, de la distancia del elemento de riesgo a la fuente generadora, de la topografía, del viento y otras variables meteorológicas

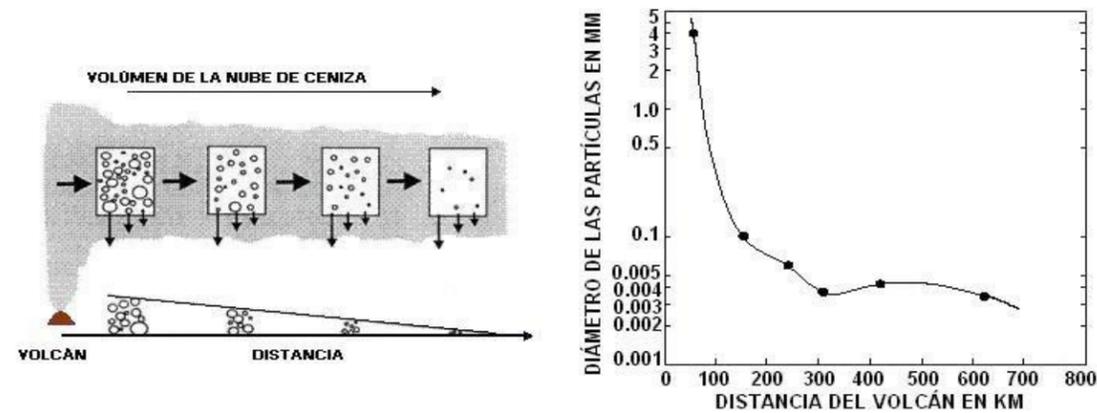


Figura 5.1.1.4. Distribución de la ceniza en función del tamaño de la partícula y la distancia al centro de emisión ((Martínez-Bringas y Gómez, 2006).

En función de la baja probabilidad a corto plazo, que presentan cualquiera de estos dos volcanes (Ceboruco y Tres Vírgenes) de generar un fenómeno volcánico de tal magnitud que pudiera, en un momento dado, afectar al Municipio, ya que hasta el momento de este reporte no han presentado signos de reactivación. Así como la nula posibilidad de que la Sierra Madre Occidental presente actividad volcánica, se puede considerar que el peligro volcánico en el municipio de Guasave es de **MUY BAJO** con un grado de detalle de estudio de Nivel 3.

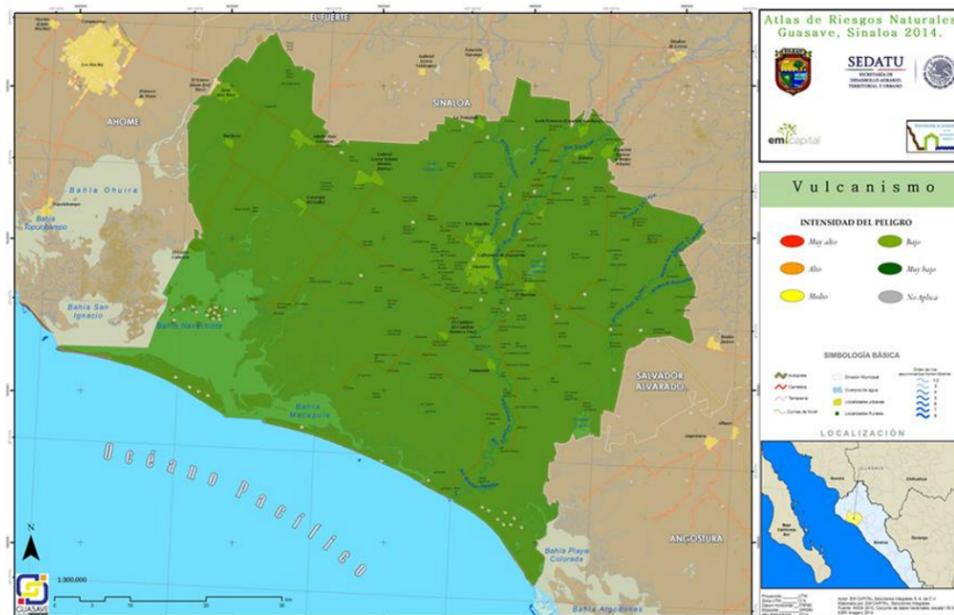


Figura 5.1.1.5. Mapa de peligro por vulcanismo.

5.1.2. Sismos

Con el fin de conocer el nivel de peligro sísmico de una zona, se requiere de un procedimiento más o menos complejo que implica contar, entre otros elementos, con información de catálogos sísmicos con magnitudes y localizaciones epicentrales confiables, y un conocimiento de la tectónica que caracteriza a la región analizada, así como la información de las fuentes sismogénicas.

Un terremoto es causado por la súbita liberación de energía de las fuerzas elásticas, que se acumulan lentamente a lo largo de una falla dentro de la corteza terrestre, y tienen un poder destructivo, que va a depender del conjunto de frecuencias de las vibraciones, de sus amplitudes, de la duración del movimiento y de las construcciones que existan en la zona (Zúñiga, 1997).

Las áreas de superficie o subterráneas que se fracturan y que pueden experimentar terremotos, se conocen como zonas sísmicas. El municipio de Guasave, se encuentra ubicado en la **ZONA B** de acuerdo con la regionalización sísmica de México. La zona B es considerada una zona intermedia en la que los sismos no ocurren tan frecuentemente como en la zona D, que es la zona de mayor sismicidad en México, tanto por su frecuencia como por las magnitudes que alcanza. **La zona B es una zona afectada por altas aceleraciones, pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo** (Servicio Sismológico Nacional, SSN; <http://www.ssn.unam.mx/>) (Figura 5.1.2.1).



Figura 5.1.2.1 Regionalización sísmica de la República Mexicana (CFE, 2010). A: no se han reportado sismos en los últimos 80 años; B y C: sismos no tan frecuentes, son zonas afectadas por altas aceleraciones que no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad; D: se han reportado grandes sismos históricos, la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

De acuerdo a la distribución general de intensidades (MM, Mercalli Modificado) de la República Mexicana, realizada con base en los sismos ocurridos de 1845 a 1985 (Figura 5.1.2.2), el municipio de Guasave ha sido afectado por los sismos con intensidades máximas del orden de 0-II (MM). La Intensidad se refiere al poder destructivo, o el potencial de destruir que tiene un temblor en un sitio dado. Esto significa que los sismos en Guasave han sido perceptibles sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar, y se han producido aceleraciones del terreno de entre 0,5 y 2,5 Gal.

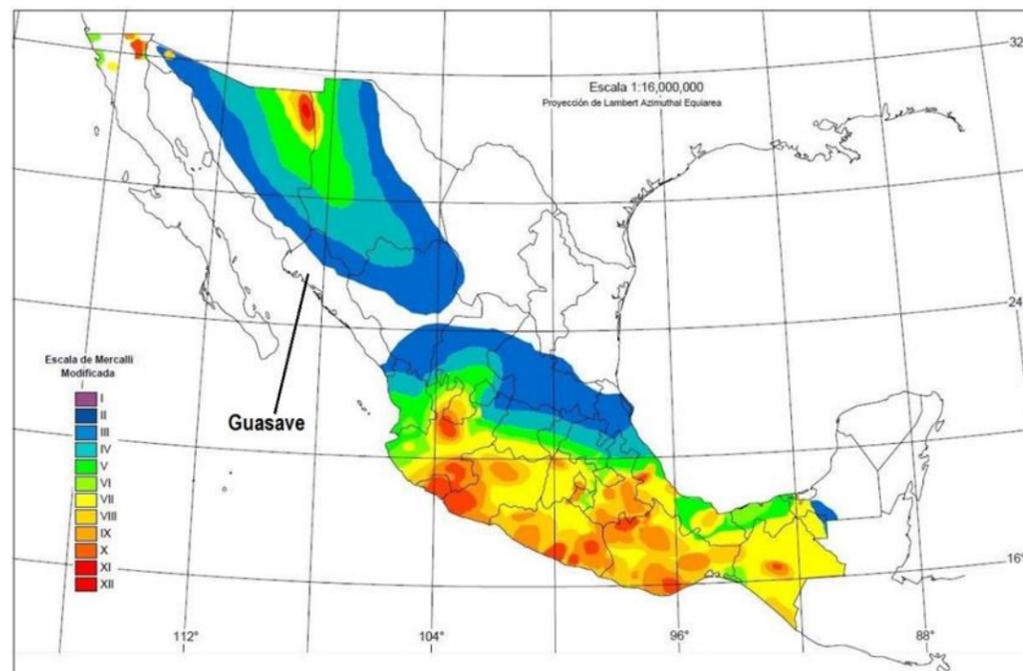


Figura 5.1.2.2 Intensidades Sísmicas Máximas de México para temblores entre 1845 y 1985 (CENAPRED, 2001).

La identificación y caracterización de las fuentes sismogénicas que pueden afectar a un determinado lugar, constituye el primer paso en la realización de un análisis de la peligrosidad sísmica (Reiter, 1990). Las principales fuentes sismogénicas que pueden afectar a Guasave, se clasifican en tres grupos: (1) Sismos locales ($M \leq 5.5$) originados en las fallas locales de la zona; (2) Sismos intraplaca someros de la provincia de la Sierra Madre Occidental (SMO); y (3) Sismos interplaca asociados a fallas de transformación en el centro del Golfo de Baja California (BC2) (Zúñiga *et al.*, 1997) (Figura 5.1.2.3).

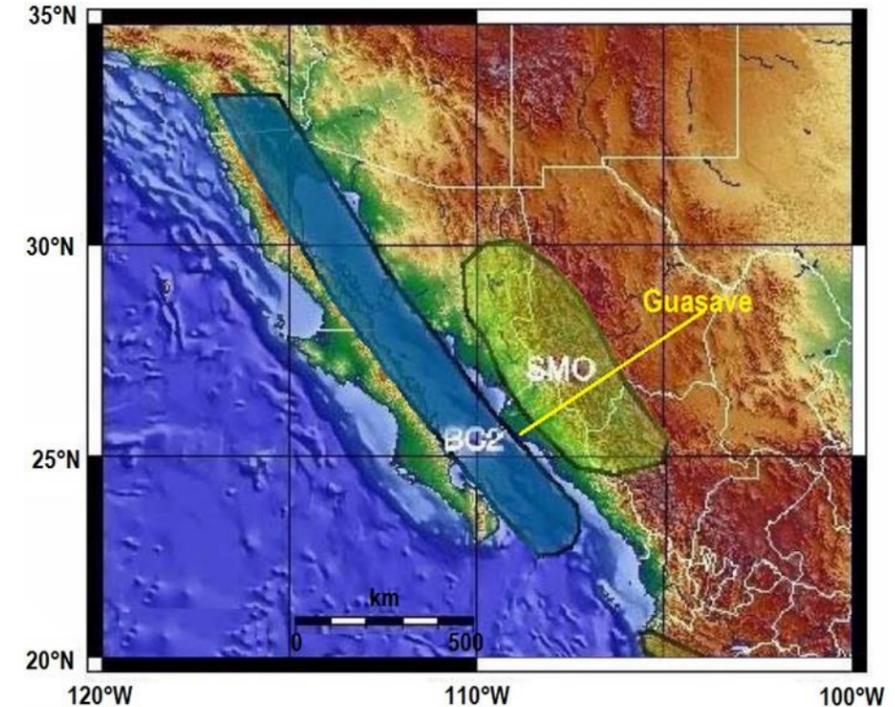


Figura 5.1.2.3 Fuentes sismogénicas que afectan al municipio de Guasave (Zúñiga *et al.*, 1997).

- **Sismicidad local:**

La primera fuente se refiere a la sismicidad local, que generalmente presentan magnitudes menores o iguales a 5.5 ($M \leq 5.5$) y profundidades menores a 10 km, y se originan dentro del territorio de Guasave y sus alrededores. Los sismos locales se presentan como una fuerte sacudida vertical casi instantánea, seguida por vibraciones rápidas de muy corta duración. Frecuentemente, estos sismos son acompañados de un fuerte ruido subterráneo, y en ocasiones se presentan como una secuencia o enjambres de varios eventos en corto tiempo y posiciones epicentrales cercanas.

Debido a la carencia de estaciones sísmicas y de datos de sismos de pequeñas magnitudes en la región de Guasave, no es posible conocer con detalle este tipo de sismicidad, tampoco se cuenta con documentación o registros históricos de sismos originados dentro de los terrenos del Municipio.

- **Sismos intraplaca someros de la provincia de la Sierra Madre Occidental (SMO):**

La Sierra Madre Occidental está formada por una extensa meseta volcánica afectada por grabens y fallas normales (Morán, 1981) (Figura 5.1.2.4). Esta es una región de baja actividad sísmica, que posiblemente esté relacionada al régimen de esfuerzo controlado por el balance entre los esfuerzos gravitacionales de la SMO y los esfuerzos inducidos por la cercana interacción en el límite de las placas en el Golfo de California. También se relaciona con la extensión de la provincia tectónica de la Fisura del Río Bravo (Río Grande Rift) (Zúñiga *et al.*, 1997).

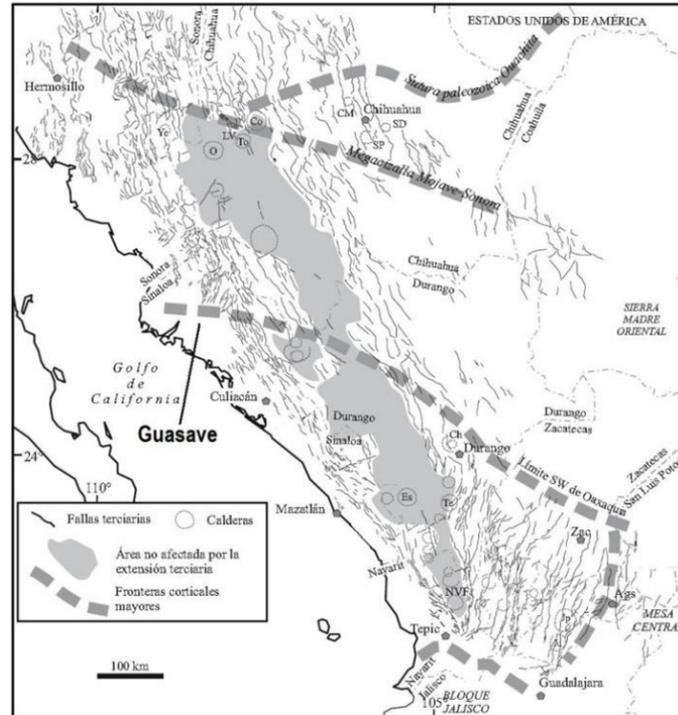


Figura 5.1.2.4 Ubicación de las fallas de la Sierra Madre Occidental cercanas al área de Guasave (Ferrari *et al.*, 2005)

Los eventos sísmicos que ocurren en esta zona no han sido completamente estudiados en detalle, ya que no se cuenta con la información necesaria, debido a la baja magnitud que presentan. Todos los eventos conocidos en esta región tienen magnitudes menores a 5.0. Sin embargo, en la red sísmica del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y el Servicio Sismológico Nacional, se han registrado algunos sismos en las zonas cercanas a Guasave (Tabla 5.1.2.1; Figura 5.1.2.5). Sismos que en la mayoría de los casos no han sido percibidos en Guasave, pero que muestran la actividad sísmica presente en la región cercana al Municipio.

FECHA	HORA	Y	X	PROF. (KM)	MAGNITUD	ZONA
22/03/2014	16:06:12	2815208	607580	20	3.7	93 km al suroeste de Ahome, Sin.
04/05/2014	17:32:44	2740915	699186	10	3.6	106 km al suroeste de Guasave, Sin.
04/05/2014	17:35:24	2777730	628047	10	3.7	106 km al suroeste de Ahome, Sin.
04/05/2014	17:47:35	2514073	383961	5	3.7	38 km al suroeste de Escuinapa, Sin.
05/05/2014	00:53:38	2868276	595132	20	3.7	88 km al oeste de Ahome, Sin.
10/06/2014	08:07:59	2755064	319206	5	3.7	61 km al Este de Culiacán, Sin.
15/06/2014	11:45:56	2921469	695506	10	3.6	42 km al oeste de El Fuerte, Sin.
15/06/2014	13:02:34	2746150	676866	10	3.3	111 km al sur de Los Mochis, Sin.
15/06/2014	14:07:21	2831879	614476	10	4.5	77 km al Suroeste de Ahome, Sin.
15/06/2014	14:13:45	2849517	604294	20	3.7	81 km al oeste de Ahome, Sin.
22/09/2014	11:22:36	2769063	647302	15	4.2	101 km al suroeste de Los Mochis, Sin.
07/10/2014	21:40:39	2571823	790634	10	6.1	145 km al suroeste de El Dorado, Sin.
08/10/2014	01:30:39	2665912	721611	10	3.7	136 km al suroeste de Navolato, Sin.
12/10/2014	11:28:45	2673666	721490	10	4	130 km al suroeste de Navolato, Sin.
30/10/2014	17:58:13	2759255	661547	18	3.8	103 km al suroeste de Los Mochis, Sin.
02/11/2014	13:28:18	2845152	612355	10	3.9	75 km al suroeste de Ahome, Sin.
14/11/2014	05:50:38	2800869	614742	8	4	96 km al suroeste de Ahome, Sin.
14/11/2014	06:10:34	2739988	711339	15	3.8	101 km al suroeste de Guasave, Sin.
14/11/2014	06:20:41	2801951	611713	16	4.1	97 km al suroeste de Ahome, Sin.
14/11/2014	07:48:59	2744209	697116	12	3.9	104 km al suroeste de Guasave, Sin.
05/12/2014	19:43:46	2781101	633057	15	4.1	10 km al suroeste de Los Mochis, Sin.
07/12/2014	10:28:39	2760304	656485	16	3.8	104 km al suroeste de los Mochis, Sin.
15/12/2014	13:17:19	2885892	753097	26	3.3	41 km al suroeste de El Fuerte, Sin.
18/12/2014	18:24:41	2604672	769548	16	3.8	133 km al suroeste de El Dorado, Sin.
01/01/2015	19:37:01	2836124	590344	16	3.7	98 km al suroeste de Ahome, Sin.
04/01/2015	05:29:08	2757088	665613	10	3.6	104 km al suroeste de los Mochis, Sin.
20/01/2015	21:18:32	2926109	768281	3	3.4	31 km al este de El Fuerte, Sin.
08/02/2015	08:22:58	2741471	734586	9	4	91 km al sur de Guasave, Sin.
18/02/2015	01:45:29	2778837	628037	129	3.6	104 km al suroeste de Ahome, Sin.
22/02/2015	14:01:27	2739778	302820	5	4	44 km al este de Culiacán, Sin.
01/03/2015	17:30:33	2722114	298517	1	3.9	41 km al este de Costa Rica, Sin.
03/03/2015	19:24:19	2713625	725932	20	4.2	111 km al oeste de Navolato, Sin.

Tabla 5.1.2.1 Sismos registrados en la zona cercana a Guasave de 1980 a 2014 (Servicio Geológico de Estados Unidos, USGS; Servicio Sismológico Nacional, SSN).

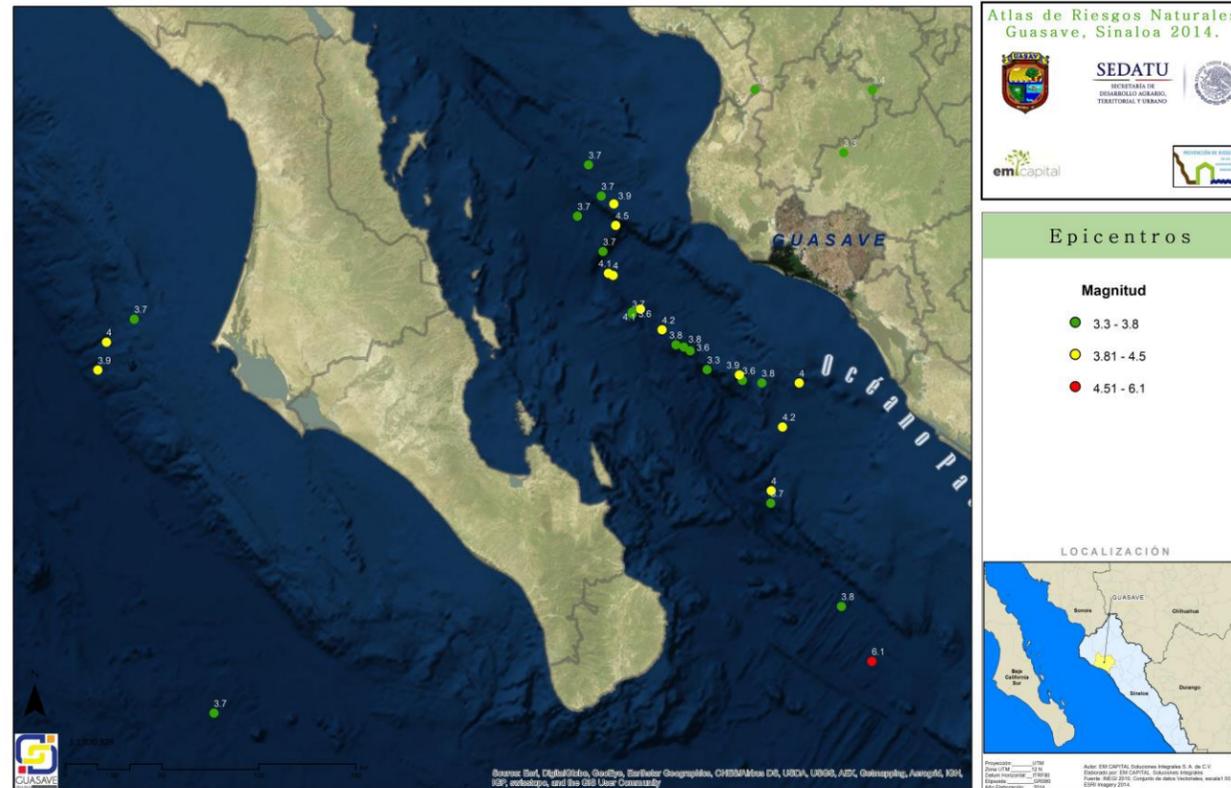


Figura 5.1.2.5. Episcentros de sismos registrados en la zona de Guasave de 1980 a 2014.

- Sismos interplaca asociados a fallas de transformación en el centro del Golfo de Baja California (BC2):

La tercera y más importante fuente sísmica para Guasave, comprende la actividad relacionada a la interacción entre las placas del Pacífico y la Norteamérica.

La sismicidad que puede afectar a la península de Baja California y a los estados de Sonora y Sinaloa está dominada por fallas de transformación que forman parte del sistema de San Andrés, y que se originan en el estado de California y continúan, alternando con cortos rismos, en el golfo de California (Rosenblueth, 1985). El movimiento relativo entre las placas Pacífico y la Norteamérica es divergente, alejándose una placa de la otra, formado por una serie de centros de expansión seccionados por fallas transformantes, se trata de una zona compleja de transición. La frontera entre las placas Norteamericana-Pacífico, en la zona del Golfo de California, se extiende desde la boca del Mar de Cortés hasta la laguna de Salton, en California, y de allí continúa a lo largo del sistema de fallas de San Andrés hasta terminar en la placa de Juan de Fuca (De la Peña, 2002). En el límite entre estas dos placas la velocidad de movimiento, en forma general es de 4.1 a 5.4 cm/año. Estudios magnéticos en la zona frente a los límites de Sonora y Sinaloa, indican una velocidad de 2 a 6 cm/año (Larson *et al.*, 1972).

El sur de la Península de Baja California está limitada por una serie de fallas, en la margen occidental, la falla Tosco-Abreojos es una de las mayores fallas de esta región, en la frontera oriental hay una serie de fallas subparalelas a la costa (De la Peña, 2002). Los eventos de esta zona presentan mecanismos de fallas de rumbo y normales, dependiendo de su situación y cercanía, ya sea a los centros de expansión o a fallas de transformación (Zúñiga *et al.*, 1997) (Figura 5.1.2.6).

Esta región se considera como una zona de alta sismicidad, ya que la mayoría de los sismos que se generan están relacionados con las fallas transformantes, en esta fuente sismogénica se produce en promedio 18 sismos por año, con magnitudes de 2.9 a 7.0. Sin embargo, los sismos con magnitudes pequeñas son mucho más frecuentes que los terremotos con magnitudes grandes, y todos ellos presentan poca profundidad. La Figura 5.1.2.7 muestra la ubicación de los sismos registrados de 1980 a 2014 originados en la zona cercana a Guasave.

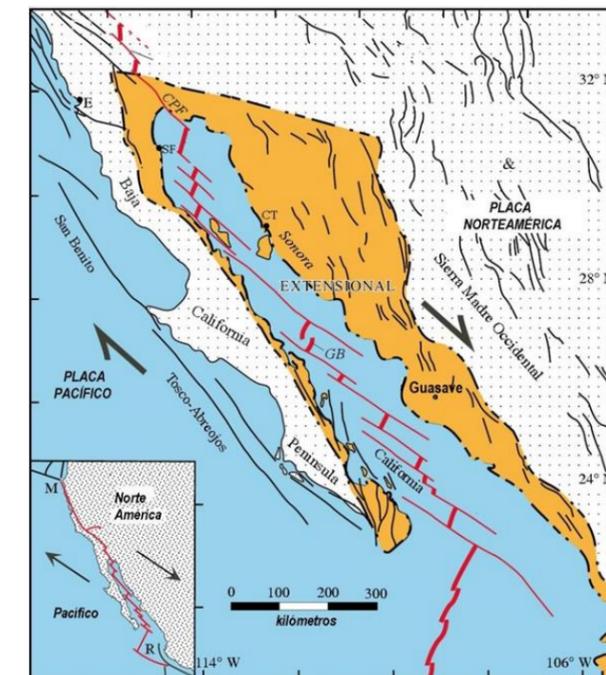


Figura 5.1.2.6 Tectónica y estructuras del Golfo de California y áreas circundantes (Álvarez *et al.*, 2009)

Los sismos de ese tipo son importantes debido a su frecuencia de ocurrencia y a las magnitudes que pueden alcanzar, y que debido a la poca profundidad a la que ocurren, pueden llegar a producir intensidades que pueden causar algunos daños en la región. Los mayores sismos de los que se tiene conocimiento en esta zona ocurrieron el 7 de enero de 1901 y el 18 de junio de 1988 y alcanzaron ambos magnitudes de 7.0.

La mayor parte de los sismos que son sentidos en Guasave, se originan en la zona de interacción entre las placas del Pacífico y la de Norteamérica. Estos terremotos son relativamente lejanos, sus epicentros se localizan a más de 100 km de Guasave, y son sentidos como movimientos oscilatorios horizontales de

período largo. La Tabla 5.1.2.2, es un resumen de los principales sismos de este tipo que han sido registrados por el Servicio Sismológico Nacional y el USGS con magnitudes mayores a 6.0.



Figura 5.1.2.7 Ubicación de los más recientes sismos cercanos a Guasave, de origen interplaca asociados a fallas de transformación en el centro del Golfo de Baja California cercano a Guasave (USGS)

De acuerdo a la historia sísmica del Golfo de California, y al análisis de los sismos originados en la porción frente a las costas, en la zona limítrofe entre Sonora y Sinaloa, López-Pineda y Rebollar (2005) consideran que debido a un adelgazamiento de la corteza oceánica en esta zona, esta es propensa a generar sismos de grandes magnitudes (entre 6 y 7).

Tabla 5.1.2.2 Sismos interplaca asociados a fallas de transformación en el centro del Golfo de Baja California con M>6.0 de 1988 a 2014 (Pacheco and Sykes, 1992; Goff et al., 1987; Tanioka and Ruff, 1997; SSN y USGS)

FECHA AAAA-MM-DD	HHMMSS	LAT N	LON W	PROF KM	MAG	DESCRIPCIÓN
1901-01-07	---	26.00	110.00	10	7.0	Golfo de California
1964-07-05	---	26.30	110.00	10	6.3	Golfo de California
1964-07-06	---	26.30	110.00	10	6.5	Golfo de California
1971-09-30	---	26.90	110.80	10	6.5	Golfo de California
1974-05-31	---	27.36	111.13	10	6.3	Golfo de California
1988-06-18	22:49:00	--	--	10	7.0	Golfo de California
1990-03-16	15:52:00	--	--	10	6.1	Golfo de California
1991-06-22	00:30:00	--	--	10	6.1	Golfo de California
1995-06-30	11:58:00	--	--	10	6.2	Golfo de California
1995-08-28	---	25.88	110.32	10	6.2	Golfo de California
2003-03-12	17:41:29	26.30	110.60	10	6.2	Golfo de California
2006-01-04	02:32:31	28.10	112.07	10	6.7	Golfo de California
2007-09-01	14:14:24	24.33	109.53	20	6.3	Golfo de California
2010-10-21	12:53:11	24.62	109.43	8	6.5	Golfo de California
2012-04-12	02:05:59	28.79	113.43	15	6.0	Golfo de California
2012-04-12	02:15:49	28.78	113.43	10	6.8	Golfo de California
2012-09-25	18:45:26	24.76	110.17	15	6.0	Golfo de California
2013-10-19	12:54:55	26.09	110.46	14	6.3	Golfo de California
2014-10-08	02:40:54	23.81	108.42	10	6.2	Golfo de California

- Peligro por sismos

El mayor peligro por sismos al que está expuesto el municipio de Guasave es el debido a la ocurrencia de los sismos asociados a las fallas de transformación en el Golfo de California, dada la frecuencia con que ocurren, y a que pueden generar movimientos sísmicos energéticos en frecuencias altas. Sin embargo, no debe menospreciarse el peligro que pueden llegar a representar los sismos originados en fallas de la SMO que aunque son muy poco frecuentes, pueden llegar a ser peligrosos por su origen cercano a la zona del Municipio y por lo tanto tienen la capacidad de producir algunos daños, sobretodo en construcciones de mala calidad.

Las intensidades esperadas en Guasave en función de la aceleración máxima del terreno asociada a periodos de retorno, información que es fundamental por especialistas en el diseño de la construcción y modificación o refuerzo de obras civiles existentes, son de 34-57, 27-81-135 y 45-135 Gal (cm/seg²) para periodos de retorno de 10, 100 y 500 años respectivamente (PSM, 1996). Esto facilitará, ante la falta de un reglamento de construcción propio, definir las ordenadas de diseño para edificaciones de poca altura, típicas de Guasave; es decir, construcciones de uno o dos niveles ubicadas en suelo firme, sin embargo es de suma importancia que el empleo de esta información se lleve a cabo con la asesoría o participación directa de un ingeniero civil capacitado para el diseño de obras sismorresistentes. (Gutiérrez et al., 2006).

De acuerdo a los valores de aceleración mencionados para periodos de retorno de 500 años, se deduce que los sismos que son capaces de producir daños importantes en Guasave, es decir que pueden llegar a generar

aceleraciones del terreno por encima de los 150 Gal, se presentan en periodos de retorno que rebasan los 500 años (Gutiérrez et al., 2006).

Aunque el sacudimiento del terreno puede causar los daños más generalizados y destructivos relacionados con los terremotos, es uno de los peligros sísmicos más difíciles de predecir y cuantificar. El movimiento del terreno, se debe a la amplificación de los efectos del sacudimiento por material no consolidado sobre la roca en el sitio, y a la resistencia diferencial de las estructuras. En consecuencia, la manera ideal de referirse al sacudimiento del terreno, es en términos de la respuesta probable de determinados tipos de construcción. De acuerdo a la clasificación de construcciones según su destino realizado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2008), los tipos de construcción que predominan en Guasave son del tipo B y A, se trata de estructuras en las que se requiere un grado de seguridad convencional, como son locales comerciales, estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas, salas de espectáculos, hoteles, depósitos y estructuras urbanas o industriales, muros de retención, bodegas ordinarias, bardas y plantas de generación de energía eléctrica; sistemas de abastecimiento de agua potable, subestaciones eléctricas, centrales telefónicas, estaciones de bomberos, archivos y registros públicos, monumentos, museos, hospitales, escuelas, estadios, templos, gasolineras, etc. Los daños en este tipo de construcciones pueden llegar a ser considerables a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 0.15 de g (aceleración de la gravedad terrestre) (CFE, 2008).

De acuerdo al mapa generado por la Comisión Federal de Electricidad de Periodos de Retorno para Aceleraciones de 0.15 de g y mayores, el periodo de retorno de sismos capaces de producir excitación del terreno mayores de 0.15 de g en Guasave se encuentra en el rango de 4,780 a 6,617 años (Gutiérrez et al., 2006) (Figura 5.1.2.8).

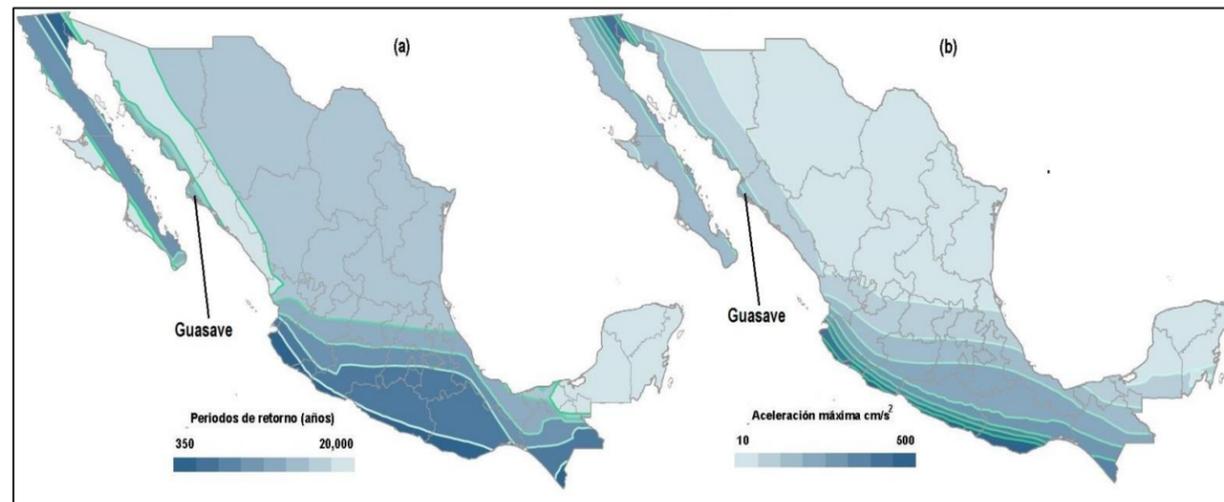


Figura 5.1.2.8 Mapa de periodos de retorno (a) y sus correspondientes aceleraciones máximas del terreno (b) (Comisión Federal de Electricidad, 2008).

Se debe recordar que los mapas para estimación de peligro sísmico a nivel regional (regionalización sísmica o mapas de aceleraciones máximas para distintos periodos de retorno), no señalan aquellos lugares con

tendencia a amplificar el movimiento del terreno. Por lo que, para conocer de manera cuantitativa y puntual la respuesta del terreno ante la excitación sísmica en un sitio determinado, es necesario llevar a cabo estudios específicos, especialmente cuando se trata de valles aluviales (Gutiérrez et al., 2006), como es el caso de Guasave.

A lo largo de su historia, Guasave ha sido afectado por sismos de diferentes tipos y magnitudes, así como de diversas intensidades, que han llegado a provocar algunos daños ligeros. De acuerdo a lo anterior, y considerando en forma global el territorio del municipio de Guasave, se encuentra expuesto a la acción de los sismos, por lo que se le asignó un **NIVEL DE PELIGROSIDAD MEDIO** con un grado de detalle de estudio de Nivel 2.

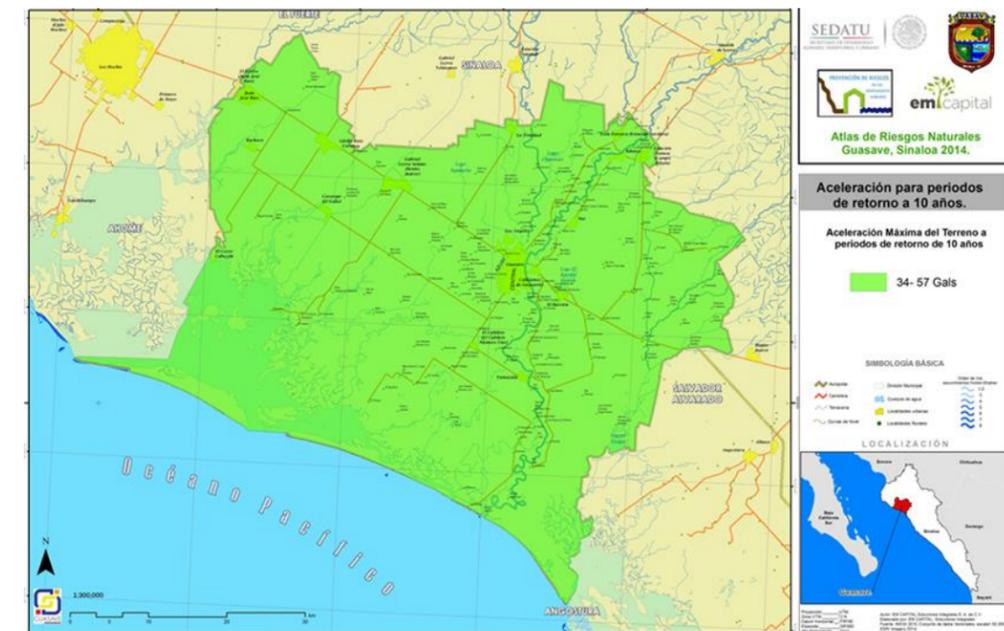


Figura 5.1.2.9. Mapa de aceleración para Tr= 10 años.



Figura 5.1.2.10. Mapa de aceleración para $T_r= 100$ años.

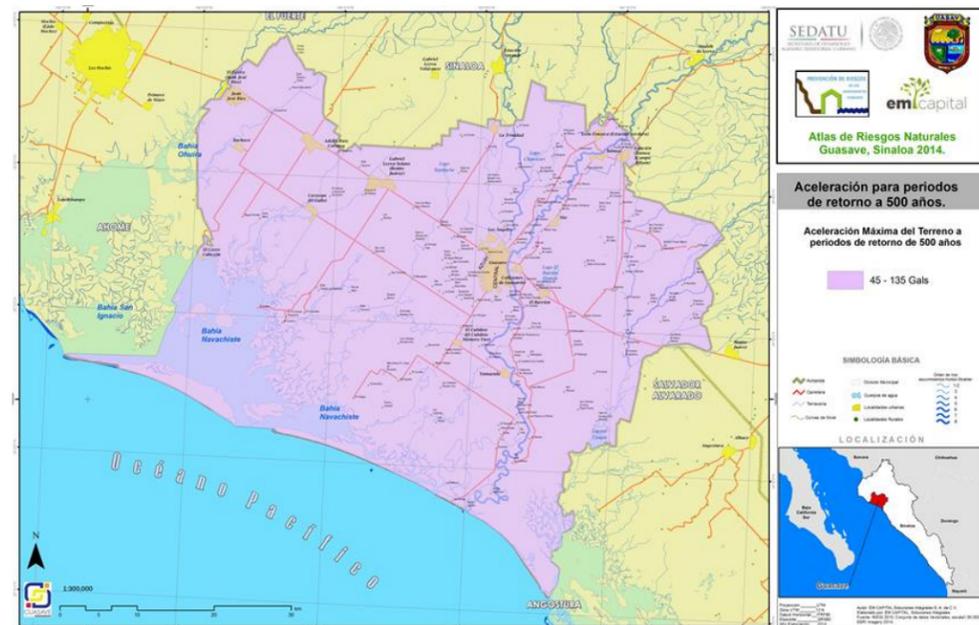


Figura 5.1.2.11. Mapa de aceleración para $T_r= 500$ años.



Figura 5.1.2.12. Mapa de periodos de retorno para aceleraciones de 0.15g.



Figura 5.1.2.13 Mapa de peligro sísmico.

NOTA: Es técnicamente imposible realizar una gráfica comparando las curvas de intensidad con la tasa de excedencia ya que la principal limitación es que no existe información suficiente para poder realizarlo, si tomamos en cuenta que no existe estaciones que monitoreen permanentemente todo el municipio y los registros que se cuentan son de pocos sismos y de intensidades muy bajas, además que si se expresa la definición de tasa de excedencia como la esperanza de ocurrencia de un número de sismos que exceden a una magnitud cualquiera por unidad de tiempo originados en un volumen de la corteza terrestre entendemos que aun teniendo los datos suficientes los valores en las gráficas serían despreciables.

5.1.3. Tsunamis

Los tsunamis o maremotos están formados por una secuencia de olas causadas generalmente por terremotos que ocurren debajo del fondo marino. Aunque menos comúnmente, los tsunamis también son generados por derrumbes submarinos, erupciones volcánicas submarinas y muy raramente por el impacto de un gran meteorito en el océano. Cabe aclarar que las erupciones volcánicas submarinas tienen el potencial de producir ondas de tsunami verdaderamente poderosas (Farreras, 2005).

Los tsunamis originados por la ocurrencia de un terremoto cerca o en el fondo del océano son los más comunes y cuando las olas arriban a las costas con gran altura, pueden provocar poderosas inundaciones con efectos destructivos como pérdida de vidas y daños materiales. En México la gran mayoría de los tsunamis se originan por sismos que ocurren en el contorno costero del Océano Pacífico, particularmente en los bordes de las placas tectónicas de tipo zonas de subducción, afectando principalmente a las zonas costeras (Farreras, 2005).

Los tsunamis son causados generalmente por terremotos submarinos, con profundidades menores a 50km bajo el piso marino y magnitudes mayores a 6.5. La frecuencia de ocurrencia de los tsunamis es muy baja, depende de la naturaleza y actividad sísmica de cada región, sin embargo cuando ocurren suelen causar graves daños materiales y humanos sobre las costas.

La generación de tsunamis está asociada con dislocaciones verticales del suelo marino, como es el caso de las zonas de subducción; mientras que las dislocaciones horizontales, como en la zona de dispersión y transformación del Golfo de California, rara vez producen tsunamis. Cuando grandes sismos de zonas como la del Golfo de California llegan a producir tsunamis, sus efectos son locales y no se propagan a distancias mayores a los 100 km (Isacks *et al.*, 1986).

En el caso de sismos de subducción, la superficie del mar se altera inmediatamente para adaptar su forma al cambio del fondo marino, por lo que en las costas se presenta una regresión del mar. Inmediatamente las ondas se difunden en todas direcciones de forma similar a anillos concéntricos, que se expanden en forma centrífuga, y se distorsionan rápidamente con la topografía del fondo marino y la morfología de las costas.

Estas ondas se propagan rápidamente con velocidades que pueden exceder los 700 Km/h en aguas profundas, donde la altura de ola es inferior a los 2 m. A medida que la onda viaja hacia la costa, es decir, hacia aguas menos profundas o someras, disminuye su velocidad aumentando su altura en forma considerable, y pueden llegar a alcanzar alturas extremas de hasta 30 m. Además de esto, cuando están cerca de las costas desarrollan fuertes corrientes, lo que contribuye a su acción destructora (Sánchez, 1980) (Figura 5.1.3.1).



Figura 5.1.3.1 Esquema que muestra la formación de un tsunami

La topografía submarina mar afuera y en las zonas costeras, puede determinar el tamaño e impacto de las ondas del tsunami. Cuando el tsunami alcanza la costa y se desplaza tierra adentro, el nivel del agua puede elevarse por varios metros. Puede ocurrir que la primera onda de tsunami no sea la más grande de la serie de ondas que lleguen a la costa, y en casos extremos, la inundación se puede extender a más de 300 metros tierra adentro, cubriendo extensas zonas con agua y escombros (Sánchez, 1980).

De acuerdo a la distancia en que se originan los tsunamis con respecto a la zona de interés, se clasifican en "locales", "regionales", y "lejanos" (CENAPRED, 2001).

Tsunamis locales: El lugar de arribo a la costa está muy cercano o dentro de la zona de generación, a menos de 100km. Ejemplo, el generado por el sismo del 19 de septiembre de 1985, que tardó sólo 30 segundos para llegar a Lázaro Cárdenas, y 23 minutos a Acapulco.

Tsunamis regionales: El litoral invadido está a no más de 1,000 km o a pocas horas de viaje de la zona de generación. Ejemplo, el provocado por un sismo en las costas de Colombia el 12 de diciembre de 1979, que tardó 4 horas para llegar a Acapulco.

Tsunamis lejanos: El sitio de arribo está muy alejado, en el Océano Pacífico, a más de 1,000 km de distancia de la zona de generación, a aproximadamente medio día o más de viaje. Ejemplo, el ocurrido tras un sismo en Chile el 22 de mayo de 1960, tardó aproximadamente 13 horas en llegar a Ensenada Baja California.

5.1.3.1 Peligro por Tsunamis

Como se mencionó anteriormente, en el Golfo de California el movimiento entre placas es lateral y el componente vertical en el movimiento del fondo marino es mínimo o nulo. Es decir que la Placa del Pacífico se desliza hacia el norte con respecto a la Placa de Norteamérica, a lo largo de la falla de desgarre del Golfo de California, por lo que se esperaría que no se produzcan tsunamis locales. Esto propicia que las costas de Baja California, Sonora y Sinaloa no sean fuentes de origen de tsunamis locales, ni receptoras de tsunamis regionales, sino únicamente receptoras de los tsunamis lejanos, y con alturas máximas de ola esperables de

3 metros (Farreras, 2005). La Figura 5.1.3.2, muestra la distribución de las áreas generadoras de tsunamis y las áreas receptoras de tsunamis lejanos a lo largo de la costa del Pacífico mexicano.

Los métodos utilizados para analizar el peligro a partir de las fuentes lejanas y las incertidumbres asociadas, son diferentes a los métodos e incertidumbres para los tsunamis generados por fuentes locales y regionales. En comparación con los tsunamis locales, los tsunamis lejanos tienen una parametrización más simple y está en función del mecanismo del terremoto, la magnitud y el patrón de radiación (Pelayo y Wiens, 1992; Abe, 1995; Polet y Kanamori, 2000).

La forma de las áreas de ruptura de los sismos en zonas de subducción es aproximadamente elíptica y alargada; lo que propicia que la mayor parte de la energía del tsunami, se propague perpendicularmente a su eje longitudinal hacia la costa cercana, y hacia su opuesta en el otro extremo del Océano Pacífico, y la menor parte de la energía, se desplaza paralelamente a ese eje a lo largo del litoral (Sánchez, 1980).

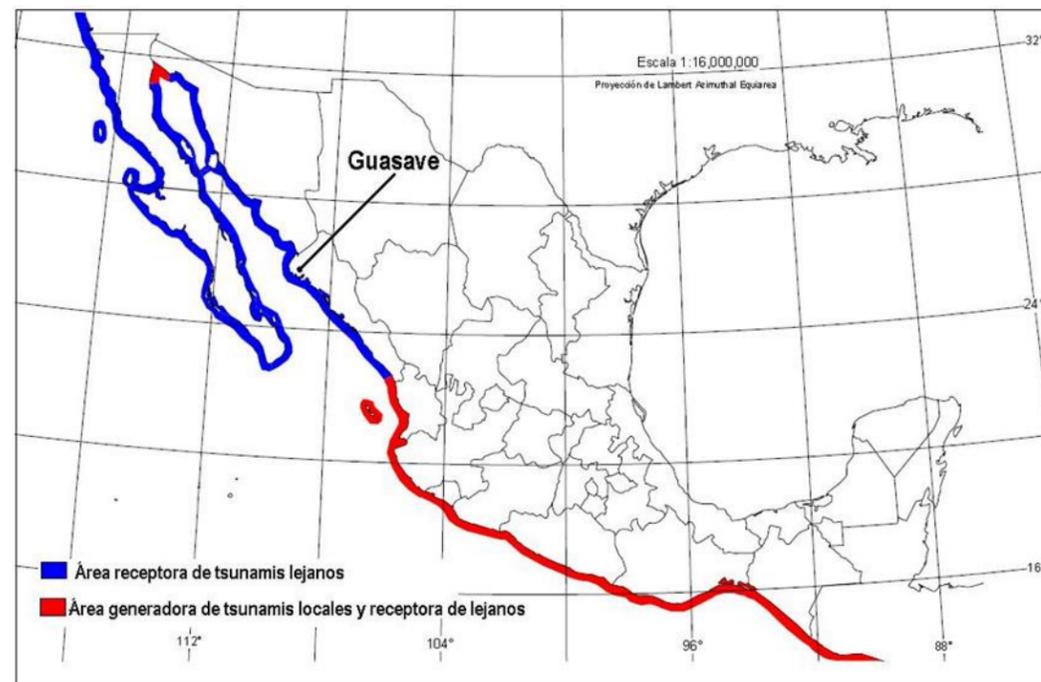


Figura 5.1.3.2 Áreas de México receptoras de tsunami lejanos (azul), y áreas generadoras de tsunamis locales y también receptoras de tsunamis (rojo) (CENAPRED, 2001).

En el caso de los tsunamis lejanos, este fenómeno de direccionalidad permite también inferir que, para las costas de México, las zonas de ruptura sísmica frente a las Islas Filipinas, las Islas Solomon, Tonga y Samoa representan el mayor peligro potencial de generación de tsunamis transpacíficos de efectos destructivos. Sin embargo, hasta ahora, estas zonas de ruptura no han mostrado ser muy activas en generación de sismos de grandes magnitudes que propicien la formación de tsunamis (Farreras, 2005). En la Figura 5.1.3.3 se muestran las zonas generadoras de tsunamis alrededor del mundo, que corresponden a los límites de placa de tipo de subducción en el Pacífico.

La investigación sobre tsunamis históricos puede ser de gran ayuda para analizar la frecuencia con que se ha presentado el fenómeno en el pasado, así como las afectaciones que ha producido en Guasave. La Tabla 5.1.3.1 es un resumen de los tsunamis que fueron registrados en la estación de mareográfica del puerto de Mazatlán, que se ubica a una distancia aproximada de 330 km al Sureste de Guasave, se indican la altura de ola registrada en dicha estación. Asimismo se incluyen los datos de la estación mareográfica de Guaymas, Sonora, que se encuentra a aproximadamente 350 km al Noroeste de Guasave. Dado que Guasave carece de estación mareográfica, y que se localiza a una distancia intermedia entre estas dos estaciones mareográficas, esto permite dar una idea aproximada de la altura de ola que pudo haberse presentado en el municipio de Guasave.

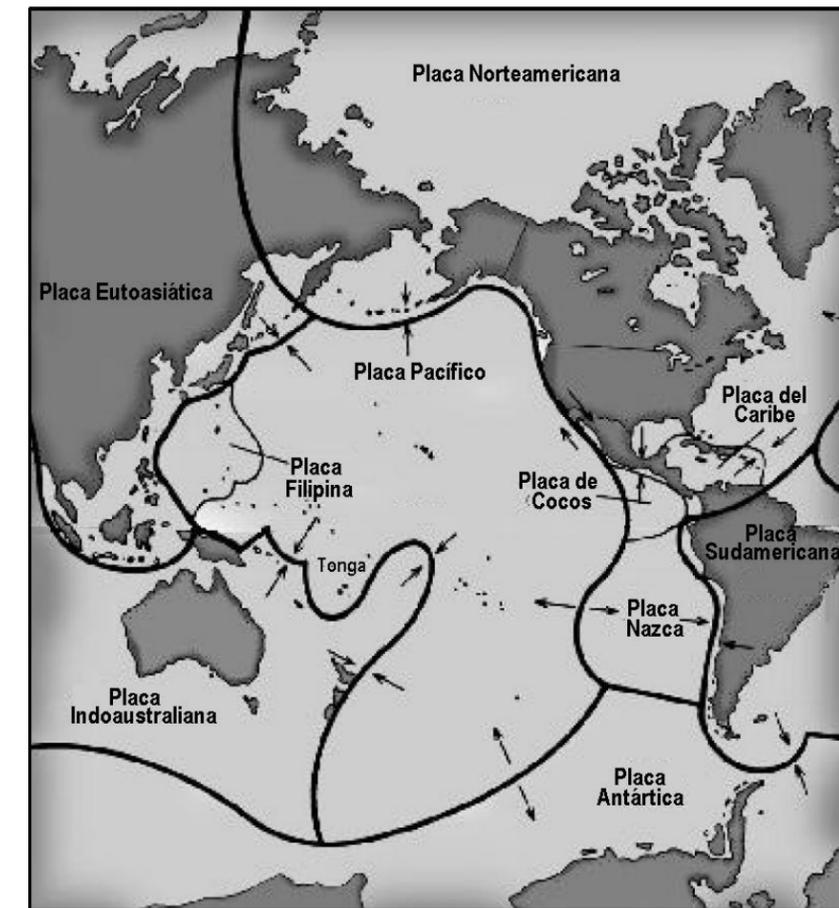


Figura 5.1.3.3 Las líneas negras corresponden a las zonas generadoras de tsunamis alrededor del mundo (Farreras, 2005)

Tabla 5.1.3.1. Tsunamis de origen lejano registrados en México de 1950 a 1993, y que pudieron afectar a Guasave (Sánchez y Farreras, 1993)

Fecha	Epicentro N - W	Zona	Mag	Estación	Altura Ola (m)	Descripción
9-III-1957	51.3° - 175°	I. Aleutianas	8.3	Guaymas Mazatlán	0.1 0.2	Pasó desapercibido en Sinaloa
22-V-1960	39.5°-74.5°	Chile	8.5	Guaymas Mazatlán	0.6 1.1	Las poblaciones de Ensenada, Mazatlán y Manzanillo experimentaron pánico
28-III-1964	1.1°- 147.6°	Alaska	8.4	Guaymas Mazatlán	0.1 0.5	En Mazatlán miles de personas huyeron a las partes altas en solo dos horas.
16-V-1968	41.5°- 142.7°	Japón	8.0	Guaymas Mazatlán	---- 0.1	Pasó desapercibido en Sinaloa

Tabla 5.1.3.2. de Tsunamis de origen regional, registrados entre 1875 2012 y que pudieron afectar Guasave (SEMAR)

Fecha	Epicentro N - W	Zona	Magnitud	Descripción
23/02/1875	Sin Registro	Colima/Manzanillo	Sin Registro	Agitación del océano
30/01/1973	18.4°-- 103.2°	Colima/Manzanillo	7.5	Olas con altura máxima de 1.30m
20/03/2012	16.25°--98.52°	Ometepec/Guerrero	7.4	El sismo fue muy fuerte que fue sentido en Culiacán, Sinaloa

Como se mencionó anteriormente, el área del municipio de Guasave es considerada sólo receptora de tsunamis lejanos, generados a más de 1,000 km de distancia, en diversas zonas del Pacífico, y por lo tanto no es posible definir una tasa de recurrencia. Asimismo, debido a la posición geográfica de Guasave, las alturas máximas de ola que se esperan son de 3 metros. Por otro lado, de la escasa información existente en cuanto a la presencia de tsunamis en el municipio de Guasave, se desprende que al menos en los últimos 50 años, el Municipio ha sido afectado por tsunamis en pocas ocasiones, así como que la afectación ha sido de poca intensidad.

De acuerdo a lo anterior, se observa que la zona costera del municipio de Guasave se encuentra expuesto a la acción de los tsunamis lejanos, por lo que en forma general, se le asignó un nivel de peligrosidad MEDIO con un grado de detalle de estudio de Nivel 2.

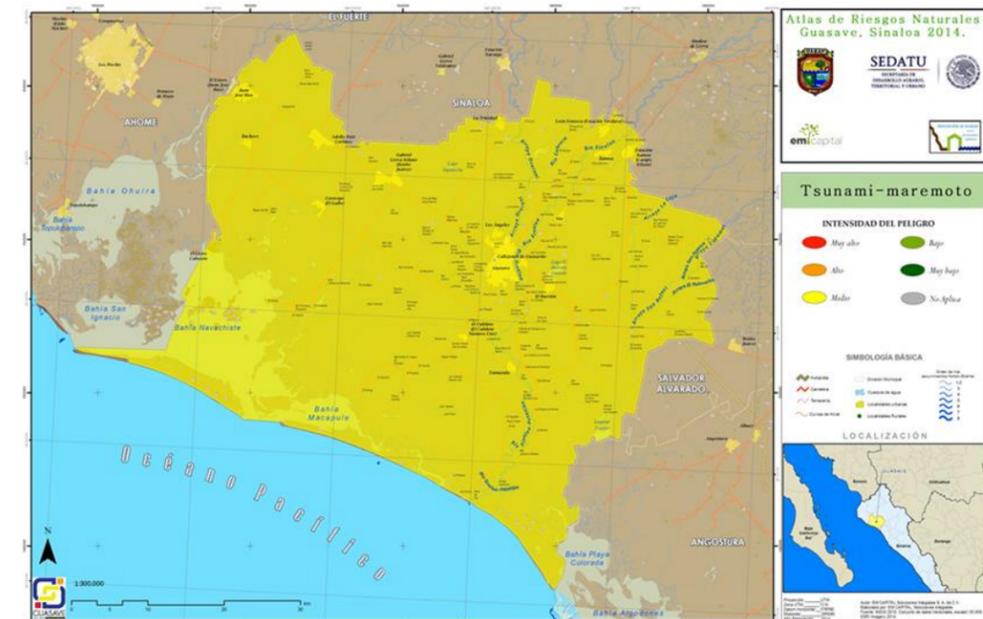


Figura 5.1.3.3.- Mapa de peligro por Tsunamis.

5.1.4. Inestabilidad de laderas

Un talud es una masa de tierra o roca que posee pendiente o cambios de altura significativos (Suárez, 1998). En la literatura técnica se utiliza la palabra "ladera" cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y "talud" cuando se formó artificialmente. Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención.

La nomenclatura siguiente define los elementos constitutivos de los taludes y las laderas (Figura 5.1.4.1):

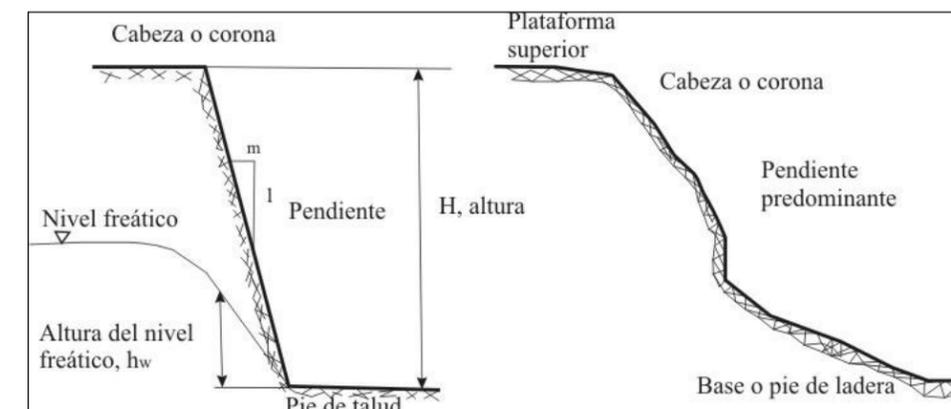


Figura 5.1.4.1. Nomenclatura de un talud y una ladera (Modificado de Suárez, 1998).

Altura (H): Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza.

Pie: Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

Cabeza o corona: Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

Altura de nivel freático: Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

Pendiente: Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: 45°, 100%, o 1H:1V.

Nomenclatura de la inestabilidad de laderas (procesos de remoción en masa)

Terzaghi (1950) definió un *deslizamiento* como un desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una ladera, en el cual el centro de gravedad de la masa que se desplaza se mueve hacia abajo y hacia el exterior. Diversos autores han definido de manera diferente este proceso pero una definición apropiada del término deslizamiento la dan Skempton y Hutchinson (1969, en Alcántara-Ayala, 2000): “un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de masas de suelo o roca, que ocurre en una superficie de cizallamiento en los límites de la masa desplazada”. Un deslizamiento implica el movimiento de cierto tipo de material (bloques de roca, suelo o detritos) sobre una o más superficies bien definidas, sobre las cuales se produce un movimiento de cizalla o de corte. Por esta razón el término deslizamiento es incorrecto para referirse a todos los tipos de procesos de ladera. Alcántara-Ayala (2000) propone traducir el término *landslide* como “movimiento del terreno”, lo que permite diferenciar cada tipo de proceso e interpretar adecuadamente cada mecanismo particular. De esta forma los términos “movimientos de ladera”, “movimientos del terreno”, “**inestabilidad de laderas**” o “**Procesos de Remoción en Masa**” se consideran como sinónimos y están relacionados con diversos mecanismos de movimiento, uno de los cuales es el deslizamiento.

Se entiende por proceso de remoción en masa el movimiento ladera abajo de masas de suelo, detritos y rocas, como resultado de la influencia directa de la gravedad y que son desencadenados por factores internos y externos (Alcántara-Ayala, 2000). La terminología para referirse a los procesos de remoción ha ido evolucionando. Las clasificaciones de los PRM suelen referirse a los tipos de materiales involucrados, al mecanismo y tipo de rotura, al contenido de agua del terreno y a la velocidad y magnitud del movimiento. Sin embargo, una clasificación actual y aplicada a nivel internacional es la que se basa en el tipo movimiento y de material (EPOCH, 1996; Dikau *et al.*, 1996; Cruden y Varnes, 1996; Hutchinson, 1998; Alcántara-Ayala, 2000; Leroueil *et al.*, 2001).

De acuerdo con dicha clasificación, los PRM se dividen en las siguientes clases (Cruden y Varnes, 1996):

- Deslizamiento (slide)
- Caída (fall)
- Volteo (topple)
- Flujo (flow)

- Expansión lateral (spread, lateral spreading)
- Complejo (complex)

Mientras que los materiales son divididos en tres grupos:

- Roca
- Detritos (partículas mayores a 2 mm)
- Suelo (partículas menores a 2 mm)

De esta forma se pueden combinar los términos para hacer mención a un mecanismo en particular y al material involucrado: flujo de suelos o detritos, caída de rocas o detritos, etc. El mecanismo complejo se refiere a la combinación entre dos o más procesos. Esta clasificación es de gran utilidad para abordar el estudio de los PRM, ya sea para la cartografía, la descripción detallada en campo, el establecimiento de la tipología en relación con las características geológicas, morfológicas y estructurales de las laderas, además de facilitar la comunicación entre distintas disciplinas (geología, geografía, geomorfología, ingeniería y protección civil).

Para este tema de desarrollo específicamente el fenómeno de deslizamientos, los cuales consisten en deslizamientos de bloques o cuñas en cortes o en zonas escarpadas. Asimismo hay deslizamiento de bloques dentro de las zonas urbanas, que han sido removidos por la población o sobre los cuales están cimentadas las viviendas.

Metodología

Para obtener el mapa de peligro, se usó el **método de cartografía directa en campo así como el análisis multicriterio**, dado el grado de exposición tan evidente de las zonas de caídos y afloramientos rocosos con el potencial de presentar caídos o volteos.

Mediante mapas a escala detallada se hizo la cartografía directa de los procesos, identificando tipo y mecanismo de falla, tamaño de bloques, sistemas de fracturamiento y potenciales afectaciones. El tipo de roca consiste en roca andesítica con intenso fracturamiento y brecha volcánica, que consiste en bloques inmersos en una matriz más fina.



Figura 5.1.4.2. Aspecto de una discontinuidad orientada a favor del deslizamiento (Cerro El Huitusi).



Figura 5.1.4.3. Aspecto de los nichos o cicatrices de deslizamientos de bloques antiguos (Cerro El Huitusi).

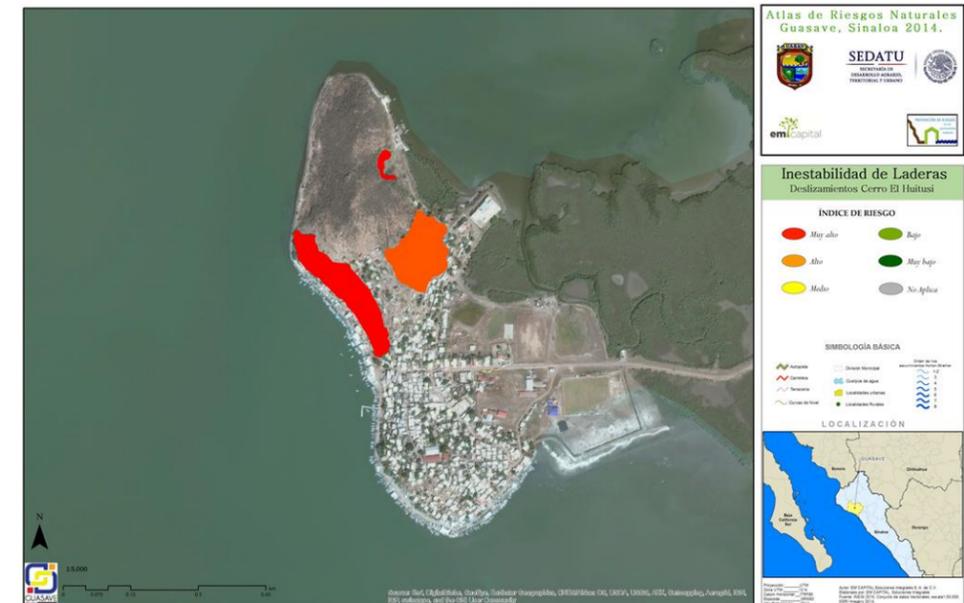


Figura 5.1.4.4.- Mapa de inestabilidad de laderas. (Deslizamiento) El Huitusi



Figura 5.1.4.4.- Mapa de inestabilidad de laderas. (Deslizamiento) Cerro el Cabezón.

5.1.5. Flujos

Los flujos se refieren al movimiento de una masa desorganizada de material, donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas (Hungar *et al.*, 2005). Debido a ello la masa movida no conserva su forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo morfologías lobuladas. Para este tipo de movimientos es determinante la granulometría y el grado de saturación que los materiales puedan presentar. Se clasifican en:

Flujo de lodo.

Los flujos de lodo o de detritos están asociados con la presencia de agua. La pendiente no necesita ser muy grande, ya que tratándose de materiales finos saturados, estos se comportan como un semifluido viscoso y su movimiento es a través de cauces o barrancas, por lo que este proceso será importante donde se encuentren estos elementos.

Flujo de detrito.

Son movimientos rápidos a muy rápidos de detritos húmedos o con alto grado de saturación. Esta forma destructiva de falla del talud está asociada a zonas montañosas donde una precipitación puede movilizar los detritos del manto e incorporarlos en un flujo. El material involucrado puede ser detritos de roca alterada o acumulaciones de material de escombros. Asimismo, en taludes arenosos se pueden presentar flujos secos (Figura 5.1.5.1), que pueden ser detonados por fuerzas sísmicas, vibraciones o cortes en la base.

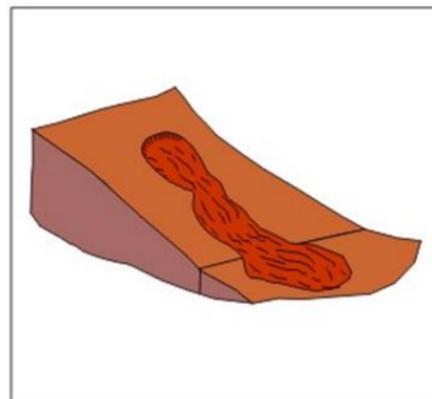


Figura 5.1.5.1. Esquema de un flujo de detritos.

Metodología

Para la determinación de los flujos, se realizó un análisis multicriterio considerando los siguientes factores: geología, uso actual de suelo, pendiente y corrientes y precipitación media anual, a través de la información existente en la cartografía temática de INEGI y SEMARNAT. La categorización y los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

USO DE SUELO	Calif
Agricultura de Riego	5
Agricultura de Temporal	5
Área sin vegetación	5
Área Urbana	4
Manglar	1
Matorral Crasicaule	1
Matorral Sarcocaula	1
Vegetación Halofila	1

Pendiente	Calif
>40 grados	5
Entre 30 y 40 grados	3
< 30 grados	1

Distancia de un cauce	Calif
< 30 m	1
> 50 m	2
31-50 m	3
Más de 50 m	4

GEOLOGÍA	Calif
Aluvial	4
Andesita-Brecha volcánica intermedia	3
Arenisca	4
Arenisca-Conglomerado	5
Eólico	3
Toba ácida-Brecha volcánica ácida	3

Valoración de precipitación media anual

PRECIPITACIÓN 24 hrs (mm)	
Rango	Categoría
< 100	1
100-200	2
200-250	3
250-300	4
> 300	5

El mapa de flujos se obtiene del cálculo de mapas por factores condicionantes (geología, uso de suelo y vegetación, pendiente y corrientes de agua) y detonantes (precipitación media anual), que resultan de hacer una suma lineal ponderada, es decir, se determinaron pesos relativos de manera analítica a las variables que componen estos dos factores, dependiendo del grado de influencia que tiene cada variable para que suceda dicho fenómeno.

Resultado

De acuerdo con el análisis de peligro, la información bibliográfica y la visita a campo se pudo determinar que el municipio presenta solo una zona con susceptibilidad al fenómeno de flujos detectada al este del cerro el Cabezón.



Figura 5.1.5.2. Mapa de peligro por flujos Cerro el Cabezón

5.1.6. Caídos o derrumbes

Comprende el descenso rápido y libre de bloques de roca con tamaño y forma variable, de taludes con fuerte pendiente. El movimiento puede incluir deslizamiento, rodamiento, rebotes y caída libre. Este mecanismo es común en escarpes de falla, cortes verticales y taludes formados por bloques inmersos en una matriz fina (Figura 5.1.6.1). El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido y puede ser precedido o no, de movimientos menores que conduzcan a la separación progresiva o inclinación del bloque. En ensayos de campo, se ha observado que los bloques de roca o material tienden a moverse en caída libre cuando la pendiente superficial es mayor a 75°, en taludes con una pendiente menor, los materiales generalmente rebotan y con pendientes menores a 45° los bloques tienden a rodar (Giani, 1992; Suárez, 1998). Una vez que una roca ubicada en el talud inicia su movimiento, el factor más importante que controla la trayectoria de caída es la geometría del talud y el coeficiente de restitución (Giani, 1992).

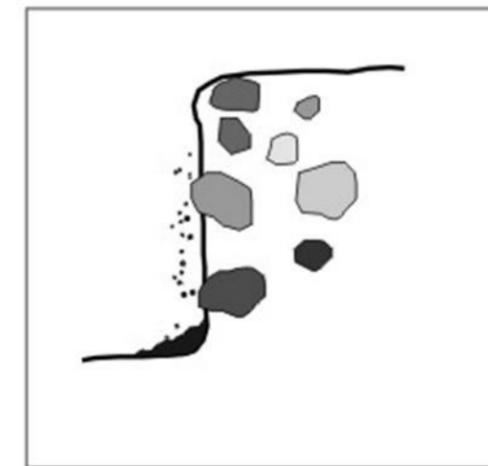


Figura 5.1.6.1.- Ejemplo de una caída por desprendimiento de un bloque inmerso en una matriz arenosa.

Las caídas se pueden subdividir en (Hutchinson, 1998):

1.- Movimientos primarios o desprendimientos.

Un desprendimiento es aquel movimiento de una porción de suelo o roca, en forma de bloques aislados o masivamente, que en una parte de su trayectoria desciende por el aire en caída libre (Figuras 5.1.6.2 y 5.1.6.3) volviendo a entrar en contacto con el terreno donde se pueden producir saltos, rebotes y rodamiento. Este proceso involucra material fresco que se ha separado del talud.

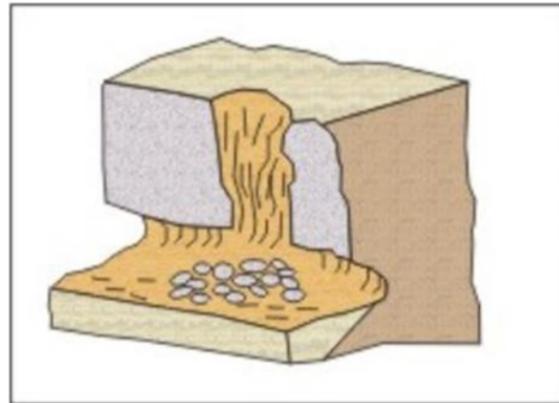


Figura 5.1.6.2.- El desprendimiento es común en escarpes o en cortes verticales.

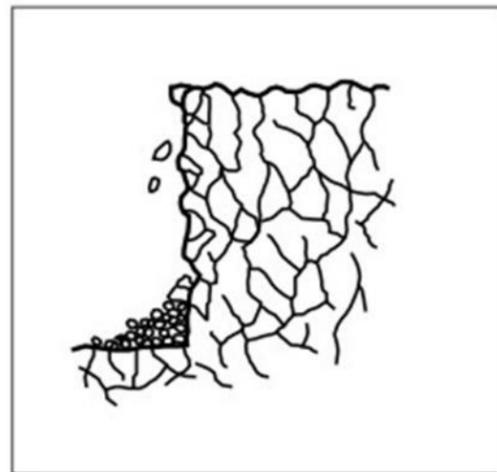


Figura 5.1.6.3.- En zonas brechadas ya sea por fallas o por el emplazamiento de coladas de lava, es común el desprendimiento de rocas.

2.- Movimientos secundarios o rodamiento.

Involucra material disgregado, que ha quedado como un residuo del primario. También se puede tratar de bloques que han quedado separados de la masa rocosa y que están apoyados sobre la ladera con la posibilidad de rodar pendiente abajo (Figura 5.1.6.4).

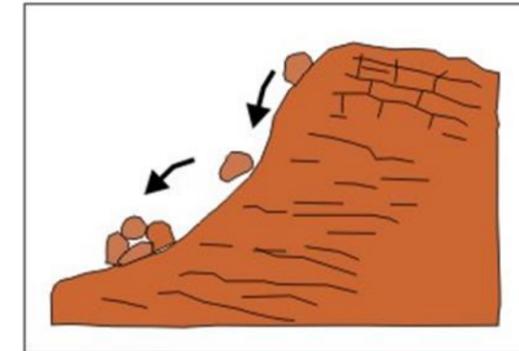


Figura 5.1.6.4- Ejemplo de una caída por rodamiento.

Derrumbes (Volteos).

Este tipo de movimiento ocurre cuando la resultante de las fuerzas aplicadas a un bloque cae fuera de un punto que sirve como pivote en la base del mismo y alrededor del cual se produce el giro o volteo. Esta falla es común en masas rocosas con discontinuidades casi verticales. Una característica fundamental para este mecanismo de falla es la orientación de las discontinuidades, las cuales son verticales o subverticales. Cuando el echado es a favor de la pendiente se presenta el volteo de bloques y cuando el echado es en contra de la pendiente, se puede presentar volteo con flexión de las capas. Este mecanismo es común en zonas escarpadas, cantiles, cortes verticales, frentes de flujo de lava y en zonas afectadas por fallas normales. Los tipos de inestabilidad asociados al volteo son (Hoek y Bray, 1996):

Volteo con flexión.

Se presenta cuando un sistema de discontinuidades orientado subverticalmente y con echado en contra del talud, delimita capas o columnas semicontinuas, donde la fuerza del peso induce un momento y los bloques tienden a flexionarse. Este mecanismo de falla puede ser inducido por erosión o excavaciones en el pie del talud (Figura 5.1.6.5).

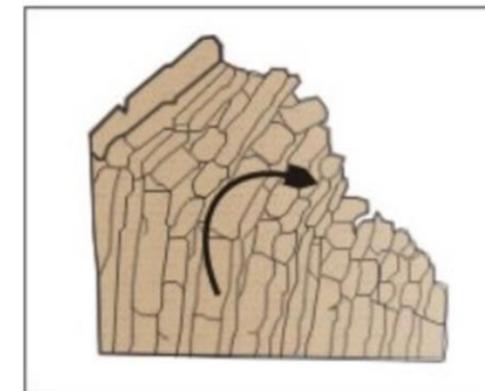


Figura 5.1.6.5.- Volteo con flexión de estratos en un domo volcánico.

Volteo de bloques.

Este mecanismo de falla ocurre cuando se trata de bloques singulares que son divididos por discontinuidades muy espaciadas y con gran apertura (Figura 5.1.6.6).

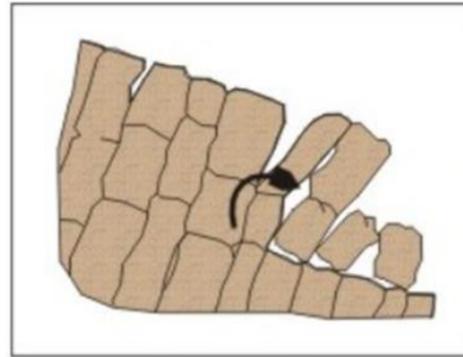


Figura 5.1.6.6.- Volteo de bloques, independizados por discontinuidades de gran apertura.

En las localidades conocidas como El Huitusi y el Cerro Cabezon, existen problemas asociados a caídas de rocas, volteo y deslizamiento de bloques o cuñas. En el Cerro el Huitusi, existen cortes realizados para la extracción de material en los cuales se deberá tener precaución en que se formen asentamientos humanos cerca de estos sitios.



Figura 5.1.6.7.- Zona de mina a cielo abierto, propensa a caídos y volteos.

Metodología

Para obtener el mapa de peligro, se usó el **método de cartografía directa en campo**, dado el grado de exposición tan evidente de las zonas de caídos y afloramientos rocosos con el potencial de presentar caídos o volteos.

Mediante mapas a escala detallada se hizo la cartografía directa de los procesos, identificando tipo y mecanismo de falla, tamaño de bloques, sistemas de fracturamiento y potenciales afectaciones.



Figura 5.1.6.8. Bloques sueltos, independizados del macizo rocoso, con el potencial de volcar y rodar pendiente abajo, afectando a las viviendas.



Figura 5.1.6.9. Zona de bloques sueltos apoyados sobre la ladera.



Figura 5.1.6.10. Mapa de peligro por caídos Cerro El Cabezón.



Figura 5.1.6.11 Mapa de peligro por caídos El Huitusi

5.1.7. Hundimientos

Un hundimiento es un movimiento de la superficie terrestre en el que predomina el sentido vertical descendente y que tiene lugar en áreas acclinales o de muy baja pendiente. Este movimiento puede ser inducido por distintas causas y se puede desarrollar con velocidades muy rápidas o muy lentas según sea el mecanismo que da lugar a tal inestabilidad.

Los hundimientos son comunes en donde la roca que existe debajo de la superficie es piedra caliza, roca de carbonato, tiene capas de sal o son rocas que pueden ser disueltas naturalmente por la misma circulación del agua subterránea. Al disolverse la roca, se forman espacios y cavernas subterráneas, la tierra se mantiene usualmente intacta por cierto tiempo, cuando estos espacios se hacen demasiado grandes y ya no pueden soportar el peso de la superficie de la tierra ocurre el hundimiento.

Los hundimientos pueden ser clasificados en dos tipos:

1. Hundimientos y colapsos de cavidades subterráneas, con o sin reflejo en superficie. Es el movimiento vertical rápido y súbito, es decir, el hundimiento se da de forma rápida con una duración de segundos por cada metro cuadrado.
2. Subsidiencias o descensos lentos y paulatinos de la superficie del terreno. Es el movimiento vertical lento o muy lento, es decir, el hundimiento se da poco a poco, de forma gradual unos metros o centímetros al año, afectando a una superficie amplia de kilómetros cuadrados.

Las cavidades subterráneas pueden tener un origen natural o antrópico. Los hundimientos de origen natural, asociados a presencia de cavidades o cuevas naturales, están relacionados con materiales kársticos o solubles. Los hundimientos producto de actividad antrópica son favorecidos por las explotaciones mineras de interior (excavación de minerales estratificados como el carbón, o minería de disolución en materiales salinos), excavaciones para túneles de carretera, ferrocarril o metro, almacenamientos.

En el Municipio de Guasave, no se han reportado fenómenos de este tipo, por parte de Protección Civil Municipal ni por la población. Se determina por tanto que este fenómeno **NO APLICA**.

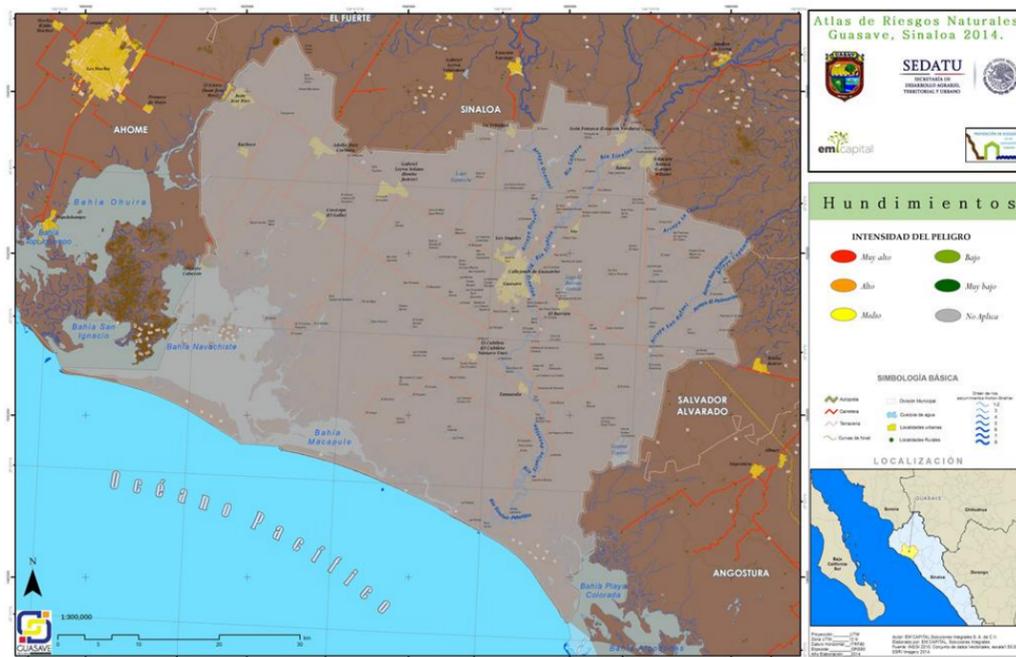


Figura 5.1.7.1. Mapa peligro por hundimientos.

5.1.8. Subsistencia

La subsistencia del terreno es únicamente la manifestación en superficie de una serie de mecanismos subsuperficiales de deformación. Desde un punto de vista genético hay dos tipos de subsistencia: endógena y exógena. El primero de estos términos hace referencia a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc. El segundo se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos.

La subsistencia puede también clasificarse en función de los mecanismos que la desencadenan. Las actividades extractivas de mineral en galerías subterráneas, la construcción de túneles, la extracción de fluidos (agua, petróleo o gas) acumulados en reservorios subterráneos, el descenso de nivel freático por estiajes prolongados, la disolución natural del terreno y lavado de materiales por efecto del agua, los procesos morfotectónicos y de sedimentación o los procesos de consolidación de suelos blandos u orgánicos, son algunas de las causas de los procesos de subsistencia.

En el Municipio de Guasave, no se han reportado fenómenos de este tipo, por parte de Protección Civil Municipal ni por la población. Se determina por tanto que este fenómeno **NO APLICA**.

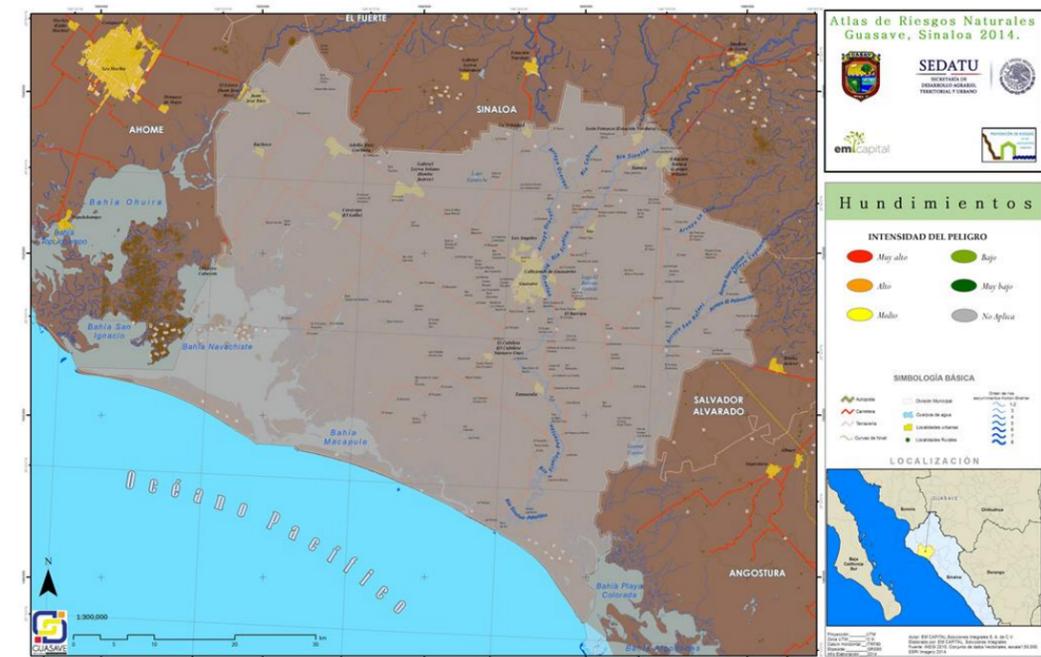


Figura 5.1.8.1. Mapa de peligro por subsidencia

5.1.9. Agrietamientos

En México existe la experiencia relacionada con esta problemática en ciudades como Aguascalientes, Celaya y Toluca, y en algunas partes de la zona oriente de la Ciudad de México. Para detectar este problema se deberá tener presente que normalmente, cuando se inician los movimientos del terreno, en las construcciones se empiezan a manifestar fisuras pequeñas en muros, techos y cualquier elemento estructural sin excepción. El deterioro de las obras progresa al ritmo en que evolucionan los movimientos diferenciales del subsuelo, pudiendo llegar hasta el colapso total, si no se identifica claramente y se elimina totalmente la causa de los desplazamientos del terreno. Normalmente en la periferia de la zona donde se presenta el problema de hundimientos diferenciales, al sumarse los efectos del desplazamiento verticales y horizontales, la superficie del terreno natural tiende a agrietarse. A estas aberturas de la superficie se les conoce como grietas de tensión. Bajo estas circunstancias, es frecuente que las grietas de tensión aparezcan donde además existe un contacto o frontera entre dos o más formaciones geológicas distintas.

En el Municipio de Guasave, no se han reportado fenómenos de este tipo, por parte de Protección Civil Municipal ni por la población. Se determina por tanto que este fenómeno **NO APLICA**.

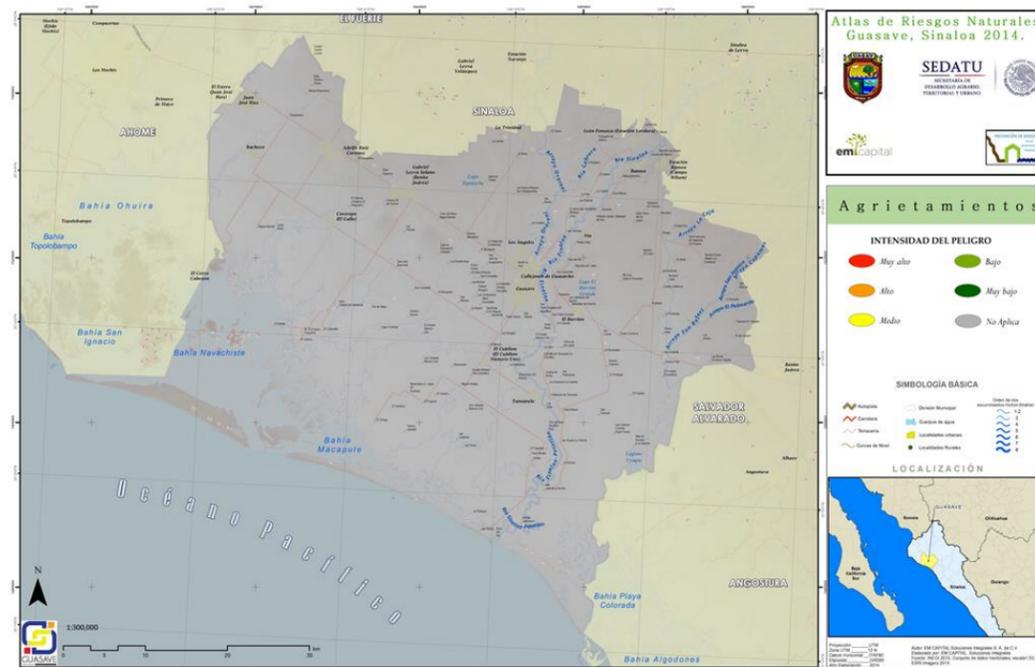


Figura 5.1.9.1. Mapa de peligro por Agrietamiento

5.1.10. Erosión Costera

Peligro

- Metodología

El peligro de erosión se estimó mediante dos métodos distintos, uno cuantitativo y otro cualitativo. El primero consiste en el cálculo del avance o retroceso de la línea de costa a partir de imágenes históricas. Esta tasa se normalizó y se expresó en términos de peligro de erosión en 5 rangos: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo. La información se calculó para una serie de puntos a lo largo de la costa, de tal forma que la variabilidad espacial del peligro por erosión está dada de forma paralela a la costa. Para obtener el peligro para cada manzana evaluada, se extrapolaron los datos obtenidos para la línea de costa, hacia tierra adentro.

El segundo método consistió en el levantamiento de datos de campo, de acuerdo a los niveles de análisis 1 y 2. Los datos consisten en perfiles de playa, donde se registró la elevación, pendiente y ancho de la playa; fotografías de las zonas más afectadas; y muestras de sedimento y de debris producto de la erosión. Este método se complementó con un análisis de los principales rasgos geomorfológicos de la zona, descritos en el inciso e de esta sección.

Vulnerabilidad

Dado que no existe información a nivel manzana o AGEB para estimar la vulnerabilidad física o socioeconómica en la zona costera del municipio de Guasave, para fines de este estudio y dada la gran importancia del peligro de erosión, la vulnerabilidad a la erosión se determinó a través de la caracterización geomorfológica de la costa y la evaluación de los atributos geomorfológicos de acuerdo a su vulnerabilidad a la erosión, siguiendo el método de Cuevas et al. (en prensa). La caracterización geomorfológica de playas se realizó empelando herramientas de teledetección adoptando un método de clasificación apropiado que integra y sintetiza la información colectada y la expresa en un indicador. Esta técnica permite identificar diferentes niveles de susceptibilidad/vulnerabilidad a la erosión en playas y el consiguiente riesgo de erosión. La caracterización está basada en determinar el contexto geomorfológico en que las playas ocurren, esto es, describir el tipo de costa, en función del ancho de playa, presencia de vegetación de duna, así como la presencia de desarrollo urbano y la distancia de éste hacia la línea de costa.

La descripción geomorfológica de las playas en la zona de estudio se realiza mediante fotointerpretación de imágenes satelitales. Los criterios asociados a la vulnerabilidad a la erosión (ancho de playa, presencia de vegetación de duna, desarrollo urbano y distancia a la costa) son expresados en capas shapefiles y sobrepuestos sobre la línea de costa para posteriormente ser sometidas a procesos de combinación y análisis para la determinación de las zonas críticas, en términos de vulnerabilidad a la erosión. El tipo de combinación aplicada es del tipo lineal ponderada (weighted linear combination), donde los factores son combinados aplicando un peso a cada uno, lo que genera un mapa que sintetiza tal combinación (Eastman, 1995; Burrough y McDonnell, 1998; Barredo, 1996). Este método es conocido como Evaluación Multi Criterio (MCE, por sus siglas en inglés). La ecuación que permite combinar los diferentes factores o criterios considerados para obtener el indicador de vulnerabilidad es:

$$V = 0.3AP + 0.05VD + 0.15DU + 0.5DC$$

Donde:

V= es el indicador de vulnerabilidad, AP= es ancho de playa, VD= es presencia de vegetación de duna, DU= es nivel de desarrollo urbano, y DC= es distancia a la costa. El valor precedente a cada criterio es el peso asignado.

La estandarización consiste en normalizar los criterios a una escala de 0 a 1, donde 0 representa la menor vulnerabilidad y 1 la mayor vulnerabilidad a la erosión. En el caso de ancho de playa, presencia de vegetación de duna y distancia de la costa, entre mayor es el valor calculado, menor es la vulnerabilidad a la erosión, mientras que en el caso de desarrollo urbano se observa que a mayor desarrollo, mayor es la vulnerabilidad ya que son más los bienes y vidas expuestas, además de que el nivel de desarrollo hace a la playa menos resiliente. De tal forma que en el caso de nivel de desarrollo, al valor calculado para cada manzana, además de normalizarlo se le restó la unidad para que expresara la vulnerabilidad de la misma forma que los otros tres criterios.

Riesgo

La información generada en el análisis de vulnerabilidad es después correlacionada con el peligro de erosión obtenido a partir de las tasas de erosión/acreción medidas, para combinar los resultados obtenidos y generar un shapefile donde se divide la costa de acuerdo al riesgo de erosión, de acuerdo a la siguiente matriz:

Vulnerabilidad \ Peligro	Vulnerabilidad				
	MA	A	M	B	MB
MA	MA	MA	A	A	M
A	MA	A	A	M	M
M	A	A	M	M	B
B	M	M	M	B	B
MB	M	B	B	B	MB

Tabla 5.1.10.1. Cruce de variables para estimar el Riesgo

Memoria de cálculo

FID	AP	VD	DU	DC	PVD	PDU	PDC	PAP	ERO_VUL	EROVUL2	EROPELIGRO	RIESGO
0	0.8692	1	1	0.2	0.05	0.15	0.14	0.2608	0.6008	Baja	Bajo	Bajo
1	0.8692	1	1	0.6	0.05	0.15	0.34	0.2608	0.8008	Muy Baja	Bajo	Bajo
2	0.8692	1	1	0.3	0.05	0.15	0.16	0.2608	0.6258	Baja	Bajo	Bajo
3	0.8692	1	1	0.6	0.05	0.15	0.34	0.2608	0.8058	Muy Baja	Bajo	Bajo
4	0.4307	0	1	0.1	0	0.15	0.08	0.1292	0.3592	Alta	Alto	Alto
5	0.423	0	0.6	0.1	0	0.09	0.05	0.1269	0.2669	Alta	Alto	Alto
6	0.423	0	0.6	0.3	0	0.09	0.16	0.1269	0.3769	Alta	Alto	Alto
7	0.2615	0	0.4	0.2	0	0.06	0.12	0.0785	0.2635	Alta	Alto	Alto
8	0.2615	0	0.4	0	0	0.06	0.02	0.0785	0.1635	Muy Alta	Alto	Muy Alto
9	0.1307	0	0.6	0.2	0	0.09	0.1	0.0392	0.2292	Alta	Alto	Alto
10	0.1307	0	0.6	0	0	0.09	0	0.0392	0.1342	Muy Alta	Alto	Muy Alto
11	0.0384	0	0.3	0.1	0	0.04	0.08	0.0115	0.1415	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
12	0	0	0.1	0.1	0	0.01	0.06	0	0.08	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
13	0	0	0.2	0	0	0.03	0.04	0	0.075	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
14	0.423	0	0.5	0.5	0	0.07	0.29	0.1269	0.4919	Media	Alto	Alto
15	0.2615	0	0.3	0.5	0	0.04	0.25	0.0785	0.3785	Alta	Alto	Alto
16	0.423	0	0.5	0.6	0	0.07	0.31	0.1269	0.5119	Media	Alto	Alto
17	0.4307	0	0	0.6	0	0	0.33	0.1292	0.4642	Media	Alto	Alto
18	0.2615	0	0.3	0.5	0	0.04	0.25	0.0785	0.3735	Alta	Alto	Alto
19	0.423	0	0.6	0.7	0	0.09	0.38	0.1269	0.5969	Media	Alto	Alto
20	0.2615	0	0.7	0.7	0	0.10	0.35	0.0785	0.5385	Media	Alto	Alto
21	0.1307	0	0.5	0.4	0	0.07	0.22	0.0392	0.3392	Alta	Alto	Alto
22	0.0384	0	0.3	0.3	0	0.04	0.19	0.0115	0.2515	Alta	Muy Alto	Muy Alto
23	0	0	0.1	0.3	0	0.01	0.17	0	0.19	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
24	0.1307	0	0.3	0.6	0	0.04	0.31	0.0392	0.3942	Alta	Muy Alto	Muy Alto
25	0.0384	0	0.5	0.5	0	0.07	0.28	0.0115	0.3715	Alta	Muy Alto	Muy Alto
26	0	0	0.6	0.5	0	0.09	0.27	0	0.365	Alta	Muy Alto	Muy Alto
27	0	0	0.1	0.3	0	0.01	0.16	0	0.18	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
28	0.1615	0	0.4	0	0	0.06	0.02	0.0485	0.1335	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
29	0	0	0.6	0	0	0.09	0.01	0	0.105	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
30	0.1615	0	0.4	0.4	0	0.06	0.21	0.0485	0.3235	Alta	Muy Alto	Muy Alto
31	0.1615	0	0.5	0.5	0	0.07	0.25	0.0485	0.3785	Alta	Muy Alto	Muy Alto
32	0	0	0.6	0.5	0	0.09	0.27	0	0.365	Alta	Muy Alto	Muy Alto
33	0.1615	0	0.6	0.7	0	0.09	0.37	0.0485	0.5135	Media	Muy Alto	Alto
34	0	0	0.7	0.7	0	0.1	0.38	0	0.49	Media	Muy Alto	Alto
35	0	0	0.6	0.7	0	0.9	0.39	0	0.485	Media	Muy Alto	Alto
36	0.1538	0	0.5	0.6	0	0.7	0.34	0.0461	0.4661	Media	Muy Alto	Alto
37	0.1538	0.5	1	0	0.02	0.15	0.02	0.0461	0.2411	Alta	Muy Alto	Muy Alto
38	0.1538	0.3	1	0	0.01	0.15	0.04	0.0461	0.2511	Alta	Muy Alto	Muy Alto
39	0.8384	0.5	0.8	0.6	0.02	0.12	0.33	0.2515	0.7315	Baja	Muy Alto	Alto
40	0.8384	0.5	0.5	0.6	0.02	0.07	0.33	0.2515	0.6815	Baja	Muy Alto	Alto
41	0.8384	0.5	0.2	0.6	0.02	0.03	0.31	0.2515	0.6215	Baja	Muy Alto	Alto
42	0.7693	0.3	0.3	0.5	0.01	0.04	0.27	0.2308	0.5658	Media	Muy Alto	Alto
43	0.7693	0.3	0.3	0.4	0.01	0.04	0.22	0.2308	0.5108	Media	Muy Alto	Alto
44	1	0.3	0.2	0.3	0.01	0.03	0.19	0.3	0.54	Media	Muy Alto	Alto
45	1	0.3	0.1	0.4	0.01	0.01	0.2	0.3	0.535	Media	Muy Alto	Alto
46	0.7693	0.3	0.7	0.7	0.01	0.1	0.39	0.2308	0.7408	Baja	Muy Alto	Alto
47	0.7693	0.3	1	0.7	0.01	0.15	0.36	0.2308	0.7608	Baja	Muy Alto	Alto
48	0.7693	0.3	0.9	0.7	0.01	0.13	0.38	0.2308	0.7608	Baja	Muy Alto	Alto
49	0.7693	0.3	0.7	0.6	0.01	0.10	0.33	0.2308	0.6858	Baja	Muy Alto	Alto
50	1	0.3	0.7	0.6	0.01	0.10	0.32	0.3	0.74	Baja	Muy Alto	Alto
51	1	0.3	0.5	0.6	0.01	0.07	0.31	0.3	0.705	Baja	Muy Alto	Alto
52	1	0.3	0.5	0.6	0.01	0.07	0.32	0.3	0.71	Baja	Muy Alto	Alto
53	0.8384	0	1	0.8	0	0.15	0.42	0.2515	0.8215	Muy Baja	Muy Alto	Medio
54	0.8384	0	0	0.8	0	0	0.44	0.2515	0.6915	Baja	Muy Alto	Alto
55	0.1307	0	0.8	0.9	0	0.12	0.45	0.0392	0.6092	Baja	Alto	Medio
56	0.0384	0	0.5	0.8	0	0.07	0.41	0.0115	0.4965	Media	Muy Alto	Alto
57	0	0	0.5	0.7	0	0.07	0.38	0	0.455	Media	Muy Alto	Alto
58	0	0	0.7	1	0	0.10	0.5	0	0.605	Baja	Muy Alto	Alto
59	0.2615	0	0.6	0.8	0	0.09	0.42	0.0785	0.5935	Media	Alto	Alto
60	0.0384	0	1	0	0	0.15	0	0.0115	0.1615	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto

Tabla 5.1.10.2. Memoria de cálculo

Resultados del análisis

Los cálculos de peligro, vulnerabilidad y riesgo y sus consiguientes resultados se realizaron para la zona de Playa Las Glorias, que es la única parte de la costa del municipio de Guasave que se encuentra urbanizada. El resto de la costa, además de no contar con infraestructura, se encuentra estable o en acreción, por lo que no se consideró necesario realizar el análisis a detalle.

Se observó que el peligro de erosión varía a lo largo de la costa de Playa Las Glorias, de bajo a muy alto. La parte central presenta las mayores tasas de erosión y coincide con la mayor urbanización, por lo que es también donde se han registrado los mayores daños y pérdidas. La parte occidental de esta sección de costa, por otra parte, ha presentado acreción a partir de la construcción del espigón terminal de La Bocanita, por lo que el peligro se ha disminuido en gran medida. Es importante mencionar que los valores de peligro obtenidos a partir del análisis de posición de la línea de costa son válidos para el presente y pueden variar si las condiciones actuales cambian, por ejemplo si se elimina el espigón terminal.

La vulnerabilidad estimada para la zona de Playa Las Glorias presenta una distribución similar al peligro de erosión, donde los mayores valores se encuentran en la parte central, donde la playa es más angosta y por ende las edificaciones se encuentran más cerca del embate del oleaje y las marejadas, además de no contar con ningún tipo de protección por parte de las dunas. La parte occidental de la playa, cercana a La Bocanita, presenta un bajo grado de urbanización y por tanto de exposición, además de contar con un sistema playa/duna relativamente sano y capaz de reponerse tras los eventos extremos.

Finalmente, al combinar el peligro y la vulnerabilidad, se encontró que el riesgo en la mayor parte de costa en Playa Las Glorias es Muy Alto y Alto, particularmente en la parte central, mientras que la parte occidental presenta un riesgo bajo. Las manzanas que se encuentran más alejadas de la primera línea de playa presentan un riesgo Alto y Medio, la razón de este valor tan alto es que las tasas de erosión en esta zona, es decir el peligro son de hasta decenas de metros por año, por lo que aunque una edificación se encuentre en la tercer manzana, para fines de manejo costero, prevención de riesgo y planeación urbana, se deben considerar que esta zona podría estar bajo erosión en tan sólo una década.

Mapas

En la Figura 5.1.10.1 se presenta un mapa de peligro de erosión, estimado a partir del análisis de la posición de línea de costa en imágenes históricas del 2003, 2004 y 2005. Para cuantificar el peligro de erosión, se estandarizó la tasa retroceso de la línea de costa, digitalizada para cada uno de los años disponibles y medida en 20 puntos a lo largo de la costa del municipio, a la siguiente escala cualitativa: muy alto, alto, medio, bajo, y muy bajo. Los valores obtenidos para cada uno de los 20 puntos fueron interpolados para crear una línea continua a lo largo de la costa, que después se extrapola tierra adentro.



Figura 5.1.10.1. Peligro de erosión en Playa Las Glorias, en el municipio de Guasave.

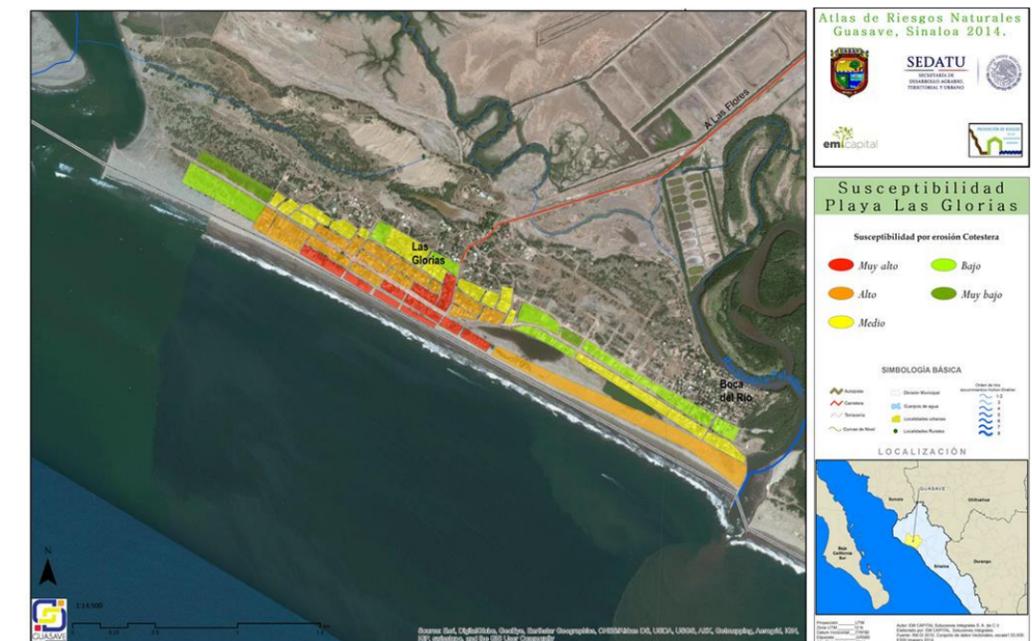


Figura 5.1.10.2. Vulnerabilidad a la erosión en Playa Las Glorias, en el municipio de Guasave.



Figura 5.1.10.3. Riesgo por erosión en Playa Las Glorias, en el municipio de Guasave.

Fichas técnicas de zonas evaluadas en campo

El fenómeno de erosión y los eventos extremos como tormentas y huracanes son las principales causas de las inundaciones costeras en el municipio de Guasave, ya que al retroceder o desaparecer la playa, la infraestructura costera ha quedado aún más expuesta al embate del oleaje y la marea de tormenta. Dadas las importantes consecuencias sociales y económicas que el fenómeno de erosión ha tenido en el Municipio de Guasave (ver Figura 5.1.10.4 a 5.1.10.7), para fines del análisis presentado en este Atlas de Riesgos la erosión costera se incluye como un subinciso dentro del peligro de erosión, dentro de los riesgos geológicos.

Para entender el fenómeno de erosión costera, es necesario primeramente comprender el contexto geomorfológico de la región a evaluar y definir, a partir de las características geomorfológicas y dinámica identificadas, las causas de la erosión. Una vez identificadas las causas se puede hacer un diagnóstico adecuado de la situación presente y futura de las costas y plantear estrategias de mitigación apropiadas.



Figura 5.1.10.4. Ejemplos de daños a la infraestructura costera ocasionados por la erosión.



Figura 5.1.10.5. La línea de playa se recorrió tierra adentro por lo menos unos 60 m.



Figura 5.1.10.6. La erosión costera dejó al descubierto las cimentaciones (pilotes) de muchas viviendas.



Figura 5.1.10.7.- La primera franja de viviendas cercanas a la línea de playa sufrió pérdida total.

Contexto geomorfológico costero

La costa del estado de Sinaloa es una planicie costera, caracterizada por abundante irrigación fluvial y una serie de lagunas costeras, separadas del Golfo de California por islas de barrera. De tal forma que la dinámica costera está determinada por la dinámica de las lagunas mismas, las cuales se rigen a su vez por procesos mareales, deltáico-estuarinos y de transporte sedimentario (por corrientes litorales y por viento).

Estos sistemas lagunares se formaron como resultado de la generación de grupos de barreras litorales de constitución arenosa y alimentados por sedimentos aluviales, que aislaron del Golfo de California a una depresión de la plataforma continental interna inundada, posiblemente, a partir de la transgresión marina del estadio interglacial Sámamon. Al oscilar el nivel del mar y progradar las llanuras deltaicas de los ríos, se incrementa el aporte y el acarreo litoral de sedimentos, contribuyendo a la estación y progradación de nuevas barreras litorales arenosas durante el Reciente, tornando el ambiente original en lagunar y, en parte, estuarino (Ayala-Castañares et al., 1994).

Ayala-Castañares et al. (1994), clasifica los sistemas lagunares costeros de Sinaloa de acuerdo a su origen y dimensiones en los siguientes grupos: Agiabampo-Bacorehuis-Gitzámuri, Topolobampo-Ohuira-Lechuguilla, Navachíste, Altata-Pabellones, Santamaría, Urías-Infiernillo y Huizache-Caimanero. Estos sistemas, se pueden dividir a su vez en dos grupos bien definidos (Lankford, 1977). El primero corresponde a aquellos situados al norte de los 25° 30', posición geográfica que está en el flanco sur del delta del Río Fuerte; originados por los procesos de sedimentación terrígena diferencial o por efectos de compactación; asociados a sistemas fluvio-deltaicos y ocupan depresiones marginales e intradeltaicas limitadas por barreras arenosas. El segundo grupo, situado hacia el sur de aquella latitud, está formado por las lagunas desarrolladas en el margen interno de la plataforma continental y protegidas por varias barreras arenosas. Las lagunas costeras que conforman la costa del municipio de Guasave, de uso turístico de acuerdo a Phleger (1969), caen en este segundo grupo.

A pesar de la naturaleza dinámica de las islas de barrera, en la costa de Guasave existen tanto tramos relativamente estables, como secciones en constante evolución y migración. Morfológicamente, las partes

con riesgo alto de erosión se caracterizan por **a) truncamiento frontal debido a erosión marina, b) vestigios de antiguas bocas lagunares, c) playas angostas, de pendiente mayor a 200 y con frecuentes escarpes de erosión de hasta 0.60 m de relieve, y e) presencia de dunas incipientes, esporádicamente distribuidas y escasamente estabilizadas.** Por su parte, las zonas de bajo riesgo de erosión son aquellas con abundante aporte sedimentario, playas amplias y de pendiente suave y presencia de sistemas dunares maduros y con vegetación.

Causas de erosión

Las causas de erosión pueden ser de dos tipos por su origen: natural o antropogénicas. Las principales causas de erosión de origen natural son la migración y evolución de rasgos geomorfológicos como flechas o islas de barrera por el acarreo litoral, corrientes de marea y transgresiones geológicas; así como los cambios estacionales del perfil de playa derivados de la alternancia de condiciones de tormenta (oleaje y marea de tormenta) y condiciones de calma. Las causas de erosión de origen antropogénico, por otra parte, se relacionan en su mayoría con la afectación del balance sedimentario de la celda litoral. Algunos ejemplos son la construcción de presas cuenca arriba, que impiden el aporte natural de sedimentos por parte de ríos hacia la costa, la construcción de muros de contención que impiden el aporte natural de los acantilados sedimentarios, el bloqueo del transporte litoral por construcción de estructuras costeras como espigones y rompeolas, la estabilización artificial de la costa impidiendo los cambios estacionales naturales, o la destrucción del sistema dunar y de los servicios de protección y de reserva de sedimento que estos proveen.

En el caso de las playas del municipio de Guasave, es evidente que los problemas de erosión han sido ocasionados en su totalidad por las actividades humanas, principalmente la disminución de aporte sedimentario de ríos, la construcción de escolleras para estabilización de canales de navegación y la presencia de edificaciones sobre la duna frontal o playa.

Diagnóstico del problema erosivo

La costa del municipio de Guasave está dividida en 4 secciones o celdas litorales de norte a sur, Isla San Ignacio, Isla Macapule, Las Glorias y la sección al sur de Boca del Río, conocida como Playa Colorada (Figura 5.1.10.8). El transporte sedimentario predominante a lo largo de la costa es de SE a NW, aunque existen secciones donde se observan cambios en la dirección, como a la largo de Isla San Ignacio. La mayor parte de la costa se encuentra deshabitada y no ha sufrido cambios antropogénicos importantes, por lo que el balance sedimentario es positivo en Isla San Ignacio, Isla Macapule y Playa Colorada.

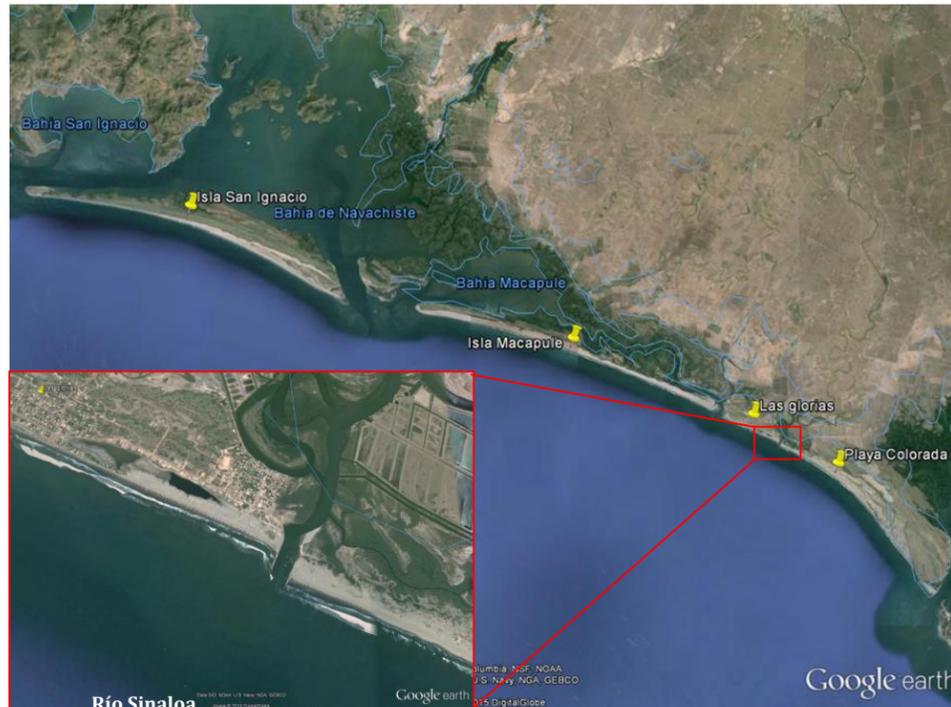


Figura 5.1.10.8. Celdas litorales identificadas en el municipio de Guasave.

Playa Las Glorias, por otra parte, es donde se encuentra la zona turística y de recreación del municipio y ha sufrido importantes cambios en las últimas décadas. Uno de sus principales aportes de sedimento a esta sección es el Río Sinaloa, sin embargo, debido a la construcción de las presas Guillermo Blake Aguilar y Gustavo Díaz Ordaz en los años 1972 y 1981 respectivamente, el aporte de sedimentos ha disminuido considerablemente, debido a que dichas presas actúan como trampas de sedimento. Otro aspecto importante a considerar en la celda litoral es la construcción de dos escolleras de enrocamiento en 1991, las cuales se crearon con el fin de estabilizar horizontalmente la desembocadura del Río Sinaloa. Las escolleras están desde entonces obstruyendo el transporte natural a lo largo de la playa. Dicha construcción genera una acumulación de sedimento hacia el sur de la escollera y una impresionante erosión del lado norte, que ha afectado a muchas construcciones (Zayas et al., 2013). También es posible que se presente una divergencia estacional en el transporte sedimentario en la zona cercana a la desembocadura del Río Sinaloa y Playa las Glorias, pero esto requiere estudios de campo más extensos para comprobarlo.

De acuerdo con un análisis de imágenes históricas realizado por Zayas et al. (2013), en Playa Las Glorias la erosión de 1999 a 2003 fue 39.5 metros lineales transversales a la costa y un promedio de 7.9 m/año, mientras que en la Isla Macapule se registró una abundante acreción de 28.6 m/año y un desplazamiento de línea de playa de 143 metros lineales. Por último, en La Bocanita, la costa avanzó a una tasa de 35.3 m/año, con un desplazamiento de 176.6 metros lineales. En 2006 que se construyó el espigón entre playa Las Glorias y La Bocanita. En el periodo 2003 al 2008 en playa las Glorias se observó acreción y erosión a todo lo largo de la línea de playa sobre todo erosión en la zona de construcciones. En la Isla Macapule se presentó acreción de 33.84 m/año y un desplazamiento de la línea de costa de 203 metros lineales y en La Bocanita una gran

erosión de 48.32 m/año y un desplazamiento de 289.9 metros lineales. En los años de 2008 al 2010 playa Las Glorias mostró mayor erosión a todo lo largo de la línea costera de 25.1 m/año y un desplazamiento de 75.5 metros lineales. La Isla Macapule tuvo un crecimiento hacia el SE de La Bocanita de 105.6 m/año y un desplazamiento de la línea de costa de 317 metros lineales.

En resumen, se puede decir que el comportamiento de la zona litoral de playa las Glorias es inestable en cuanto a su dinámica litoral causado probablemente por la construcción del espigón en el 2006. En el caso de La Bocanita este comportamiento de erosión es mucho más severo ya que la erosión es constante provocando que el área de dunas al este de La Bocanita desaparezca y en la Isla Macapule se acumulen sedimentos litogénicos, evidenciando que a pesar de estas transformaciones, todavía el sistema es capaz de equilibrar el flujo sedimentario en un crecimiento constante de la Isla hacia el SE de La Bocanita. En el 2010 en ésta zona se logró alcanzar una erosión de 105.6 m/año y un desplazamiento negativo de la línea costera de 317 metros lineales, trayendo consigo graves problemas para la circulación de la corriente del canal de navegación, ocasionando un cambio en su dirección y provocando erosión en el área de dunas. La franja costera de Playa Las Glorias, La Bocanita e Isla Macapule también se ve severamente afectada cuando la playa está sujeta a procesos destructivos asociados a eventos extremos de tormenta. Estos eventos se observan principalmente durante los inviernos generando oleaje de alta energía el cual, cuando se combina con marea alta y sobreelevación del nivel del mar por la presencia de olas, llegan a producir cambios morfológicos sustanciales en la playa arenosa. Los registros muestran el paso de sistemas de oleaje de tormenta y depresiones tropicales entre 1999 y 2009 que pudieron haber tenido un efecto en la infraestructura costera, en la morfología del perfil de playa y en la línea de costa.

PERIODO	LUGAR	ÁREA [m ²]	PROMEDIO DE EROSIÓN [E]-ACRECIÓN [A] [m año ⁻¹]
1999-2003	La Bocanita	700.00 [A]	35.3 [A]
	I. Macapule	1230.31[A]	28.6 [A]
	Las Glorias	1317.3 [E]	7.9 [E]
2003-2008	La Bocanita	1350.29 E]	48.3 [E]
	I. Macapule	1692.9 [A]	33.8 [A]
	Las Glorias	1469.3 [A]	8.42 [A]
2008-2010	La Bocanita	545.5 [E]	23.6 [E]
	I. Macapule	525.72 [A]	105.6 [A]
	Las Glorias	1305.79 [E]	25.1 [E]

Tabla 5.1.10.3. Área, volumen y promedio de erosión por evento (Zayas et al., 2013)

5.2. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico

Los fenómenos Hidrometeorológicos son causados por variaciones atmosféricas importantes, dando lugar a la ocurrencia de fenómenos intensos que con relativa frecuencia causan daños a la infraestructura de las ciudades y las personas que los habitan.

México por su parte, presenta una marcada heterogeneidad entre sus provincias, esto da a lugar que en el país se presenten una gran variedad de fenómenos tipificados como Hidrometeorológicos, y aún más complejo, resulta el caso que, en un mismo lugar, se presenten los efectos de fenómenos que pudieran sonar contrarios, pero que dadas las condiciones estacionales, hacen mella en un mismo sitio. Por ejemplo, como es el caso de nuestro municipio de estudio, se pueden presentar grados de peligro considerables por los efectos de las bajas temperaturas, y a su vez, ser un sitio donde las olas de calor repercuten de manera negativa en la salud de las personas.

Guasave es un municipio ubicado en la costa norte del estado de Sinaloa, y está expuesto a un gran número de peligros de origen natural. Quizás el más representativo deviene de la ocurrencia de eventos ciclónicos, pero también se registran daños a consecuencia de lluvias convectivas de corta duración, eventos de masas frías, ondas de calor y las sequías.

El municipio analizado en el presente trabajo, es como muchos municipios del país, un lugar que requiere volcar el trabajo hacia la prevención de riesgos, en vez de a la reactiva, ante un evento desastroso, *es en este sentido* que se desarrolla este compendio de capas geográficas que representan el peligro, la vulnerabilidad del elemento expuesto, y la tipificación de riesgo a nivel municipal.



Figura 5.2.1. Vista de las Inundaciones del 4 de septiembre de 1998 a consecuencia del Huracán ISIS (Fuente: Periódico el Debate).

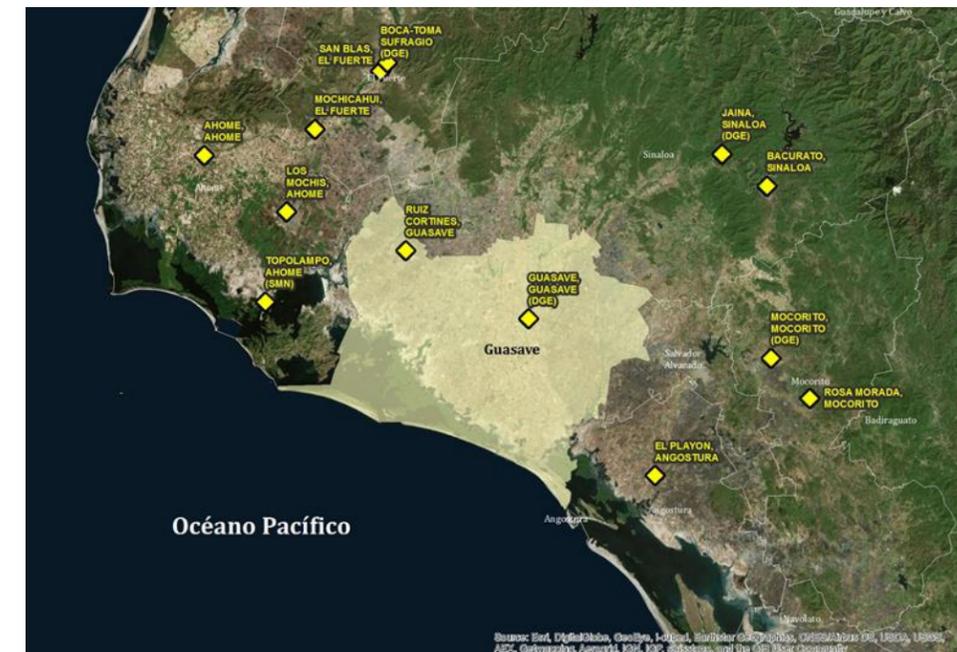
Información Climatológica Base

Como elemento base para el análisis de los fenómenos Hidrometeorológicos que componen el presente apartado, se hizo uso de los registros medidos en la red de estaciones climatológicas que administra el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), dicha red tiene una cobertura nacional y actualmente cuenta con 3,329 (Normales Climatológicas-SMN) estaciones en operación, de un universo de 5,187 estaciones que llegan a tener el sistema.

Si bien existen otras redes de medición, como las estaciones meteorológicas automáticas (ESIMES-EMAS) que administra el propio SMN, o la red de estaciones agroclimatológicas automáticas del instituto nacional de Investigaciones forestales, agropecuarias y pecuarias (INIFAP), estas no tienen una cobertura total y densa del territorio nacional, y más aún, un acervo de datos importante que pueda representar la ocurrencia de un fenómeno en un lapso de tiempo que se considere válido.

Estaciones Climatológicas Base

Se localizaron un total de 13 estaciones en operación que inciden en el territorio municipal o que se encuentran en las cercanías de los límites. A continuación se muestran las estaciones:



5.2.2. Estaciones Climatológicas.

CLAVE	ESTACIÓN	LONG	LAT
25003	AHOME, AHOME	-109.18	25.92
25008	TOPOLAMPO, AHOME (SMN)	-109.05	25.62
25009	BOCA-TOMA SUFRAGIO (DGE)	-108.78	26.08
25030	EL PLAYON, ANGOSTURA	-108.18	25.25
25038	GUASAVE, GUASAVE (DGE)	-108.47	25.72

25046	JAINA, SINALOA (DGE)	-108.02	25.90
25064	MOCORITO, MOCORITO (DGE)	-107.92	25.48
25065	MOCHICAHUI, EL FUERTE	-108.93	25.97
25077	ROSA MORADA, MOCORITO	-107.83	25.40
25080	RUIZ CORTINES, GUASAVE	-108.73	25.72
25082	SAN BLAS, EL FUERTE	-108.77	26.10
25116	LOS MOCHIS, AHOME	-109.00	25.80
25184	BACURATO, SINALOA	-107.92	25.83

Tabla 5.2.1. Estaciones Climatológicas Cercanas.

Dadas las estaciones climatológicas, fue preciso establecer los periodos de medición de las variables meteorológicas y si el periodo era suficiente para representar de manera valida un fenómeno específico. Los periodos de medición en cada estación se muestran en la siguiente tabla.

CLAVE	ESTACIÓN	INICIO MEDICIÓN	ÚLTIMA MEDICIÓN
25003	AHOME, AHOME	1962	2013
25008	TOPOLAMPO, AHOME (SMN)	1962	2000
25009	BOCA-TOMA SUFRAGIO (DGE)	1961	2012
25030	EL PLAYON, ANGOSTURA	1962	2013
25038	GUASAVE, GUASAVE (DGE)	1969	2013
25046	JAINA, SINALOA (DGE)	1942	2013
25064	MOCORITO, MOCORITO (DGE)	1969	2013
25065	MOCHICAHUI, EL FUERTE	1963	2004
25077	ROSA MORADA, MOCORITO	1961	2013
25080	RUIZ CORTINES, GUASAVE	1962	2012
25082	SAN BLAS, EL FUERTE	1961	2001
25116	LOS MOCHIS, AHOME	1961	2013
25184	BACURATO, SINALOA	1985	2013

Tabla 5.2.2. Periodos de medición por estación.

Dado que las estaciones tienen más de 20 años de periodo de medición, se consideran válidas, esto con base en un criterio establecido en la NOM-011-CNA-2000 (Norma Oficial Mexicana que establece la metodología para el cálculo de la disponibilidad media anual de aguas nacionales).

Es de notar un desfase de los datos, por ejemplo en las estaciones Topolobampo y San Blas se tienen datos hasta 2000 y 2001 respectivamente, y aunque están activas, el atraso se debe a que los reportes del operador no han sido integrados al CLICOM.

Homogeneidad

En México al igual que en todo el mundo, las series climatológicas no siempre representan la realidad, algunas veces los registros han sido afectados por variables externas, como alguna avería en el pluviómetro o en los termómetros, y en mayor medida por factores antrópicos. Es así, que surge la necesidad de establecer la homogeneidad de la serie con base en pruebas estadísticas, que en nuestro caso, fue la de Helmert.

La prueba estadística de Helmert es bastante sencilla y consiste en analizar el signo de las desviaciones de cada evento de la serie con respecto a su valor medio. Si una desviación de un cierto signo es seguida por otra del mismo signo, una secuencia S es creada. En contraste, si una desviación es seguida por otra de signo contrario, un cambio C será registrado. Cada año, excepto el primero definirán una secuencia o un cambio. Entonces la homogeneidad es definida por:

$$S - C = 0 \pm \sqrt{n - 1}$$

O bien:

$$s - C = \pm \sqrt{n - 1}$$

Si el número de secuencias es mayor que el número de cambios, algún tipo de variación en la media o una tendencia en los datos crean la inconsistencia del registro. Tal condición se puede desarrollar con un cambio de emplazamiento de la estación pluviométrica. Si por el contrario, el número de cambios resulta mayor que el de las secuencias, alguna oscilación del valor medio estará presente y su causa deberá ser investigada con más detalle. En sentido práctico, si se cumplen las condiciones de arriba o las secuencias son mayores que los cambios, la estación es homogénea. El criterio se aplica para los registros de lluvia anual acumulada, y se asume extensiva hacia las demás variables. Los resultados de la prueba de Helmert en los datos de lluvia a cumulada anual se muestran en la siguiente tabla.

CLAVE	ESTACIÓN	C	S
25003	AHOME, AHOME	14	29
25008	TOPOLAMPO, AHOME (SMN)	13	25
25009	BOCA-TOMA SUFRAGIO (DGE)	25	26
25030	EL PLAYON, ANGOSTURA	20	31
25038	GUASAVE, GUASAVE (DGE)	18	26
25046	JAINA, SINALOA (DGE)	33	37
25064	MOCORITO, MOCORITO (DGE)	22	22
25065	MOCHICAHUI, EL FUERTE	14	18
25077	ROSA MORADA, MOCORITO	18	14
25080	RUIZ CORTINES, GUASAVE	22	28
25082	SAN BLAS, EL FUERTE	16	24
25116	LOS MOCHIS, AHOME	23	29
25184	BACURATO, SINALOA	11	28

Tabla 5.2.3. Resultados de la prueba estadística de Helmert.

En la tabla se muestra que una estación no cumple con los criterios establecidos, así que se desecha y solo nos quedamos con 12 estaciones, y dado que cada estación tiene un rango de datos medidos distinto, homologamos un periodo de datos base para nuestro análisis, quedando este comprendido con datos de 1963 a 2012. De cada serie de datos, se decide no completar los datos debido a que el completado es muy subjetivo, esto se trata de menguar con la utilización de estaciones con un amplio rango de datos y que tengan homogeneidad en sus datos, esto nos garantiza que nuestra serie corresponde a una única población de registros. Las estaciones resultantes, se denominan “Estaciones Base”.

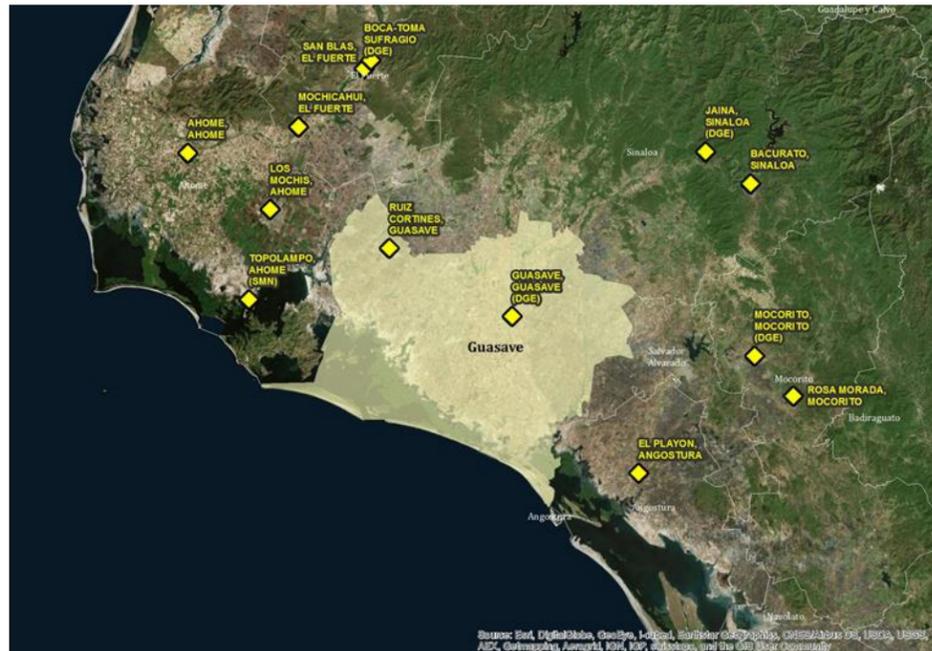


Figura 5.2.3. Estaciones Base

5.2.1. Ondas cálidas y gélidas

Temperaturas Máximas Extremas.

Las temperaturas extremas, tanto altas como bajas, pueden causar daños a la salud de los seres humanos. Como ejemplo se puede citar la ola de calor que causó la muerte de más de 500 personas en julio de 1995 en la ciudad de Chicago, EE.UU. (WHO 2001). Las personas mayores y los niños, son particularmente vulnerables ante la ocurrencia de bajas o altas temperaturas.

Una de las consecuencias más seguras y directas del cambio climático es un aumento en la morbilidad y la mortalidad humanas en periodos de clima extremos como son las olas de calor, y los periodos de bajas temperaturas. En el caso del calor, la letalidad de una ola de este tipo aumenta si ocurre al principio del verano (cuando la población todavía no ha podido aclimatarse al calor), si es de larga duración y si hay temperaturas nocturnas elevadas. En el caso de las bajas temperaturas, los efectos se dan principalmente en problemas respiratorios a la población.

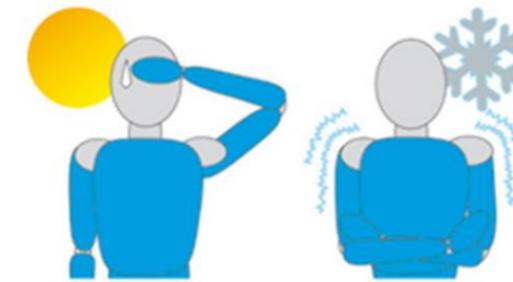


Figura 5.2.1.1. Temperaturas Altas y Bajas

En primera instancia pudiéramos pensar que la ocurrencia de eventos de temperaturas máximas extremas en el municipio es remota, sin embargo, es esta poca atención hacia este tipo de fenómenos la que pudiera aumentar la vulnerabilidad de la población ante este fenómeno perturbador.

Se define a la Temperatura máxima como la mayor temperatura del aire alcanzada en un lugar en un día (máxima diaria), en un mes (máxima mensual) o en un año (máxima anual). También puede referirse a la temperatura máxima registrada en un lugar durante mucho tiempo (máxima absoluta). En condiciones normales, y sin tener en cuenta otros elementos del clima, las temperaturas máximas diarias se alcanzan en las primeras horas de la tarde; las máximas mensuales suelen alcanzarse durante julio o agosto en la zona templada del hemisferio norte y en enero o febrero en el hemisferio sur. Las máximas absolutas dependen de muchos factores, sobre todo de la insolación, de la continentalidad, de la mayor o menor humedad, de los vientos y de otros.

Metodología

Para el municipio de Guasave, se emprendió un análisis basado en los registros históricos de temperatura máxima diaria y mínima diaria, que se recabaron de las estaciones climatológicas base. A continuación se describe la metodología empleada en cada peligro y se aclara que para el caso de las Ondas Cálidas corresponde un **nivel de análisis 2**, y para Bajas Temperaturas (Ondas Gélidas) un **nivel de análisis 1**.

Análisis de Peligro por Bajas Temperaturas

Con base en los registros diarios de temperaturas mínimas en cada estación climatológica, se siguieron los siguientes pasos:

1. Se seleccionaron aquellos años con registros mayores al 80% del total de días del año, y así con esto establecer los valores mínimos diarios anuales en el periodo 1963-2012.
2. Se filtraron los valores mínimos diarios anuales de cada estación base.
3. Dados los valores mínimos anuales, se calculó el valor medio histórico de la serie.

ESTACIÓN	TEMP. PROM. MÍN. ANUALES HISTÓRICAS (°C)
25003	5.20
25008	9.37
25009	4.63
25030	3.72
25038	5.20
25046	2.73
25064	3.95
25065	3.99
25080	4.08
25082	2.66
25116	6.70
25184	5.33

Tabla 5.2.1.1. Temperaturas promedio mínimas anuales históricas por estación climatológica base.

- Cada valor medio representativo de cada estación, se interpola en una malla ráster por medio del método IDW. (Distancia Inversa Ponderada).

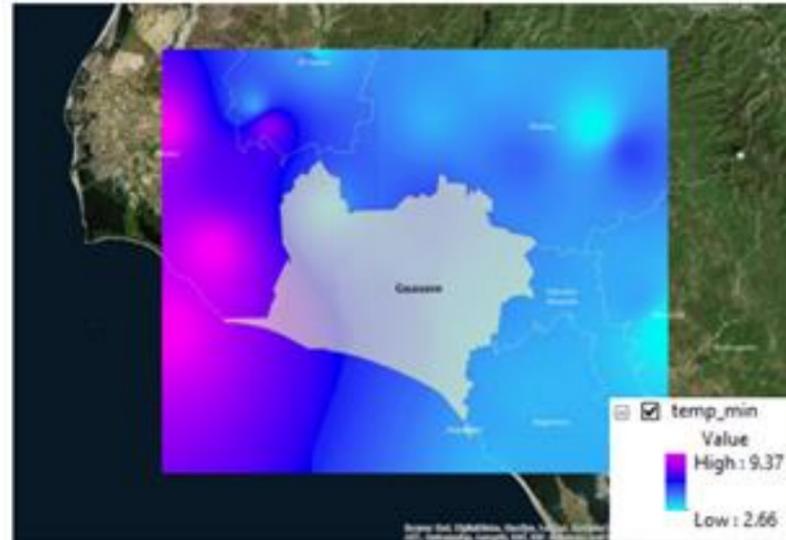


Figura 5.2.1.2. Malla interpolada de valores promedio mínimos anuales históricos de las estaciones base.

- Dada la distribución de las temperaturas mínimas, se tipifican grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.

NIVEL DE PELIGRO	TEMP. PROM. MÍN. HIST. (°C)
Muy Alto	menores a -10
Alto	de -10 a -5
Medio	de -5 a 0
Bajo	de 0 a 5
Muy Bajo	Mayores a 5

Tabla 5.2.1.2. Ponderación de Peligro

- Dada la ponderación de peligro se reclasifica la malla Ráster, y finalmente se clasifican las zonas de peligro.

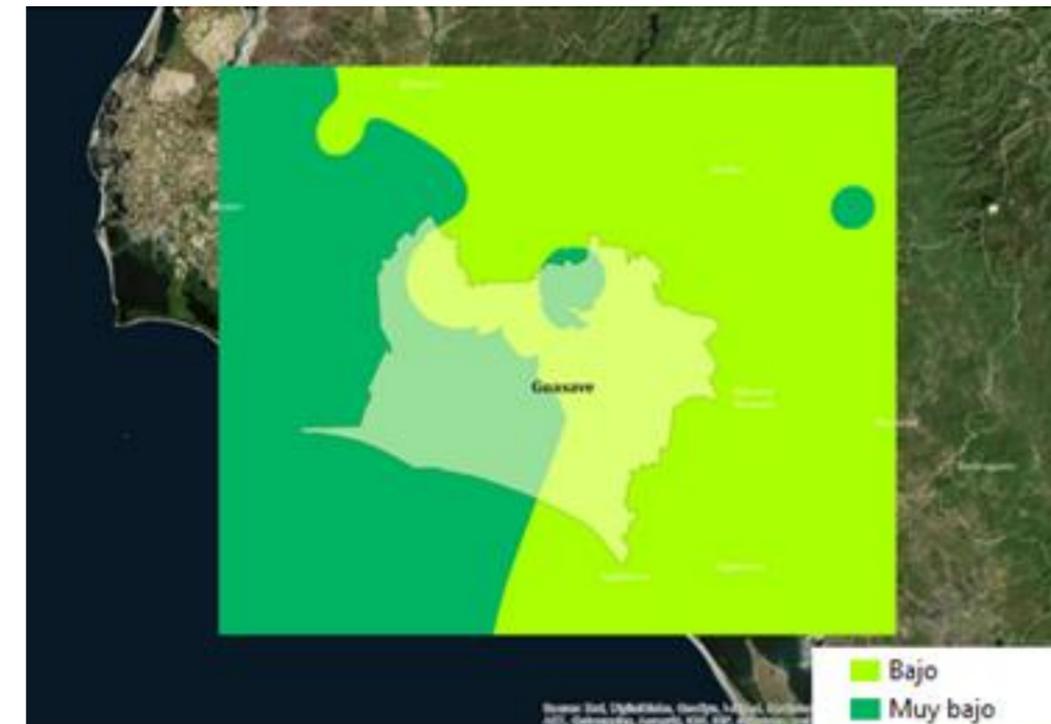


Figura 5.2.1.3. Grado de peligro por Bajas temperaturas en el municipio de Guasave.

El municipio presenta grados de **PELIGRO BAJO Y MUY BAJO**, prácticamente hay una distribución asimétrica, en el lado Oeste Muy bajo Peligro, mientras que para el flanco este, Bajo peligro por Bajas temperaturas.

Nota: El CENAPRED tipifica a Guasave como un municipio de bajo peligro por Bajas temperaturas, este hecho deriva en no llevar este análisis de peligro al nivel 2, el cual implicaba la extrapolación a periodo de retornos, los cual se considera innecesario dadas las condiciones antecedentes.

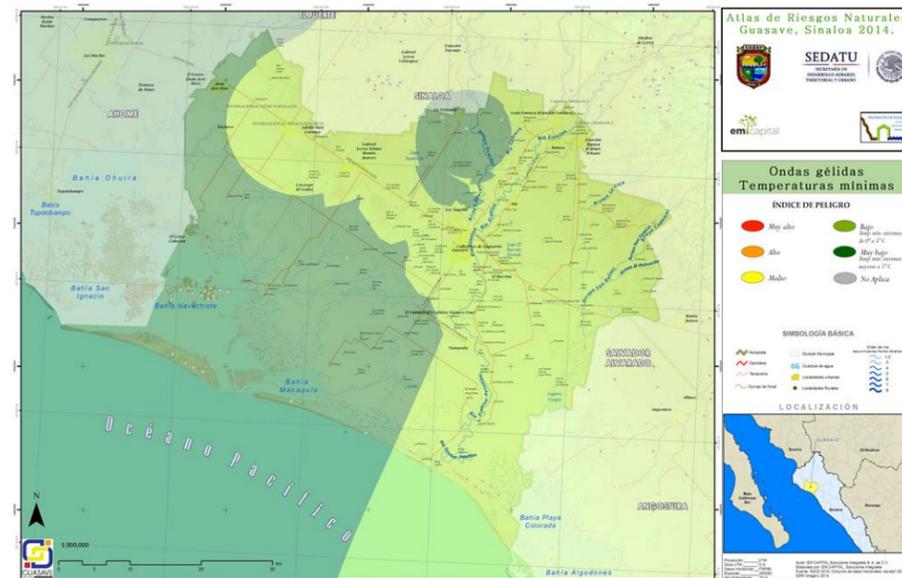


Figura 5.2.1.4. Mapa de Bajas temperaturas

Análisis de Peligro por Ondas Cálidas

Con base en los registros diarios de temperaturas máximas en cada estación climatológica, se siguieron los siguientes pasos:

1. Se seleccionaron aquellos años con registros mayores al 80% del total de días del año, y así con esto establecer los valores máximos diarios anuales en el periodo 1963-2012.
2. Se filtraron los valores máximos diarios anuales de cada estación base.
3. Dados los valores máximos anuales, se calculó el valor medio histórico de la serie.

ESTACIÓN	TEMP. PROM. MÍN. ANUALES HISTÓRICAS (°C)
25003	41.51
25008	38.59
25009	42.05
25030	39.26
25038	41.69
25046	41.77
25064	41.31
25065	40.98
25080	40.80
25082	43.56
25116	42.15
25184	41.64

Tabla 5.2.1.3. Temperaturas promedio máximas anuales históricas por estación climatológica base.

4. Cada valor medio representativo de cada estación, se interpola en una malla ráster por medio del método IDW. (Distancia Inversa Ponderada).

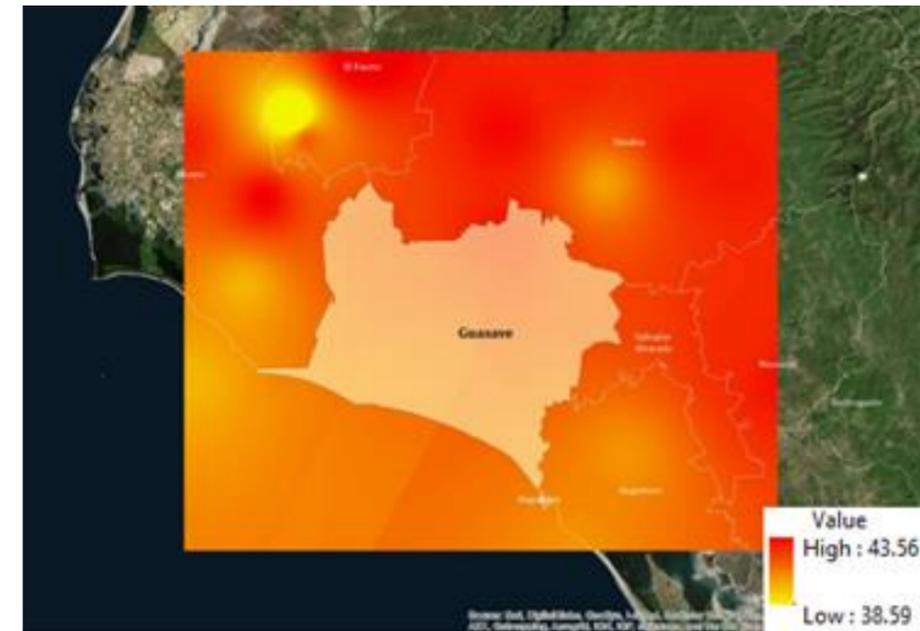


Figura 5.2.1.5. Malla interpolada de valores promedio máximos anuales históricos de las estaciones base.

5. Dada la distribución de las temperaturas máximas, se tipifican grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.

NIVEL DE PELIGRO	TEMP. PROM. MÁX. HIST. (°C)
Muy Alto	Mayores a 40
Alto	de 35 a 40
Medio	de 30 a 35
Bajo	de 28 a 30
Muy Bajo	Menores a 28

Tabla 5.2.1.4. Ponderación de Peligro

6. Dada la ponderación de peligro se reclasifica la malla Ráster, y finalmente se clasifican las zonas de peligro.

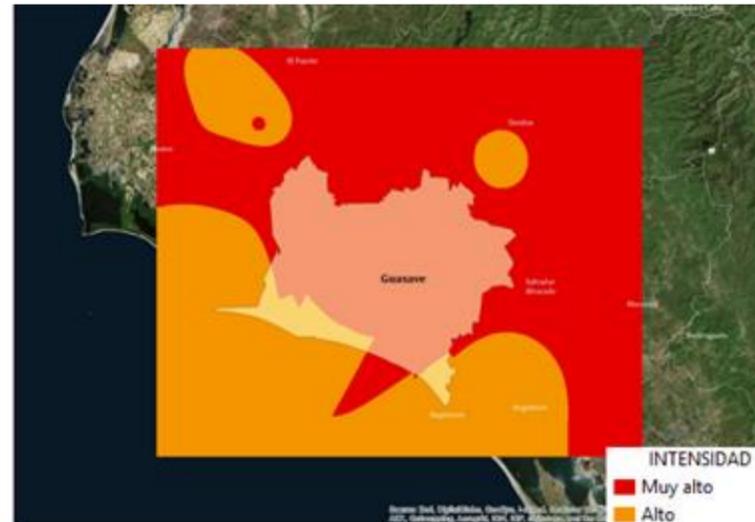


Figura 5.2.1.6. Grado de peligro por Ondas Cálidas en el municipio de Guasave.

El municipio presenta en la mayor parte de su territorio un **MUY ALTO PELIGRO** por altas temperaturas, y solo unas pequeñas porciones de costa se tipifican como de **ALTO PELIGRO**.

Periodos de retorno

Dados los niveles de peligro, y como se mencionó al inicio del presente apartado, el nivel de análisis es 2, lo cual considera la estimación de valores futuros asociados a periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años.

7. Dada la serie de valores diarios máximos anuales para cada estación, se les asocio una función de distribución de probabilidad. En todos los casos se usó la función Gumbel por medio del programa **CÁLCULO DE EXTREMOS 2.0** (FLUMEN, Universidad de Catalunya).

ESTACIÓN	TEMP. MÁX. (°C) TR 5 AÑOS	TEMP. MÁX. (°C) TR 10 AÑOS	TEMP. MÁX. (°C) TR 25 AÑOS	TEMP. MÁX. (°C) TR 50 AÑOS
25003	49.0	50.5	52.5	54.0
25008	45.1	46.2	47.8	48.9
25009	48.1	48.7	49.3	49.8
25030	45.7	46.6	47.9	48.8
25038	48.1	49.0	50.2	51.1
25046	48.3	49.0	49.9	50.7
25064	47.4	48.1	49.1	49.8
25065	48.0	49.7	52.0	53.7
25080	48.3	49.0	49.8	50.5
25082	50.6	51.6	52.9	53.9
25116	49.2	50.4	52.0	53.3
25184	48.1	48.9	50.1	50.9

Figura 5.2.1.5. Periodos de Retorno por temperaturas Máximas

8. Dados los valores de temperatura máxima promedio anual probable asociados a periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años, se interpolan mallas ráster mediante el método IDW. Los resultados se muestran a continuación.

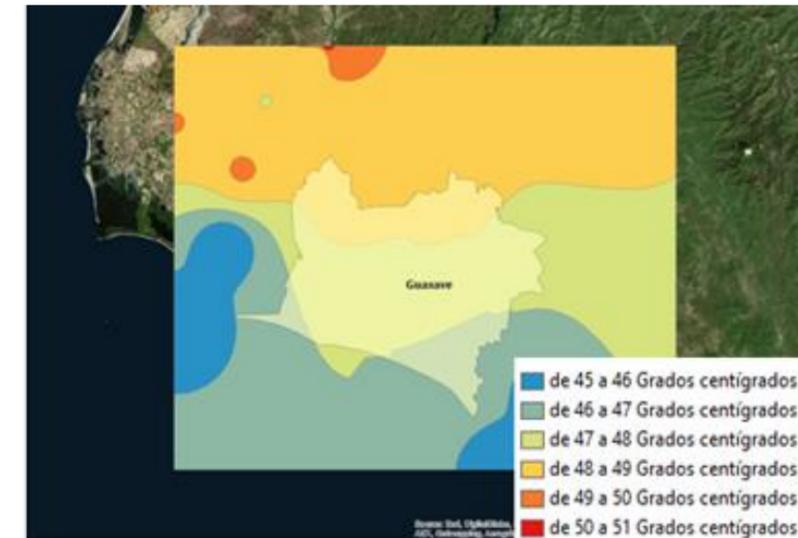


Figura 5.2.1.7. Raster de temperatura promedio diaria máxima a un Tr de 5 Años.

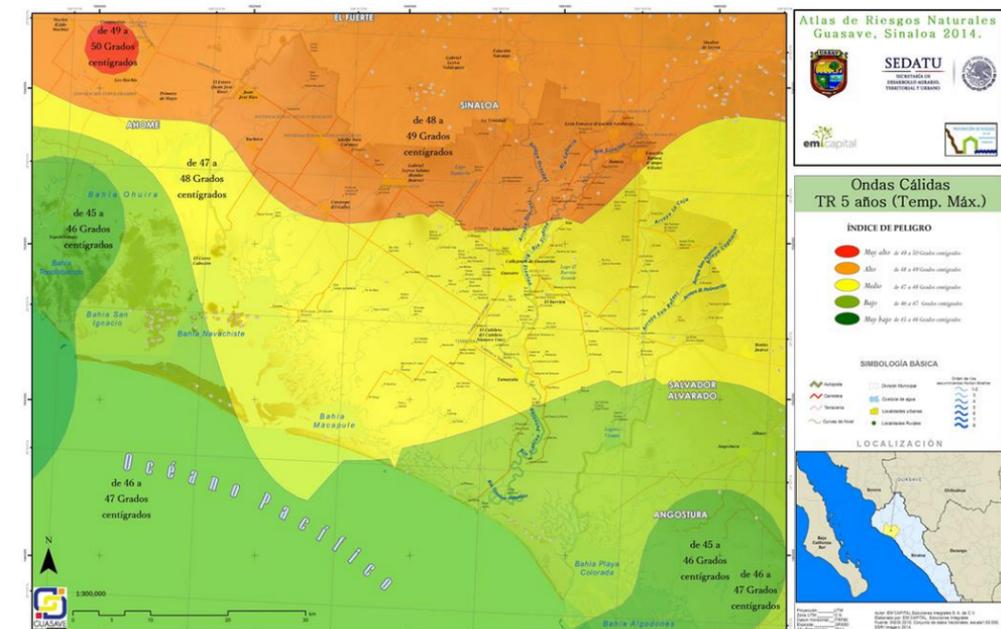


Figura 5.2.1.8. Temperatura promedio diaria máxima a un Tr de 5 Años.

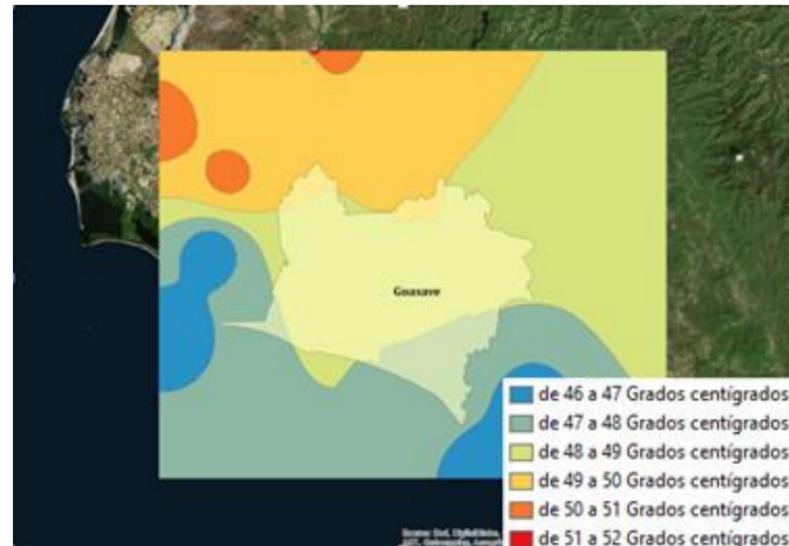


Figura 5.2.1.9. Raster de temperatura promedio diaria máxima a un Tr de 10 Años.

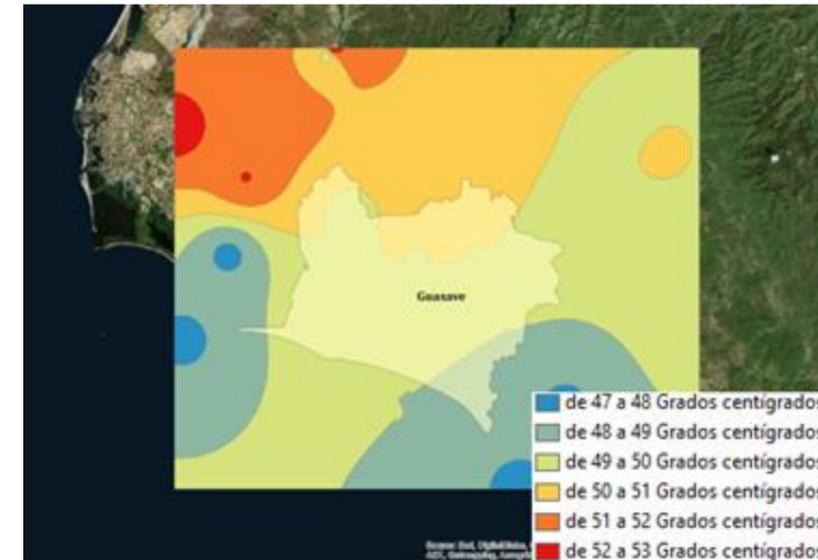


Figura 5.2.1.11. Raster de temperatura promedio diaria máxima a un Tr de 25 Años.

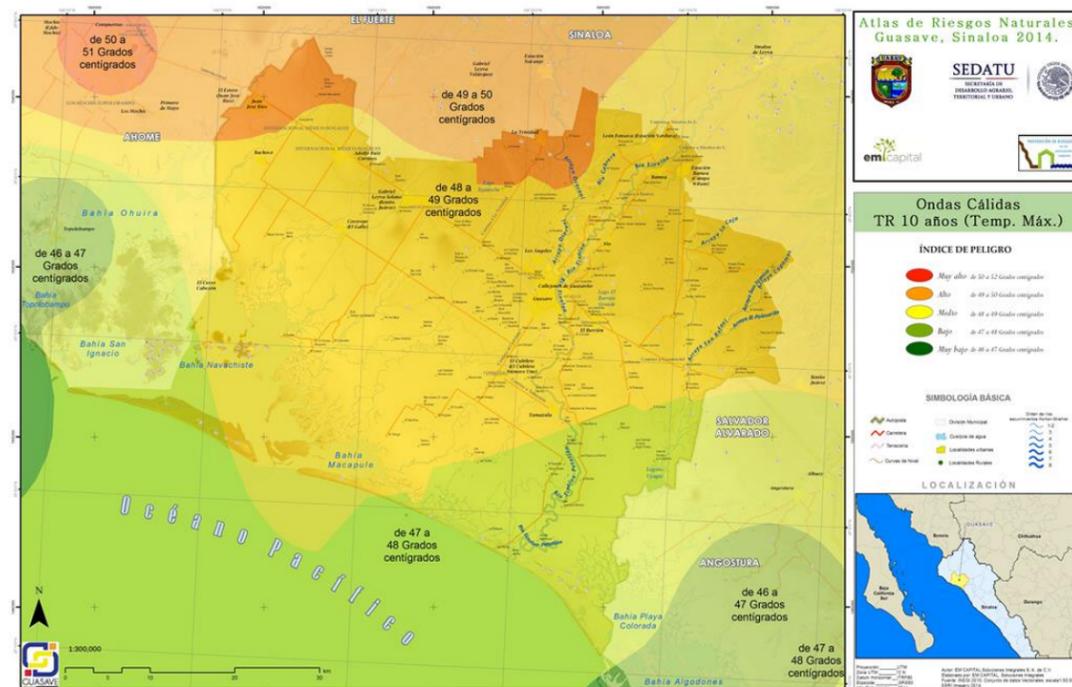


Figura 5.2.1.10.. Temperatura promedio diaria máxima a un Tr de 10 Años.

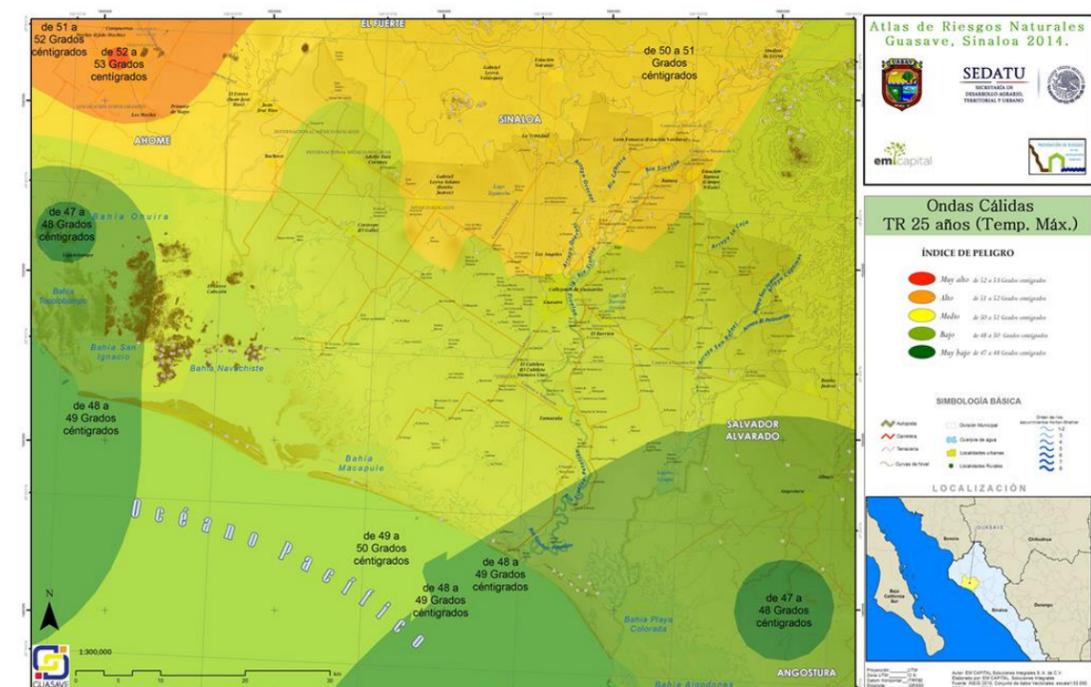


Figura 5.2.1.12. Temperatura promedio diaria máxima a un Tr de 25 Años.

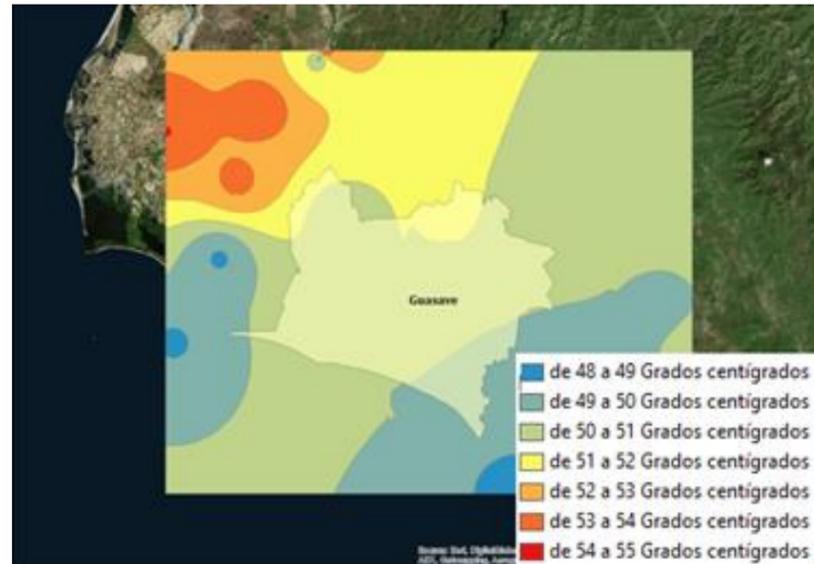


Figura 5.2.1.13. Raster de temperatura promedio diaria máxima a un Tr de 50 Años.

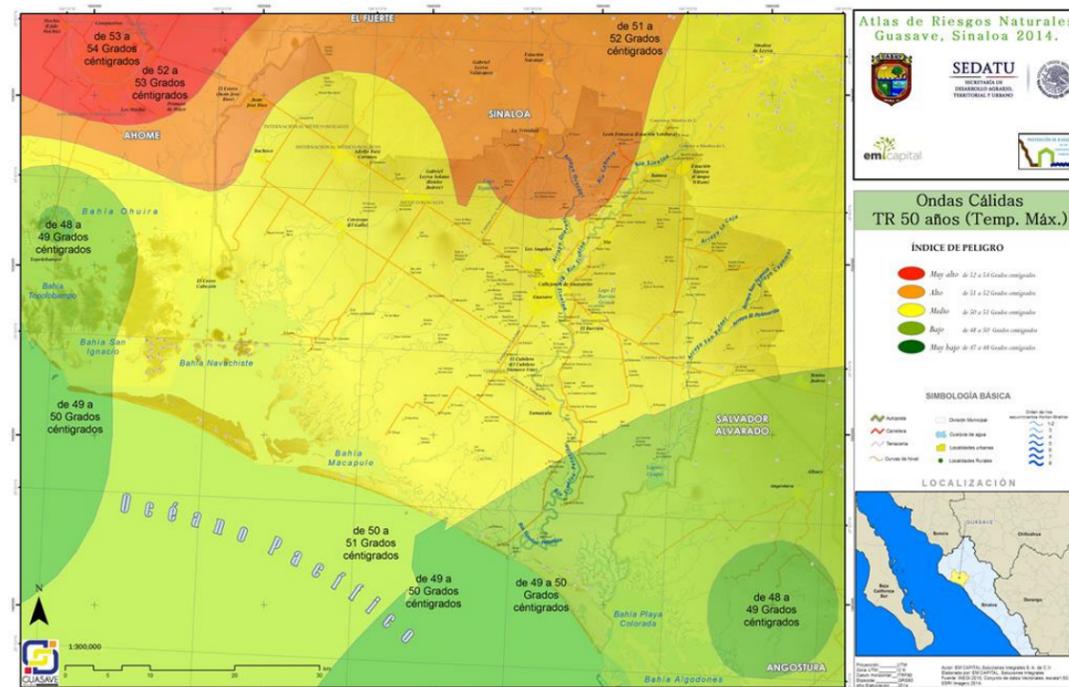


Figura 5.2.1.14. Temperatura promedio diaria máxima a un Tr de 50 Años.

5.2.2. Sequías

La sequía, como fenómeno natural asociado al ciclo hidrológico, ha sido poco estudiada y no precisamente por carecer de importancia, sino por lo complicado que resulta analizarla debido a los múltiples factores que son causa y efecto de la misma. De hecho, el reconocimiento de la sequía como fenómeno hidrológico extremo, dista mucho de tener las características de otros como son las grandes avenidas. Por ello, se ha llegado a mencionar que la sequía es un «no evento», debido a que su ocurrencia, sobre todo en su inicio, no es fácilmente detectable como tal, sino que se le reconoce por los efectos que causa después de un cierto tiempo

Para la caracterización de la sequía es muy importante determinar su duración, su intensidad o valor promedio del déficit de humedad y la severidad en términos del valor acumulado del déficit, de tal manera que estos parámetros ayudan en la difícil tarea de su catalogación. La distribución temporal y espacial de la precipitación (en cualquiera de sus formas: lluvia, nieve, granizo, etc.) determina si se presenta o no la sequía en una región. La severidad de la sequía radica en que es variable en el espacio ya que puede abarcar grandes extensiones de territorio, además de durar meses o años, por lo que sus efectos pueden ser catastróficos en comunidades que no se encuentran suficientemente preparados para afrontarlas.

Causas de las sequías

Las principales causas de las sequías están relacionadas con cambios en las presiones atmosféricas y alteraciones en la circulación general de la atmósfera (variaciones de los vientos a escala planetaria), así como modificaciones en la cantidad de luz solar reflejada en la superficie de la Tierra, cambios en la temperatura de la superficie de los océanos e incrementos en las concentraciones de bióxido de carbono en la atmósfera, que a su vez ocasionan variaciones espacio-temporales de las precipitaciones.

México, por su localización geográfica, es sumamente vulnerable a la acción desastrosa de las sequías. Se tiene conocimiento que desde las primeras civilizaciones prehispánicas, se padecía en sus diferentes manifestaciones (Castorena, et. al., 1980).

Guasave, y en general el norte del país, son especialmente vulnerables a los efectos de la sequía, ya que en el futuro se prevé una disminución del régimen pluvial anual. (Atlas Climático Digital de México, CCA-UNAM). En el presente apartado se evalúa el índice de aridez ó también llamado índice de severidad de sequía, propuesto por María Engracia Hernández. La sequía meteorológica es considerada como la anomalía negativa de lluvia respecto del promedio histórico.



Figura 5.2.2.1.- Bajo volumen de almacenamiento en las presas del distrito de Riego.

Metodología

Para la obtención del mapa de peligro por Sequías para el municipio de Guasave, se adoptó a la metodología de **nivel 1** descrita en las "Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgo y Catálogo de Datos Geográficos para representar el Riesgo 2014".

Se obtuvieron los promedios mensuales acumulados de lluvia en las estaciones base. Se estimaron los valores promedios mensuales históricos, y los mensuales por cada año en el rango 1963 a 2012. Se aplicó la fórmula para el índice de severidad de la sequía

$$I.S. = (SUMY - SUMX) / SUMX \text{ siempre que: } SUMY < SUMX$$

Donde Y = Precipitación mensual registrada y

X = Precipitación mensual normal (periodo 1963-2012)

Si el índice de severidad es menor que cero, hay sequía meteorológica.

Finalmente se promediaron los índices en cada estación climatológica

ESTACIÓN	ÍNDICE DE SEQUÍA
25003	-0.59
25008	0.51
25009	-0.44
25030	-0.47
25038	-0.54
25046	-0.35
25064	-0.47
25065	-0.46
25080	-0.51
25082	-0.47
25116	-0.53
25184	-0.40

Tabla 5.2.2.1. Índice de Severidad de Sequía

Dados los valores, se propuso la ponderación para la asignación de un nivel de peligro, en este caso nos basamos en la usada por María Engracia Hernández, solo con algunos cambios, pero en lugar de colocar los índices: extremadamente severo (mayor de 0.8), muy severo (0.6 a 0.8), severo (0.5 a 0.6), muy fuerte (0.4 a 0.5), fuerte (0.35 a 0.4), leve (0.2 a 0.35) y ausente (<0.2). (Sancho y Cervera, et al., 1980). Se asignó un nivel de peligro de la siguiente forma.

NIVEL DE PELIGRO	GRANIZADAS ANUALES (ÍNDICES DADOS CON VALORES ABSOLUTOS)
Muy Alto	Mayor a 0.6
Alto	0.35-0.6
Medio	0.25-0.35
Bajo	0.15-0.25
Muy Bajo	<0.15

Figura 5.2.2.2. Ponderación de Peligro

Finalmente, se tipifican los rangos de peligro y se obtiene el mapa de peligro por sequías para Guasave.

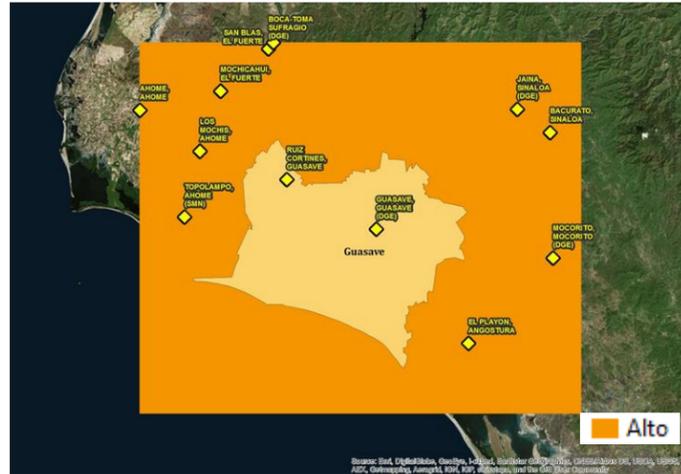


Figura 5.2.2.2. Imagen de Peligro por Sequías

Resultados

El municipio presenta un peligro alto por Sequías y dados los modelos de circulación general más actuales para la estimación de cambio climático, se espera un incremento de las sequías en la parte norte del país, así que se debe de poner especial atención en este fenómeno.

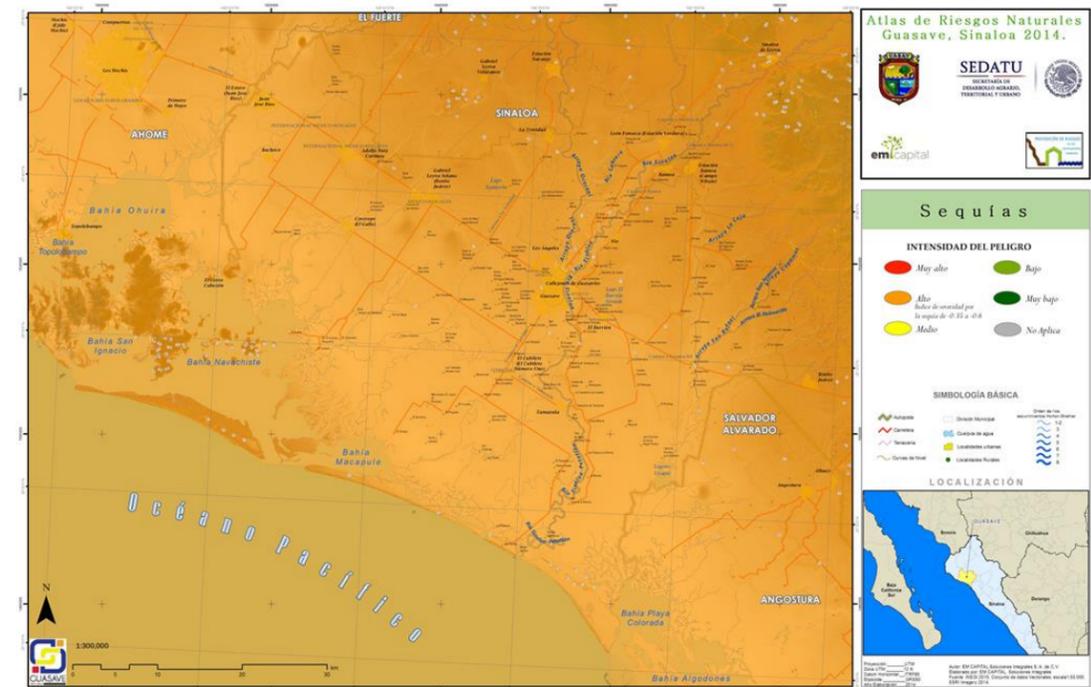


Figura 5.2.2.3. Peligro por Sequías

5.2.3. Heladas

Las heladas son un fenómeno de gran impacto en los sectores productivos del país, especialmente en el ramo de la agricultura. Guasave cuenta con una gran infraestructura agrícola y el desarrollo del municipio depende en gran medida de los ingresos de este sector, de ahí la necesidad de poner especial atención en este evento hidrometeorológico desastroso.



Figura 5.2.3.1. Daño a cultivo de Maíz por la ocurrencia de una Helada (Fuente: Noticiero Altavoz)

Una Heladas es definida como “el descenso de la temperatura a 0° C o menos, a una altura del suelo de 1.5 m por al menos 5 Horas.

Metodología

El análisis de peligro por Heladas para el municipio de Guasave, adoptó a la metodología de **nivel 2**. El proceso metodológico se muestra a continuación.

1. Se constituye una base de datos de temperaturas mínimas diarias en las estaciones base.
2. Constituida la serie de temperaturas mínimas diarias en un periodo de 1963 a 2012, se seleccionan a aquellos valores que alcanzan los 0° C o menos, de este modo cuantificamos el número de heladas por año en cada estación base.
3. Después sacamos el valor promedio anual histórico de heladas en cada estación base

ESTACIÓN	HEL. PROM. ANUALES HIST.
25003	0.00
25008	0.00
25009	0.06
25030	0.04
25038	0.05
25046	0.38
25064	0.09
25065	0.00
25080	0.04
25082	0.80
25116	0.02
25184	0.00

Tabla 5.2.3.1. Heladas promedio anual histórico en cada estación base

4. Dados los valores representativos se genera una malla de interpolación por el método IDW.

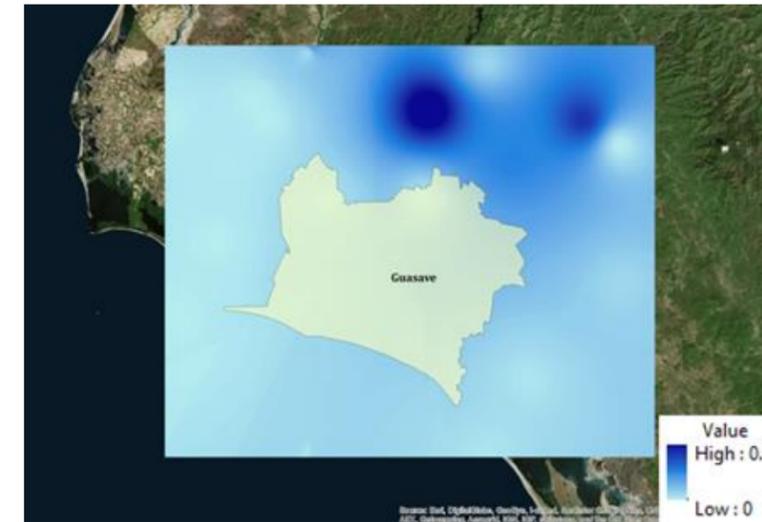


Figura 5.2.3.2. Malla de distribución de Heladas promedio anuales históricas.

5. Dada la distribución de heladas, se tipifican los grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.

NIVEL DE PELIGRO	HELADAS ANUALES
Muy Alto	Más de 5
Alto	De 3 a 5
Medio	De 1.5 a 3
Bajo	De 0.5 a 1.5
Muy Bajo	De 0 a 0.5

Tabla 5.2.3.2. Ponderación de Peligro

6. Entonces pues, se clasifica a la malla con base en los rangos propuestos. De este modo el peligro por Heladas se muestra en la siguiente figura.



Figura 5.2.3.3. Peligro por Heladas

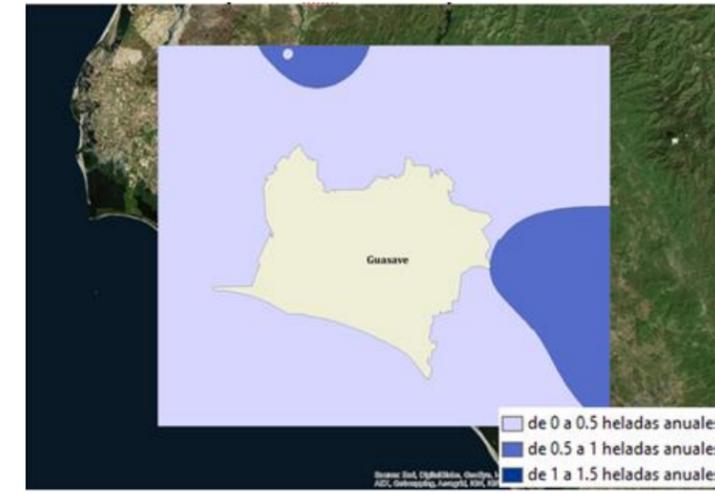


Figura 5.2.3.4. Raster de heladas Anuales Tr 5 Años.

La totalidad del territorio municipal se clasifica como con un **NIVEL MUY BAJO** de peligro por Heladas. Sin embargo, dados los grandes activos agrícolas, se desarrollan mallas de distribución de Heladas anuales asociadas a periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años.

7. Dada la serie de heladas anuales para cada estación, se les asocio una función de distribución de probabilidad. En todos los casos se usó la **función Gumbel** por medio del programa **CÁLCULO DE EXTREMOS 2.0** (FLUMEN, Universidad de Catalunya).

ESTACIÓN	HELADAS ANUALES, TR 5 AÑOS	HELADAS ANUALES, TR 10 AÑOS	HELADAS ANUALES, TR 25 AÑOS	HELADAS ANUALES, TR 50 AÑOS
25003	0.0	0.0	0.0	0.0
25008	0.2	0.3	0.4	0.5
25009	0.4	0.6	0.8	1.0
25030	0.4	0.6	0.8	1.0
25038	0.4	0.5	0.7	0.9
25046	0.4	0.6	0.8	1.0
25064	0.9	0.6	0.8	1.0
25065	0.0	0.0	0.0	0.0
25080	0.4	0.5	0.7	0.9
25082	1.0	1.5	2.1	2.6
25116	0.2	0.3	0.4	0.5
25184	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 5.2.3.3. Heladas Anuales asociadas a periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años.

8. Finalmente con base en los valores de cada estación base, se generan las mallas de distribución de heladas para los Tr's de 5, 10, 25 y 50 años.

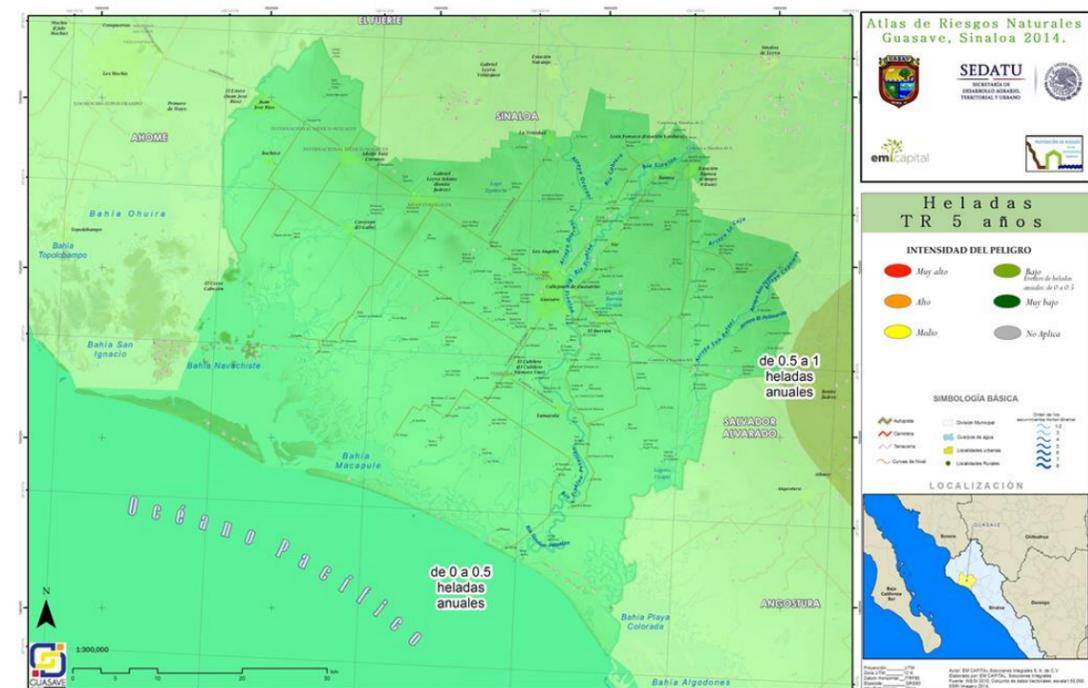


Figura 5.2.3.5. Heladas Anuales Tr 5 Años.

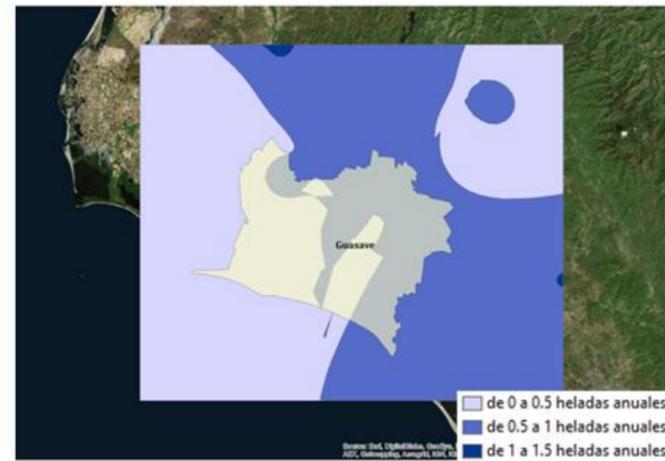


Figura 5.2.3.6. Raster de heladas Anuales Tr 10 Años.

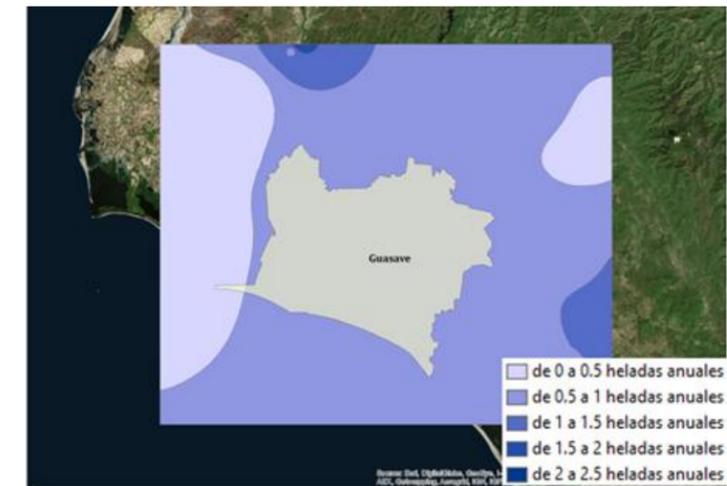


Figura 5.2.3.8. Raster de heladas Anuales Tr 25 Años.

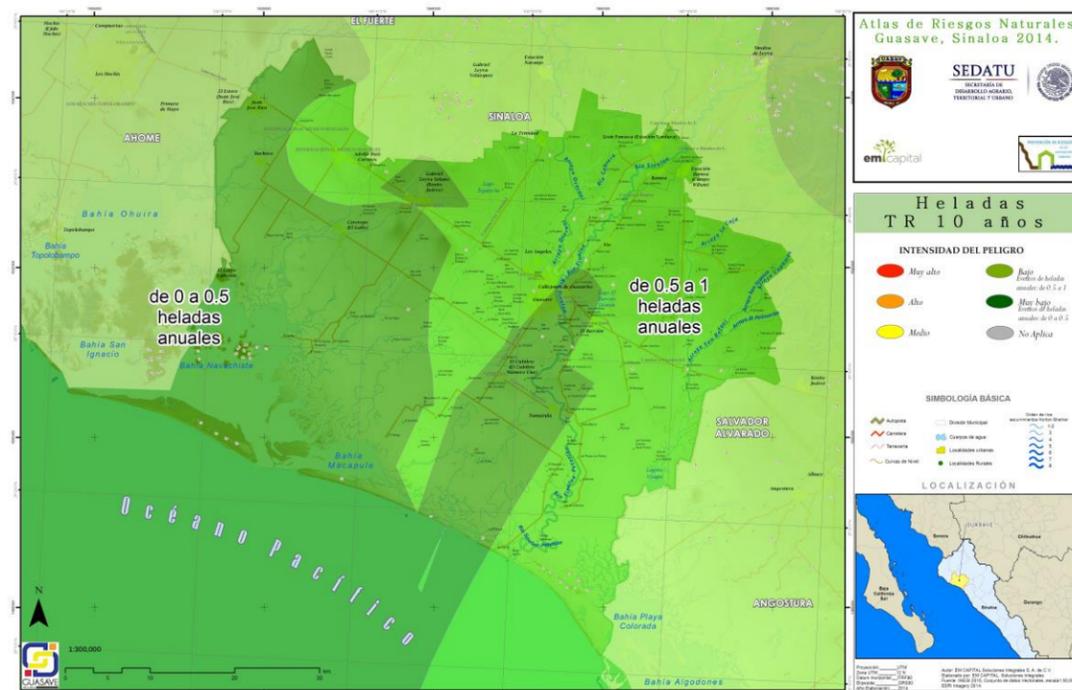


Figura 5.2.3.7. Heladas Anuales Tr 10 Años.



Figura 5.2.3.9. Heladas Anuales Tr 25 Años.

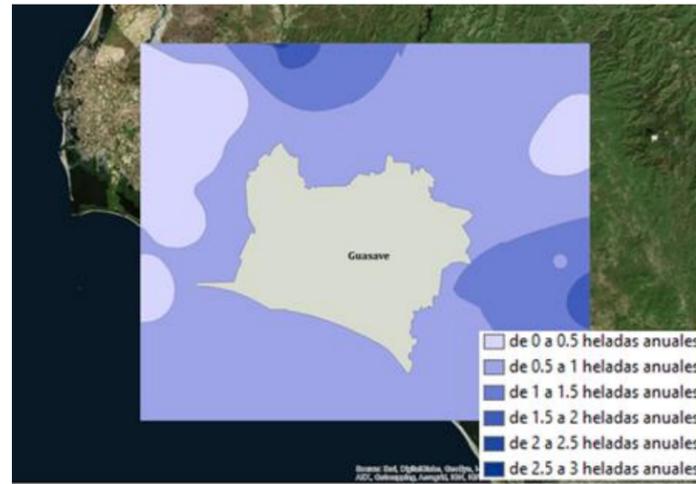


Figura 5.2.3.10. Raster de heladas Anuales Tr 50 Años.



Figura 5.2.3.11- Heladas Anuales Tr 50 Años.

5.2.4. Tormentas de granizo

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbos son arrastrados por corrientes ascendentes de aire.

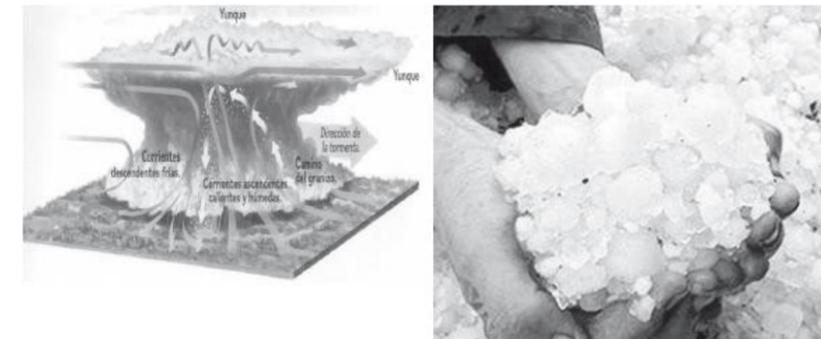


Figura 5.2.4.1. Formación de tormentas de granizo

En México los daños más importantes por granizadas se presentan principalmente en las zonas rurales, ya que se destruyen las siembras y plantíos, causando, en ocasiones, la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones, alcantarillas y vías de transporte y áreas verdes cuando se acumula en cantidad suficiente puede obstruir el paso del agua en coladeras o desagües, generando inundaciones o encharcamientos importantes durante algunas horas. La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño.

Metodología

Para la obtención del mapa de peligro por Tormentas de Granizo para el municipio de Guasave, se adoptó a la metodología de **nivel 1** descrita en las "Bases para la estandarización en la elaboración de atlas de Riesgo y catálogo de datos geográficos para representar el riesgo 2014". Los registros de tormentas de granizo se plasman por ocurrencia del evento, es decir, si granizó, se registra "1" y si no granizó "0", de tal modo que nuestro análisis estará enfocado en la cuantificación de eventos promedios históricos.

1. Se constituye una base de datos de ocurrencia de granizadas en las estaciones base.
2. Dados los registros, se cuantifican el número de eventos de granizada anuales, en el periodo homologado de 1963 a 2012.
3. Generada la serie de valores anuales, se obtiene el número promedio anual histórico de granizadas.

ESTACIÓN	GRAN. PROM. ANUAL HIST.
25003	1.28
25008	0.00
25009	1.81
25030	3.00

25038	0.02
25046	5.39
25064	0.31
25065	0.00
25080	0.00
25082	0.12
25116	0.21
25184	0.00

Tabla 5.2.4.1. Granizadas promedio anuales históricas.

- Con base en los valores de granizadas, se genera una malla de distribución ráster por medio del método IDW.
- Dada la distribución de las granizadas, se tipifican los grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.

NIVEL DE PELIGRO	GRANIZADAS ANUALES
Muy Alto	Mayores a 6
Alto	2-6
Medio	1-2
Bajo	0-1
Muy Bajo	0

Figura 5.2.4.2. Ponderación de Peligro

- Finalmente se tipifican los niveles de peligro.

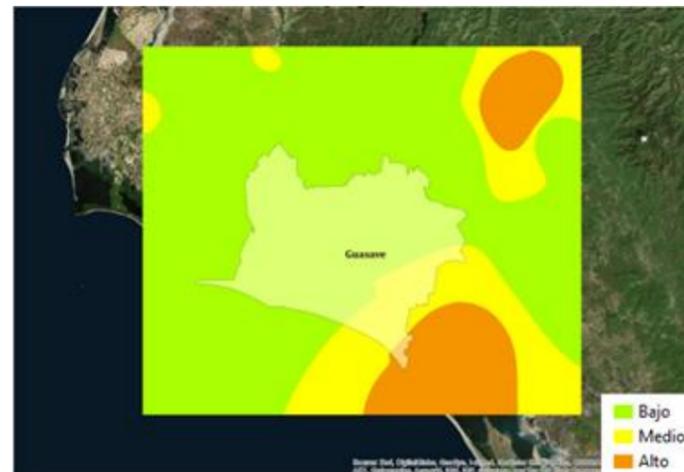


Figura 5.2.4.2. Peligro por Granizo

El municipio presenta en su mayoría **UN NIVEL DE PELIGRO BAJO** por granizadas, sin embargo en el sureste del municipio se presentan zonas de Medio y Alto peligro, los cuales constituyen alrededor de una cuarta parte del territorio municipal y que representan la ocurrencia de 1 a 6 eventos anuales.

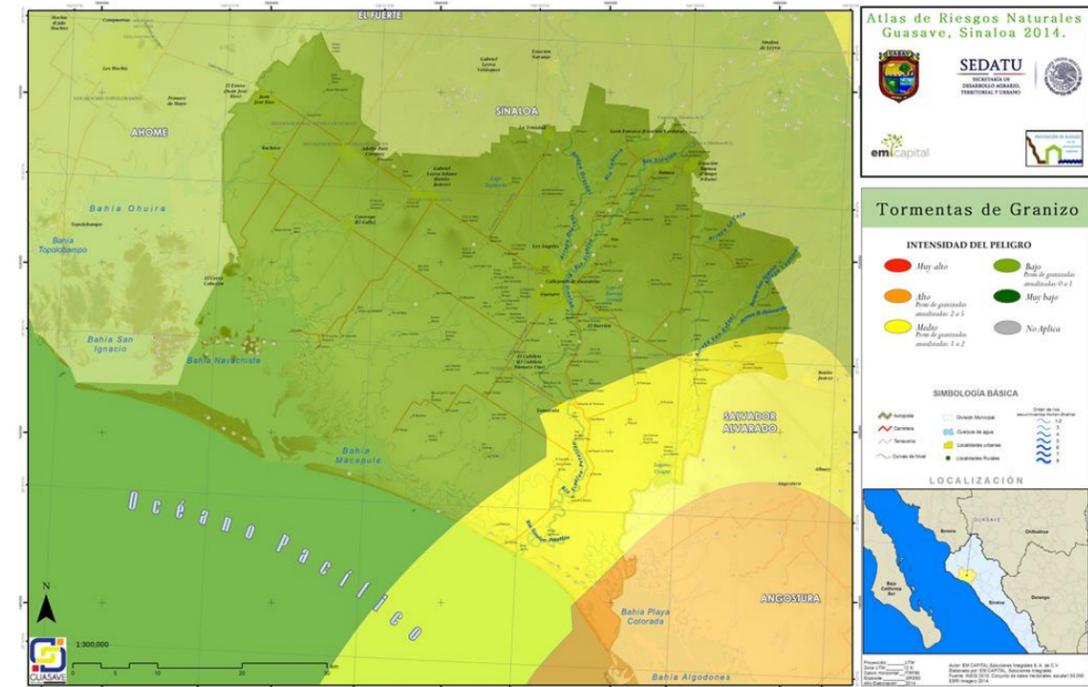


Figura 5.2.4.3. Mapa de peligro por Tormentas de Granizo.

5.2.5. Tormentas de nieve

Las nevadas son una de las manifestaciones en que puede ocurrir una precipitación, estas se presentan cuando la temperatura en la atmósfera, al nivel superficial, es igual o menor de los 0° centígrados, además de otros factores, como es el viento, principalmente su componente vertical, y la humedad, entre otras. Su estructura consiste en cristales de hielo que se unen para formar los copos de nieve, los cuales sufren transformaciones desde su precipitación hasta su fusión, por lo que las características tanto físicas como químicas de la nieve varían con respecto al tiempo.

Históricamente las zonas donde su ocurrencia es más frecuente son los volcanes del Pico de Orizaba, Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Nevado de Toluca, así como en las sierras de Chihuahua, Durango, Sonora, Coahuila, Baja California y Nuevo León, y en menor frecuencia en la zona del Bajío (Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Jalisco), así como en las faldas del Nevado de Toluca y las partes altas del valle de México.

En las ciudades, los efectos negativos de las nevadas se manifiestan de distintas maneras: por el desquiciamiento del tránsito, apagones y taponamiento de drenajes: por los daños a estructuras endebles y

derrumbes de techos. Pueden causar decesos en la población que no tiene la protección adecuada contra el frío, especialmente indigentes o personas de bajos recursos económicos.



Figura 5.2.5.1. Mapa de peligro por Nevadas.

5.2.6. Ciclones tropicales

Un ciclón tropical es un remolino gigantesco que cubre cientos de miles de kilómetros cuadrados y tiene lugar, primordialmente, sobre los océanos tropicales. Cuando las condiciones oceánicas y atmosféricas propician que se genere un ciclón tropical, la evolución y desarrollo de éste puede llegar a convertirlo en huracán (CONAGUA, 2014)

La formación de los ciclones en los océanos se ve favorecida cuando la temperatura de la capa superficial de agua supera los 26°C. Lo anterior, aunado a la existencia de una zona de baja presión atmosférica, hacia la cual convergen vientos de todas direcciones. Los vientos en la zona circundante fluyen y aumentan el ascenso del aire caliente y húmedo que contiene vapor de agua. El calor latente, ganado por la condensación del vapor de agua, es la fuente de energía del ciclón. Una vez que se inicia el movimiento del aire hacia arriba, a través de la columna central, se incrementa la entrada de aire en los niveles más bajos, con la correspondiente salida en el nivel superior del fenómeno. Por la influencia de la fuerza de rotación de la Tierra, el aire converge, gira y comienza a moverse en espiral, en sentido contrario a las manecillas del reloj en el Hemisferio Norte.

La temporada en el Océano Pacífico Nororiental (Costas de México) abarca del 15 de mayo al 30 de noviembre cada año, mientras que en el Océano Atlántico que incluye el Golfo de México y el Mar Caribe se extiende del 1 de junio al 30 de noviembre.

Etapas de Evolución

La evolución de un ciclón tropical puede llegar a desarrollar cuatro etapas:

Perturbación Tropical:

Zona de inestabilidad atmosférica asociada a la existencia de un área de baja presión, la cual propicia la generación incipiente de vientos convergentes cuya organización eventual provoca el desarrollo de una depresión tropical.

Depresión Tropical:

Los vientos se incrementan en la superficie, producto de la existencia de una zona de baja presión. Dichos vientos alcanzan una velocidad sostenida menor o igual a 62 kilómetros por hora.

Tormenta Tropical:

El incremento continuo de los vientos provoca que éstos alcancen velocidades sostenidas entre los 63 y 118 km/h. Las nubes se distribuyen en forma de espiral. Cuando el ciclón alcanza esta intensidad se le asigna un nombre preestablecido por la Organización Meteorológica Mundial.

Huracán:

Es un ciclón tropical en el cual los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan los 119 km/h. El área nubosa cubre una extensión entre los 500 y 900 km de diámetro, produciendo lluvias intensas. El ojo del huracán alcanza normalmente un diámetro que varía entre 24 y 40 km, sin embargo, puede llegar hasta cerca de 100 km. En esta etapa el ciclón se clasifica por medio de la escala Saffir-Simpson, como se indica en la tabla.

CATEGORÍA	VIENTOS MÁXIMOS (KM/H)	CARACTERÍSTICAS DE LOS POSIBLES DAÑOS MATERIALES PROVOCADOS POR EL VIENTO
Uno	119 a 153	Árboles pequeños caídos; daños al tendido eléctrico.
Dos	154 a 177	Adicionalmente a los daños del Categoría Uno: Daño en techados, puertas y ventanas; desprendimiento de árboles.
Tres	178 a 208	Adicionalmente a los daños del Categoría Dos: Grietas en construcciones.
Cuatro	209 a 251	Adicionalmente a los daños del Categoría Tres: Desprendimiento de techos en viviendas.
Cinco	252 o Mayores	Adicionalmente a los daños del Categoría Cuatro: Daño muy severo y extenso en ventanas y puertas. Falla total de techos en muchas residencias y en construcciones industriales.

Tabla 5.2.6.1. Eescala Saffir-Simpson.

El tipo de daños provocados por las lluvias y escurrimientos de los ciclones tropicales varía dependiendo de varios factores:

- Velocidad de desplazamiento: ciclones que se mueven lentamente o permanecen estacionarios tienden a dejar más lluvia.
- Tamaño del fenómeno: mientras más grande es un ciclón, mayor es el área que recibe lluvias del mismo.
- Trayectoria específica.
- Hora del día.
- Efectos locales debidos a la topografía.
- Interacción con otros sistemas meteorológicos presentes, por ejemplo: frentes fríos, ondas tropicales, canales de baja presión, un segundo ciclón tropical.

El tipo de efectos en zonas costeras provocados por el oleaje y marea de tormenta que acompañan a los ciclones tropicales pueden ser altamente destructivos y varía de acuerdo a factores locales como la forma específica de la costa y del lecho marino circundante, así como al viento del ciclón, el campo de presión atmosférica y el tamaño del fenómeno.

En el análisis de Ciclones Tropicales, nos enfocamos en la ocurrencia de eventos de Huracanes y tormentas tropicales. El presente apartado describe la metodología usada para la estimación del grado de peligro para este tipo de fenómenos en el Municipio de Guasave.

Metodología

Para la obtención del mapa de peligro por Ciclones Tropicales para el municipio de Guasave, se adoptó a la metodología de **nivel 1** descrita en las "Bases para la estandarización en la elaboración de atlas de Riesgo y catálogo de datos geográficos para representar el riesgo 2014".

Se descargaron las trayectorias de huracanes y tormentas tropicales del servidor del Centro Nacional de Huracanes de la NOAA que inciden en el territorio municipal o que han pasado al menos a 300 km de los límites municipales. En total se identificaron 74 eventos en el periodo de 1949 a 2013.

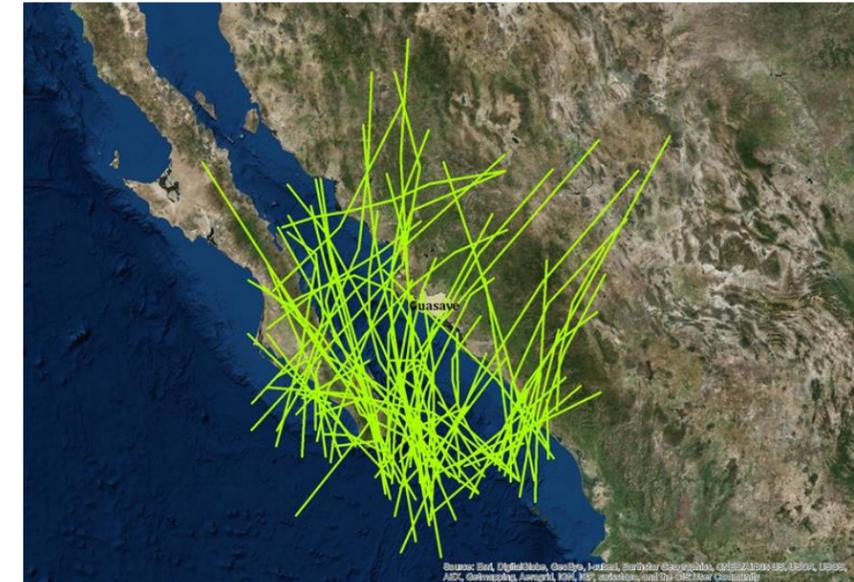


Figura 5.2.6.1. Imagen de Trayectorias de ciclones tropicales en el periodo 1949 a 2013.

Con base en la fuente datos "desinventar", se consultaron los eventos desastrosos que tenían como causa de origen los huracanes y las tormentas tropicales.

FECHA INICIO	TIPO DE EVENTO	SITIO	FUENTES	OBSERVACIONES DE EFECTOS	TIPO DE CAUSA	OBSERVACIONES DE CAUSA
18/08/1977	Inundación	Guasave	Excélsior	Grandes áreas sembradas con frijol y soya están inundadas y los cultivos de arroz resintieron cuantiosos daños.	Huracán	Doreen
22/09/1981	Inundación		Excélsior		Tormenta Tropical	Knut
08/10/1981	Tempestad	Las Grullas El Valle	Excélsior		Tormenta Tropical	Lydia
01/10/1982	Inundación	Varios poblados	El Universal		Huracán	Paul
02/10/1986	Inundación	Guasave	La Jornada		Huracán	Paine
02/10/1990	Tempestad	Desembocadura del río Sinaloa	La Jornada		Tormenta Tropical	Raquel; Vientos de 40 km/h y rachas de 135 km
03/09/1998	Inundación	Guasave	La Jornada	80% del municipio inundado. 125 comunidades afectadas. Daños globales.	Huracán	Isis

04/09/1998	Inundación	Ejido Cañadas	Las	La Jornada	El 35% de la mancha urbana fue cubierta por el desbordamiento del Río Sinaloa.	Huracán	Isis; desbordamiento del río Sinaloa
10/09/1999	Inundación	Guasave		La Jornada	Soldados del Ejército Mexicano instalaron 3 albergues para atender a los damnificados.	Huracán	Greg el agua alcanzó medio metro de altura
17/09/2006	Lluvias	Guasave		La Jornada	Declaratoria de emergencia. Ver ficha 06-1269.	Huracán	Lane; intensas lluvias y rachas de viento de 250 km/h
26/10/2006	Inundación	Varias comunidades		La Jornada	Declarado zona de emergencia. Se pone en marcha el Plan DN-III.	Tormenta Tropical	Paul
06/09/2007	Lluvias			La Jornada	Las fuertes lluvias provocan inundaciones, daños en equipamiento urbano y cortes de luz en importantes sectores.	Tormenta Tropical	Remanentes de Henriette
12/09/2008	Inundación			La Jornada	Municipio declarado en emergencia.	Tormenta Tropical	Lowell.
11/10/2008	Marejada	Guasave		La Jornada		Huracán	Norbert.
13/10/2008	Lluvias	Guasave		La Jornada		Huracán	Norbert.
01/09/2009	Tempestad	Guasave		La Jornada	Se cierra el puerto al turismo y a la navegación, y se suspenden clases	Huracán	Jimena. Vientos de 80 km/h
05/09/2009	Lluvias	Guasave		La Jornada	Se suspenden clases	Huracán	Jimena
13/10/2009	Inundación			El Universal	Cultivos de granos y legumbres dañados	Tormenta Tropical	Patricia

Tabla 5.2.6.2. Daños por huracanes y tormentas tropicales de 1977 a 2011.

Dadas las trayectorias, se estimó que el promedio histórico de este tipo de eventos es de **1.24** al año y el número de eventos desastrosos promedio anual es de 0.75.

Grosso modo, se propone la siguiente tabla de nivel de peligros, que toma como base el número de eventos anuales y el número antecedente de daños.

NIVEL DE PELIGRO	GRANIZADAS ANUALES (ÍNDICES DADOS CON VALORES ABSOLUTOS)
Muy Alto	Más de 2 ciclones y más de 1 evento desastroso promedio al año.
Alto	De 1 a 2 ciclones y de 0.5 a 1 eventos desastrosos promedio al año
Medio	De 0.5 a 1 ciclones y de 0.1 a 0.5 eventos desastrosos promedio al año
Bajo	De 0.1 a 1 ciclones y de 0 a 0.1 eventos desastrosos promedio al año
Muy Bajo	<0.1 ciclones y ningún evento desastroso.

Tabla 5.2.6.3. Ponderación de Peligro por ciclones tropicales

Con base en la ponderación del punto anterior, se genera el mapa de peligro por ciclones tropicales.



Figura 5.2.6.2. Imagen de Peligro por Ciclones Tropicales.

Resultados

Guasave presenta un peligro alto por Ciclones tropicales, lo cual se caracteriza por la ocurrencia de 1 a 2 ciclones tropicales al año, mismos que derivan de 0.5 a 1 eventos desastrosos promedio al año.

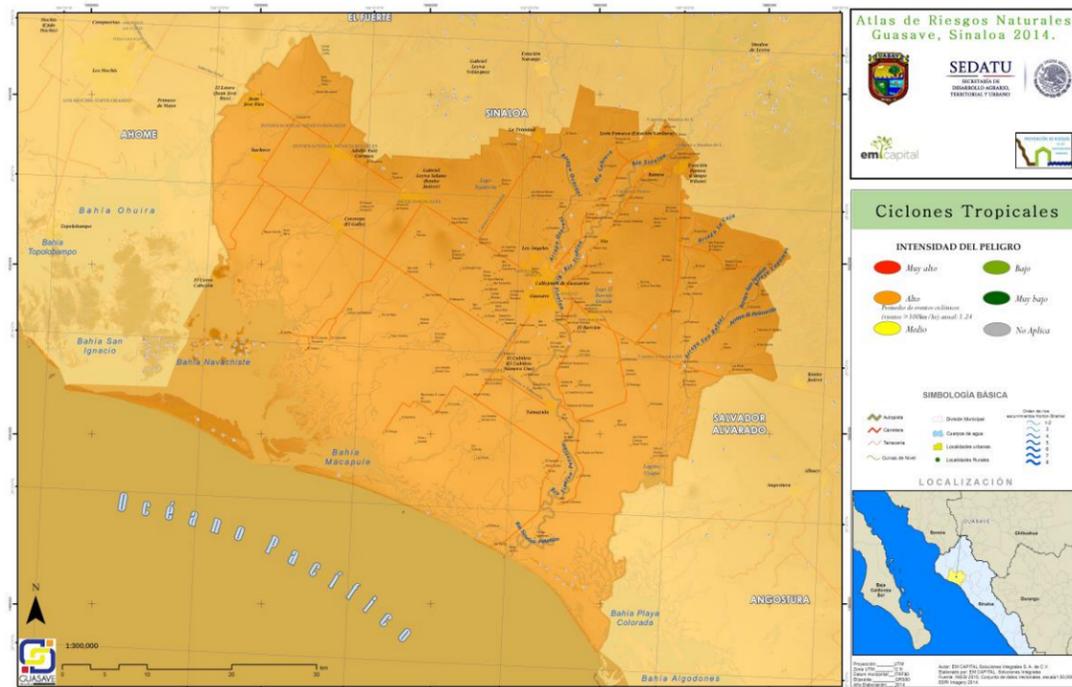


Figura 5.2.6.3. Mapa de peligro por Ciclones Tropicales.

Las precipitaciones asociadas a un ciclón tropical pueden reblandecer el suelo en algunas regiones, por lo que se recomienda exhortar a la población a extremar precauciones debido a que pudieran registrarse deslizamientos de laderas, desbordamientos de ríos y arroyos, o afectaciones en caminos y tramos carreteros, así como inundaciones en zonas bajas y saturación de drenajes en zonas urbanas.

La navegación marítima en las inmediaciones del sistema, deberá extremar precauciones, así como las operaciones aéreas.

5.2.7. Tornados

Los tornados es un fenómeno violento el cual es un vórtice de alta velocidad o un embudo formado por fuertes corrientes de una nube de tormenta. Cuando la base del vórtice toca el suelo, se produce una senda de destrucción concentrada sin igual en la naturaleza. (P. Eden y C. Twist 1966). Esto cuenta un tiempo de vida, que comienza con un vórtice delgado aumentando su tamaño y fuerza; cuando el ciclo termina se debilita y se va ampliando hasta desaparecer o recupera su forma delgada, como un cordoncillo. La mayoría de estos inician como nube y forman un embudo y terminan de igual manera; pero cuando tocan tierra o agua en su etapa de madurez regresan a nube en forma de embudo cuando pierden fuerza y tamaño.

Para que pueda darse la formación de estos fenómenos se necesita: humedad, aire caliente en los niveles bajos, aire seco en niveles superiores, inestabilidad atmosférica, una corriente a chorro, vientos bajos del sur y vientos occidentales en niveles altos también.

Para poder saber la intensidad de un tornado, se estima mediante la escala denominada Fujita-Pearson, la cual se menciona enseguida.

CATEGORÍA	F-ESCALA NÚMERO	DENOMINACIÓN DE INTENSIDAD	VELOCIDAD DEL VIENTO	TIPO DE DAÑO
Débil	F0	Tornado Leve	64-116 Km/h	Algún daño a las chimeneas de las casas, ruptura de ramas de árboles; arranca árboles de raíces poco profundas; daño a lettereros o anuncios comerciales.
Débil	F1	Tornado Moderado	117-180 Km/h	El límite inferior es el inicio de la velocidad de los vientos de los huracanes; desprende las techumbres; las casas móviles son empujadas fuera de sus basamentos o volteadas; los autos que circulan son empujados fuera de los caminos; los garajes o estacionamientos anexos a las casas pueden ser destruidos.
Fuerte	F2	Tornado Significativo	181-252 Km/h	Daños considerables. Los techos son completamente arrancados de las estructuras de las casas; las casas móviles son volcadas
Severo	F3	Tornado Severo	251-330 Km/h	Destrucción de viviendas; eleva vehículos y los desplaza a distancias; arranca árboles de raíz.
Intenso	F4	Tornado Devastador	331-420 Km/h	Genera proyectiles de gran tamaño; quita la corteza de los troncos que quedan en pie, demolición de paredes fuertes.
Destruccionivo	F5	Tornado Increíble	421 o más Km/h	Daña seriamente estructuras de hormigón armado, casas destruidas y las arrastra a distancias considerables; coches arrastrados a 100 m.

Tabla 5.2.7.1. Escala de Fujita-Pearson. Obtenida del libro Espacio Geográfico Epistemología y Diversidad, E. Olivera Patricia, 2003, Pagina: 238.

No se han reportado fenómenos de este tipo en el municipio.

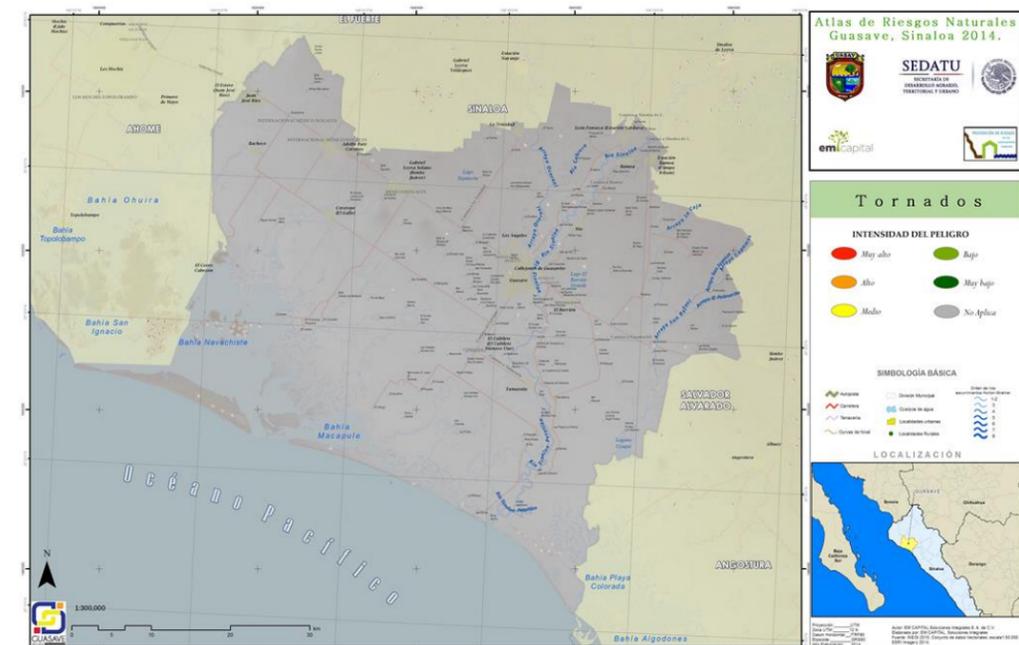


Figura 5.2.7.1. Mapa de peligro por Tornados

5.2.8. Tormentas polvo

Una tormenta de arena o polvo, es un fenómeno que se presenta por vientos de suficiente intensidad que soplan en arena suelta en una superficie seca. Las partículas de arena entonces son transportadas en la dirección del viento, ya sea por suspensión, o flotando o "saltación" (un término geológico que en palabras sencillas es el equivalente a que las partículas vayan dando verdaderos saltos depositándose nuevamente en el suelo, válido para las partículas más pesadas).

En el Municipio de Guasave, no se han reportado fenómenos de este tipo, por parte de Protección Civil Municipal ni por la población. Se determina por tanto que este fenómeno **NO APLICA**.



Figura 5.2.8.1. Mapa de peligro por Tormentas de polvo

5.2.9. Tormentas eléctricas

Las tormentas eléctricas son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulonimbus) y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos; pero en ocasiones puede ser nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo (OMM, 1993). Son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados.

Asimismo, el desarrollo económico y poblacional de las ciudades hace posible que ocurran con mayor frecuencia efectos negativos generados por tormentas eléctricas (García, et al., 2007), por lo que es necesario implementar las medidas necesarias que minimicen sus efectos.

Características de Las Tormentas Eléctricas

Una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad, entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantar a éste, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente en grupos o en líneas.

El ciclo de duración de una tormenta es de sólo una o dos horas y empieza cuando una porción de aire está más caliente que el de su entorno, o bien, cuando el aire más frío penetra por debajo de ella. El estado de madurez de una tormenta está asociado con grandes cantidades de precipitación y rayos.

El rayo es una descarga electrostática que resulta de la acumulación de cargas positivas y negativas dentro de una nube de tormenta. Cuando las cargas adquieren la fuerza suficiente, aparecen los rayos, cuya manifestación visible es el relámpago, es decir, un destello de luz que se produce dentro de las nubes o entre éstas y el suelo. La mayor cantidad de relámpagos ocurren dentro de la nube, mientras que el 20% se presenta entre la nube y el suelo.

Un rayo alcanza una temperatura en el aire que se aproxima a los 30,000 grados centígrados en una fracción de segundo. El aire caliente provoca que éste se expanda rápidamente, produciendo una onda de choque que llega en forma de sonido llamado trueno, éste viaja hacia fuera y en todas direcciones desde el rayo.

Los rayos pueden ser de los siguientes tipos:

- Nube-aire. La electricidad se desplaza desde la nube hacia una masa de aire de carga opuesta.
- Nube-nube. El rayo puede producirse dentro de una nube con zonas cargadas de signo contrario.
- Nube-suelo. Las cargas negativas de las nubes son atraídas por las cargas positivas del suelo.

Una tormenta eléctrica es un fenómeno meteorológico caracterizado por la presencia de rayos y sus efectos sonoros en la atmósfera terrestre denominados truenos. El tipo de nubes meteorológicas que caracterizan a las tormentas eléctricas son las denominadas cumulonimbus. Las tormentas eléctricas por lo general están acompañadas por vientos fuertes, lluvia copiosa y a veces nieve, granizo, o sin ninguna precipitación. Aquellas que producen granizo son denominadas granizadas. Las tormentas eléctricas fuertes o severas pueden rotar, en lo que se denomina superceldas. Mientras que la mayoría de las tormentas eléctricas se desplazan con la velocidad de desplazamiento promedio del viento en la capa de la tropósfera que ocupan, cortes de viento verticales pueden causar una desviación en su curso de desplazamiento en dirección perpendicular a la dirección de corte del viento.

Origen

Para la formación de este tipo de tormentas es necesaria la humedad del aire caliente que se eleva en una atmósfera inestable. La atmósfera se vuelve inestable cuando las condiciones son tales que una burbuja de la subida del aire caliente puede seguir aumentando aún más que el aire del ambiente. El aumento de aire caliente es un mecanismo que intenta restaurar la estabilidad, incluso cuando el aire frío tiende a disminuir y finalmente desaparecen. Si el aire ascendente es lo suficientemente fuerte, el aire se enfría (adiabática) a temperaturas por debajo del punto de rocío y se condensa, liberando el calor latente, que promueve el aumento de aire y "alimenta" a la tormenta. Aislados Cúmulus se forman con gran desarrollo vertical (hasta 10 ó 18 mil pies), alimentado por las corrientes de aire ascendente.

Las tormentas pueden formarse dentro de las masas de aire de la convección del aire elevada, común en las tardes de verano, cuando se calienta la superficie. El efecto orográfico (a barlovento en las grandes montañas) puede estar asociado a los frentes, siendo más intensa en el caso de los frentes fríos.

Las tormentas más fuertes se generan cuando el aire cálido y húmedo se eleva rápidamente, con velocidades que pueden alcanzar 160 kilómetros por hora, hasta altitudes más altas y más frías. En cada momento hay en el orden de 2.000 tormentas eléctricas que tienen lugar en la superficie de la Tierra. Los rayos se producen cuando las partículas de hielo o la nieve empiezan a caer de una nube a gran altura hacia la superficie y corresponden a la liberación de energía debido a la diferencia de carga entre las partículas.

Fases de una tormenta eléctrica

En la vida de una tormenta ordinaria (formado por convección de una masa de aire) son por lo general presentan tres fases (cada una para normalmente de 15 a 30 minutos):

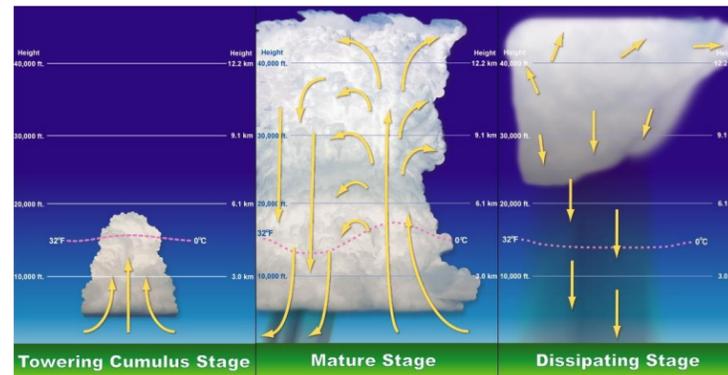


Figura 5.2.9.1. Formación de una tormenta eléctrica.

Nacimiento

Las corrientes de aire ascendente causan la formación de cumulonimbos. Si la carga por primera vez es de agua, y no se producen rayos, no será una tormenta eléctrica. En la parte superior de la nube, el proceso de crecimiento de cristales de hielo comienza a producir las partículas.

Madurez

El crecimiento vertical alcanza su máximo y las nubes se acoplan con la forma característica de un yunque. Por lo general esto sucede cuando la inversión de aumento de la temperatura del aire es más estable (tropopausa).

Los vientos dominantes en la alta altitud de las nubes cirrus comienzan a extenderse desde la parte superior de las nubes. Las bases son la parte frontal inferior y los relámpagos comenzaron a aparecer en toda la extensión de las nubes. Dentro de las nubes, la turbulencia es intensa e irregular, con un equilibrio entre las corrientes ascendentes y descendentes. El peso de las partículas de la precipitación es suficiente para contrarrestar la corriente ascendente y comienzan a caer, arrastrando el aire que te rodea. Como las consecuencias partículas caen en las partes más calientes de la nube, no hay aire seco que entra al medio ambiente en la nube y puede dar lugar a la evaporación de estas partículas. La evaporación enfría el aire, por lo que es más densa o "pesado". Todo este aire frío que cae a través de la nube y precipitación que se forma la corriente de aire hacia abajo, cuando llegue a la superficie se puede propagar a formar un frente que exceda desplazando y reemplazando el aire caliente de la superficie. En esta etapa de la tormenta produce fuertes vientos, relámpagos y lluvias torrenciales.

Disipación

Las nubes comienzan a extenderse hacia los lados, en capas o bordes. Y los vientos descendentes de las corrientes frías son predominantes. El aire frío reemplaza el aire más caliente de la superficie, frente a los movimientos al alza en la tormenta. En esta etapa, sólo hay corrientes descendentes y precipitaciones débiles. Eso deja sólo muchas nubes cirrus que incluso pueden contribuir, con su sombra, a frenar el calentamiento de la superficie.

Medir su distancia

Una vez que el sonido y la luz se mueven a través de la atmósfera a velocidades muy diferentes, puede estimarse la distancia de la tormenta por la diferencia de tiempo entre el relámpago (luz) y el trueno (sonido). La velocidad del sonido es de unos 332 m/s (en función de las condiciones climáticas). La velocidad de la luz es tan alta (300.000 km/s) que el tiempo que tarda en llegar puede ser ignorado en este enfoque. Por lo tanto, la tormenta será de 1 km para cada 3 segundos que pasan entre el relámpago y el trueno.

Metodología para la determinación del peligro por Tormentas eléctricas

Tomando las estaciones base ya mencionadas en los otros análisis de peligro, se constituyó una base de datos de los registros de tormentas eléctricas, derivando en valores promedios históricos de ocurrencia del fenómeno en intervalos anuales.

Dadas las series de datos para cada estación base se ajustó una función de distribución de probabilidad mediante el programa AX (CENAPRED, 1997), para luego extrapolar los valores a los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años. Ya con los valores probables de tormenta eléctrica para cada Tr se construyeron mallas raster usando el método de "Inverse Distance Weighted" con ayuda de un sistema de información geográfica, finalmente generadas las mallas se transformaron a formato shp.

Metodología

El mapa de peligro por Tormentas Eléctricas para el municipio de Guasave, se adoptó a la metodología de **nivel 1**. Al igual que las tormentas de granizo, los registros de tormentas eléctricas se plasman por ocurrencia del evento, es decir, si hubo tormenta eléctrica, se registra "1" y si no, "0", de tal modo que nuestro análisis estará enfocado en la cuantificación de eventos promedios históricos.

1. Se constituye una base de datos de ocurrencia de tormentas eléctricas en las estaciones base.
2. Dados los registros, se cuantifican el número de eventos de tormentas eléctricas anuales, en el periodo homologado de 1963 a 2012.
3. Generada la serie de valores anuales, se obtiene el número promedio anual histórico de tormentas eléctricas.

ESTACIÓN	TOR. ELÉC. ANUAL HIST.
25003	0.06
25008	14.41
25009	4.61
25030	0.57
25038	3.01
25046	27.17

25064	0.30
25065	0
25080	0.03
25082	3.80
25116	5.96
25184	1.40

Tabla 5.2.9.1. Granizadas promedio anuales históricas.

- Con base en los valores de granizadas, se genera una malla de distribución ráster por medio del método IDW.
- Dada la distribución de las granizadas, se tipifican los grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.

NIVEL DE PELIGRO	TORMENTAS ELÉCTRICAS ANUALES
Muy Alto	Más de 20
Alto	De 10 a 20
Medio	De 5 a 10
Bajo	De 2 a 5
Muy Bajo	Hasta 2

Tabla 5.2.9.2. Ponderación de Peligro

- Finalmente se tipifican los niveles de peligro.



Figura 5.2.9.2. Peligro por Tormentas Eléctricas

Guasave tiene **MUY BAJA INCIDENCIA DE TORMENTAS** Eléctricas, la tipificación de riesgo es mayoritariamente Baja, a excepción de un sector en el Noroeste del Municipio que se clasifica como de Muy Bajo peligro.



Figura 5.2.9.3.- Mapa de tormentas eléctricas.

5.2.10. Lluvias extremas

Las lluvias extremas son causantes de grandes daños año con año en México, y especialmente en municipios costeros, como es el caso de Guasave. El municipio está expuesto a lluvia de distinto origen, pero son dos tipos las más recurrentes, y estas son las ciclónicas y las de origen convectivo. Ambas derivan en inundaciones y tienen como elemento diferenciador el área de influencia, y el factor viento que acompaña a los eventos ciclónicos.

En el presente apartado, se analiza el peligro por lluvias extremas en Guasave y se estiman las lluvias máximas asociados a periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años. La cual corresponde a un **nivel de análisis 2**.

Metodología

Con base en los registros de lluvia diaria acumulada en las estaciones base, se sigue la siguiente secuencia metodológica.

- Se filtran los valores máximos diarios acumulados de lluvia en las estaciones base en el periodo de 1963 a 2012.

2. Dados los valores máximos diario anuales, se promedian, y se obtiene el valor promedio máximo diario promedio anual histórico en cada estación climatológica base.

ESTACIÓN	LLUVIA PROM. DIARIA ANUAL HIST. (MM)
25003	78.05
25008	69.03
25009	68.69
25030	90.48
25038	85.01
25046	95.85
25064	78.83
25065	50.74
25080	82.57
25082	80.15
25116	75.24
25184	81.80

Tabla 5.2.10.1. Lluvia máxima diaria promedio anual histórico.

3. Con base en los valores obtenidos en el punto anterior, se genera una malla ráster de interpolación por el método IDW.



Figura 5.2.10.1. Distribución de lluvias extremas

4. Se propone una ponderación de peligro con base en la precipitación.

NIVEL DE PELIGRO	LLUVIA MÁXIMA DIARIA (MM)
Muy Alto	Más de 100
Alto	De 80 a 100
Medio	De 60 a 80
Bajo	De 40 a 60
Muy Bajo	Menos de 40

Tabla 5.2.10.2. Ponderación de peligro por lluvia extremas.

5. Partiendo de la ponderación de peligro propuesta, se reclasifica la malla de lluvia a un nivel de peligro según sus valores.

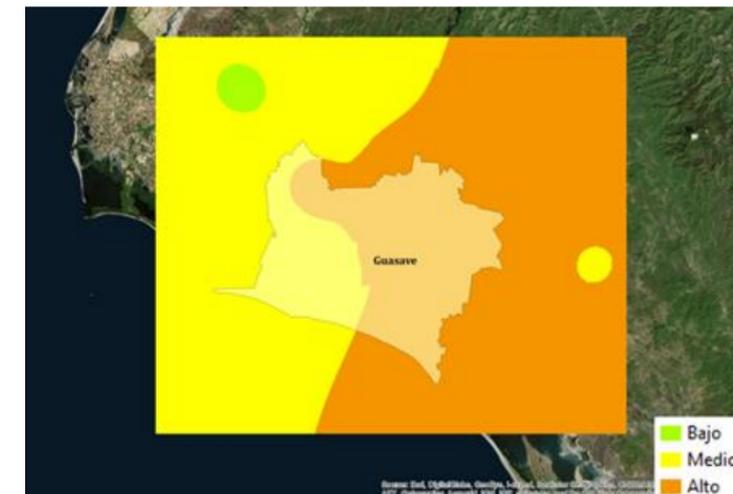


Figura 5.2.10.2. Raster de Peligro por Lluvias

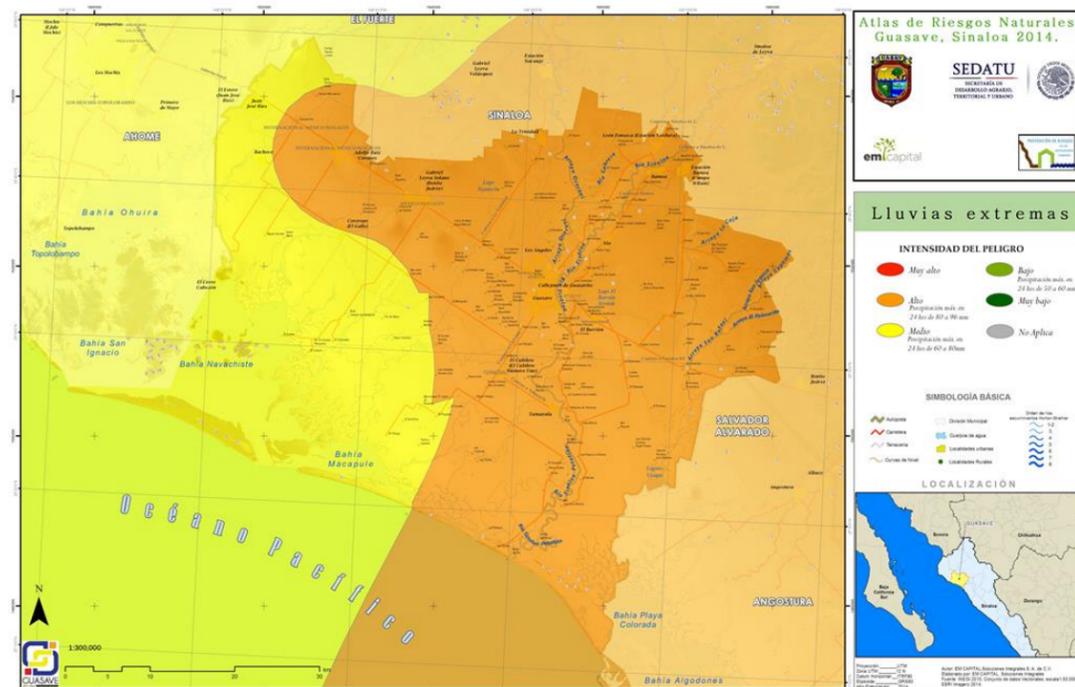


Figura 5.2.10.3. Peligro por Lluvias extremas

El municipio presenta en casi 2/3 partes del territorio un nivel de peligro Alto por lluvias extremas, las cuales conllevan lluvia diarias máximas de entre 80 y 100 mm, las cuales son de gran magnitud. Una tercera parte del municipio ubicada en el flanco Oeste se tipifica como con un nivel de **peligro Medio**.

Periodos de Retorno

1. Como parte de la metodología nivel 2 que se adoptó para el análisis del peligro por lluvias extremas, es preciso estimar la ocurrencia de eventos a periodos de retorno dados, que este caso son a 5, 10, 25 y 50 años. Para esto tomamos las series de máximos diarios anuales de cada estación.
2. A cada serie se le asigna una función de distribución de probabilidad de tipo Gumbel. Para la estimación de periodos de retorno se utilizó el programa gratuito **CÁLCULO DE EXTREMOS 2.0** (FLUMEN, Universidad de Catalunya). Los datos y los mapas se muestra a continuación:

ESTACIÓN	LLUVIA MÁXIMA DIARIA (MM), TR 5 AÑOS	LLUVIA MÁXIMA DIARIA (MM), TR 10 AÑOS	LLUVIA MÁXIMA DIARIA (MM), TR 25 AÑOS	LLUVIA MÁXIMA DIARIA (MM), TR 50 AÑOS
25003	108	132	164	187
25008	101	127	160	185
25009	99	123	153	176
25030	132	162	200	229
25038	123	154	193	221
25046	126	152	184	208
25064	109	135	168	192
25065	72	89	110	126
25080	125	159	202	234
25082	110	134	164	187
25116	107	132	163	187
25184	118	147	184	211

Tabla 5.2.10.3. Valores de lluvia máxima diaria asociados a periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años

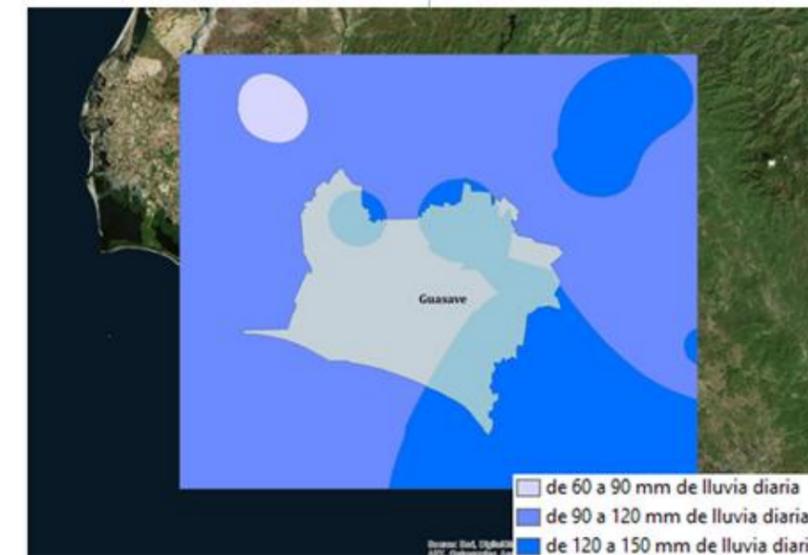


Figura 5.2.10.4. Raster de Lluvias Tr 5 Años.

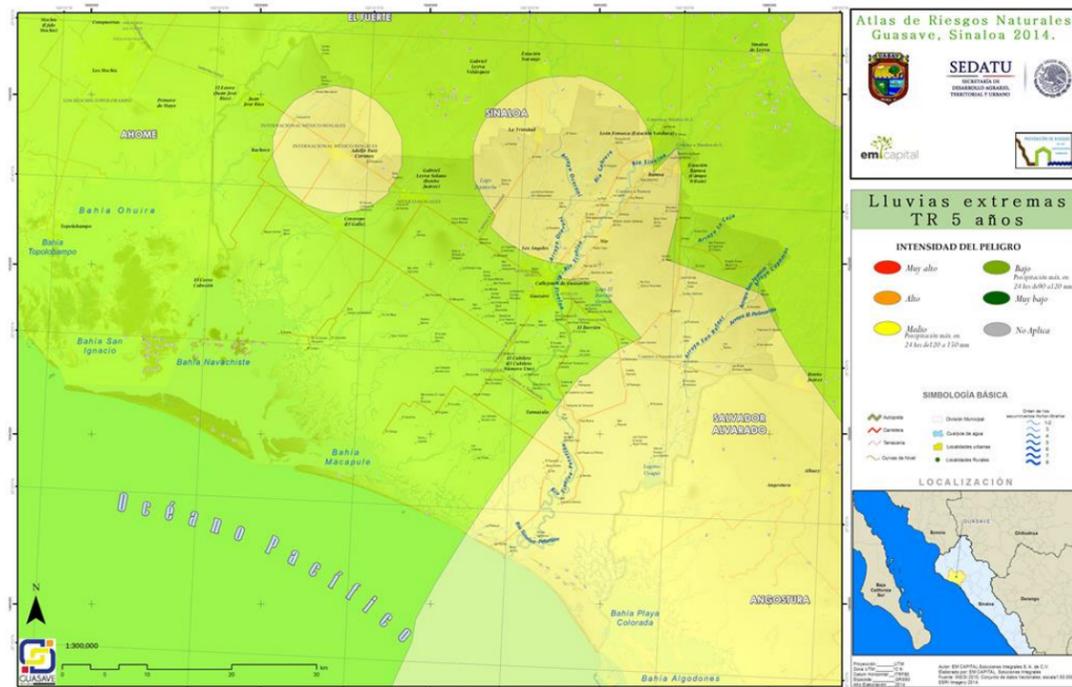


Figura 5.2.10.5. Lluvias Tr 5 Años.

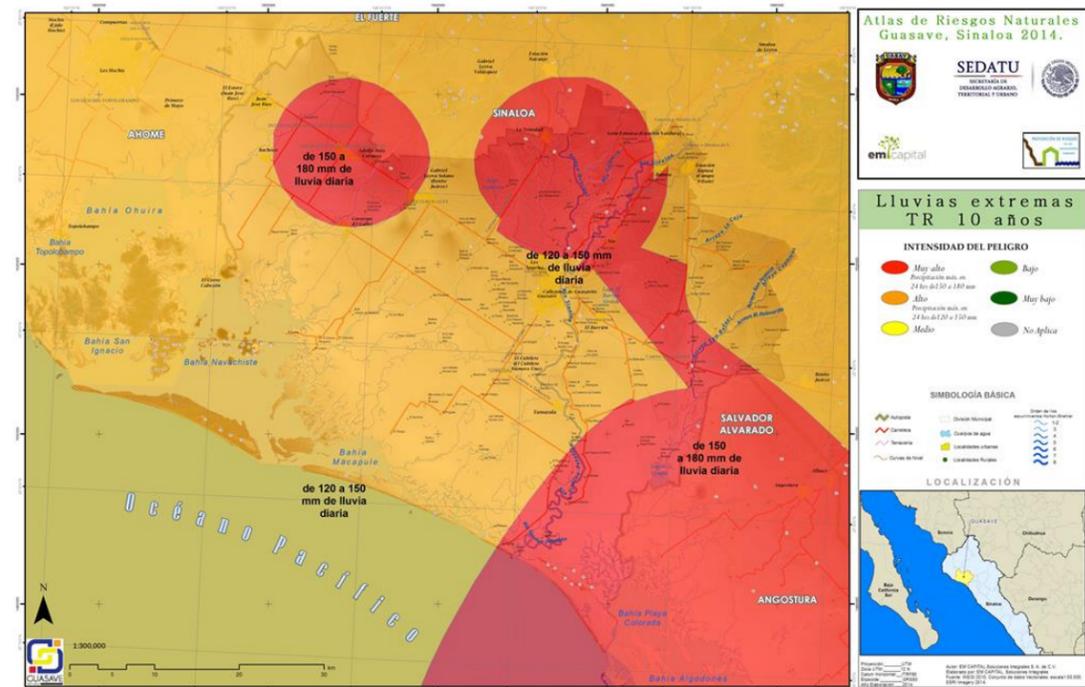


Figura 5.2.10.7. Lluvias Tr 10 Años.

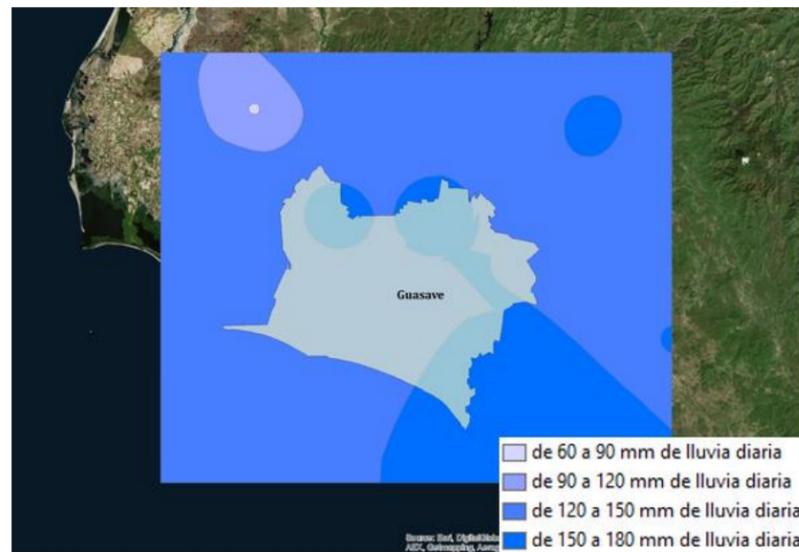


Figura 5.2.10.6. Raster de Lluvias Tr 10 Años.

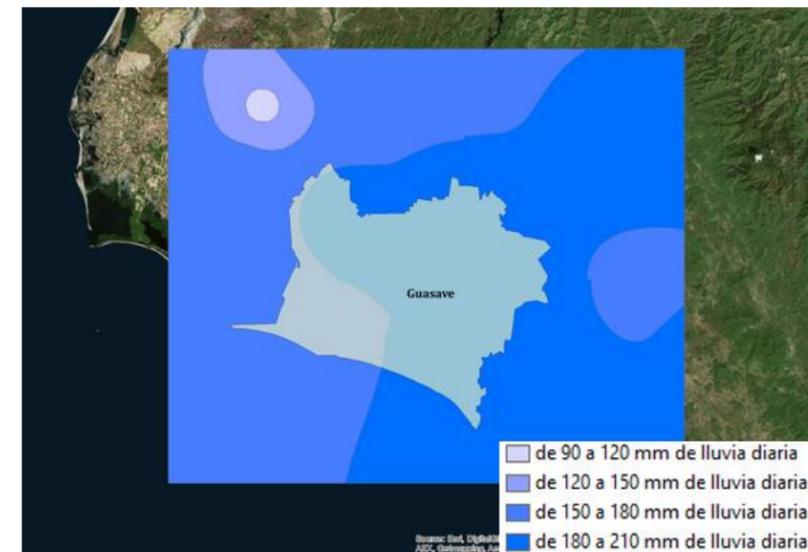


Figura 5.2.10.8. Raster de Lluvias Tr 25 Años.

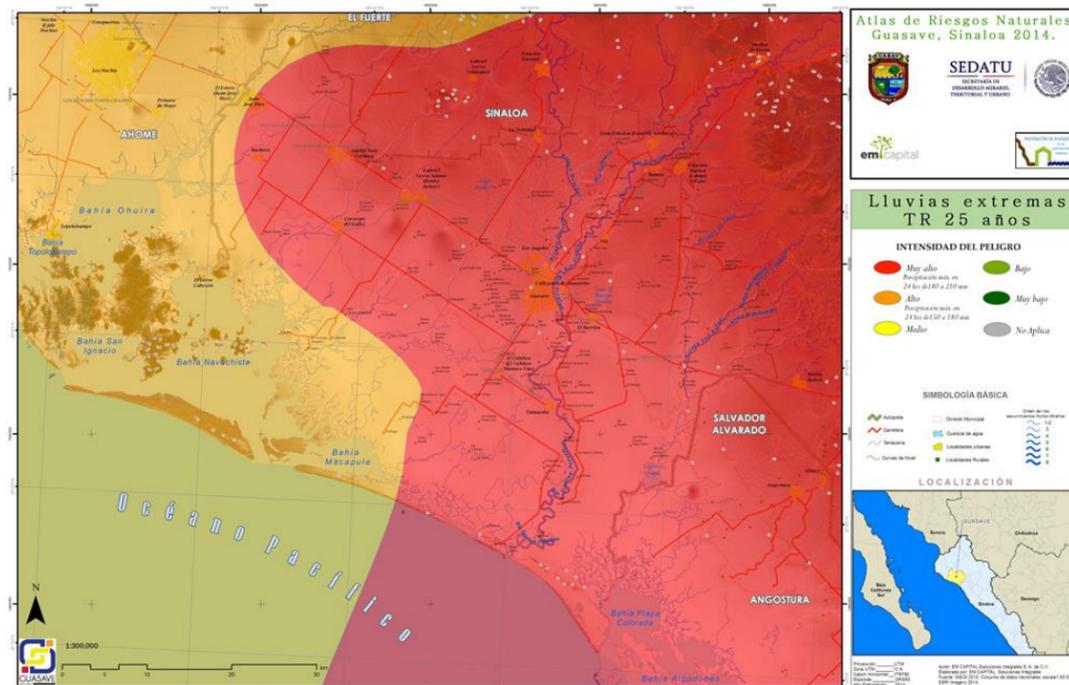


Figura 5.2.10.9. Lluvias Tr 25 Años.

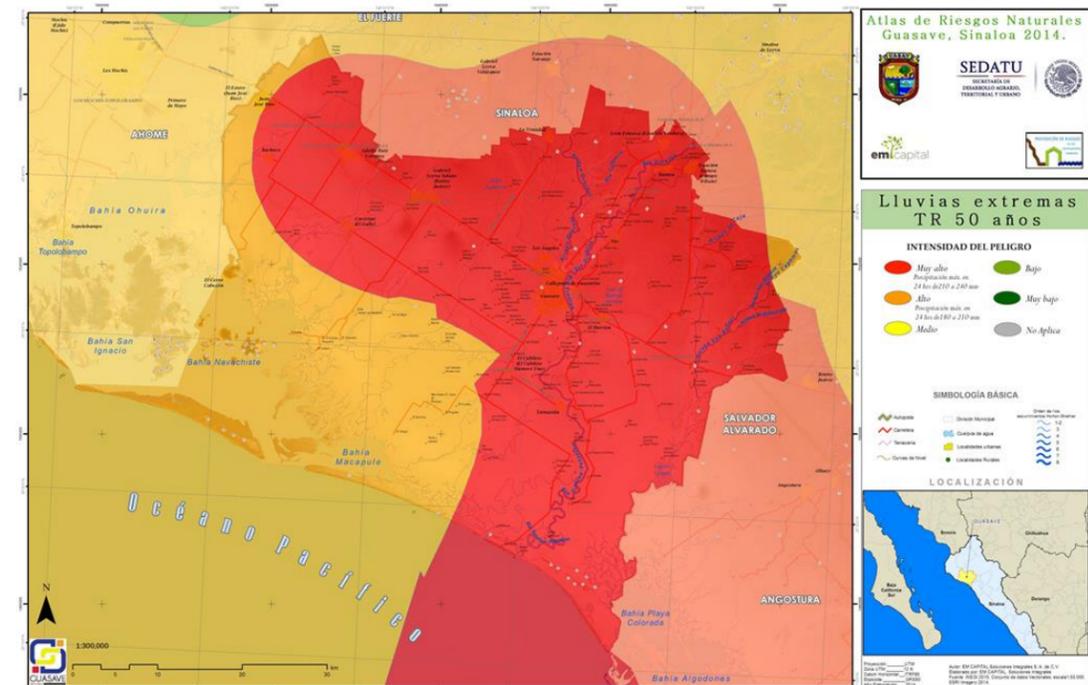


Figura 5.2.10.11. Lluvias Tr 50 Años.

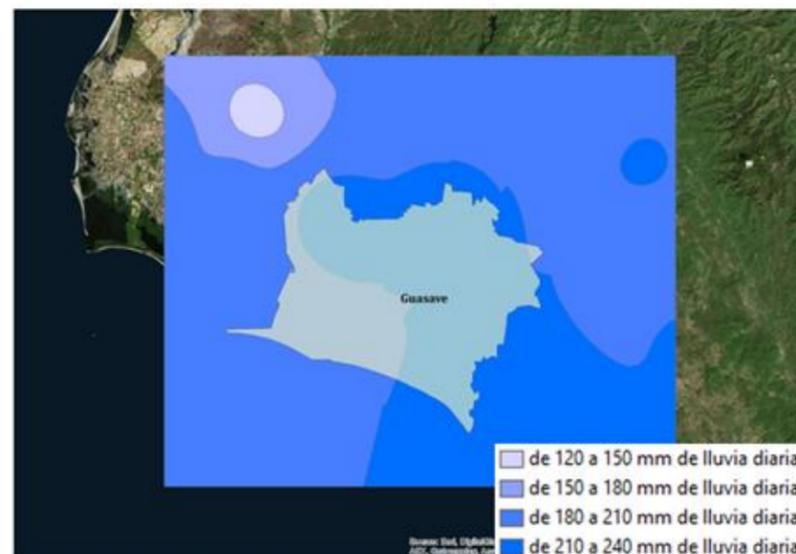


Figura 5.2.10.10. Raster de Lluvias Tr 50 Años

5.2.11. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres

Las inundaciones son quizás el fenómeno hidrometeorológico de más impacto a lo largo de la república, y en especial las zonas costeras se encuentran expuestas a inundaciones de diversos tipos, ya sea por la intrusión de aguas de origen oceánico, por encharcamiento a consecuencia de eventos pluviales o por el desbordamiento de corrientes fluviales.

En base a información previa, se identifica que entre las inundaciones pluviales y las fluviales, las segundas son más recurrentes y esto tiene sentido debido a las características de la cuenca tributaria del Río Sinaloa. Al igual que la mayoría de las cuencas del Pacífico, la cuenca del también llamado "Viejo Petatlán" es de configuración orográfica abrupta y cuenta con un tiempo de concentración corto, lo cual provoca avenidas de gran magnitud en un corto tiempo a consecuencia de eventos concentrados.

Guasave, al igual que muchas comunidades del mundo, se desarrolló en torno al agua, específicamente en las márgenes del Río Sinaloa, el cual flanquea por el lado Este a la zona urbana del municipio razón del presente estudio. Dichas estas condiciones, el presente análisis describe de manera detallada la inundación fluvial.



Figura 5.2.11.1. Desborde del Río Sinaloa el 3 de septiembre de 1998 (Fuente: El debate)

Metodología

Como parte del presente trabajo, se emprende el análisis por inundaciones de **Nivel 2** en el tramo de confluencia del Río Sinaloa con la zona urbana de Guasave. La metodología se muestra en la siguiente secuencia:

1. Se ubicó una estación hidrométrica ubicada en el río Sinaloa, y se descargaron los datos hidrométricos históricos en el servidor de datos hidrométricos (BANDAS) de la Comisión Nacional del Agua.

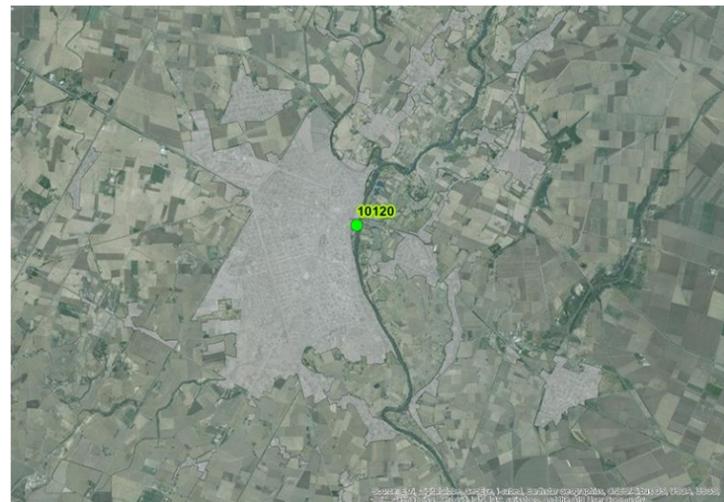


Figura 5.2.11.2. Estación Hidrométrica 10120 "Guasave" del BANDAS (Banco Nacional de datos de Aguas Superficiales)

2. Dada la serie de datos diarios, se filtraron los eventos diarios máximos en el rango de datos de la estación, la cual fue de 1974 a 2006.
3. Generada la serie de gastos máximos diarios anuales, se la ajusta una función de distribución de probabilidad tipo Gumbel y se extrapolan los periodos de retorno. De este modo se obtienen los regímenes de avenidas por un método directo. La función de distribución de probabilidad y la extrapolación se hacen con el programa de **Cálculo De Extremos 2.0**.

TR (AÑOS)	GASTO (M3/S)
2	758.9
5	1134.7
10	1383.6
25	1698.0
50	1931.3
100	2162.9
200	2393.6
500	2697.9
1000	2928.0

Tabla 5.2.11.4. Régimen de Avenidas a la altura de la estación 10120.

4. Contando con el régimen de avenidas, es necesario modelar hidráulicamente el flujo por sobre el cauce del río Sinaloa. Para esto se arma un modelo espacial en Arc-Gis y la extensión Hec-Georas. La información base del terreno se obtuvo de un corte del Continuo Mexicano de elevaciones 3, con resolución de pixel a 15 metros.

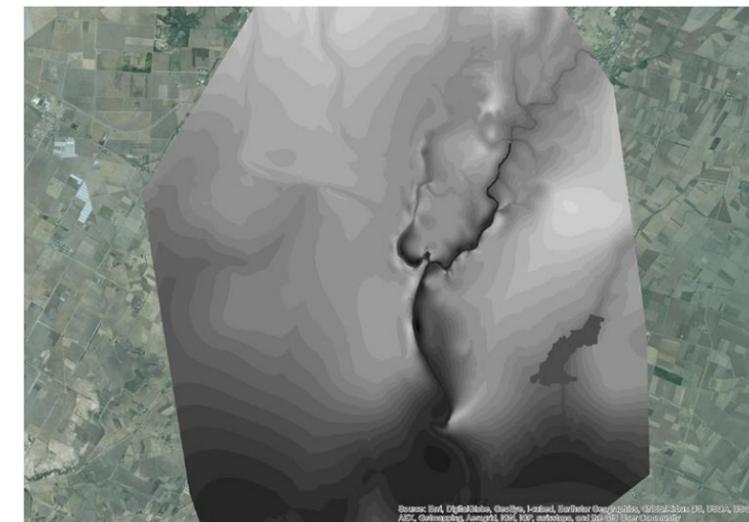


Figura 5.2.11.3. Corte de Modelo Digital de Elevación.

5. Luego se convierte TIN para trabajar con la extensión Geo-Ras.



Figura 5.2.11.4. TIN (Red Irregular de Triangulos)

6. Se arma el modelo fluvial, en el van elementos como las Márgenes del río, el eje del cauce, los patrones de flujo y las secciones transversales.

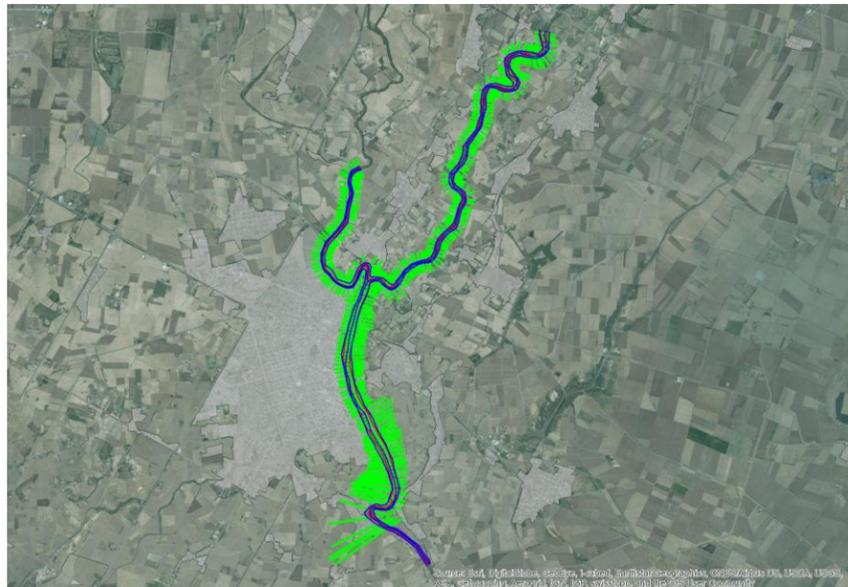


Figura 5.2.11.5. Modelo Espacial del Río Sinaloa.

7. Se exporta al programa de modelación hidráulica Hec-Ras, y se modela el régimen de avenidas.

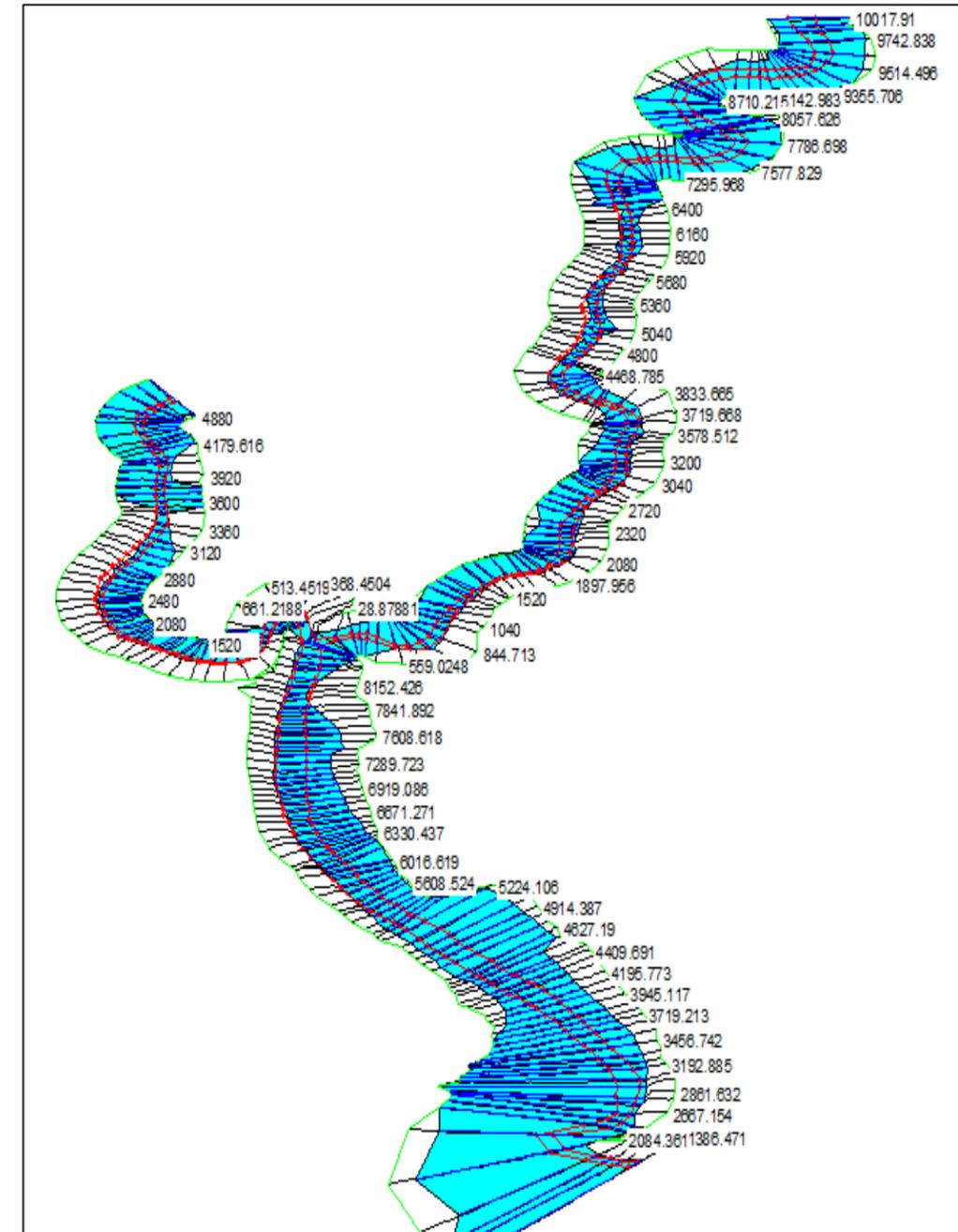


Figura 5.2.11.6. Modelo Hidráulico del Río Sinaloa

8. Finalmente se exportan los resultados hacia ArcGis y se obtienen las zonas de inundación.

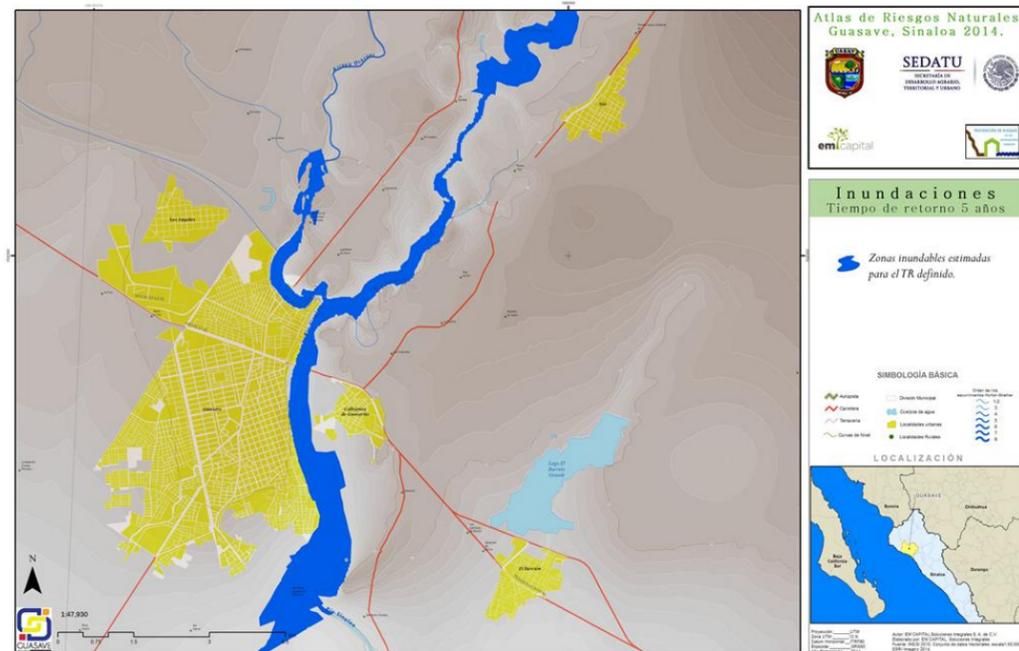


Figura 5.2.11.7. Inundación fluvial asociada a un Tr de 5 años.

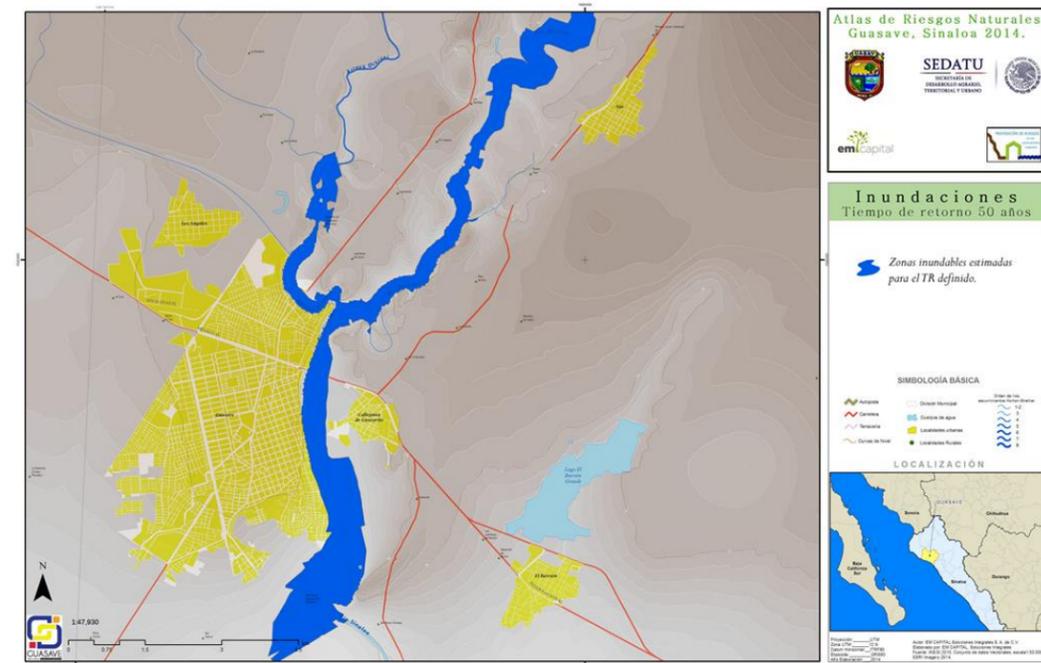


Figura 5.2.11.9. Inundación fluvial asociada a un Tr de 25 años.

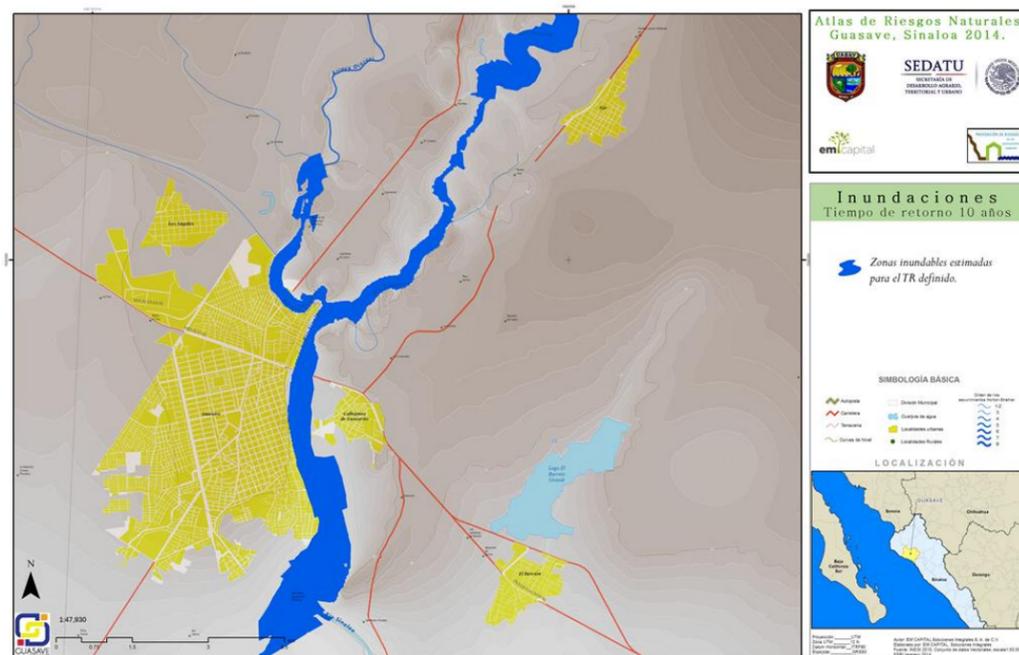


Figura 5.2.11.8. Inundación fluvial asociada a un Tr de 10 años.

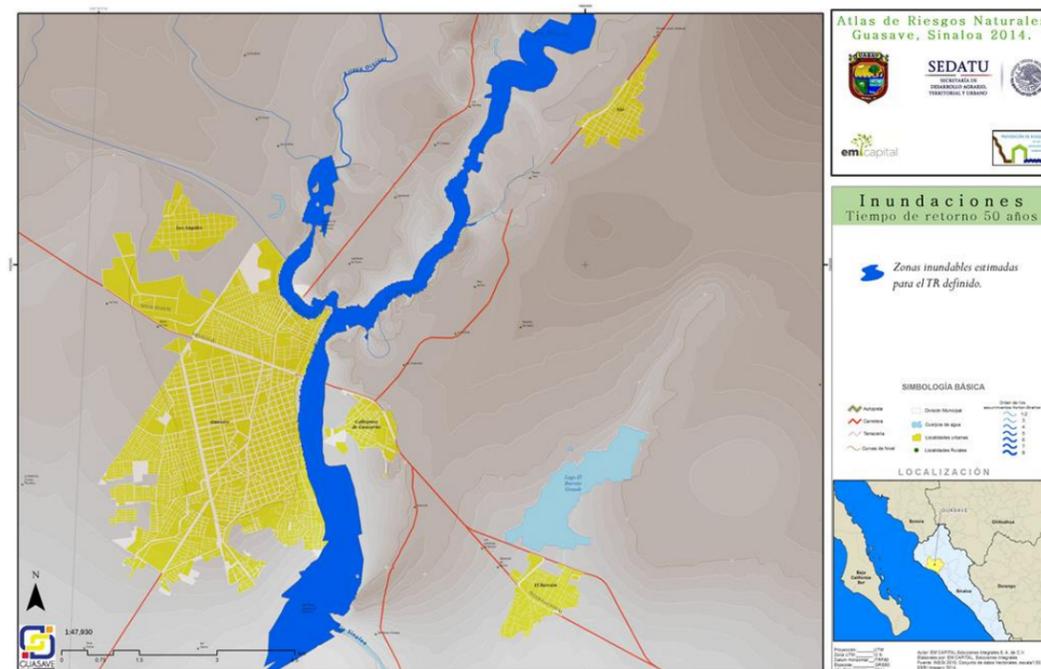


Figura 5.2.11.10. Inundación fluvial asociada a un Tr de 50 años.

9. Dadas las zonas de inundación, se propone una tipificación del peligro asociado a los periodos de retorno.

NIVEL DE PELIGRO	INUNDACIONES (MM)
Muy Alto	Tr 5 años
Alto	Tr 10 años
Medio	Tr 25 años
Bajo, Muy bajo	Tr 50 años

Tabla 5.2.10.5. Ponderación de peligro por inundación.

Nota: Se decide quitar al rango “Muy Bajo”.

10. Con base en la ponderación propuesta, la capa de peligro por inundación se muestra a continuación:

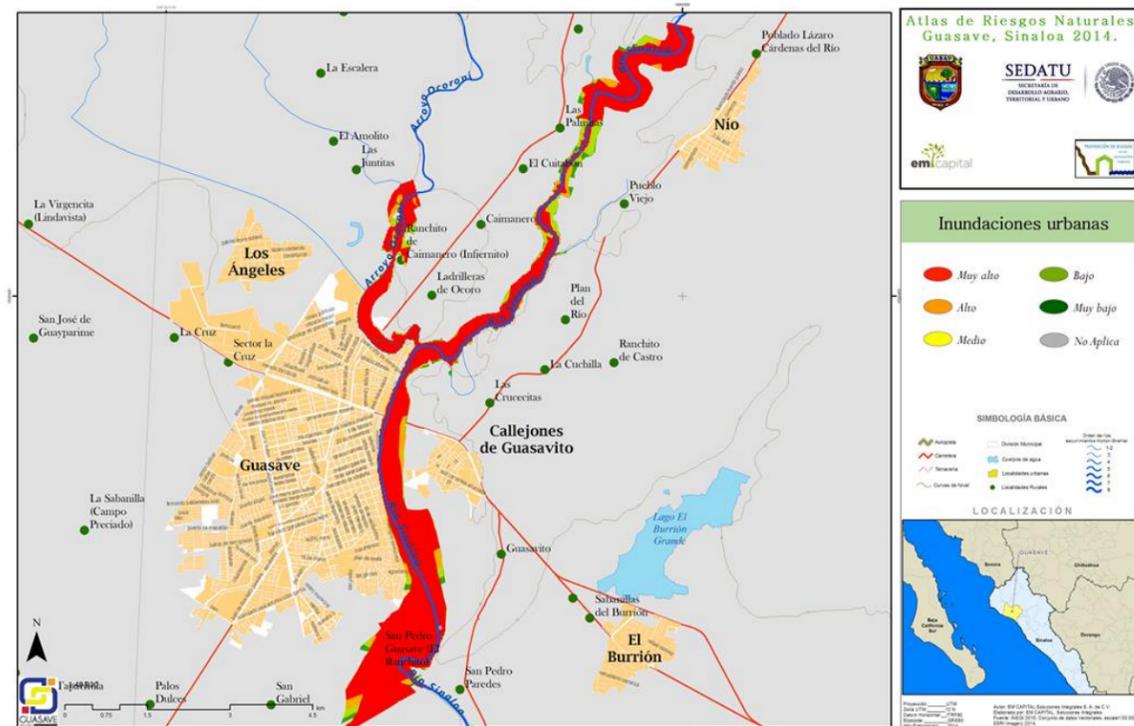


Figura 5.2.11.11. Peligro por Inundación.

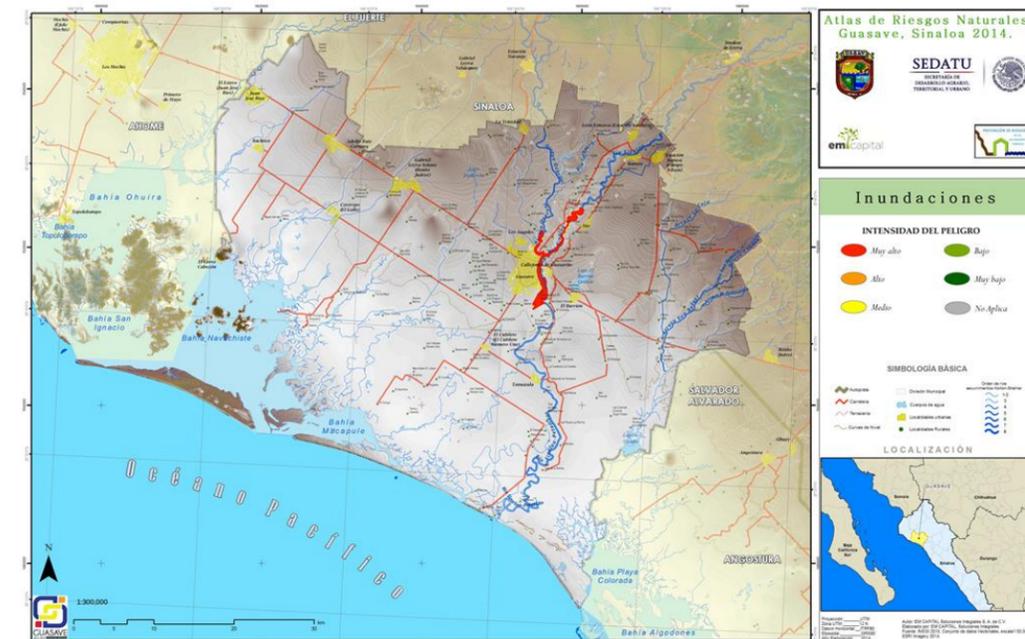


Figura 5.2.11.12. Mapa de peligro por Inundaciones.

Análisis de vulnerabilidad

La vulnerabilidad es la medida de la susceptibilidad previa a un accidente de la población e instalaciones pero que se magnifica al momento del desastre. Es una debilidad o exposición desventajosa del sistema en el que interviene la marginación (carencia de infraestructura básica como Agua, Drenaje o Electricidad). Es la predisposición a sufrir algún daño debido a posibles acciones externas.

Con su evaluación se busca identificar y caracterizar los elementos expuestos al peligro. Existen diversos tipos de vulnerabilidad como son la Física, Económica, Social, Educativa, Cultural, Política y Ambiental. Para el análisis de riesgo de este Atlas Municipal, se estimó la vulnerabilidad a partir de una combinación indicadores físicos y sociales. Se hace énfasis en la vulnerabilidad Física, ya que dadas las características de los fenómenos Hidrometeorológicos, se derivará en un análisis de riesgo que tome en cuenta las características físicas de los hogares.

FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LOS INDICADORES DE VULNERABILIDAD FÍSICA

Los datos empleados para el análisis de vulnerabilidad social fueron obtenidos del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 del INEGI, en ellos, la información disponible se puede indicar hasta nivel manzana, razón por la cual decidimos plantear el análisis de vulnerabilidad en esta unidad de territorio. Los indicadores que se pueden encontrar son:

ÍNDICES SOCIO-ECONÓMICOS EMPLEADOS EN LAS ESTIMACIONES DE LA VULNERABILIDAD:

SALUD

- a) Tasa de Mortalidad infantil.
- b) Porcentaje de la población no derechohabiente.

EDUCACIÓN

- c) Porcentaje de analfabetismo.
- d) Porcentaje de población de 5 a 14 años que asiste a la escuela
- e) Grado promedio de Escolaridad

VIVIENDA

- f) Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada.
- g) Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje
- h) Porcentaje de viviendas sin refrigeradores
- i) Porcentaje de viviendas con piso de tierra.
- j) Viviendas con algún tipo de hacinamiento

EMPLEO

- k) Razón de dependencia.
- l) Tasa de desempleo.

POBLACIÓN

- m) Densidad poblacional
- n) Porcentaje de población de habla indígena
- o) Dispersión poblacional.

Metodología

Para el análisis de vulnerabilidad se hace referencia a lo propuesto por el CENAPRED en su "Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas", con algunas variaciones, debidas a la disposición de los datos censales levantados de 2000 respecto de los de 2010, que son con los que se trabaja en este estudio. En dichas variables se busca establecer segmentos diferenciados de vulnerabilidad, esto, agrupando características clave. Las variables que consideramos son:

1. PISO DE TIERRA
2. SERVICIO DE ELECTRICIDAD
3. AGUA ENTUBADA
4. SERVICIO DE DRENAJE
5. VIVIENDA CON 3 CUARTOS O MAS

El Número de habitaciones por vivienda, nos indica las características de las paredes y de los techos, ya que una casa de 3 cuartos o más, muy probablemente cuenta con 2 pisos o más, y no puede estar hecha de cartón, una vivienda con estas características indica paredes de tabique o block y un techo de concreto. Otro indicador que se toma en cuenta, es que si la vivienda tiene piso de tierra, y si cuenta con servicios de

electricidad, drenaje y agua entubada, este grupo de características seguramente indican el tipo de construcción.

Ponderación

Finalmente se hacen 2 propuestas de funciones de vulnerabilidad, esto debido a la naturaleza de los fenómenos Hidrometeorológicos, en un primer grupo se encuentran los correspondientes a las variaciones de la temperatura, es decir Ondas Cálidas, Ondas Gélidas y Heladas, también de modo anexo se ponen a las sequías (Función de Vulnerabilidad 1).

Es decir, si una casa presenta piso de tierra, menos de 3 cuartos, no tiene electricidad, sin drenaje y no cuenta con agua entubada, esa vivienda tendrá una vulnerabilidad de 1, es decir la más alta posible. Para combinaciones variadas como presentar 2 factores o 3, el valor de vulnerabilidad estará dictado por los pesos que nosotros de asignemos a cada variable, lo cual se resume del siguiente modo:

$$Vul = (P1 * V1) + (P2 * V2) + (P3 * V3) + (P4 * V4) + (P5 * V5)$$

Donde:

P1 a P5 son los pesos de cada variable, y V1 (si tiene piso de tierra), V2 (si no tiene servicio de electricidad), V3 (si no cuenta con agua entubada), V4 (si no tiene servicio de drenaje) y V5 (si la vivienda no cuenta con 3 cuartos o más)

Dicho esto, las ponderaciones propuestas para la Función 1 son:

VARIABLE	PONDERACIÓN (%)
Piso de Tierra	20.0
Electricidad	30.0
Agua Entubada	20.0
Drenaje	10.0
3 Cuartos o mas	20.0

Tabla 5.2.11.6. Ponderación Función Vulnerabilidad 1

La segunda función de vulnerabilidad (Función de Vulnerabilidad 2). Corresponde a los fenómenos de Lluvias, Granizo, Inundaciones, Tormentas Eléctricas y Tormentas de Nieve. La ponderación propuesta para la función 2 es:

VARIABLE	PONDERACIÓN (%)
Piso de Tierra	40.0
Electricidad	5.0
Agua Entubada	5.0
Drenaje	30.0
3 Cuartos o mas	20.0

Tabla 5.2.11.7. Ponderación Función de vulnerabilidad 2

Dadas las ponderaciones, el nivel de vulnerabilidad final se establece con los siguientes valores:

Nivel Vulnerabilidad	Intervalo
Muy Alto	0-0.2
Alto	0.1-0.4
Medio	0.41-0.6
Bajo	0.61-0.8
Muy Bajo	0.81-1

Figura 5.2.11.8. Niveles de Peligro

Finalmente las funciones de vulnerabilidad quedan como se muestran a continuación:

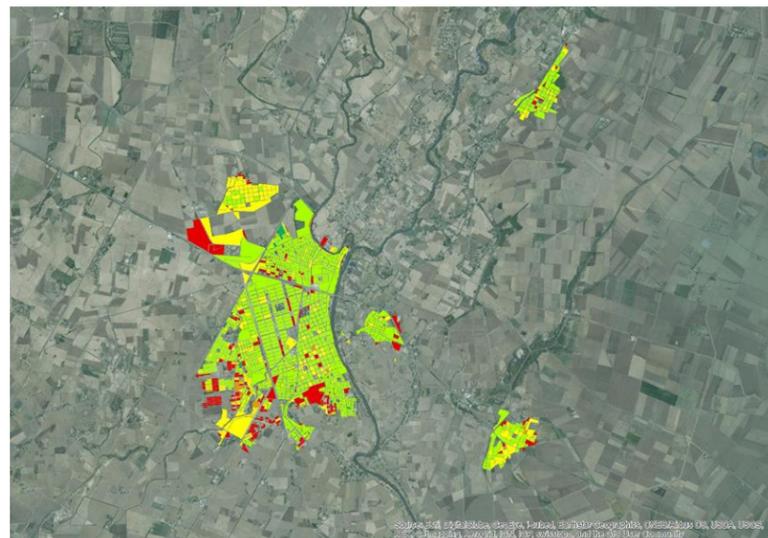


Figura 5.2.11.13. Función de Vulnerabilidad 1 (Rojo= Muy Alto, Naranja= Alto, Amarillo= Medio, Verde Limón= Bajo, Verde= Muy Bajo)

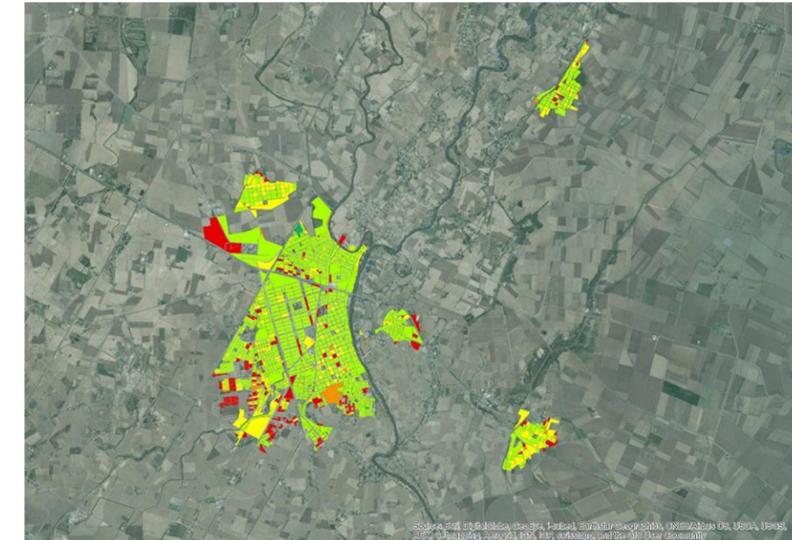


Figura 5.2.11.14. Función de Vulnerabilidad 2 (Rojo= Muy Alto, Naranja= Alto, Amarillo= Medio, Verde Limón= Bajo, Verde= Muy Bajo)

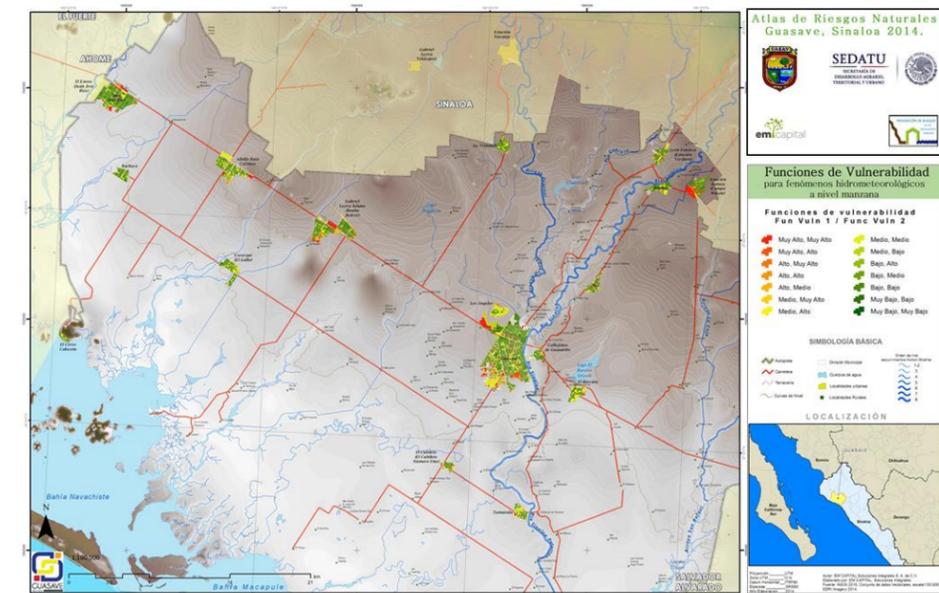


Figura 5.2.11.15. Mapa de vulnerabilidad por inundación utilizando la función No. 2

Análisis de Riesgo

Partiendo de la función de vulnerabilidad 2 y de las zonas de peligro modeladas por inundaciones a consecuencia del desbordamiento del Río Viejo, se desarrolla el apartado de Riesgo por inundaciones en el municipio de Guasave, esto partiendo de la premisa que:

$$R=P*V$$

Donde R es el Riesgo por Inundaciones, P es el peligro por inundaciones y V es la vulnerabilidad ante inundaciones.

Propuesto lo anterior, se hace el cruce de las funciones de peligro y vulnerabilidad, y dada una matriz de decisión para niveles de riesgo se obtiene el mapa de Riesgo por Inundaciones para Guasave. La matriz y el mapa de Riesgo por Inundaciones se muestran a continuación:

Niveles		PELIGRO				
		Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
VULNERABILIDAD	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Medio
	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
	Muy Alto	Medio	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto

Tabla 5.2.11.9. Matriz de decisión

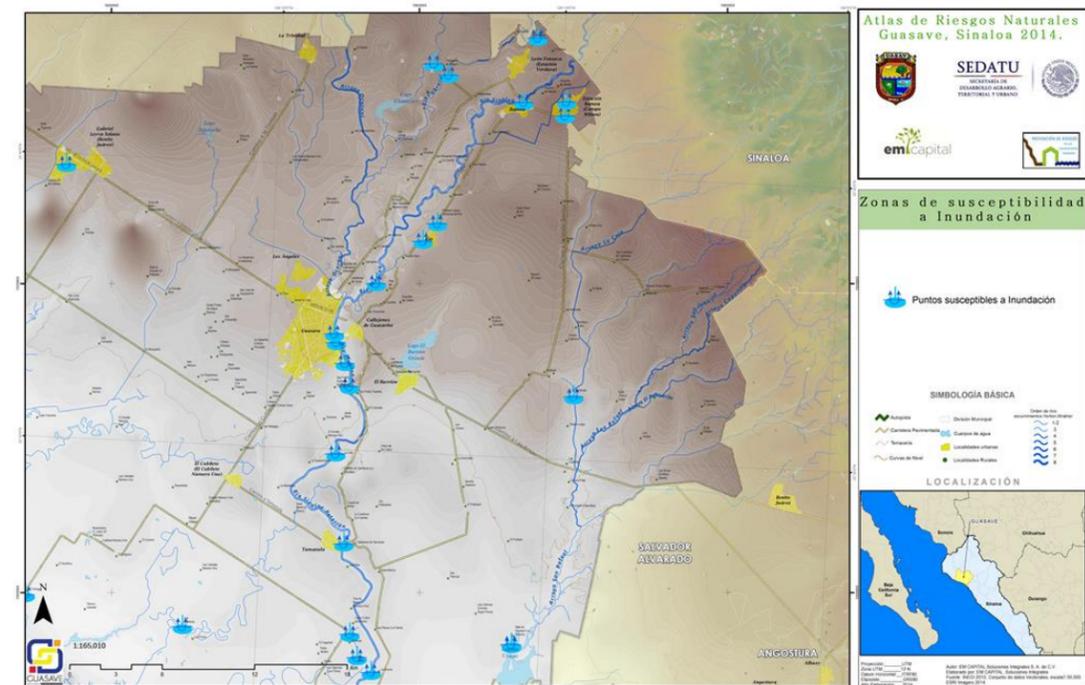


Figura 5.2.11.12. Susceptibilidad por Inundación.

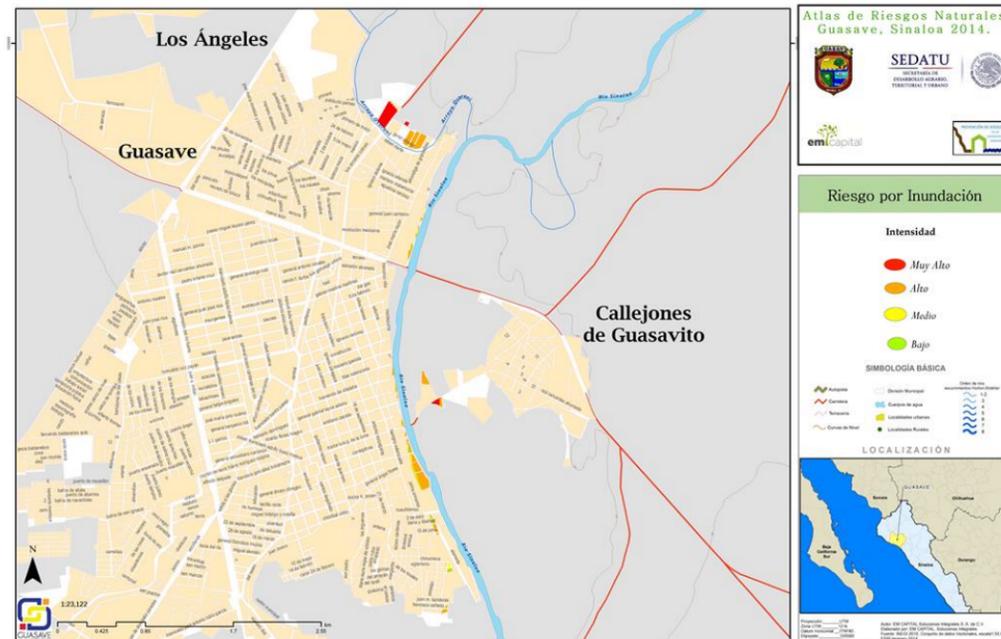


Figura 5.2.11.16. Riesgo por Inundaciones (Rojo= Muy Alto, Naranja= Alto, Amarillo= Medio, Verde Limón= Bajo, Verde= Muy Bajo)

5.3 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Químico-Tecnológico

Los peligros antropogénicos, son el resultado de las actividades que realiza el hombre y de acuerdo al tipo de agente perturbador responsable de su desarrollo, han sido divididos en tres grupos:

- químico-tecnológicos,
- sanitario ambientales
- y socio-organizativos.

Al igual que en el caso de los peligros y riesgos naturales, el primer paso para la prevención y combate de cualquier accidente relacionado con los fenómenos antropogénicos, es su adecuada identificación, para posteriormente evaluarlos y estimar los posibles daños.

Peligros y Riesgos Químico-Tecnológicos.

Si bien el desarrollo tecnológico e industrial, ha traído consigo un conjunto de beneficios y comodidades para la población, también ha sido el causante de nuevos peligros y riesgos a los que se ve expuesta la población, como es el caso de los accidentes mayores. Los Accidentes Mayores son definidos como una emisión en forma de fuga o vertido, incendio o explosión importantes, que sea consecuencia de un proceso no controlado durante el funcionamiento de cualquier establecimiento y que implique una situación de grave riesgo, inmediato o diferido, para las personas, los bienes y el medio ambiente, o bien sea en el interior, o bien el exterior del establecimiento, y en el que estén implicadas una o varias sustancias peligrosas y aunque se presentan con poca frecuencia una vez que ocurren, el costo social, ambiental y económico es elevado.

De acuerdo con el CENAPRED los agentes perturbadores de tipo químico-tecnológico y generadores del riesgo son las propias *sustancias químicas que cambian de estado físico, se transfieren o transforman*, esto a consecuencia del cambio de presión y temperatura a los que son sometidos los recipientes que las contienen o las tuberías que las conducen. Los sistemas afectables son los conjuntos sociales, infraestructura privada o urbana o el medio ambiente, que se encuentran expuestos a los agentes perturbadores y que pueden ser dañados en caso de ocurrir un accidente.

El riesgo que una sustancia química puede representar para la población y la infraestructura urbana no solo depende de sus propiedades químicas sino también de las cantidades que se encuentran en el lugar y de los planes de manejo de éstas. De acuerdo con lo anterior los diferentes escenarios de riesgo que se pueden presentar son:

- Derrame.
- Fuga.
- Incendio -charco (pool fire), dardo de fuego (jet fire), llamarada (flash fire).
- BLEVE (Bola de Fuego)
- Explosión (nube de vapor inflamable no confinada, de vapor confinado),

Estos eventos rara vez se presentan solos, por el contrario vienen concatenados, el efecto se conoce como Efecto Domino, es decir a partir de un evento primario fuera de control tal como una fuga, se pueden desencadenar otra serie de eventos como incendios, explosiones lo que lleva a una afectación aún mayor.

Accidentes históricos en el Mundo

Los peores accidentes en la industria suelen ocurrir en plantas químicas, debido a la peligrosidad intrínseca de las sustancias que se almacenan, manipulan o transportan. Algunos accidentes graves —grandes incendios, explosiones o nubes tóxicas— ocurridos en las últimas décadas y que han hecho que las autoridades pongan atención en la regulación del manejo de las sustancias químicas y de los procesos en las industrias, se presentan a continuación:

— En Flixborough (1974), gran explosión en una planta de caprolactama, dejó 28 muertos, este accidente sirvió para el desarrollo de medidas de seguridad y prevención en el Reino Unido.

— En 1976, en una industria cerca de Milán, se produjo un escape de TCDD (una dioxina extremadamente tóxica). Este accidente fue el evento detonador para que el Parlamento Europeo publicara la denominada «Directiva Seveso» en 1982.

— En 1984, quinientas tres personas murieron en San Juan Ixhuatepec, cerca de Ciudad de México, como consecuencia de una serie de explosiones y bolas de fuego en una instalación de GLP.

— El mismo año, en Bhopal (India) aproximadamente 3,800 personas perdieron la vida y unas 3 mil quedaron afectadas de manera seria y permanente, después de una fuga de isocianato de metilo. Este es el peor accidente ocurrido nunca en la industria química.

— En 2001, una fuerte explosión ocurrida en una industria en Toulouse provocó la muerte de treinta y una personas.

— En 2005, en la planta de almacenamiento de combustibles de Buncefield, tuvo lugar el incendio más grande ocurrido en una instalación de este tipo. No hubo víctimas mortales, pero la planta quedó totalmente destruida.

En la siguiente tabla se presentan los sitios donde se tiene la presencia de agentes perturbadores de tipo químico tecnológico, los peligros generados, los posibles escenarios de accidentes esperados, algunas distancias tolerables y los sistemas afectables en caso de que se presente un accidente.

SITIOS QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	PELIGROS	ACCIDENTES	DISTANCIA TOLERABLE A ZONAS POBLADAS (M)	SISTEMAS AFECTABLES		
				POBLACIÓN	INFRAESTRUCTURA	MEDIO AMBIENTE
Estaciones de carburación	Almacenan sustancias extremadamente inflamables.	INCENDIOS, EXPLOSIONES Y BLEVE	Al menos 100	Lesiones y Muertes por la exposición a Radiación Térmica, Sobrepresión.	Desde pequeñas afectaciones hasta la destrucción total ya sea de la infraestructura de la instalación o de la infraestructura pública.	Contaminación del aire, suelo y agua.
Estaciones de Servicio y Depósitos de Petróleo	Almacenan sustancias inflamables que a la vez son peligrosas para el medio ambiente.	DERRAMES, INCENDIOS	Al menos 50			Contaminación del suelo y agua a causa por derrames de sustancias.
Gasoductos de gas natural (gasoductos presurizados, oleoductos)	Transportan gas inflamable, sustancias inflamables, venenosas y peligrosas para el medio ambiente.	FUGAS, DERRAMES, INCENDIOS, EXPLOSIONES	Al menos 50			Daño de áreas naturales por las que cruzan los ductos.
Industrias	Almacenes, contenedores, de sustancias químicas.	FUGAS, DERRAMES, INCENDIOS, EXPLOSIONES	Dependerá del tipo y cantidad de las sustancias			Dependiendo del tipo de accidente la contaminación será en el aire, suelo y agua.
Almacenes departamentales	Presencia de sustancias combustibles aerosoles.	FUGAS, INCENDIOS Y EXPLOSIONES	Dependerá del tipo y cantidad de las sustancias			
Carreteras	Vehículos que transportan mercancías peligrosas	INCENDIOS, EXPLOSIONES Y BLEVE	Dependerá del tipo y cantidad de las sustancias			Contaminación del suelo.

Tabla 5.3.1. Peligros Químico-Tecnológicos.

La Evaluación de Riesgos Antropogénicos es una de las fases de la gestión o administración de los Riesgos, su realización tiene como objetivo identificar, minimizar y controlar todos los riesgos inherentes a las actividades industriales en las que se ven involucradas un sinnúmero de sustancias químicas y maquinaria peligrosas.

La evaluación de los riesgos químico-tecnológicos permitirá estimar la cantidad de daños que pueden ser esperados en caso de que se presente el evento indeseado además se busca dar respuesta a las siguientes incógnitas:

Metodología general

Los pasos para determinar las áreas y el nivel de Peligro Químico-Tecnológico serán los siguientes:

- El primer paso será la caracterización de todos los sitios donde se tienen actividades que involucren sustancias químicas peligrosas.
- Identificar los posibles escenarios en cada instalación industrial que generaran daño a la población y a la infraestructura los cuales pueden involucrar radiación térmica, sobrepresión ó intoxicación.

c) Estimación de las áreas de afectación y consecuencias tomando en cuenta el tipo de instalación, actividad que se desarrolla y sustancias químicas (se selecciona la que de acuerdo a su rombo de seguridad y a las cantidades es la más peligrosa).

d) Ubicación en mapas

La colocación de la infraestructura urbana y de servicios, de las zonas accesibles, de los sitios peligrosos, las áreas de afectación y de las diferentes zonas vulnerables en mapas geográficos permitirán indicar las zonas que deben tener mayor prioridad en las actividades de prevención.

La ubicación del riesgo geográficamente se compone de los siguientes puntos:

- Ubicación geográfica de la infraestructura urbana y de servicios, así como de las zonas de accesibilidad al sitio de estudio.
- Localización geográfica de los peligros antropogénicos.
- Ubicación geográfica en mapas de las áreas de afectación obtenidas en el análisis de peligros químico-tecnológicos.

En el municipio de Guasave, el reglamento de construcción en su artículo 174 se hace referencia a las distancias de seguridad a cumplir entre distintas instalaciones y las estaciones de servicio de PEMEX, en la siguiente tabla se presentan dicha información:

TIPO DE INFRAESTRUCTURA	DISTANCIA DE SEGURIDAD
Casa habitación	15 metros entre los tanques de combustible y los muros colindantes. Adicionalmente 3 metros como mínimo entre los linderos del predio del vecino con la construcción de la estación de servicio
Sitio de concentración masiva: Escuelas, Universidades, Hospitales, Hoteles, Multifamiliares, Mercados, Cines, Teatros, Estadios, etc.	100 metros
Planta de almacenamiento y distribución de gas LP	150 metros
Líneas de alta tensión, vías férreas y ductos que transportan productos derivados del petróleo	30 metros
Industria o empresa de alto riesgo que emplee productos químicos y sustancias peligrosas	1000 metros
Subestaciones mayores de 34,5 kw	100 metros

Tabla 5.3.2. Rangos de seguridad con respecto a estaciones de servicio.

Las plantas de almacenamiento de gas LP, deberán estar instaladas fuera de la mancha urbana o en su caso en el límite del centro de población, tomando como referencia la ubicación de los tanques de almacenamiento localizados dentro de dicha planta de gas al límite del predio propuesto para la estación de servicio.

Descripción de sitios con peligros químico-tecnológicos en el Guasave Estaciones de Servicio

En el municipio de Guasave, hasta el mes de septiembre de 2014, PEMEX reportó un total de 46 estaciones de servicio y de autoconsumo de gasolina y diesel instaladas. En la siguiente tabla se presenta, el número de la estación de servicio, la dirección, combustibles disponibles, la terminal de abastecimiento y distribución que le abastece los combustibles.

MUNICIPIO	NO. ES	RAZON SOCIAL	UBICACION	COLONIA	CP	INI. OPER.	TAR	MA GN A	PREMIUM	DIES EL.	DME
GUASAVE	E017 31	SERVICIOS FALOMIR, SA DE CV	CA JESUS GARCIA N S/N	NO HAY	81141	26-jun-95	TAD GUAMUCHIL	S	N	S	N
GUASAVE	E017 41	SERVICIO JUAN JOSE RIOS, SA DE CV	CARRT. MEXICO-NOGALES KM 1609	LOC. JUAN JOSE RIOS	81110	22-jun-93	TAD TOPOLOBAMPO	S	S	S	N
GUASAVE	E017 43	SERVICIO JUAN JOSE RIOS, SA DE CV	CORONEL FCO. RIVERA ROJO Y CALZ. VICTOR SOTO RMZ.	CENTRO	81121	22-jun-93	TAD TOPOLOBAMPO	S	N	S	N
GUASAVE	E017 44	SERVICIO GMV, SA DE CV	KM 140 MARGEN IZQUIERDO TRAMO CULIACAN-LOS MOCHIS		81490	08-sep-92	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E017 47	ROSA HILDELIZA FAMANIA ORTEGA	CARR MEX- NOGALES Y ESTN NARANJO GUASAVE SIN		81000	14-oct-92	TAD GUAMUCHI	S	S	S	N
GUASAVE	E017 49	GASOLINERA PETATLAN	AV BENIGNO VALENZUELA N 794	CENTRO	81000	15-ene-93	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E017 50	ABASTECEDORA DE SERVICIOS DEL VALLE, S.A. DE C.V.	AV VICENTE GUERRERO N 813	CENTRO	81000	20-may-93	TAD GUAMUCHIL	S	N	N	N
GUASAVE	E017 51	AUTOSERVICIO DE COMBUSTIBLE MADERO, S.A. DE C.V.	BLAS VALENZUELA NO 115	CENTRO	81000	08-sep-93	TAD GUAMUCHIL	S	N	S	N
GUASAVE	E017 52	ROSA HILDELIZA FAMANIA ORTEGA	AV ANTONIO NORZAGARAY N 573	CENTRO	81000	14-oct-92	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E017 58	SERVICIOS CADIEZ, S. A. DE C. V.	CA PATRICIO FALOMIR N S/N	NO TIENE	81100	05-abr-95	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E032 09	GASPAR GUTIERREZ GARCIA, S.A. DE C.V.	BLVD. ADOLFO LOPEZ MATEOS S/N LIC. BENITO JUAREZ	CENTRO	81120	30-dic-97	TAD TOPOLOBAMPO	S	N	S	N
GUASAVE	E033 22	JOSE JAIME ARMENTA CERVANTES	CALLE 500	Sin Colonia	81000	31-dic-97	TAD GUAMUCHIL	S	N	S	N
GUASAVE	E034 35	MARIA CELIDA URIAS BELTRAN	CA LUIS ECHEVERRIA ALVAREZ No. 3435	CENTRO	81000	18-feb-94	TAD GUAMUCHIL	S	N	S	N
GUASAVE	E037 17	ALEJANDRO PEDRO RUIZ TORRES	CARRETERA INTERNACIONAL KM 1598 SN	S/D	81121	08-dic-92	TAD TOPOLOBAMPO	S	S	S	N
GUASAVE	E038 86	GASOLINERA RIO SINALOA	BL RAMON F ITURBIDE N 1140	CENTRO	81000	09-jul-92	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E044 38	FRANCISCO CARRANZA FAMANIA	CARRT. ESTACION BAMOA KM.4+500 POBLADO S.J.DE PALOS	PALOS BLANCOS	81148	17-ene-96	TAD GUAMUCHIL	S	N	S	N
GUASAVE	E047 15	AUTOSERVICIO YORY SA DE CV	CARRT. GUASAVE LAS GLORIAS KM. 7 ESQ. CALLE 300		81000	24-ene-97	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E049 97	GASOLINERA DEL BOSQUE	CA TABACHINES N 202	DEL BOSQUE	81020	10-feb-98	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E049 99	KILLER HUMBERTO LOPEZ GAXIOLA	KM 16.5 CARRT.INT.MEX-TIJ. TRAMO GUAMUCHIL-GUASAVE		81180	09-mar-98	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E050 62	ABASTECEDORA DE SERVICIOS DEL VALLE, SA DE CV	BL CENTRAL N 491 PTE	CENTRO	81000	13-may-98	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E055 16	MARCELO LOYA ORNELAS SOC. DE PROD. RURAL DE R.L.	CARRT. INTERNACIONAL # 15 KM 167	S/C	81120	20-dic-99	TAD TOPOLOBAMPO	S	S	S	N
GUASAVE	E055 67	ADRIANA CARRANZA FAMANIA	CARRETERA 500 TRAMO TAMAZULA EL CUBILETE KM. 0.2	Sin Colonia	81120	08-feb-00	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E060 30	AUTO SERVICIO ESPINOZA, SA DE CV	CARRT. BAMOA A EST. BAMOA S/N ACERA OTE.	SINDICATUR A DE BAMOA	81140	10-ago-01	TAD GUAMUCHIL	S	N	S	N
GUASAVE	E063 00	SOVAL, S.A. DE C.V.	CARRT. 300 Y PROLG. FRANCISCO VILLA Y/O PROMERA S/	S/D	81124	24-jul-03	TAD TOPOLOBAMPO	S	N	S	N
GUASAVE	E064 73	GASOLINERA OCOOR, S.A. DE C.V.	CARRT. A LEON FONSECA KM 0+800 ACERA PTE. # 800		81000	08-may-02	TAD GUAMUCHIL	S	N	S	N
GUASAVE	E064 76	GASOLINERA LOS DOS VALLES, S.A. DE C.V.	BLVD. COLOSIO S/N ESQ. CON BLVD. 20 DE NOVIEMBRE	Sin Colonia	81010	11-jun-02	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E069 28	AUTO SERVICIOS LA BODEGA, S A DE C V	19 ACERA OTE. # 125 CARRT. A ESTACION NARANJO		81000	07-mar-03	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E071 76	AUTO SERVICIO JIMA, S.A. DE C.V.	BLVD. ROMUALDO RUIZ PAYAN NO.410	LAS PALMAS	81048	10-sep-03	TAD GUAMUCHIL	S	S	N	N
GUASAVE	E072 10	ABASTECEDORA DE SERVICIOS DEL VALLE, S.A DE C.V	ADOLFO LOPEZ MATEOS Y BLVD. RUIZ PAYAN	DEL BOSQUE	81020	10-sep-03	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E074 95	ESTACION DE SERVICIO SACRAMENTO, S.A. DE C.V.	CARRT. INTERNORTE TRAMO CULIACAN-LOS MOCHIS KM 164	S/C	81120	25-feb-04	TAD TOPOLOBAMPO	S	S	S	N

GUASAVE	E079 46	SERVICIO CARBONERAS, S.A. DE C.V.	CARRRETERA ESTATAL TRAMO GUASAVE LEON FONSECA	EJIDO BAMOA	81000	21-jul-05	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E083 62	SERVICIO JUAN JOSE RIOS	AV. MEXICO Y CALLE 7 NO.210	CENTRO	81110	15-mar-06	TAD TOPOLOBAMPO	S	S	N	N
GUASAVE	E085 83	GASOLINERA LA TRINIDAD, S.A. DE C.V.	CARRT.19.SALIDA LA TRINIDAD, R.A ESTACION NARANJO	S/C	81131	16-ago-06	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E086 47	AUTO SERVICIO GUASAVITO, S.A DE C.V.	CARRETERA MOCHIS-CULIACAN KM. 143.5+863		81149	13-dic-06	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E089 42	ESTACIONES DEL VALLE, S.A. DE C.V.	CALLE 6 Y CAMINO AL EJIDO BACHOCO NO. 33		81119	09-feb-07	TAD TOPOLOBAMPO	S	N	S	N
GUASAVE	E090 52	AUTO SERVICIO ASFALSA	BLVD. COLOSIO NO. 615	REV. MEX	81016	24-ago-07	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E090 94	MULTISERVICIOS LA PILARICA, S.A. DE C.V.	BENJAMIN HILL NO. 73	S/C	81121	03-sep-07	TAD TOPOLOBAMPO	S	S	S	N
GUASAVE	E095 54	ERNESTO MORENO FELIX	CARRETERA BAMOA-GUASAVE KM 0	PUEBLO VIEJO	81144	17-abr-09	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E095 56	CACE SERVICIOS COMERCIALES, S.A. DE C.V.	CARRETERA SAN JOSE DE LA BRECHA S/N	S/D	81190	21-nov-08	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E096 07	GASOLINERA RIO SINALOA	RAUL CERVANTES AHUMADA 320	CALLEJONES DE GUASAVITO	81101	02-mar-09	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E098 37	AUTOSERVICIO EL ABUELO	PLOLONGACION BLVD. LUIS DONALDO COLOSIO NO. 681		81101	19-may-09	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E100 32	PETROSERVICIOS DE GUASAVE, S.A. DE C.V.	CARRETERA MEXICO 15 KM. 148+813 Y CANAL DIAGONAL			28-sep-09	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E100 66	JESUS ALFONSO AMILLANO LOPEZ	3 DE DICIEMBRE DE 1968 NO. 40	LAS CUCHILLAS	81180	16-oct-09	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E101 34	SOVAL, S.A. DE C.V.	CALLE 9 S/N	AMPLIACION	81122	24-dic-09	TAD TOPOLOBAMPO	S	S	S	N
GUASAVE	E102 79	AUTOSERVICIOS OSMI	AV. NINOS HEROES ESQ. CON CALLEJON TERCERO NO.1130	ERMITA	81040	19-mar-10	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N
GUASAVE	E102 82	AUTOSERVICIO ALEGRIAS	BOULEVARD JUAN DE DIOS B S/N.	SAN JOACHIN	81101	22-mar-10	TAD GUAMUCHIL	S	S	S	N

Tabla 5.3.3. Estaciones de servicio y estaciones de autoconsumo de gasolina y diesel de PEMEX (última actualización 30 de septiembre de 2014)

Industria

Las principales ramas industriales son: extracción, beneficio de aceite vegetal, desepite de algodón, elaboración de alimentos para animales, fabricación de hielo, procesamiento y enlatado de frutas y verduras, fabricación de muebles y colchones, productos químicos, congelación de mariscos y fabricación de artículos metálicos.

La estructura industrial de la ciudad cuenta con una superficie de 769,275 M2, dedicándose a la producción agroindustrial, en este giro sobresalen empresas como TOMASI, TOMISA y SINALOPASTA, las tres se caracterizan por el procesamiento del cultivo del tomate regional, como principal materia prima.

Además de las empresas anteriormente mencionadas, se cuenta con una harinera, una fábrica de tarjetas electrónicas, ocho desepitadoras de algodón, arroceras, así como 12 plantas congeladoras de productos pesqueros y 41 bodegas (almacenes) de depósito con capacidad de 220 mil toneladas de almacenamiento y 14 secadoras de granos.

Subestaciones eléctricas

El sistema de distribución de energía eléctrica se integra por 11 subestaciones de distribución, con una capacidad instalada de 278 MVA, dando servicio al 85% del municipio. Las subestaciones de distribución ubicadas en el municipio de Guasave son:

SUBESTACION	CAPACIDAD	% DE CARGA
GUASAVE BCO 1Y 2	40 MVA	55%
GUASAVE BCO 3	30 MVA	75%
HERNANDO DE VILLAFANE	30 MVA	56%
LEYVA SOLANO	20 MVA	60%
SAN RAFAEL	32 MVA	60%

Tabla 5.3.4. Subestaciones eléctricas y capacidad

La ciudad dispone de una estación de bomberos localizada en la calle Francisco Rosales Bocanegra esquina con lateral Adolfo López Mateos.

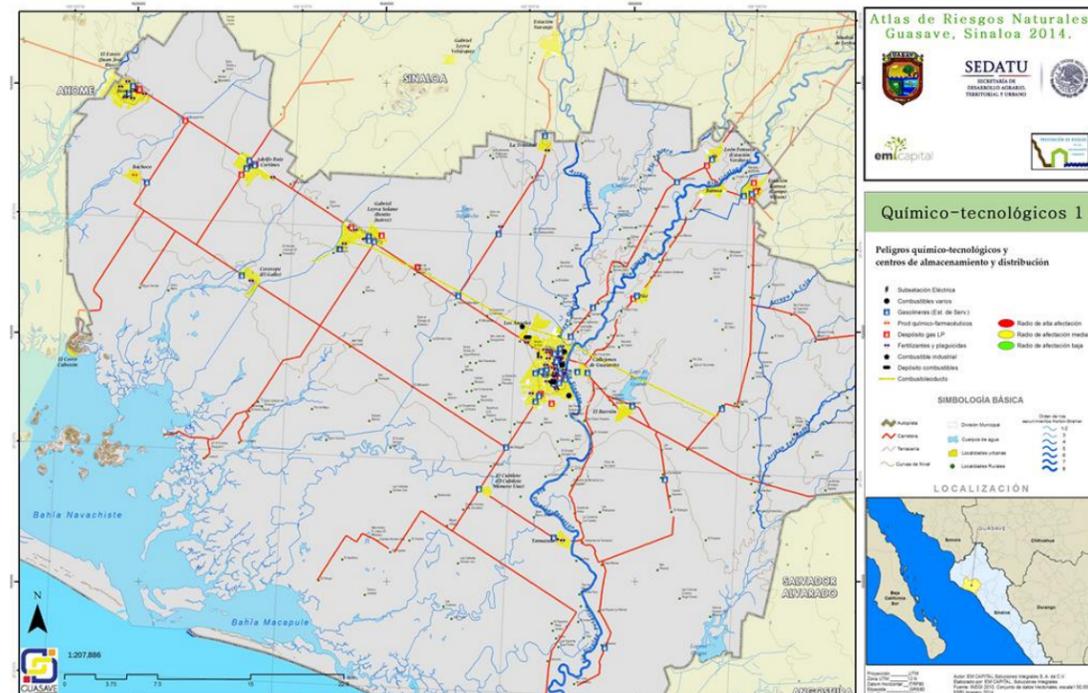


Figura 5.3.1. Peligros Químico-Tecnológicos, escala municipal.

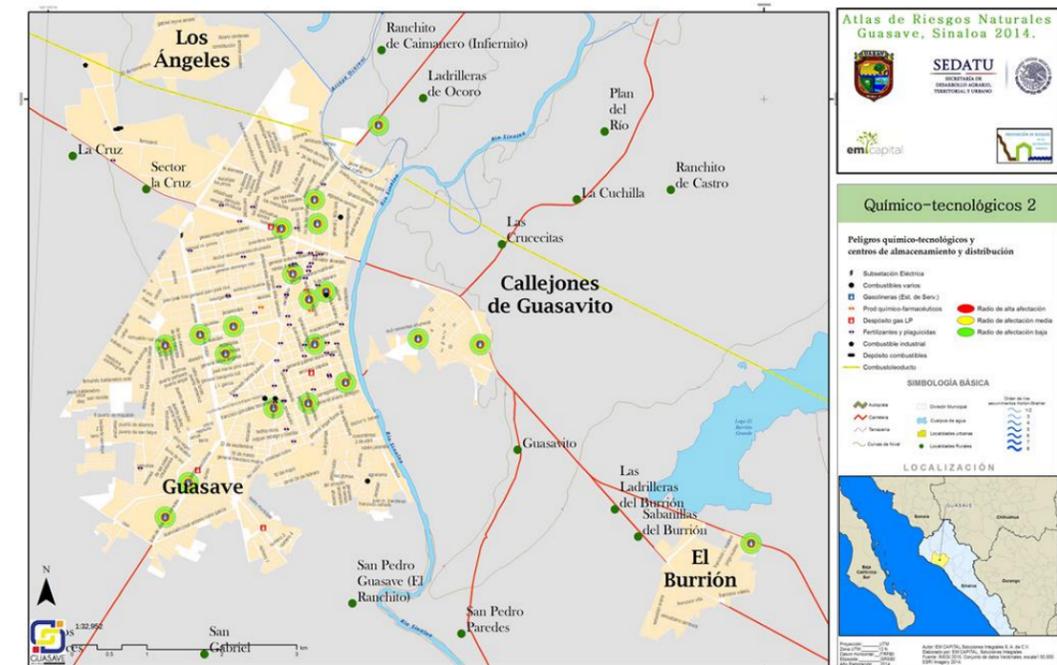


Tabla 5.3.2. Peligros Químico-Tecnológicos cabecera municipal.

5.4 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Sanitario-Ambiental

Los peligros y riesgos generados por los agentes Sanitario-Ambientales han sido definidos como la calamidad originada por la acción patógena de los agentes biológicos que atacan a la población, causándoles alteraciones a la salud e inclusive la muerte.

De acuerdo con la Comisión Federal de Protección contra los Riesgos Sanitarios, un riesgo sanitario-ambiental es un evento externo al ser humano (causado fuera del cuerpo) pero que ponen en peligro la salud o la vida humana como resultado de su exposición, generalmente involuntaria ya sea a factores biológicos, químicos o físicos que se encuentran presentes en el medio ambiente, o por consumo de productos.

Los diferentes tipos de agentes perturbadores Sanitario-Ambientales, de sitios que los albergan y de posibles consecuencias se presentan en la siguiente tabla (la información de la tabla se ha basado en la información proporcionada por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, COFEPRIS).

GRUPOS DE FACTORES AMBIENTALES	SITIOS CON AGENTES PERTURBADORES	AGENTES PERTURBADORES
Saneamiento Básico	Puntos de Distribución de Agua	Agua
	Asentamientos Urbanos	Desechos biológicos
	Rellenos Sanitarios y Tiraderos de Basura.	Residuos sólidos urbanos
	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	Alimentos y generación de desechos biológicos
	Mercados	Emergencias sanitarias
	Descarga de Ríos	
	Rastros Hospitales	
Riesgos Derivados de Factores Ambientales	Industrias	Agua
	Asentamientos humanos	Aire
	Tiraderos de basura	Suelo
	Aguas Residuales	

Tabla 5.4.1 Sitios con agentes perturbadores sanitario-ambientales y contaminación ambiental en Guasave

- Contaminación del agua

El fenómeno de contaminación del agua se presenta en el Río Sinaloa principalmente en los tramos donde se registra la presencia de zonas habitacionales. Esto se debe a que tanto en los canales de riego como en el mismo río se vierten aguas residuales sin previo tratamiento y las corrientes cruzan a cielo abierto las zonas urbanas.

La ciudad de Guasave y sus áreas periféricas conducen los drenajes a cielo abierto a través de los Drenes de San Joachin y de San Gabriel.

- Contaminación del aire

El poblado ladrilleras de Ocoro que se encuentra en la periferia urbana al norte dividida de la ciudad por el arroyo Ocoroni, se caracteriza por la quema de ladrillo lo que ocasiona residuos peligrosos que afectan la calidad del aire.

El dren San Joachín, colector de aguas negras a cielo abierto que conduce hasta un estero, acarrea su sección a cielo por su poca profundidad estimada en 6 metros origina malos olores en toda la zona, además de la mala imagen urbana.

En la zona industrial al Noroeste de la ciudad se asientan 8 empresas consideradas de alto riesgo ambiental de acuerdo con la Secretaría de Protección Civil, dados sus giros principales en la producción agroindustrial, de fertilizantes, agroquímicos entre otras, generan desechos en gases que contaminan el aire y afectan a las áreas aledañas.

- Contaminación del suelo y residuos sólidos

La contaminación del suelo se presenta en las zonas aledañas al Río Sinaloa, las cuales se utilizan como tiradero de desechos sólidos, los cuales al descomponerse producen lixiviados que se filtran hacia el manto freático, así mismo el tiradero llega a ser productor de fauna nociva que puede transmitir enfermedades a la población.

En los asentamientos irregulares, las condiciones de falta de higiene y servicios adecuados (traducida en desalojo de desechos sólidos y el fecalismo al aire libre), hacen que la población se encuentre expuesta a la generación de infecciones o epidemias.

- Recolección de Basura

La recolección presenta deficiencias, evidentes en los desperdicios y restos que se esparcen y disgregan en la ciudad en el proceso de recolección, elementos que permiten la cría de plagas de moscas y mamíferos pequeños como ratas, gatos; animales vectores de enfermedades parasitarias que inciden en la salud de la población.

En el municipio se generan aproximadamente 80 toneladas de basura al día, se tienen 10 unidades destinadas para la recolección de los residuos sólidos urbanos y se depositan en un relleno sanitario.

Para la recolección de basura generada y su transporte al relleno sanitario, el Ayuntamiento otorgó la concesión de este servicio a la empresa PASSA, la cual distribuye su servicio de recolección y transporte de la siguiente forma:

Zona Centro: El servicio es diario (con dos rutas)

Zona Colonias: El servicio es terciado (con 16 rutas)

La localización del relleno sanitario se manifiesta al Oeste de la ciudad a una distancia de 8 km, colindante a la comunidad La Chuparrosa. El relleno tiene una superficie de 22 hectáreas, con una capacidad de 30,000 toneladas y 25 años de vida útil, sus celdas tienen una vida útil de 6 meses. Aun así se tienen reportes de tiraderos a cielo abierto.

- Sitios de generación de Residuos Biológico-Infeciosos

Los centros de salud y hospitales son sitios que deben tenerse en cuenta para el control y manejo seguro de desechos biológico- infecciosos. Los Centros de Salud más importantes en Guasave son:

- Hospital de Jesús, cuenta laboratorio, se ubica en Calle Vicente Guerrero, numero 1158.
- I.M.S.S., Cuenta las diversas especialidades con que cuenta entre ellas cirugía, implica la generación de desechos biológicos infecciosos, se localiza en Boulevard 16 de Septiembre y Macario Gaxiola.
- Hospital Díaz de León; cuenta con laboratorio y banco de sangre, está ubicada en Ángel Flores número 325.
- Hospital Guadalupano; Cuenta con laboratorio y análisis clínico; se ubica en Guerrero y Teófilo Noris.
- Hospital General; se tienen especialidades en pediatría, ginecobotetra y cirugía general; ubicado en el Kilómetro 1.5 carretera a Las Glorias.
- Maternidad del Ángel; cuenta con cirugía y maternidad, ubicado en Francisco González Bocanegra.

- ABC; tiene especialidades en otorrino, dermatólogo, gastroenterólogo, oftalmología, cirugía plástica, laboratorio; ubicado en Guerrero y Teófilo Noris.
- Clínica Especialidades Médicas; cuenta con laboratorio, se localiza en Ángel Flores número 334 Centro.
- Policlínica; cuenta con ginecología, pediatría, cardiología, otorrino, internista, urólogo y laboratorio; ubicado en Leyva 408-2.

A continuación se presenta un listado de sitios con peligros sanitario-ambientales:

NOMBRE	ACTIVIDAD	PERSONAL	C.P.
AUPA BAMOA	Captación, tratamiento y suministro de agua	31 a 50 personas	8100 0
AUPA PETATLAN MODULO II 1 AC	Captación, tratamiento y suministro de agua	51 a 100 personas	8101 0
ALMACEN DE LA COMISION NACIONAL DEL AGUA GUASAVE	Captación, tratamiento y suministro de agua	0 a 5 personas	8100 0
COMISION NACIONAL DEL AGUA DISTRITO DE RIEGO 063 GUASAVE	Captación, tratamiento y suministro de agua	51 a 100 personas	8100 0
AREA TECNICA DE LA JUNTA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUASAVE	Captación, tratamiento y suministro de agua	51 a 100 personas	8100 0
ESTACION DE RADAR METEREOLÓGICO	Captación, tratamiento y suministro de agua	6 a 10 personas	8100 0
JUNTA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUASAVE	Captación, tratamiento y suministro de agua	251 y más personas	8100 0
MODULO DE RIEGO BAMOA	Captación, tratamiento y suministro de agua	31 a 50 personas	8114 1
AUPA LEYVA SOLANO MODULO 11-1 AC	Captación, tratamiento y suministro de agua	11 a 30 personas	8112 2
INTEGRADORA AGRICOLAGUASAVE	Captación, tratamiento y suministro de agua	0 a 5 personas	8102 0
MODULO DE RIEGO BATEQUIS	Captación, tratamiento y suministro de agua	31 a 50 personas	8111 0
POLICLINICA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
HOSPITAL GUADALUPANO CONSULTORIO DE MEDICINA INTERNA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
HOSPITAL GUADALUPANO	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
HOSPITAL GUADALUPANO CONSULTORIO DE CIRUJANO GASTROENTEROLOGO	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
CENTRO REGIONAL DE ARTRITIS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8104 0
CENTRO MEDICO GUASAVE	Manejo de residuos biológico-infecciosos	11 a 30 personas	8104 0
HOSPITAL GUADALUPANO CONSULTORIO DE PEDIATRA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
CONSULTORIO DE CIRUGIA GASTROENTEROLOGICA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
ADMINISTRACION DEL HOSPITAL SANTA MARIA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	6 a 10 personas	8100 0
POLICLINICA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
CLINICA HOSPITAL SANTA TRINIDAD	Manejo de residuos biológico-infecciosos	6 a 10 personas	8113 1
CENTRO DE SALUD ADOLFO RUIZ CORTINES	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8112 1
CENTRO DE SEGURIDAD SOCIAL DEL IMSS RUIZ CORTINES	Manejo de residuos biológico-infecciosos	51 a 100 personas	8112 1
ISSSTE	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8114 0
CENTRO DE SALUD RURAL CONCENTRADO BAMOA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8114 0
UNIDAD MEDICA FAMILIAR NUMERO 26 DEL IMSS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8110 1
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL CERRO CABEZON	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8111 8
UNIDAD MEDICA FAMILIAR 41 IMSS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	11 a 30 personas	8114 1

CENTRO DE SALUD	Manejo de residuos biológico-infecciosos	6 a 10 personas	8112 2
UNIDAD MEDICA AGRICOLA IMSS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8112 0
CENTRO DE SALUD URBANO EN GUASAVE	Manejo de residuos biológico-infecciosos	51 a 100 personas	8104 8
INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO	Manejo de residuos biológico-infecciosos	51 a 100 personas	8102 0
HOSPITAL GENERAL DE GUASAVE	Manejo de residuos biológico-infecciosos	251 y más personas	8104 9
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL	Manejo de residuos biológico-infecciosos	251 y más personas	8103 0
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL	Manejo de residuos biológico-infecciosos	31 a 50 personas	8111 0
CENTRO SEGURIDAD SOCIAL	Manejo de residuos biológico-infecciosos	11 a 30 personas	8111 0
UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR ISSSTE JUAN JOSE RIOS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	6 a 10 personas	8111 0
CENTRO DE SALUD	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8110 1
SEGURO SOCIAL	Manejo de residuos biológico-infecciosos	11 a 30 personas	8117 0
CRUZ ROJA MEXICANA DELEGACION GUASAVE	Manejo de residuos biológico-infecciosos	6 a 10 personas	8112 5
SANATORIO DIAZ DE LEON	Manejo de residuos biológico-infecciosos	6 a 10 personas	8100 0
CRUZ ROJA MEXICANA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	31 a 50 personas	8104 0
LABORATORIO AGRICOLA FLASH	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8112 1
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8112 1
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8112 1
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICO	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8114 0
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8114 1
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS GALAVIZ	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8114 1
RAYOS X BAMOA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8114 1
LABORATORIO	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8112 2
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8112 2
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8112 2
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8112 2
LABORATORIO QUIMICO	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8112 2
LABORATORIO	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8112 2
CENTRO DE RADIOLOGIA E IMAGEN	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
LABORATORIO QUIMICO	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8104 0
POLICLINICA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
LABORATORIO GUERRERO	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
LABORATORIO RUVALCABA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
OFICINA DESCONOCIDA	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
ANALISIS CLINICOS DEL DOCTOR SIMI	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
RAYOS X Y US	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
LABORATORIO QFB	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
HOSPITAL GUADALUPANO TERCER OFICINA TIGUERO	Manejo de residuos biológico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0

CLINICA	Manejo de residuos biologico-infecciosos	0 a 5 personas	8102 0
CENTRO DE RADIOLOGIA E IMAGENES	Manejo de residuos biologico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
LABORATORIO FIGUEROA	Manejo de residuos biologico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
LABORATORIO ANALISIS QUIMICOS	Manejo de residuos biologico-infecciosos	0 a 5 personas	8100 0
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS CARMEN COTA MURRIETA	Manejo de residuos biologico-infecciosos	0 a 5 personas	8111 0
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS	Manejo de residuos biologico-infecciosos	0 a 5 personas	8111 0
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS	Manejo de residuos biologico-infecciosos	0 a 5 personas	8111 0
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS APODACA	Manejo de residuos biologico-infecciosos	0 a 5 personas	8111 0
LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS GINECO PEDIATRICO	Manejo de residuos biologico-infecciosos	0 a 5 personas	8111 0
LABORATORIO MONTECRISTO	Manejo de residuos biologico-infecciosos	0 a 5 personas	8114 4
RASTRO MUNICIPAL	Matanza de ganado, aves y otros animales comestibles	6 a 10 personas	8114 1
RASTRO MUNICIPAL	Matanza de ganado, aves y otros animales comestibles	31 a 50 personas	8106 0
BOLERO BENJAMIN	Sanitarios publicos	0 a 5 personas	8114 1
BOLERIA BLAS	Sanitarios publicos	0 a 5 personas	8100 0
BOLERIA CAMACHIN	Sanitarios publicos	0 a 5 personas	8100 0
BOLERIA	Sanitarios publicos	0 a 5 personas	8104 0
BOLERIA PABEL	Sanitarios publicos	0 a 5 personas	8102 0
BOLERIA	Sanitarios publicos	0 a 5 personas	8104 0
BOLERIA	Sanitarios publicos	0 a 5 personas	8104 0

Tabla 5.4.2 Sitios donde se presentan peligros Sanitario-Ambientales.

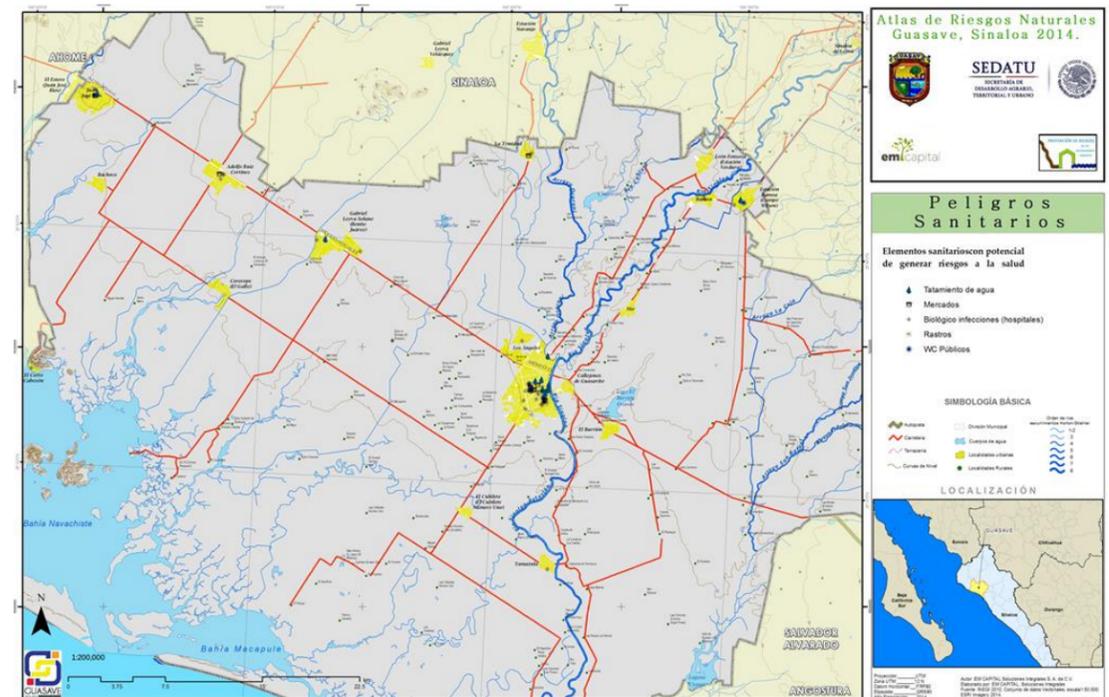


Tabla 5.4.1.- Peligros Sanitarios.

5.5 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de Socio-organizativo

Los peligros y riesgos antropogénicos producto de agentes socio-organizativos se derivan principalmente del quehacer e interacción que existe entre la población de una región, se generan de forma directa por la acción premeditada del hombre (atentados) o involuntaria a través de errores humanos (accidentes).

El nivel de ocurrencia de un fenómeno de este tipo está fuertemente ligada la ideología (en términos sociales, políticos, culturales, económicos, educativos, psicológicos), a la cantidad de personas que se encuentran reunidas en un mismo sitio, al tipo de actividades que se llevan a cabo en tales reuniones y a las características de lugar.

Este fenómeno antropogénico puede ser considerado como el más dañino para la población y a su vez es el más ignorado. Algunas de los peligros y riesgos son las marchas, mítines, manifestaciones, eventos deportivos y musicales, terrorismo, amenazas de bomba, golpes de estado, guerras civiles, incidentes delictivos (robos, homicidios, violaciones, etc.), accidentes en el sistema de transporte, inclusive situaciones de alcoholismo y drogadicción.

- De los fenómenos socio-organizativos que mayor afectación puede llegar a generar a la población son los disturbios sociales estos ocurren principalmente en el marco de las grandes concentraciones de personas o de movimientos masivos de población, entre los que se encuentran son los mítines, las marchas y las huelgas y dependiendo de la situación del país cabe la posibilidad de que se presenten actos de sabotaje y de terrorismo, este tipo de peligros ocurren principalmente en sitios de gran importancia dentro de la zona de estudio como lo son las avenidas, edificios y plazas principales. Actualmente en varias zonas del país se

puede mencionar que dos fenómenos derivados de las conductas antisociales son los actos de narcotráfico y secuestro.

- Existen algunas concentraciones masivas que no están relacionadas precisamente con protestas, más bien son producto de eventos culturales, religiosos, sociales y deportivos tales como tianguis, mercados sobre ruedas, conciertos, ferias patronales y espectáculos, en este caso el principal peligro que se tiene es que ocurra en sitios que no cuentan con las medidas de prevención y seguridad adecuadas, ni con la capacidad suficiente para albergar a todas las personas.
- El aumento de la delincuencia y en particular de la delincuencia organizada es otro de los fenómenos socio-organizativos que está fuertemente ligado a los agentes socio-organizativos, siendo los homicidios, secuestros, violaciones y robo con violencia; los eventos que mayor impacto social ocasionan a la comunidad por el daño directo a las víctimas y los daños psicosociales a los familiares.

AGENTES PERTURBADORES	SISTEMAS AFECTABLES	AGENTES REGULADORES
<i>Disturbios, Sabotaje y Terrorismo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Hospitales • Escuelas • Edificios • Instalaciones publicas <ul style="list-style-type: none"> • Plazas • Algunas instalaciones industriales (ductos Pemex) 	Programa de Protección Civil.
<i>Concentraciones masivas</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Carnavales • Fiestas patronales <ul style="list-style-type: none"> • Ferias • Tianguis, mercados • Conciertos • Eventos deportivos • Eventos culturales 	Inspecciones y vigilancia
<i>Incidencias delictivas</i>	Colonias completas de asentamientos urbanos.	Vigilancia y planes de seguridad

Tabla 5.5.1. Agentes perturbadores y Afectables Socio-Organizativos

Análisis de los Fenómenos Socio-Organizativos en Guasave

Concentraciones Masivas

Se dice que se tiene una concentración masiva de personas en un sitio cuando hay una cantidad de personas reunidas de forma súbita, con el fin de participar en actividades específicas como espectáculos deportivos, culturales, musicales o políticos entre otros, son eventos que no se presentan de forma cotidiana y que pueden generar una catástrofe en caso de no cumplir con las condiciones de seguridad necesarias para su realización e inclusive se pueden convertir en epicentros de disturbios sociales.

En esta clase de peligro se clasificará el nivel de intensidad de riesgo en relación con el tipo de evento (cultural, religioso, musical, deportivo, político, etc.), con el tipo de infraestructura urbana involucrada (templo, auditorio, centro cultural, centro de espectáculos, etc.) y con las características físicas del sitio (capacidad de personas que pueden albergar, medidas de seguridad implementadas). De acuerdo con lo anterior los niveles de clasificación son los siguientes:

- De baja intensidad.- cuando la cantidad de personas concentradas y el tipo de evento que lo origina hacen fácil su manejo y control sin que lleguen a presentarse daños a la integridad de las personas, bienes o entorno. Por ejemplo un evento deportivo o cultural en un recinto cerrado.
- De media intensidad.- cuando se tiene una cantidad importante de personas concentradas en un sitio, sin las correctas medidas de seguridad, control y de protección civil, los posibles daños esperados son únicamente materiales. Como ejemplo se pueden mencionar las ferias patronales que ocurren en la vía pública.
- De alta intensidad cuando por la gran cantidad de personas involucradas y el tipo de evento, puede derivar en graves daños a la población involucrada desde lesiones hasta pérdida de vidas, en ocasiones.

Sitios de concentración masiva por tipo en el municipio de Guasave

En cuanto a centros de concentración masiva de tipo educativo, se registran 38 planteles integrados de la siguiente forma: 10 son de preescolar, 15 son de escuelas primarias, 6 son escuelas secundarias, 6 son preparatorias o bachillerato y 3 son universidades. En el centro de la ciudad se encuentran instituciones que imparte educación preescolar y primaria mientras que al sur de la ciudad se concentran las Universidades públicas y al oeste las de tipo privado.

Son tres los sitios de concentración masiva de tipo cultural, que se tienen registrados en el municipio:

1.- Casa de cultura de COBAES, pertenece al Colegio de Bachilleres y se imparten clases de diversas disciplinas artísticas, además de exposiciones y representaciones artísticas y literarias. Se ubica en entre la avenida Vicente Guerrero y la Calle Teófilo Noris.

2.- Auditorio Héroes de Sinaloa, se ubica entre la avenida Lázaro Cárdenas y A. Peimbert Camacho, tiene una capacidad para albergar más de 1000 personas, se han llevado a cabo diversos espectáculos como conciertos, presentaciones de danza, el auditorio también cuenta con una antesala que es utilizada para montar diversas exposiciones de artes plásticas y una sala de conferencias subterránea con capacidad de 80 personas.

3.- Biblioteca municipal Lic. Raúl Cervantes Ahumada localizada entre las avenidas Lic. Adolfo López Mateos y Lázaro Cárdenas.

En el caso de los centros de concentración masiva de recreación y deporte se encuentran los siguientes: Guasave cuenta con la siguiente infraestructura en lo que a recreación y deporte se refiere:

- El taste Alameda;
- Gimnasio "Luis Estrada Medina";

- Canchas del IMSS;
- Parque “Kiko Castro”;
- Parque DIF;
- Estadio “Armando Kory Leyson”;
- Estadio “Carranza Limón”;
- Parque Colon;
- Parque “Ignacio Acosta García”;
- Deportivo Peimbert Camacho;
- Deportivo “Club San José”;
- Plazuela.
- Parque Hernando de Villafañe

Conflictos viales

El crecimiento poblacional de la ciudad de Guasave, ha traído un importante aumento en el uso de los automóviles así como la necesidad del servicio de transporte urbano, lo que ha traído la generación de conflictos viales por la saturación de vialidades primarias especialmente en el primer cuadro de la ciudad.

Algunos de los conflictos viales identificados son: las rutas de transporte público circulan por el centro de la ciudad, las terminales de los autobuses foráneos se encuentran dentro del centro urbano lo que trae consigo que los autobuses circulen por la ciudad, la falta de planeación urbana ha hecho que no existan los espacios suficientes de estacionamiento público, presencia de cruces conflictivos.

Las avenidas que presentan diversos cruces conflictivos son: el Boulevard Central, el Boulevard 16 de Septiembre, el Boulevard Benito Juárez, así como las calles Peimbert y Téllez y otras ubicadas al Norte de la carretera México 15.

Específicamente en el primer cuadro de la ciudad, el gobierno municipal ha identificado los siguientes conflictos viales:

- El Boulevard Donaldo Colosio y el Boulevard 20 de Noviembre.
- El Boulevard 16 de Septiembre y la calle paralela a la carretera.
- El Boulevard 16 de septiembre y el Boulevard Gabriel Medina Martínez.
- El Boulevard Alfonso G. Calderón y el Boulevard Romualdo Ruiz Payan.
- El Boulevard Alfonso G. Calderón y la Avenida Rafael Buelna.
- La Avenida Honorable Comisión del Río Fuerte y la Prolongación Boulevard Ruiz Payan.
- El Boulevard Alfonso G. Calderón y la calle Francisco González Bocanegra.
- La calle Dr. De la Torre y la Avenida Francisco I. Madero.
- La calle Dr. De la Torre y la Avenida Benigno Valenzuela.
- El entronque provocado por el Boulevard Central, calle Río Baluarte, calle Cristóbal Colon y C. N. Bravo.
- La calle Francisco González Bocanegra y la prolongación del Boulevard Juan de Dios Batís Paredes.
- El cruce secundario sobre el Río Sinaloa (vado), resulta ser insuficiente actualmente, debido a que es la única comunicación interurbana entre la ciudad y las localidades periféricas dentro de la zona de estudio.
-

Incidentes delictivos

Otro de los agentes socio-organizativos que afecta a la población mexicana es el aumento de la delincuencia en el país, lo que involucra un grave problema en los sistemas sociales, en la seguridad pública así como en la percepción de la población hacia su medio ambiente social. La presencia de este agente en la zona de estudio genera un fuerte impacto social y económico para los habitantes, motivo suficiente para que sea tomado en cuenta dentro del análisis de los peligros y riesgos socio-organizativos.

El análisis de este agente socio-organizativo se basa en la búsqueda y estudio de los datos estadísticos de los eventos ocurridos en la región. Una vez recopilados se clasificaran de acuerdo al tipo de incidente delictivo ocurrido (robo, asesinato, secuestro, violación, fraude, etc.) y a la cantidad de veces que se presentó en el periodo de estudio.

El impacto que tienen en la percepción de la población hacia su entorno social y en su nivel de seguridad es uno de los parámetros con los que la Procuraduría General de Justicia ha clasificado a las incidencias delictivas:

Aquellos que tienen un alto impacto social son los Homicidios dolosos, las Violaciones, los Robos con violencia (a transeúntes, en el transporte público, en casa-habitación, a negocios) y los Secuestros.

Mientras que los incidentes clasificados como de bajo impacto social son los Homicidios culposos, el Hostigamiento sexual, los Robos sin violencia, los Fraudes, las Lesiones culposas, Imprudenciales por tránsito vehicular, Falsedad en declaraciones, Encubrimiento y la Privación legal de la libertad.

Situación Delictiva en Guasave

En el 2007 las colonias que fueron identificadas más peligrosas por la mayor incidencia delictiva fueron: Fraccionamiento Villa Universidad, Fracc. Delicias, Independencia, Jardines del Valle, México, Eduardo Labastida, Los Sauces, La Florida, 2 de Octubre, Bado, Chaleco, 24 de febrero, Constelación, Del Bosque, IPIS, 18 de marzo, Ejidal, República Mexicana, Las Margaritas. La zona centro de la ciudad es una de las áreas que es considerada de las más peligrosas por los reportes de criminalidad, específicamente por la recurrencia en el robo a comercio y a transeúntes.

La Secretaría de Seguridad Pública indica que en estas colonias los principales delitos reportados son robo a comercio, a transeúntes y de automóviles, recurrentemente utilizando la violencia, otros delitos registrados son el homicidio doloso y el abuso sexual. Delitos que por sus características son considerados de alto impacto para la sociedad.

También se ha identificado que ciertos tramos de la Carretera Internacional México 15 y la salida a las Glorias, resultan ser peligrosos para los conductores, al ser sitios donde operan los delincuentes, dedicados al robo de vehículos.

Los incidentes de posesión de drogas se manifestaron al igual que en el robo de vehículos, principalmente en la zona centro, las colonias donde se identificó ésta situación son: Ejidal, 2 de Octubre, Revolución

Mexicana e IPIS, siendo los lugares donde la Secretaria de Seguridad Pública identificó la mayor circulación de drogas.

De acuerdo con el banco de información del INEGI, la cantidad de delitos reportados en el municipio de Guasave, en el periodo de 1995 al 2010, son:

CLAVE DE LA ENTIDAD FEDERATIVA		25				
Entidad federativa	Sinaloa					
Clave del municipio	11					
Municipio	Guasave					
Tema_nivel_1	Sociedad y Gobierno					
Tema_nivel_2	Seguridad pública y Justicia					
Tema_nivel_3	Procuración e Impartición de justicia					
Indicador	Delitos por daño en las cosas registrados en el MP del fuero común	Delitos por homicidio registrados en el MP del fuero común	Delitos por lesiones registrados en el MP del fuero común	Delitos por robo registrados en el MP del fuero común	Delitos registrados en averiguaciones previas del fuero común	Delitos sexuales registrados en el MP del fuero común
1995	68	23	152	903	1348	SD
1996	78	38	104	883	1285	SD
1997	148	113	265	803	1650	SD
1998	94	81	147	562	1074	SD
1999	92	99	230	487	1092	SD
2000	81	84	200	431	985	SD
2001	141	96	231	400	1209	SD
2002	148	89	228	349	1209	SD
2003	136	81	190	388	1129	SD
2004	101	83	186	347	992	30
2005	199	89	299	685	1734	19
2006	207	94	277	722	1771	45
2007	207	119	281	662	1685	36
2008	238	151	315	709	1832	33
2009	234	136	303	698	1753	39
2010	175	201	247	863	1811	27

Tabla 5.5.2. Tipificación y número de delitos en los últimos 16 años.

En la siguiente tabla se presentan las cifras reportadas por la Secretaría de Seguridad Pública, respecto a los distintos delitos cometidos en el municipio de Guasave, entre enero y septiembre del 2014.

INEGI	CONCEPTO	MODALIDAD	TIPO	SUBTIPO	ENE	FE B	MAR	ABR	MAY	JUN	JU L	AGO	SEPT	TOT
25011	INCIDENCIA	GRAN TOTAL			188	161	221	203	195	193	158	131	120	1570
25011	TOTAL ROBO	TOTAL ROBO	TOTAL ROBO	TOTAL ROBO	60	50	86	53	64	64	44	63	57	571
25011	ROBOS	ROBOS	TOTAL CON VIOLENCIA	TOTAL CON VIOLENCIA	21	15	33	18	17	22	33	18	18	185
25011	ROBOS	ROBOS	TOTAL SIN VIOLENCIA	TOTAL SIN VIOLENCIA	39	35	53	35	47	42	51	45	39	386
25011	ROBOS	TOTAL ROBO COMÚN	TOTAL ROBO COMUN	TOTAL ROBO COMUN	60	49	80	51	61	63	72	57	54	547
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	TOTAL CON VIOLENCIA	TOTAL CON VIOLENCIA	21	15	31	18	17	21	33	17	17	180
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	CON VIOLENCIA	A CASA HABITACION	1	1	2	0	0	0	0	0	0	4
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	CON VIOLENCIA	A NEGOCIO	2	5	2	1	3	1	4	1	0	19
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	CON VIOLENCIA	DE VEHICULOS	10	3	15	9	6	6	5	8	7	69
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	CON VIOLENCIA	OTROS	8	6	12	8	8	14	14	8	10	88
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	CON VIOLENCIA	SIN DATOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	TOTAL SIN VIOLENCIA	TOTAL SIN VIOLENCIA	39	34	49	33	44	42	49	40	37	367
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	SIN VIOLENCIA	A CASA HABITACION	3	9	3	10	6	6	4	8	3	52
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	SIN VIOLENCIA	A NEGOCIO	3	2	6	1	5	4	9	4	4	38
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	SIN VIOLENCIA	DE VEHICULOS	15	8	12	7	15	12	15	15	19	118
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	SIN VIOLENCIA	OTROS	18	15	27	15	14	19	9	11	9	147
25011	ROBOS	ROBO COMÚN	SIN VIOLENCIA	SIN DATOS	0	0	1	0	4	1	2	2	2	12
25011	ROBOS	ROBO DE GANADO (ABIGEATO)	ROBO DE GANADO (ABIGEATO)	ROBO DE GANADO (ABIGEATO)	0	1	4	2	3	0	2	5	2	19
25011	ROBOS	TOTAL DE ROBO EN INSTITUCIONES BANCARIAS	TOTAL DE ROBO EN INSTITUCIONES BANCARIAS	TOTAL DE ROBO EN INSTITUCIONES BANCARIAS	0	0	2	0	0	1	0	1	1	5
25011	ROBOS	ROBO EN INSTITUCIONES BANCARIAS	TOTAL CON VIOLENCIA	TOTAL CON VIOLENCIA	0	0	2	0	0	1	0	1	1	5
25011	ROBOS	ROBO EN INSTITUCIONES BANCARIAS	CON VIOLENCIA	A BANCOS	0	0	2	0	0	1	0	1	1	5
25011	LESIONES	TOTAL DE LESIONES	TOTAL DE LESIONES	TOTAL DE LESIONES	38	24	31	42	39	32	20	20	28	274
25011	LESIONES	LESIONES	TOTAL DOLOSAS	TOTAL DOLOSAS	21	18	10	21	21	14	6	11	19	151
25011	LESIONES	LESIONES	DOLOSAS	CON ARMA BLANCA	3	1	1	4	2	3	1	1	2	18
25011	LESIONES	LESIONES	DOLOSAS	CON ARMA DE FUEGO	2	5	0	4	1	3	3	1	1	20
25011	LESIONES	LESIONES	DOLOSAS	OTROS	16	12	9	13	18	7	0	9	11	105
25011	LESIONES	LESIONES	DOLOSAS	SIN DATOS	0	0	0	0	0	1	2	0	5	8
25011	LESIONES	LESIONES	TOTAL CULPOSAS	TOTAL CULPOSAS	17	6	21	21	18	18	4	9	9	123
25011	LESIONES	LESIONES	CULPOSAS	CON ARMA BLANCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25011	LESIONES	LESIONES	CULPOSAS	CON ARMA DE FUEGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25011	LESIONES	LESIONES	CULPOSAS	OTROS	17	6	21	21	18	18	4	9	9	123
25011	LESIONES	LESIONES	CULPOSAS	SIN DATOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

INEGI	CONCEPTO	MODALIDAD	TIPO	SUBTIPO	ENE	FE B	MAR	ABR	MAY	JUN	JU L	AGO	SEPT	TOT
25011	HOMICIDIO	TOTAL DE HOMICIDIOS	TOTAL DE HOMICIDIOS	TOTAL DE HOMICIDIOS	15	8	15	21	18	8	6	13	6	110
25011	HOMICIDIO	HOMICIDIO	TOTAL DOLOSOS	TOTAL DOLOSOS	8	4	7	11	7	2	1	8	3	51
25011	HOMICIDIO	HOMICIDIO	DOLOSOS	CON ARMA DE FUEGO	6	4	5	9	5	1	1	6	3	40
25011	HOMICIDIO	HOMICIDIO	DOLOSOS	CON ARMA BLANCA	2	0	0	1	2	1	0	1	0	7
25011	HOMICIDIO	HOMICIDIO	DOLOSOS	OTROS	0	0	2	1	0	0	0	1	0	4
25011	HOMICIDIO	HOMICIDIO	DOLOSOS	SIN DATOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25011	HOMICIDIO	HOMICIDIO	TOTAL CULPOSOS	TOTAL CULPOSOS	7	4	8	10	11	6	5	5	3	59
25011	HOMICIDIO	HOMICIDIO	CULPOSOS	CON ARMA DE FUEGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25011	HOMICIDIO	HOMICIDIO	CULPOSOS	CON ARMA BLANCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25011	HOMICIDIO	HOMICIDIO	CULPOSOS	OTROS	7	4	8	10	11	6	5	5	3	59
25011	HOMICIDIO	HOMICIDIO	CULPOSOS	SIN DATOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25011	DELITOS PATRIMONIALES	TOTAL DE DELITOS PATRIMONIALES	TOTAL DE DELITOS PATRIMONIALES	TOTAL DE DELITOS PATRIMONIALES	15	7	14	14	13	13	1	7	6	109
25011	DELITOS PATRIMONIALES	DELITOS PATRIMONIALES	ABUSO DE CONFIANZA	ABUSO DE CONFIANZA	3	2	2	2	1	2	0	0	1	13
25011	DELITOS PATRIMONIALES	DELITOS PATRIMONIALES	DAÑO EN PROPIEDAD AJENA	DAÑO EN PROPIEDAD AJENA	4	9	6	2	7	4	6	3	4	45
25011	DELITOS PATRIMONIALES	DELITOS PATRIMONIALES	EXTORSION	EXTORSION	0	0	2	0	0	0	1	0	0	3
25011	DELITOS PATRIMONIALES	DELITOS PATRIMONIALES	FRAUDE	FRAUDE	3	4	4	6	4	4	2	3	0	30
25011	DELITOS PATRIMONIALES	DELITOS PATRIMONIALES	TOTAL DESPOJO	TOTAL DESPOJO	5	2	0	4	1	3	1	1	1	18
25011	DELITOS PATRIMONIALES	DELITOS PATRIMONIALES	DESPOJO	CON VIOLENCIA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
25011	DELITOS PATRIMONIALES	DELITOS PATRIMONIALES	DESPOJO	SIN VIOLENCIA	5	2	0	4	1	3	1	1	0	17
25011	PRIV. DE LA LIBERTAD (SECUESTRO)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1			
25011	DELITOS SEXUALES (VIOLACION)	DELITOS SEXUALES (VIOLACION)	DELITOS SEXUALES (VIOLACION)	DELITOS SEXUALES (VIOLACION)	1	2	0	0	2	1	2	0	1	9
25011	OTROS DELITOS	TOTAL DE OTROS DELITOS	TOTAL DE OTROS DELITOS	TOTAL DE OTROS DELITOS	59	9	75	73	59	75	4	28	22	496
25011	OTROS DELITOS	TOTAL SUMA DE OTROS DELITOS	TOTAL SUMA DE OTROS DELITOS	TOTAL SUMA DE OTROS DELITOS	59	9	75	73	59	75	4	28	22	496
25011	OTROS DELITOS	OTROS DELITOS	AMENAZAS	AMENAZAS	4	9	7	1	8	6	4	5	0	44
25011	OTROS DELITOS	OTROS DELITOS	ESTUPRO	ESTUPRO	2	1	0	1	0	0	1	0	0	5
25011	OTROS DELITOS	OTROS DELITOS	OTROS SEXUALES	OTROS SEXUALES	1	2	2	4	1	1	2	0	1	14
25011	OTROS DELITOS	OTROS DELITOS	RESTO DE LOS DELITOS (OTROS)	RESTO DE LOS DELITOS (OTROS)	52	4	66	67	50	68	3	23	21	433

Tabla 5.3.2. Cifras reportadas por la Secretaría de Seguridad Publica, respecto a los distintos delitos cometidos en el municipio de Guasave

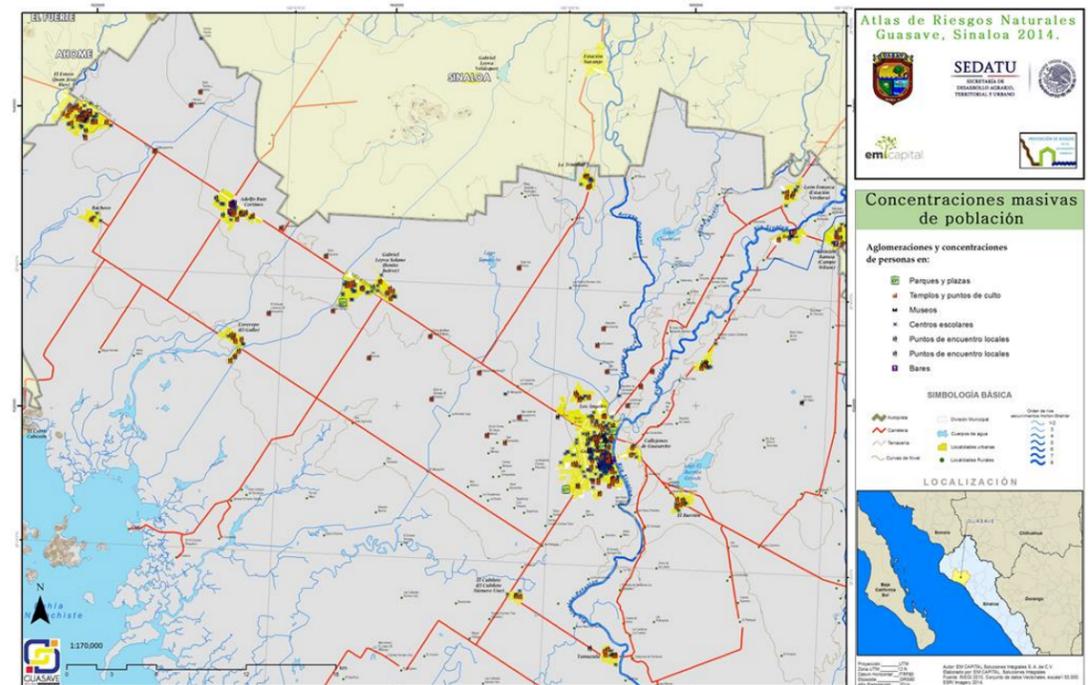


Tabla 5.5.1.- Peligros Socio-organizativos a nivel municipal.

CAPÍTULO VI. Obras de Mitigación

- EROSION COSTERA

Obras y/o acciones preventivas

Esta sección sobre recomendaciones de obras y/o acciones preventivas ante el fenómeno de erosión se divide en dos partes, una general donde se hace un análisis de las actividades humanas más comunes en la zona costera del municipio, sus consecuencias y recomendaciones generales para llevar a cabo dichas actividades, y otra donde se presenta una estrategia específica de mitigación. La importancia de la primer parte radica en el hecho de que ninguna estrategia de mitigación de la erosión funcionará si no se regulan correctamente todo tipo de obras y actividades en la zona costera.

a) Recomendaciones generales para actividades y obras en la costa de Guasave

El análisis presentado en esta sección está basado en la metodología generada por Silva et al. (2014) para la identificación de ambientes costeros y propuesta de regulación de actividades y obras, presentada en el documento de SEMARNAT "Caracterización de la Zona Costera y Planteamiento de Elementos Técnicos para la Elaboración de Criterios de Regulación y Manejo Sustentable". Dicho análisis aplica el modelo *PER*, desarrollado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés) (OECD, 1991; 1993) como marco de referencia para la creación de sus políticas ambientales. Este modelo postula que las actividades humanas ejercen *presiones* sobre el ambiente, afectando la cantidad y calidad de los recursos naturales ("*estado*"), lo que a su vez genera o requiere una *respuesta* de la sociedad. Las respuestas pueden ser de índole ambiental, económica, de regulación, o inclusive a través de la concientización de la población. Frecuentemente, las respuestas son retroactivas, es decir, se retroalimentan con el estado. La utilidad de este enfoque radica en que se centra en las relaciones *causa-efecto*, lo que permite tanto a la población como a los generadores de políticas ver cómo se relacionan los factores socio-económicos y ambientales entre sí. Por otra parte, el modelo *PER* tiene la ventaja de ser uno de los más fáciles de entender y de usar, así como de ser neutral, ya que solamente identifica las relaciones entre factores, pero no si éstas tienen una influencia positiva o negativa en el ambiente.

Siguiendo el modelo Presión-Estado-Respuesta (*PER*, ver Figura 6.1), se realizó un análisis de los principales impactos que las obras y/o actividades más comunes pueden generar en la costa del municipio de Guasave.

Algunos de los problemas principales de las zonas costeras de México son la pérdida de hábitat en zonas intermareales, dunas o acantilados, debida a la deforestación, al cambio de uso de suelo para desarrollos urbanos, portuarios y turísticos, la minería o la extracción de materiales utilizados como relleno en la construcción; la desaparición de humedales por cambios en el uso de suelo, o el azolvamiento o sedimentación, resultado de cambios cuenca arriba, entre otros.

Para los fines del análisis presentado en la Tabla 6.1 se limitó la lista de *Presiones* consideradas a actividades y obras que afectan la morfodinámica de la zona costera, tal como la construcción de espigones, rompeolas, muros, represas, carreteras y edificaciones en general, y a actividades como dragado y minado de playas; en el caso del *Estado*, se consideraron los posibles cambios inducidos por dichas presiones y sus consecuencias, tales como la disminución o incremento de la tasa de transporte, cambios en las corrientes, erosión etc.;

finalmente, como *Respuesta* se propone una serie de recomendaciones y medidas de mitigación, aplicables a nivel local.

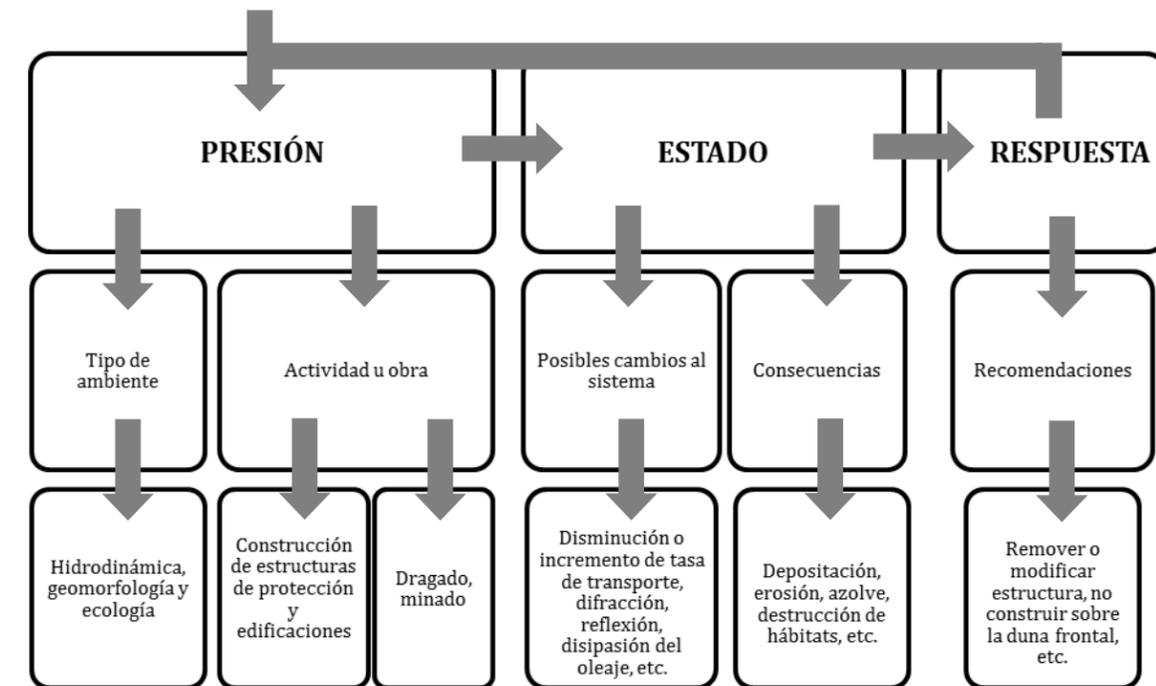


Figura 6.1. Modelo *PER* de evaluación de impactos por tipo de ambiente costero.

Actividad / obra	Tipo de ambiente	Cambios al sistema	Consecuencias	Recomendaciones
Espigones	Playas rectas y bien definidas, donde el proceso dominante es el oleaje, con posible presencia de dunas costeras o manglares y humedales	-Interrupción del transporte litoral -Retención de sedimento entre estructuras -Cambios al perfil de playa -Cambios al flujo hidrodinámico	-Avance o mantenimiento de posición línea de costa -Erosión corriente abajo del campo de espigones, y en casos severos, a ambos lados -Incremento potencial de tasa de erosión si no se acompaña de alimentación artificial -Disminución de aporte sedimentario al sistema de manglar o humedales	-Utilizado donde los procesos de transporte litoral son dominantes y resultan en erosión de la costa -No recomendado si no hay infraestructura importante a proteger, en cuyo caso se recomienda remover el sistema de espigones -Si hay infraestructura importante, asegurarse que el sistema de espigones contenga un espigón terminal y abarque toda la celda litoral para evitar erosión diferencial -No recomendado en zona de manglar o humedales puesto que se puede alterar el balance hidrodinámico y sedimentario necesario para la supervivencia de los ecosistemas de manglar y humedales -Ubicar infraestructura detrás de ecosistema, que es la protección natural ante inundación y erosión -Cuidar el espaciamiento entre estructuras, que de ser muy pequeño puede incentivar la erosión aun más

Espigones	Islas de barrera, donde el proceso dominante es el oleaje, con posible presencia de dunas o manglar	-Interrupción del transporte litoral -Retención de sedimento entre estructuras -Cambios al perfil de playa	-Avance línea de costa y estructuras de transporte como barras arenosas -Erosión corriente abajo del campo de espigones y, en casos severos, a ambos lados	-Si no hay infraestructura importante, remover el sistema de espigones -Si hay infraestructura importante, asegurarse que el sistema de espigones contenga un espigón terminal y abarque toda la celda litoral para evitar erosión diferencial -Ubicar infraestructura detrás del cordón de dunas primarias o zona de manglar, sin obstruir el flujo hidráulico -Cuidar el espaciamiento entre estructuras, que de ser muy pequeño puede incentivar la erosión aun más
Escollera (para canal de navegación)	Laguna costera o estuario (boca), donde el proceso dominante es el oleaje, con posible presencia de dunas o manglar	-Interrupción del transporte litoral -Atenuación de la energía del oleaje -Cambios a la hidrodinámica del sistema lagunar (boca y cuerpo de agua) - Confinamiento de flujo de mareas y corrientes)	-Deposición corriente arriba y posible erosión en el canal y al otro lado de la boca, -Erosión o azolve del sistema lagunar, impedimento de proceso natural de apertura y cierre de bocas	-Utilizado para estabilizar boca de laguna o estuario -Evaluar alternativa de mantenimiento de canal de navegación con dragado, de menor impacto en la hidrodinámica del sistema lagunar que la estructura permanente -Evitar en casos donde existe evidencia de bocas migratorias -En caso de presentarse erosión diferencial de la costa, se recomiendan prácticas de trasvase de sedimento
Escollera (Puerto)	# 20: Playas, con posible presencia de dunas, donde el proceso dominante es el oleaje (ej.: Ensenada, B.C.)	-Interrupción del transporte longitudinal -Atenuación de la energía del oleaje	-Deposición corriente arriba y abajo, cuando se construyen espigones al centro de playas cóncavas, -Erosión y/o azolve en dársena	-Utilizado para generar una zona de calma para abrigo de embarcaciones -Altera permanentemente la morfología de la costa y las corrientes litorales, por lo que se debe considerar el impacto potencial a ambos lados de la estructura -En caso de presentarse erosión diferencial de la costa, se recomiendan prácticas de trasvase de sedimento
Rompeolas (separado de la costa)	Playas rectas y bien definidas con posible presencia de dunas, donde el proceso dominante es el oleaje	-Atenuación de la energía del oleaje -Disminución a la velocidad de la corriente litoral -Presencia de refracción -Disminución del transporte longitudinal y/o transversal	-Acreción en las playas -Deposición en tómbolo -Erosión corriente abajo -Falla de estructura por erosión al pie de la estructura	-Utilizado en casos donde los procesos de transporte litoral son dominantes y resultan en erosión de la costa -Utilizado en casos donde el oleaje es altamente energético -Se recomienda el uso del diseño sumergido para mitigar el impacto visual -Se recomienda el uso de estructuras que permitan la colonización de especies endémicas -Se recomienda construir en profundidades poco profundas, sin alterar el bentos
Muelle piloteado	Playa recta, dominada por oleaje	-Difracción de corriente litoral -Efecto de sombra hidrodinámica del transporte litoral corriente abajo -Reducción de luz bajo la estructura	-Posible erosión corriente abajo -Disminución de cobertura vegetal bajo estructura	-El impacto de un muelle piloteado en playas, aunque menor que una estructura con base sólida, es provocar o incentivar la erosión corriente abajo (como en caso de Progreso, Yuc.) debido a la alteración de los patrones de circulación -No se debe construir en playas que ya presentan problemas de erosión -Se recomienda ubicar su construcción al final de la celda litoral para que actúe como espigón terminal

Muelle piloteado	Estuario, donde el proceso dominante es el oleaje, con humedales, pastos marinos y macroalgas	-Reducción de luz bajo estructura -Alteración de corrientes y flujo de marea -Alteración de patrones de transporte de sedimento	-Disminución o destrucción de cobertura vegetal -Posible erosión y acreción	-Dado que sí existe un traspase de transporte litoral por debajo de la estructura, ciertas acciones de mitigación pueden ser suficientes para evitar la erosión corriente abajo. La más eficiente de éstas es ubicar las construcciones corriente abajo detrás de la línea de dunas frontales, para permitir que tras la construcción del muelle, la playa tenga la capacidad de adaptarse a su nuevo estado (amortiguamiento y almacenamiento de arena). También se puede realizar trasvase de arena de un lado del muelle a otro, aunque esta opción es cara -En general los posibles impactos de los muelles piloteados en ambiente lagunares y de humedales están restringidos a la zona inmediata a la estructura (Vasilas <i>et al.</i> , 2011) -Los impactos son proporcionales al ancho (no alto) de la estructura, por lo que no se recomiendan estructuras de gran tamaño en sistemas lagunares frágiles (Vasilas <i>et al.</i> , 2011) -Se recomienda dar prioridad a la construcción con madera -Previo un análisis detallado para cada caso (evaluación de resiliencia), no se considera que deban tomarse precauciones especiales, puesto que al estar piloteada la estructura reduce su impacto de gran manera -El mayor impacto asociado con este tipo de estructuras se dará por parte de las actividades de navegación (ver abajo)
Puerto de abrigo o marinas	Playa recta y bien definida, dominada por oleaje y con presencia de dunas	-Cambio de la fisiografía de la línea de costa por construcción de estructuras, dragado de dársena y canales de navegación -Incremento de profundidad por dragado -Relleno o nivelación de dunas para instalaciones operativas	-Alteración de patrones de corrientes y transporte de sedimentos -Incremento erosión corriente abajo -Erosión de dunas y playas adyacentes a dunas -Destrucción de hábitats bentónicos, marinos y terrestres (costeros) -Incremento de contaminación (por sólidos durante construcción y químicos durante operación)	-En caso de desarrollos portuarios nuevos se recomienda aprovechar la morfología natural de la costa y elegir un área naturalmente protegida y profunda (evitar problemas de azolve que conviertan al puerto en elefante blanco como en Puerto Chiapas) -La selección de la ubicación se debe hacer con base en sus características hidrodinámicas y ecológicas, así como de uso de suelo de tierras adyacentes -No se debe implementar este tipo de desarrollo en una playa que ya presente problemas graves de erosión -Siempre es necesario hacer un análisis de sitios alternativos -Asegurarse de que el sitio tiene suficiente espacio para el desarrollo y su futuro crecimiento -En particular se debe considerar la tasa de transporte litoral, cuyo bloqueo puede tener consecuencias corriente abajo y la magnitud y dirección predominante del oleaje (para diseño) de tipo y orientación de estructuras necesarias

				-Se debe hacer un estudio de la vulnerabilidad de los ecosistemas involucrados y su resiliencia -En caso de realizarse en zonas de importancia ecológica prioritaria, como zonas de manglar, sitios de anidación, etc. se deberán adoptar medidas de mitigación como reconstrucción de hábitats y de ser posible, considerar la opción menos invasiva de estos ambientes
Muro	Playa arenosa, con presencia de dunas, donde el proceso dominante es el oleaje	-Nivelación de la playa y dunas -Menor disipación y mayor reflexión del oleaje	-Erosión de sedimento al pie de la estructura -Socavación del muro -Rompimiento del oleaje más cerca de la costa -Erosión a ambos lados de la estructura -Destrucción de hábitats	-Los muros son estructuras que casi siempre se construyen como respuesta a problemas graves de erosión, es decir cuando ya no hay otra opción para proteger la infraestructura y el oleaje está rompiendo sobre ésta -No se recomienda a menos que sea un caso de infraestructura de gran valor -Por su naturaleza reflectiva, empeoran el problema de erosión tanto frente a la estructura como corriente abajo -Siempre se debe priorizar la conservación de las dunas sobre la construcción de un muro
Carretera/Puente	Estuario o laguna, con presencia de manglares, pastos marinos y humedales	-Cambio del prisma mareas (cuando no es piloteado) -Cambios a los patrones de corrientes, transporte de sedimento, flujo y reflujo de marea	-Los cambios en el prisma de marea pueden provocar un desbalance en la anchura, profundidad y cantidad de bocas de la laguna -Posibles problemas de erosión o azolve de la laguna o bocas -Eutroficación de la zona aislada	-Sólo se debe permitir la construcción de carreteras y puentes sobre lagunas costeras, estuarios y humedales si el estudio de impacto ambiental lo recomienda y cuando sea de interés prioritario nacional -Se recomienda hacer estudios de modelación hidrodinámica para preveer el comportamiento del sistema -Sólo podrán ser piloteados para evitar cambiar los patrones de flujo y reflujo y de transporte sedimentario, los cuales, a su vez, pueden afectar la calidad del agua y causar problemas de erosión o azolve en la laguna y sus bocas, así como provocar la desecación de humedales -Se deberán tomar acciones de mitigación para compensar el daño a la fauna y flora bentónica ubicada en el lugar de la carretera o puente
Edificación (permanente, ej. hotel)	Playa recta y bien definida, con energía mixta, dominancia del oleaje y posible presencia de dunas	-Nivelación de playa y dunas -Desplazamiento y migración de dunas -Cambio o bloqueo de patrones de viento -Destrucción de la cobertura vegetal por tránsito peatonal y de vehículos	-Pérdida de la capacidad del sistema de amortiguamiento y almacenamiento de arena -Aceleración del proceso erosivo de la playa -Aceleración del proceso erosivo o migratorio de la duna	-Evitar modificar la línea de costa, fisiografía y morfología de la duna costera -Se debe construir detrás de la línea de dunas primarias, que actúan como sistema de amortiguamiento y almacenamiento de arena, además de servir de barrera natural ante inundaciones (protegiendo la edificación) -En dunas secundarias que se ubiquen en sitios expuestos y tengan material no consolidado, tampoco se permiten construcciones permanentes -Mantener la cobertura vegetal nativa, a menos que se cuente con autorización de la autoridad competente para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales

				-Evitar la obstrucción o alteración del transporte y la dinámica natural de la arena -Evitar alteraciones en zonas de anidación o agregación de aves migratorias o residentes, así como de otras especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT
Edificación (temporal, ej. andadores, palapas)	Playa recta y bien definida, dominada por oleaje y con presencia de dunas	-Nivelación de playa y dunas -Desplazamiento y migración de dunas -Cambio o bloqueo de patrones de viento -Destrucción de la cobertura vegetal por tránsito peatonal y de vehículos	-Pérdida de la capacidad del sistema de amortiguamiento y almacenamiento de arena -Aceleración del proceso erosivo de la playa -Aceleración del proceso erosivo o migratorio de la duna	-Solamente los andadores para crear accesos a la playa, temporales y piloteados se permiten sobre el sistema de dunas frontal o primario -Cualquier otra construcción o actividad, incluyendo palapas y todo tipo de tránsito se debe realizar detrás de la línea de dunas primarias, que actúan como sistema de amortiguamiento y almacenamiento de arena, además de servir de barrera natural ante inundaciones -En dunas secundarias que se ubiquen en sitios expuestos y tengan material consolidado, las construcciones solo podrán ser temporales (mismos criterios que dunas primarias) -Evitar modificar la línea de costa, fisiografía y morfología de la duna costera -Mantener la cobertura vegetal nativa, a menos que se cuente con autorización de la autoridad competente para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales -Evitar la obstrucción o alteración del transporte y la dinámica natural de la arena
Granja acuícola (estanque)	Laguna costera, con presencia de islas de barrera, dunas, manglares y humedales, donde la energía es mixta y el proceso dominante es el oleaje	-Destrucción de manglares y humedales por construcción -Descarga de efluentes -Disposición de sedimentos -Estanques abandonados	-Pérdida de hábitat y áreas de crianza -Erosión costera -Alteración del flujo y patrones de drenaje por construcción de estanques (diminución prisma mareal) y bloque de flujo por canales y tuberías -Contaminación en aguas receptoras -Azolve de la laguna por descarga de sólidos	-La importancia económica de esta actividad hace importante enfocar los esfuerzos en la adecuada regulación y no en la prohibición, para evitar los impactos y consecuencias a largo plazo -La ubicación y diseño debe considerar áreas adecuadas, de acuerdo a su topografía, régimen de mareas, tiempo de residencia del agua y volumen del cuerpo de agua -Se deben incluir siempre áreas de amortiguamiento -Se debe cuidar la densidad y el espaciamiento entre granjas -Para evitar la contaminación por descargas y sedimentos se pueden utilizar estanques de sedimentación-oxidación, mejoramiento del siministro y composición del alimento y diversificar cultivos -Utilizar el sedimento limpio para reconstrucción de hábitats y no descargarlo directamente pues contribuye al azolve -Las instalaciones (incluyendo estanques, canales y tuberías) no deben ubicarse en zona de dunas. Las tuberías de desagüe solo se permitirán en zona de dunas si están enterradas

Desalinizadora	#10: Acantilado rocoso, con presencia de comunidades de macroalgas, energía mixta y dominancia de la marea (ej. Loreto, B.C.S.)	-Incremento de salinidad por descarga de salmuera directamente al mar -Estratificación del agua (por diferencia de densidad) en la zona de descarga -Captación accidental de fauna	-Muerte de flora y fauna por “choque osmótico” -Daño a fauna por captación accidental	-Un simple tratamiento con dilución previa debe ser reglamentario. -Se recomienda prestar atención a la localización y profundidad de los captadores de agua y de los emisores de las salmueras (entre más profundo, mejor). -Igualmente necesario es conocer el régimen de mareas, corrientes, vientos, oleaje y todos los factores hidrodinámicos que puedan asegurar la rápida dispersión de la pluma de salmuera. -Si las tuberías de captación y desagüe están expuestas pueden actuar como espigones, incentivando erosión		recomienda aprovecharse en alimentación de playas o rellenos de muelles <ul style="list-style-type: none"> • Si el material dragado está contaminado, es necesario aislarlo, almacenándolo y atender las disposiciones normativas y reglamentarias específicas para ello. No se pueden verter al mar • En áreas donde se distribuyan arrecifes, pastos marinos, manglares, humedales no podrá verterse el material procedente de dragas de succión o por medio de tuberías
Dragado	Laguna costera, con presencia de islas de barrera, manglares y humedales, donde la energía es mixta y el proceso dominante es el oleaje	-Cambio en el prisma de marea (por incremento de profundidad) -Destrucción de cohesión de capa superficial de sedimento -Incremento temporal de turbidez -Incremento de velocidad de corrientes y oleaje dentro de laguna (debido a mayor profundidad)	-Destrucción de hábitat -Desaparición de fauna y flora bentónica -Posible aceleración de procesos erosivos -Incremento de capacidad de transporte de sedimento y por tanto de la posible pérdida de sedimento de la laguna o depositación en partes no deseadas	Si el dragado es necesario para fines de navegación y es autorizado por las instancias competentes se deben de observar los siguientes criterios: -El material procedente de dragado sólo se verterá si no existe posibilidad de aprovecharlo, y si se cuenta con la autorización correspondiente -Para mitigar el cambio a la hidrodinámica de la laguna por incremento de la profundidad se deberá, en lo posible, reutilizar el material para creación y regeneración de hábitats, como islotes artificiales para manglar -Los dragados son incompatibles en áreas de distribución de pastos marinos, junto con áreas de distribución de comunidades de manglares Para el vertido del material de dragado en el mar, la profundidad requerida estará en función de la granulometría y de la dispersión que se pueda aceptar en la zona: <ul style="list-style-type: none"> • Se deberá tener presente que si el material procede de dragados mecánicos, la dispersión es menor porque el material es más denso y cohesivo, en cambio, las dragas de succión transportan material con alto contenido en agua que hace aumentar su dispersión al ser vertido • El vertido por tubería tiende a crear grandes zonas de material en suspensión debido a que la fracción más gruesa se separa rápidamente de la fracción fina • El material con alto contenido en finos (mayor al 20%), se verterá en zonas que aseguren su inmovilización gracias a la topografía y a la baja energía del mar. Se recomienda verter a profundidades cercanas a los 40 m, y dependiendo de la energía del mar, se podrá confinar o recubrir • Si el contenido de finos del material dragado es inferior al 15-20%, se 		Si el dragado es necesario para fines de navegación o como material para recarga de playas o construcción y es autorizado por las instancias competentes se deben de observar los siguientes criterios: -En los casos de dragado para navegación, se deben buscar usos productivos que permitan rentabilizar el material dragado limpio, como en obras públicas (mejora de terrenos, rellenos, sustituciones y recubrimientos), regeneración y creación de playas, construcción de bermas sumergidas, construcción de diques y presas de tierra, como materiales de construcción, usos en agricultura y pesca (creación y mejora de tierra vegetal, acuicultura, mejora de recursos pesqueros) -En todo caso, los dragados son incompatibles en áreas de distribución de pastos marinos junto con áreas de distribución de comunidades de manglares -Para el vertido del material de dragado en el mar, se deben seguir los mismos criterios que en el caso anterior
Minado	Playa recta y bien definida, con presencia de dunas o manglar, sujeta a un régimen de energía mixta con dominancia de oleaje			-Cambios al perfil de playa -Cambios a los patrones de rompimiento del oleaje (por cambio en pendiente) -En caso de realizarse en dunas se provoca nivelación de dunas y eliminación de cobertura vegetal	-Incremento de erosión local y corriente abajo -Incremento de erosión de dunas -Sistemas de dunas estabilizados se pueden convertir en móviles por la eliminación de vegetación y dunas frontales -Incremento del riesgo de inundación de la zona costera adyacente -Eliminación de potencial turístico	-En caso de autorizarse bancos de materiales de arena y minerales y sustancias no reservadas a la Federación, la extracción solamente se podrá realizar en la zona de playa (nunca de dunas) y si el balance sedimentario de la celda litoral es positivo -La aprobación debe estar sujeta los estudios de impacto ambiental y económicos (para ver si realmente es redituable para el costo ambiental) y debe estar sujeta a la implementación de medidas de mitigación como reconstrucción de hábitats en otra parte -El volumen de extracción siempre deberá ser menor a la tasa de acreción de la playa que se está minando -Se deberá demostrar que la erosión corriente abajo resultante de la pérdida de material para la corriente litoral no afectará de forma significativa el sistema de dunas o algún otro

				ecosistema de importancia localizado corriente abajo -No se podrá realizar este tipo de extracción o minado de playas ubicadas a lo largo islas de barrera o cuando el transporte litoral alimenta una isla de barrera, pues se puede afectar a todo un sistema lagunar
Relleno	Playa o isla de barrera, con presencia de dunas y dominancia del oleaje	-Cambios al perfil de playa -Cambios a la composición granulométrica original	-Cambios temporales en los patrones de rompiente del oleaje por cambio del perfil (hasta que éste encuentra de nuevo su equilibrio)	-Las factores que provocan erosión de la costa no cambian después de realizar un relleno, por lo que ésta es solamente una solución de carácter temporal, que cuando está bien realizada es altamente recomendable por su bajo impacto comparado con estructuras de protección -Su éxito depende de la cuantificación adecuada de la cantidad de material necesario y del tipo de material utilizado, el cual debe ser tan parecido al original como sea posible, tanto por cuestiones estéticas, como de equilibrio de procesos -Su impacto está casi completamente relacionado al dragado, por lo que se recomienda ver este apartado para más detalles

Tabla 6.1. Sistema PER de análisis de impactos morfodinámicos de obras y actividades por ambiente costero identificado

b) Estrategia de mitigación del problema de erosión

El análisis de riesgo integrado permite no sólo una mejor comprensión de la situación actual del sistema y de los principales procesos que causan la erosión costera y el cambio morfológico a largo plazo, sino que también permite identificar las opciones de mitigación más apropiadas. Dado que las principales causas del riesgo de erosión en Guasave son factores que escapan al control de los administradores locales, como es el caso de la presa del Río Sinaloa, se debe poner énfasis, en la forma de mejorar la capacidad de resistencia de las comunidades costeras. Estas medidas han de basarse en la gobernanza, en particular en la planificación del uso del suelo, los códigos de construcción (centrado en la resistencia a las inundaciones) y las directrices ecológicas, que se complementa con las medidas de respuesta adecuadas en términos de los servicios de emergencia y estrategias de protección civil. Estas consideraciones son la base de las opciones de mitigación propuestas en el presente documento.

Las opciones de mitigación posibles son:

A) *Retiro o remoción de la infraestructura donde sea posible.* La mayor parte de la infraestructura construida en la playa se ha coloca directamente sobre las dunas. Esto ha debilitado el sistema y limitado su capacidad de adaptación a los fenómenos extremos, resultando en la acelerada erosión de las playas. La eliminación o retirada de la infraestructura permitiría la regeneración del sistema de dunas y eliminar el efecto de reflexión del oleaje ocasionado por las estructuras mismas. Esto ayudaría a estabilizar el sistema playa-duna, sin embargo, también tendría importantes consecuencias económicas negativas.

B) *La construcción de edificios resistentes a las inundaciones (o modificación cuando sea posible).* Esta estrategia se centra en la adaptación y la capacidad de recuperación del desarrollo. Se acepta que las inundaciones frecuentes se producirán y se adapta a ello en vez de tratar de detenerlo. Esto se logra mediante la construcción de edificios que pueden hacer frente a las inundaciones durante periodos prolongados, con el menor daño posible, y al mismo tiempo conservar un cierto nivel de operación y asegurar el bienestar de los empleados y los turistas.

C) *Alimentación artificial de playa periódicas.* Esta alternativa permitiría conservar el volumen de playa y reduciría las consecuencias de la erosión considerablemente. El éxito dependerá de la disponibilidad y cercanía de bancos de arena, con suficiente material de las características similares a la arena que se encuentra actualmente en las playas de Guasave (usar material de características distintas condenaría el relleno al fracaso). Además, dada la frecuencia de eventos extremos, las actividades de relleno deben ser lo suficientemente flexibles como para permitir rellenos de emergencia. La desventaja de esta alternativa es el muy alto costo económico, así como el impacto visual durante las actividades (que podría ser compensado mediante la realización de la alimentación durante los períodos de menor actividad turística).

D) *Restauración o reconstrucción de dunas.* A pesar de que no hay suficiente espacio para llevar a cabo la regeneración de dunas ya que la playa ha desaparecido por completo en algunos lugares dejando a la infraestructura al nivel del agua, idealmente el sistema se beneficiaría enormemente de tener dunas para disipar la energía de las olas y servir como reservorio de arena para la playa después de las tormentas. Los servicios ambientales proporcionados por las dunas son una estrategia de mitigación de riesgos muy eficiente. Esta opción debe ser complementada con las regulaciones sobre el uso de las dunas (acceso a la playa, actividades recreativas, etc.), con el fin de asegurar su preservación.

E) *Estructuras de protección.* El propósito de la implementación de estructuras de protección, como espigones o rompeolas ya sea sumergidos o colocados estratégicamente en los puntos con el mayor riesgo erosivo, es mantener la línea de costa y mantener el ancho de la playa. Esta opción debe ser evaluada cuidadosamente porque las estructuras mal diseñadas pueden agravar aún más el problema de la erosión, como se ha visto ya en las Glorias. Sin embargo, cuando se planifica y ejecuta correctamente, esto puede ser una de las alternativas más eficaces para reducir la vulnerabilidad del sistema.

Un análisis de los efectos potenciales de la combinación de las opciones de mitigación propuestas permite identificar no sólo aquellas alternativas que no serían eficaces por sí mismos, sino también aquellas que conviene implementar conjuntamente, con el fin de mejorar su eficiencia. A partir de éste se puede establecer que la estrategia más adecuada para mitigar el riesgo de erosión e inundaciones en Guasave es la combinación de las estrategias A + C + E (prioridad), seguido por B y D como medidas complementarias. Es decir, eliminar o retirar cualquier infraestructura que actualmente se encuentra demasiado cerca de la orilla del agua, restaurar el aporte sedimentario original a través de rellenos o trasvases, y complementar estas medidas con uno o varios rompeolas sumergidos, que se disiparía la energía del oleaje y permitiría que el sistema recupere su equilibrio natural de manera más eficiente. Es importante recalcar que se deben eliminar los espigones y escolleras que existen hoy en día, los cuales han causado (en el caso de las escolleras del Río Sinaloa) o agravado (el caso del espigón terminal de Boca del Río) la erosión. Esta estrategia reduciría significativamente el riesgo de erosión y las inundaciones, protegiendo tanto el sistema playa-duna como la infraestructura detrás de él. Reconstruir el sistema de dunas a lo largo de la mayor parte de la playa permitiría al sistema tener una protección en caso de tormentas y sería menos costoso que llevar a cabo

rellenos periódicos de playa. Esta estrategia podría aplicarse si los reglamentos existentes y las directrices ecológicas se aplican de forma retroactiva. Es decir, si la legislación relativa a la construcción sobre las dunas (ahora prohibido) se pudiera aplicar a las construcciones anteriores a estas directrices. Por desgracia, la ley mexicana raramente permite esto y la aplicación de esta estrategia dependería de una estrategia de comunicación muy eficiente que involucre positivamente a los interesados. Como medidas complementarias, y con el fin de asegurar la calidad de la localidad, a largo plazo, otras cuestiones ecológicas deben abordarse, como la calidad del agua del ecosistema de la laguna y la resistencia de la comunidad en su conjunto.

- INUNDACIÓN

Estabilización y Rectificación de Cauces

El fenómeno de la erosión está presente en todos los escurrimientos, ya que éste comienza a producirse desde que la gota de lluvia golpea contra el suelo para después acumularse en zonas bajas o en los cauces de ríos, condición que ha provocado la pérdida de capacidad de conducción de los mismos. Sumado a ello todos los ríos se encuentran propensos a desplazamientos laterales provocados por la erosión producida en la margen exterior, mientras que en la parte interior existe sedimentación.

Estas condiciones deben de ser controladas para evitar afectaciones a vías de comunicación, poblaciones; ya sea mediante la extracción de sedimento del lecho del río (desazolve) para conservar las condiciones hidráulicas del cauce o recubrimientos marginales que eviten la erosión en las márgenes del río.

Los procedimientos más comunes para proteger las márgenes de los ríos sobre todo en zonas de curvas son los espigones, recubrimientos marginales y diques marginales; con ello se prevé evitar el contacto directo del material de la orilla con el flujo a alta velocidad además de permitir guiar el flujo en una dirección deseada.

Espigones

Son estructuras interpuestas a la corriente y su finalidad es direccionar el flujo de la corriente, alejando de la orilla las corrientes de velocidad erosiva, evitando que la fuerza de las aguas impacten los márgenes. Estas acciones generan zonas de sedimentación y consecuentemente de disposición de material sólido, reconstituyendo de esta forma, márgenes ya afectados por la erosión.

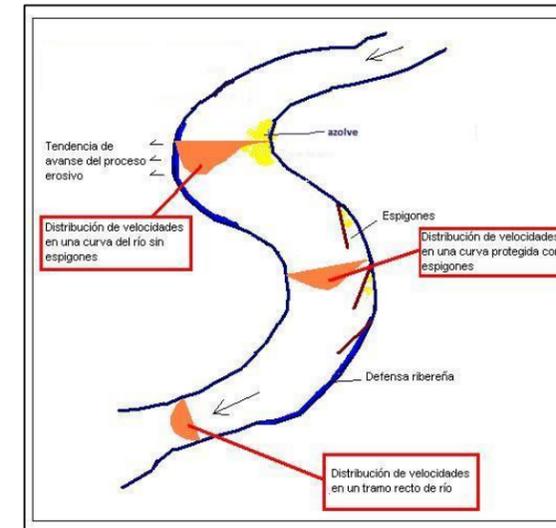


Figura 6.2. Esquema de funcionamiento de espigones

Pueden ubicarse simplemente unidos a la orilla o bien empotrados a la misma. Debido a sus características de permeabilidad, flexibilidad y resistencia mecánica, el gavión es la solución más eficaz para este tipo de infraestructura, ya que la presencia de agua no afecta el proceso constructivo de los espigones y eventuales asentamientos pueden ser evitados con plataformas de deformación en colchón.

La forma y la geometría específica de los espigones es definida en función del régimen del río, dado que esta obra altera el equilibrio natural del curso de agua, se recomienda realizarlo por etapas hasta establecer un nuevo equilibrio.

Los datos necesarios para el diseño de los espigones son la topografía y batimetría del río en la zona por proteger, secciones transversales a lo largo de las orillas que serán protegidas, características hidráulicas de la corriente como son, por ejemplo, el gasto dominante y el gasto asociado a un periodo de retorno entre 50 y 100 años, la elevación de la superficie del agua correspondiente a esos gastos, así como las velocidades medias de los escurrimientos y la velocidad del flujo a lo largo de las orillas por proteger; la granulometría y peso específico de los materiales del fondo y orillas del cauce, y finalmente los materiales de construcción disponibles.

Al ubicar esta obra, ya sea respecto de la orilla actual, o bien en una nueva margen, se requiere trazar en planta el eje del río y en las orillas delinear una frontera, generalmente, paralela a dicho eje, a la cual llegarán los extremos de los espigones. La longitud de cada espigón estará dada por la distancia de la orilla real a esa línea.

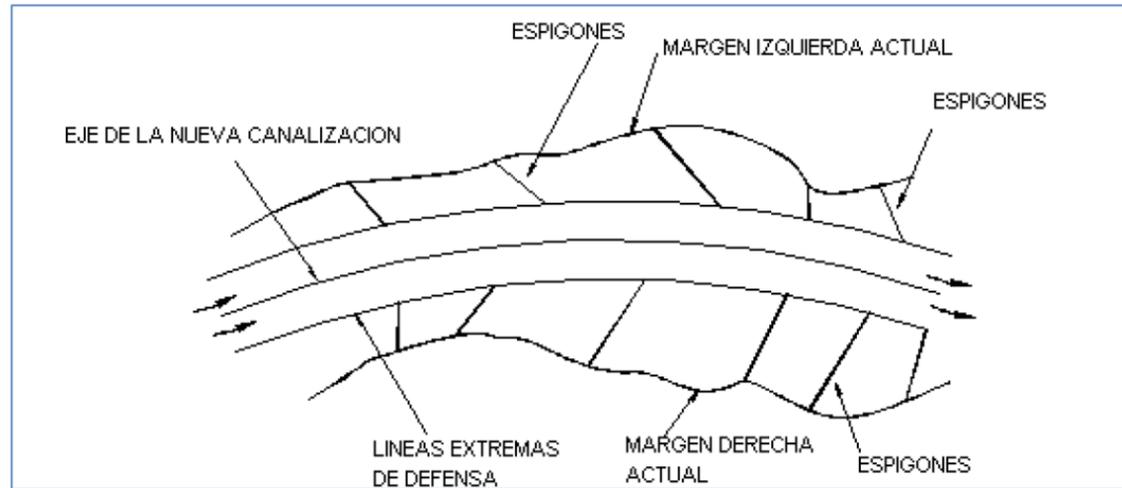


Figura 6.3. Determinación de longitud de espigón

Recubrimiento o muros marginales

Son protecciones ubicadas directamente sobre la orilla del cauce por un material natural o artificial que no pueda ser arrastrado por la corriente aun en avenidas máximas. Para la instalación de éstas, normalmente se perfila la orilla con un talud que permita la colocación segura del material de protección.

La aplicación del recubrimiento se hace en capas, entre las cuales se coloca un filtro (geotextil o materiales pétreos) cuyo tamaño decrece de afuera hacia la margen a cubrir, ello con la finalidad de evitar que partículas de la orilla salga a través de los orificios de la capa exterior.

Algunas de las recomendaciones para su instalación son:

- Los taludes, dependiendo del tipo de material presente en las márgenes del río, deben tener una pendiente entre 1:2 y 1:4 (V:H) con el fin de asegurar la estabilidad tanto del material a proteger como del protector.
- Los revestimientos o cubiertas protectoras de las orillas deben ser porosas para permitir el drenaje a través de ellas y evitar la presencia de subpresiones que levanten y dañen la cubierta.
- La cubierta debe ser colocada sobre un filtro construido de grava graduada o telas sintéticas colocado en los sitios donde pueda presentarse movimiento de partículas hacia el exterior.
- Las medidas protectoras deben extenderse hacia el lecho del cauce con el fin de proteger la pata del talud, especialmente en aquellos casos en que esta erosión sea agresiva y atente contra la estabilidad de todo el talud.
- La clase de revestimiento a usar está sujeta al tipo de operaciones que son permitidas en el cauce, por ejemplo, el acceso al río de personas o animales y consideraciones ecológicas.

- Los revestimientos deben ser flexibles, hechos con enrocado, gaviones o colchacrete, para que se acomoden a asentamientos y deformaciones, lo que no se logra con un revestimiento rígido de losas de concreto que requieren de gran control en la construcción y durante su vida útil.
- En el caso de utilizar geotextiles o colchacrete se deberá construir una trinchera de anclaje.

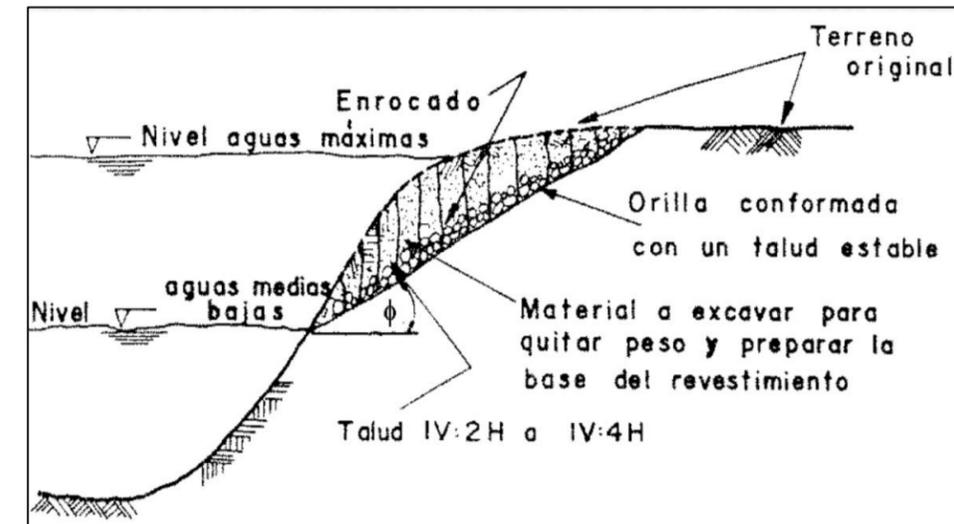


Figura 6.4. Protección a cauce con enrocamiento.

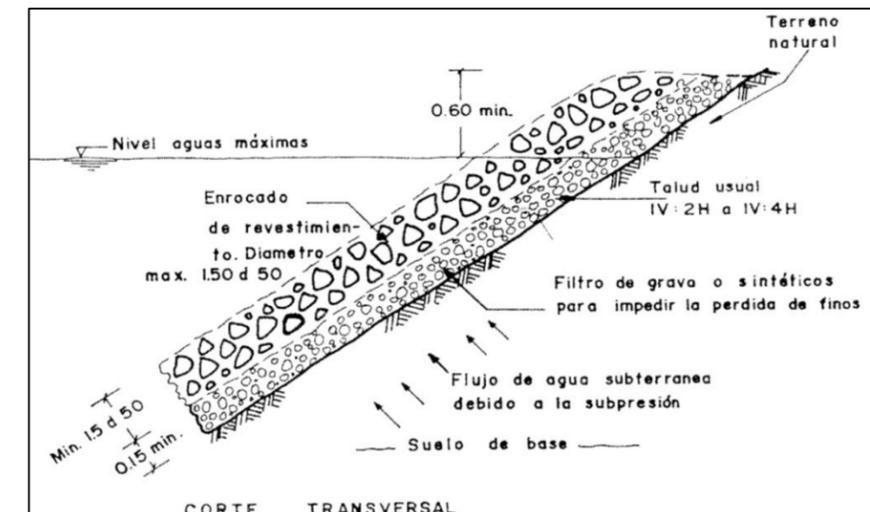


Figura 6.5. Esquema de protección con enrocamiento.

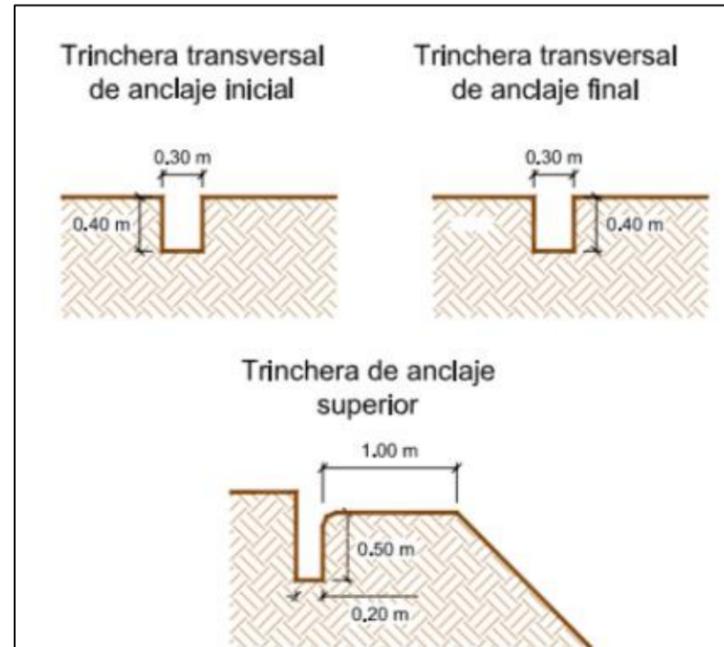


Figura 6.6. Trincheras de anclaje

Zonas de amortiguamiento por canales

La delimitación de las Zonas Federales de los cauces y cuerpos de agua contemplada en la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento, -que es la reglamentaria del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos,- donde se define la propiedad de las aguas, cauces y sus riberas así como los lechos de lagunas, es la fase en que mediante estudios de carácter topo-batimétricos e hidrológicos, se determina cuál es el terreno denominado zona federal perteneciente al Gobierno Federal. Estos trabajos sirven para que, en otra etapa posterior, se lleve a cabo el acto de autoridad denominado demarcación de la Zona Federal (ZF), que son los trabajos topográficos, administrativos, legales y en campo que mediante mojoneas se marque los límites de la misma. La zona federal es considerada una zona de amortiguamiento del elemento fluvial.

Las zonas federales se determinan en función de los niveles de aguas máximas ordinarias ocurridas en periodos medios de 5 a 10 años, pueden considerarse como zonas relativamente seguras para escurrimientos normales en la historia hidrométrica de los periodos estudiados. Dado los alcances del estudio no se considera proponer zonas de amortiguamiento los canales, pero si se recomienda un estudio a detalle.

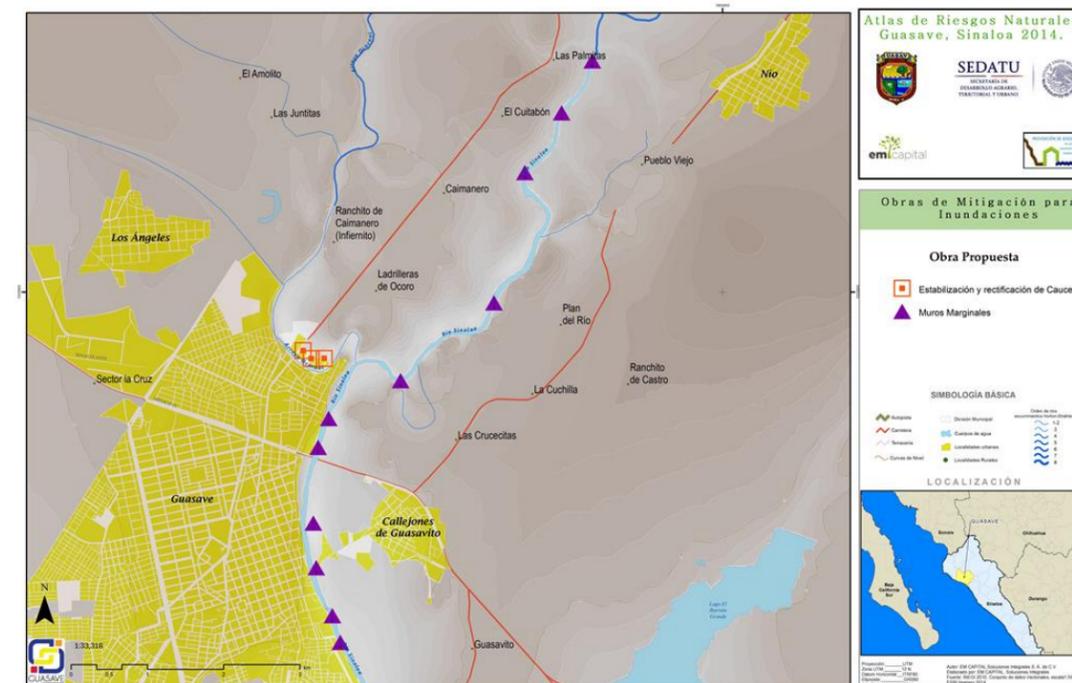


Figura 6.7. Obras de mitigación Riesgos hidrometeorológicos.

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES (INUNDACIÓN)

PROPUESTA DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSAS	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.7907 latitud Norte, - 99.1119 de longitud Oeste	Socavación General a razón de crecidas fluviales,	Estabilización y rectificación de Cauces	Evitar socavación en el cauce y así conservar la capacidad hidráulica del mismo.
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.7834 latitud Norte, - 99.1086 de longitud Oeste	Socavación General a razón de crecidas fluviales	Estabilización y rectificación de Cauces	Evitar socavación en el cauce y así conservar la capacidad hidráulica del mismo.
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.7815 latitud Norte, - 99.1023 de longitud Oeste	Socavación General a razón de crecidas fluviales	Estabilización y rectificación de Cauces	Evitar socavación en el cauce y así conservar la capacidad hidráulica del mismo
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.7842 latitud Norte, - 99.0982 de longitud Oeste	Altas velocidades de flujo	Espigones	Se propone a razón de la dinámica fluvial en eventos de crecidas históricas
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.7948 latitud Norte, - 99.0879 de longitud Oeste	Falta de capacidad hidráulica	Recubrimiento o muros Marginales	Incrementar la capacidad hidráulica de la corriente
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.8035 latitud Norte, - 99.0849 de longitud Oeste	Falta de capacidad hidráulica	Recubrimiento o muros Marginales	Incrementar la capacidad hidráulica de la corriente
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.8101 latitud Norte, - 99.0846 de longitud Oeste	Falta de capacidad hidráulica	Recubrimiento o muros Marginales	Incrementar la capacidad hidráulica de la corriente

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES (INESTABILIDAD DE LADERAS)

PROPUESTA DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSAS	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Inestabilidad de laderas	Cerro El Cabezón X: 715384 Y: 2829489 El Huitusi X:723240 Y: 2822994	Caídos de material Brecha volcánica, derrumbes	Proporcionar una red metálica, perforación de cemento expansivo para fragmentar y demoler la roca y tener el control de bloques para su posterior movilización	La presencia de asentamientos humanos en el cerro aún no se acentúa, se recomienda no permitir la construcción de casas para no tener afectación
Inestabilidad de laderas	Cerro El Cabezón X: 715573 Y: 2829349 El Huitusi X:723240 Y: 2822994	Caídos de material Brecha volcánica, derrumbes	Proporcionar una red metálica, perforación de cemento expansivo para fragmentar y demoler la roca y tener el control de bloques para su posterior movilización	
Inestabilidad de laderas	Cerro El Cabezón X: 715384 Y: 2829489 El Huitusi X:723240 Y: 2822994	Deslizamientos, erosión eólica, intemperismo físico, pendiente cóncava	La presencia de anclajes con una maya de guiado o sostenimiento	
Inestabilidad de laderas	Cerro El Cabezón X: 715384 Y: 2829489 El Huitusi X:723240 Y: 2822994	Deslizamientos, erosión eólica, intemperismo físico, pendiente cóncava	Evitar la presencia de tuberías expuestas por la presencia de fugas en las tuberías	Presencia de basura en la ladera, hacinamiento y algunas grietas en la construcción de las casas
Inestabilidad de laderas	Cerro El Cabezón X: 715135 Y: 2829720 El Huitusi X:723240 Y: 2822994	Caídos de material Brecha volcánica, derrumbes	Proporcionar una red metálica, perforación de cemento expansivo para fragmentar y demoler la roca y tener el control de bloques para su posterior movilización	Arrastre de sedimentos redondeados y tabular

Inestabilidad de laderas	Cerro El Cabezón X: 715658 Y: 2829329ñ El Huitusi X:723240 Y: 2822994	Caídos de material Brecha volcánica, derrumbes	Proporcionar una red metálica, perforación de cemento expansivo para fragmentar y demoler la roca y tener el control de bloques para su posterior movilización
--------------------------	--	--	--



Figura 6.8. Obras de mitigación Riesgos Geológicos PRM.

CAPÍTULO VII. Anexo

7.1. Glosario de Términos

AFLUENTE.- Corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que no desemboca en el mar sino en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia.

AGENTE AFECTABLE.- Sistema compuesto por el hombre y su entorno físico, sobre el cual pueden obrar los efectos destructivos de un agente perturbador.

AGENTE PERTURBADOR.- Todo fenómeno de orden natural o humano que ponga en peligro la vida, bienes y el entorno social y ecológico.

AGENTE PERTURBADOR DE ORIGEN GEOLÓGICO.- Las calamidades que tienen como causa las acciones y movimientos violentos de la corteza terrestre. A esta categoría pertenecen los sismos o terremotos, las erupciones volcánicas, los tsunamis o maremotos, la inestabilidad de suelos y de laderas.

AGENTE PERTURBADOR DE ORIGEN HIDROMETEOROLÓGICO.- Se originan por la acción violenta de agentes atmosféricos y comprenden: huracanes, inundaciones, nevadas, granizadas, sequías, lluvias torrenciales, temperaturas extremas, tormentas eléctricas, tormentas tropicales, mareas por tempestad e inversiones térmicas.

AGENTE PERTURBADOR DE ORIGEN QUÍMICO.- Calamidad que se genera por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Comprende fenómenos destructivos tales como: incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas y radiaciones.

AGENTE PERTURBADOR DE ORIGEN SOCIO-ORGANIZATIVO.- Calamidad generada por motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población.

AGUAS NEGRAS.- Aguas residuales que provienen de las casas habitación y que no han sido utilizadas con fines industriales, comerciales, agrícolas o pecuarios.

AGUAS RESIDUALES.- Líquido de composición variada proveniente del uso municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original.

ALBERGUE.- Lugar físico destinado a prestar asilo, amparo, alojamiento y resguardo a personas ante la amenaza, inminencia u ocurrencia de un fenómeno destructivo. Generalmente es proporcionado en la etapa de auxilio. Los edificios y espacios públicos, son comúnmente utilizados con la finalidad de ofrecer los servicios de albergue en casos de desastre.

ÁREA DE AFECTACIÓN.- Es el área geográfica estimada que puede ser afectada por la liberación de una sustancia peligrosa en niveles que pueden causar daños agudos a la salud o la muerte de las poblaciones humanas por efectos de una liberación accidental.

ÁREA HIDRÁULICA.- Superficie ocupada por un líquido en una sección transversal normal a la dirección del flujo.

ÁREA NATURAL PROTEGIDA.- Zona del territorio en la que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, dentro de cuyo perímetro el ambiente original no ha sido significativamente alterado por la actividad del hombre y ha quedado sujeta al régimen de protección que establece la ley.

ASENTAMIENTO HUMANO IRREGULAR.- Son los núcleos poblacionales ubicados en áreas o predios fraccionados o subdivididos sin la autorización correspondiente, cualesquiera que sea su régimen de tenencia de la tierra.

ATLAS DE PELIGROS Y RIESGOS.- Es la colección de mapas a escala, integrados en un Sistema de Información Geográfica, que agrupa características tales como topografía, uso de suelo, hidrología, vías de comunicación, equipamiento y más información de un país, un estado, un municipio o una localidad en el que se encuentran sobrepuestas zonas, puntos, áreas o regiones que indican la presencia de un peligro o riesgo potencial y que amenaza a una población, sus bienes, servicios estratégicos y entorno, el cual es una herramienta indispensable para las actividades de Protección Civil.

AZOLVE.- Lodo o basura (sedimentos) que obstruyen un conducto de agua. El azolve puede provocar taponamientos.

BLEVE.- Accidente mayor en el que se presenta una Bola de Fuego producto del estallido súbito y total de un recipiente que contiene una sustancia a presión, cuando el material de la pared de éste pierde su resistencia mecánica. Dos ejemplos de sustancias químicas que se han visto involucradas en muchos accidentes de este tipo son: el Butano y Propano.

BORDO.- Obra hecha de tierra que sirve como represa para retener el agua de algún arroyo o riachuelo, o para

CAUDAL.- Cantidad de agua que transporta un río en un tiempo determinado. Se mide en metros cúbicos por segundo. También se le conoce con el nombre de gasto.

CENIZA.- Son aquellos productos piroclásticos menores a 2 mm.

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.- Situación caracterizada por la presencia en el medio ambiente de uno o más elementos nocivos, en tal forma combinados que, atendiendo a sus características y duración, en mayor o menor medida causan un desequilibrio ecológico y dañan la salud y el bienestar del hombre, perjudicando también la flora, la fauna y los materiales expuestos a sus efectos.

CORRIENTE PERENNE.- Tipo de río que fluye durante todo el año, su corriente es sostenida por el flujo base.

CUENCA HIDROLÓGICA.- Superficie regada por un río y sus afluentes (ríos o arroyos más pequeños que lo alimentan), se encuentra delimitada por un parte aguas. Es una subdivisión de una región hidrológica.

CUENCA.- Territorio que se encuentra rodeado de montañas y por el cual corre un gran río con afluentes (ríos más pequeños o arroyos que lo alimentan), o existe un lago donde éste desemboca. En una cuenca pueden existir obras para aprovechar el agua, como las presas.

CUERPO DE AGUA.- Masa o extensión de agua que cubre parte del planeta, puede ser natural como un lago, mar u océano; o artificial como los estanques.

DAMNIFICADO.- Persona afectada por un desastre, que ha sufrido daño o perjuicio en sus bienes, en cuyo caso generalmente ha quedado ella y su familia sin alojamiento o vivienda, en forma total o parcial, permanente o temporalmente, por lo que recibe de la comunidad y de sus autoridades, refugio temporal y ayuda alimenticia temporales, hasta el momento en que se alcanza el restablecimiento de las condiciones normales del medio y la rehabilitación de la zona alterada por el desastre.

DAÑO.- Menoscabo o deterioro inferido a elementos físicos de la persona o del medio ambiente, como consecuencia del impacto de una calamidad o agente perturbador sobre el sistema afectable (población y entorno). Existen diferentes tipos de daños: humanos (muertos y lesionados), materiales (leves, parciales y totales), productivos (internos y

externos al sistema), ecológicos (flora, fauna, agua, aire y suelo) y sociales (a la seguridad, a la subsistencia y a la confianza).

DENSIDAD POBLACIONAL.- Es la relación de la población con respecto a la superficie que ocupa. Se mide en habitantes por kilómetro cuadrado.

DERRAME DE HIDROCARBUROS.- Descarga accidental de hidrocarburos al mar, bahías y terrenos. Los métodos de control de estos derrames incluyen la dispersión química, la combustión, la contención mecánica, la absorción y otros.

DESBORDAMIENTO.- Evento que se presenta cuando la precipitación provoca un aumento en el flujo de agua de un río o arroyo, lo que ocasiona que éste supere la capacidad máxima de captación (área hidráulica). El desbordamiento puede provocar una inundación fluvial.

EMERGENCIA.- Situación o condición anormal que puede causar un daño a la sociedad y propiciar un riesgo excesivo para la salud y la seguridad del público en general. Conlleva la aplicación de medidas de prevención, protección y control sobre los efectos de una calamidad.

ENCHARCAMIENTO.- Acumulación de agua provocada por lluvias intensas sobre áreas planas y por deficiencias de drenaje superficial, que ocasionan que el agua se estanque.

EPICENTRO.- Punto en la superficie de la Tierra resultado de proyectar sobre ésta el hipocentro de un terremoto. Se encuentran usualmente en un mapa, señalando el lugar justo sobre el origen del movimiento sísmico.

EROSIÓN.- Fenómeno que disgrega, desgasta y modifica las estructuras superficiales, modificando el relieve de la corteza terrestre, debido a factores de tipo climático como el viento, la lluvia y oleaje marino.

EROSIÓN ANTROPOGÉNICA.- Es el desgaste y modificación de las estructuras superficiales o relieve de la corteza terrestre por la mala actuación del hombre. Una carga excesiva de ganado en una parcela, una mala gestión del suelo y actuación sobre el mismo, con actividades como el excesivo tránsito de maquinaria penetrante en el terreno y la eliminación de residuos vegetales de cosechas anteriores; la urbanización, explotación forestal, instalación de industrias y la construcción de carreteras, han ocasionado la pérdida de protección proporcionada por la vegetación, acelerando la erosión de los suelos.

EROSIÓN CONCENTRADA A CAUCES Y CAÑADAS.- Áreas cuya remoción de partículas de suelo ha permitido la formación de densas redes de drenaje de unos cuantos a varias decenas de metros de profundidad. En función del tipo de roca, agresividad de la lluvia y efectos tectónicos a través del tiempo geológico, la erosión ha dado origen a cauces con diversa profundidad, misma que en algunos lugares, se asocia a factores estructurales de rompimiento o dislocación que favorecen la erosión vertical.

EROSIÓN EÓLICA.- Desgaste de los suelos producido por el viento en zonas con poca o nula vegetación. Se presenta con mayor frecuencia en zonas desérticas o zonas relativamente secas con terrenos arenosos.

ESCURRIMIENTO.- Parte de la precipitación que se presenta en forma de corrientes de agua que pueden ser de tipo fluvial, superficial, perenne e intermitente o efímera, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores.

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA.- Instalación que dispone de un conjunto de instrumentos de medición para tomar registros de temperatura, humedad del viento y precipitación en las cuencas hidrológicas, con el fin de realizar estudios climáticos.

ESTACIÓN DE CARBURACIÓN.- Es un sistema fijo y permanente para almacenar y suministrar Gas L.P. exclusivamente a los recipientes instalados en vehículos que lo utilicen como combustible.

ESTACIÓN DE SERVICIO.- Es la instalación dedicada a la venta al público al por menor de combustibles líquidos tales como la gasolina y el diesel a granel por medio de surtidores. La estación de servicios es mejor conocida como gasolinera.

FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS.- Fenómenos formados por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera, siguiendo los procesos de la climatología y del ciclo hidrológico. Entre los principales fenómenos hidrometeorológicos se encuentran la lluvia, llovizna, nieve, granizo, niebla, neblina, rocío, escarcha, chubasco y tromba.

FIESTA PATRONAL.- Festejo que se celebra en honor del santo patrono que, según la creencia, protege una colectividad como un pueblo, congregación religiosa o un gremio. En los pueblos los festejos pueden durar varios días.

FOCO (O HIPOCENTRO).- Punto de origen del sismo, en el interior de la Tierra. Lugar donde empieza la ruptura que se extiende formando un plano de falla.

FOSAS SÉPTICAS.- Son unidades de tratamiento primario de las aguas negras domésticas; en ellas se realiza la separación y transformación físico-química de la materia sólida contenida en esas aguas. Se trata de una forma sencilla y barata de tratar las aguas negras se utilizan principalmente en zonas rurales o parajes aislados.

FREÁTICO/A.- Se dice de la parte del subsuelo saturada de agua.

GRANIZO.- Tipo de precipitación de agua congelada que se presenta en granos combinados de hielo y nieve, con forma esférica; por lo general su tamaño no excede los 2 cm y en algunos casos pueden alcanzar un diámetro de hasta 13 cm. El granizo sólo se produce al comienzo de algunas tormentas y cuando la temperatura del suelo es bastante inferior a la de congelación.

GRIETA.- Fractura del terreno sin desplazamiento relativo de las partes separadas.

HELADAS.- Fenómeno climático que consiste en un descenso inesperado de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua existente en el aire se congele depositándose en forma de hielo, esto producido por una masa de aire polar con una humedad relativa mayor al 60% y con viento poco intenso. A menor temperatura, mayor intensidad de la helada.

HIDROCARBURO.- Cada uno de los compuestos químicos resultantes de la combinación del carbono con el hidrógeno; sustancia combustible fósil que se encuentra en yacimientos subterráneos. Este término se refiere básicamente, al petróleo en todas sus manifestaciones, incluidos los crudos de petróleo, fuel-oil, los fangos, los residuos petrolíferos y los productos de refinación.

HUNDIMIENTO.- Movimiento en la superficie terrestre que se caracteriza por ser de componente vertical. Se diferencian generalmente entre hundimientos (movimientos repentinos) y subsidencias (movimientos lentos). Se pueden presentar hundimientos y colapsos del terreno debido a la actividad minera subterránea, por ejemplo tras el abandono de galerías subterráneas.

INCENDIO.- Fuego no controlado de grandes proporciones, que puede presentarse en forma súbita, gradual o instantánea, al que le siguen daños materiales que pueden interrumpir el proceso de producción, ocasionar lesiones o pérdida de vidas humanas y deterioro ambiental. En la mayoría de los casos el factor humano participa como elemento causal de los incendios.

INCENDIO FORESTAL.- Siniestro de propagación libre y no programada del fuego sobre áreas cubiertas de vegetación como árboles, pastizales, malezas, matorrales, bosques, selvas y en general, cualquiera de los tipos de asociaciones vegetales, cuando se dan las condiciones propicias para que accionen los elementos que ocurren en todo incendio, tales como suficiente material combustible y una fuente de calor para iniciar el fenómeno.

ÍNDICES SOCIALES.- Diferentes indicadores usados para la determinación de la situación socioeconómica de una población. Ejemplos, tasas de mortalidad infantil, áreas verdes por habitante, densidad de tráfico vehicular y tasa de alfabetización.

INTENSIDAD (SÍSMICA).- Número que se refiere a los efectos de las ondas sísmicas en las construcciones, en el terreno natural y en el comportamiento o actividades del hombre. Los grados de intensidad sísmica, expresados con números romanos del I al XII, correspondientes a diversas localidades se asignan con base en la escala de Mercalli. Contrasta con el término magnitud que se refiere a la energía total liberada por el sismo.

INUNDACIÓN.- Fenómeno hidrometeorológico generado por el desbordamiento del flujo de una corriente debido a la lluvia excesiva o problemas con el sistema de drenaje, provocando que el agua sobrepase las condiciones que le son normales y alcance niveles extraordinarios que no pueden ser controlados en los vasos naturales o artificiales que la contienen o puedan retenerla, como presas, canales, ríos, lagos y estanques; lo cual deriva en daños en zonas urbanas, tierras productivas, en valles y sitios planos.

ISOTERMAS.- Isolíneas que representan la cantidad de calor, uniendo puntos referenciados de igual temperatura media anual.

ISOYETAS O ISOHIETAS.- Isolíneas trazadas en un mapa que une los puntos referenciados de igual cantidad de precipitación acumulada.

LAHAR.- Coladas de barro, originadas en las pendientes de los volcanes, cuando capas inestables de ceniza se saturan de agua y fluyen pendiente abajo siguiendo el curso de los ríos y arroyos.

LAPILLI.- Roca piroclástica constituida por pequeños fragmentos de lava sueltos, en general menores de 3 cm.

LAVA.- Es el magma, líquido o sólido, que ha sido arrojado a la superficie.

LITOSFERA.- Cubierta rígida de la Tierra. Está constituida por la corteza y la parte superior del manto; su espesor promedio no excede 100 km. Se encuentra dividida en grandes porciones móviles llamadas placas tectónicas.

MAGMA.- Material fundido generado en el interior de la tierra por fusión de materiales a temperatura superior a 600° C. Su enfriamiento y consolidación da origen a las rocas magmáticas.

MAGNITUD DE UN SISMO.- Valor relacionado con la cantidad de energía liberada por el sismo. Para determinar la magnitud se utilizan, necesariamente uno o varios registros de sismógrafos y una escala estrictamente cuantitativa, sin límites superior ni inferior. Una de las escalas más conocidas es la de Richter, aunque en la actualidad frecuentemente se utilizan otras como la de ondas superficiales (Ms) o de momento sísmico (Mw).

MARGINACIÓN.- Es un fenómeno estructural que se expresa por un lado en la dificultad para propagar el progreso técnico en el conjunto de la estructura productiva y de las regiones del país y por otro lado en la exclusión de grupos sociales del proceso de desarrollo y del disfrute de sus beneficios.

METEORO.- Fenómeno que ocurre dentro de la zona inferior de la atmósfera y de acuerdo a la naturaleza de las partículas que lo constituyen o a los procesos físicos que intervienen en su formación, pueden clasificarse en líquidos, sólidos, ígneos, eléctricos, magnéticos y luminosos.

MICROCUCENCA.- Espacio territorial delimitado de manera natural por las partes más altas (divisoras de agua), y en donde los escurrimientos de agua superficiales y subterráneos van a un punto en común, un río, riachuelo, quebrada, ojo de agua o arroyo. Una microcuenca tiene tres elementos comunes: un desagadero común, la divisora de agua (parte más alta que separa una microcuenca de otra) y el área de recarga acuífera, que es la zona donde interviene la gente que habita en la microcuenca y la naturaleza del lugar, agua, suelo, aire, flora, fauna y biodiversidad.

MITIGACIÓN.- Acción orientada a disminuir la intensidad de los efectos que produce el impacto de las calamidades en la sociedad y en el medio ambiente, es decir, todo aquello que aminora la magnitud de un desastre en el sistema afectable (población y entorno).

PELIGRO.- En un sentido convencional se refiere a un fenómeno físico (proceso o situación) con el potencial de causar un daño. En un sentido más técnico, el peligro se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente destructivo, dentro de un lapso determinado y en una cierta área. Esta probabilidad varía de acuerdo con la magnitud del evento.

PRECIPITACIÓN.- Cualquier hidrometeoro (deposición de agua) que cae del cielo y llega a la superficie terrestre, esto incluye lluvia, llovizna, nieve, cinarra, granizo. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad o pluvial. Es una parte importante del ciclo de vida hidrológico y es responsable del depósito de agua fresca en el planeta.

PREVENCION.- Uno de los objetivos básicos de la Protección Civil, se traduce en un conjunto de disposiciones y medidas anticipadas cuya finalidad estriba en impedir o disminuir los efectos que se producen con motivo de la ocurrencia de calamidades. Esto, entre otras acciones, se realiza a través del monitoreo y vigilancia de los agentes perturbadores y de la identificación de las zonas vulnerables del sistema afectable (población y entorno), con la idea de prever los posibles riesgos o consecuencias para establecer mecanismos y realizar acciones que permitan evitar o mitigar los efectos destructivos.

PROTECCION CIVIL.- Acción solidaria y participativa de los diversos sectores que integran la sociedad, junto y bajo la dirección de la administración pública, en busca de la seguridad y salvaguarda de amplios núcleos de población, en donde éstos son destinatarios y actores principales de esa acción, ante la ocurrencia de un desastre.

REGIÓN HIDROLÓGICA.- Porción de territorio que agrupa varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similar.

RESIDUOS PELIGROSOS.- Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o para el ambiente.

RIESGO.- Se refiere al número esperado de pérdidas humanas, de personas afectadas, de propiedades dañadas, a la interrupción de actividades económicas y de servicios, debido a un fenómeno natural en particular. Esta definición involucra tres aspectos relacionados por la siguiente fórmula: $Riesgo = Vulnerabilidad \times Valor \times Peligro$. En esta relación, el valor se refiere al número de vidas humanas amenazadas o en general a cualquiera de los elementos económicos (capital, inversión, capacidad productiva, etcétera), expuestos a un evento destructivo.

SEQUÍA.- Condición transitoria del medio ambiente en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de los requerimientos de un área geográfica dada, resultando insuficiente para abastecer las necesidades de plantas, animales

y humanos. Esto se debe a una desestabilización extrema en el ciclo hidrológico, con un lapso prolongado de escasa o nula precipitación pluvial.

SIMULACRO.- Representación de las acciones previamente planeadas para enfrentar los efectos de una calamidad, mediante la simulación de un desastre. Implica el montaje de un escenario en terreno específico, diseñado a partir del procesamiento y estudio de datos confiables y de probabilidades con respecto al riesgo y a la vulnerabilidad de los sistemas afectables.

SISMO.- Un sismo o temblor es un movimiento vibratorio que se origina en el interior de la Tierra y se propaga por ella en todas direcciones en forma de ondas.

SISTEMA NACIONAL DE PROTECCION CIVIL.- Organización jurídicamente establecida mediante el Decreto Presidencial de fecha 6 de mayo de 1986, concebido como un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos que establecen las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos sociales y privados y con las autoridades de los estados y municipios, a fin de efectuar acciones de común acuerdo destinadas a la protección de los ciudadanos contra los peligros y riesgos que se presentan en la eventualidad de un desastre.

SUBCUENCA.- Área considerada como una subdivisión de la cuenca hidrológica que presenta características particulares de escurrimiento y extensión. La escorrentía superficial fluye en su totalidad hacia un determinado punto de un curso de agua, generalmente un lago o una confluencia de ríos.

SUELO.- Es la capa de la corteza terrestre formada por material meteorizado en el mismo lugar donde actualmente se halla, mezclado con materia orgánica muy superficial.

SUSTANCIAS TÓXICAS.- Aquéllas que al penetrar en un organismo vivo producen alteraciones físicas, químicas o biológicas, dañan la salud de manera inmediata, mediata, temporal o permanente, o incluso, llegan a ocasionar la muerte.

TEMPERATURA MÁXIMA.- Temperatura más alta alcanzada en un periodo de tiempo dado.

TEMPERATURA MEDIA.- Promedio de las medias de temperatura máximas y mínimas registradas en un mes o promedio de los promedios mensuales, registradas en un periodo determinado.

TEMPERATURA MÍNIMA.- Temperatura más baja alcanzada en un lapso cronológico dado.

TIRANTE.- Es la profundidad máxima del agua en un canal o en un cauce.

VOLCÁN.- Es el lugar donde la roca ígnea, fundida o fragmentada por el calor y gases calientes, emerge a través de una abertura desde las partes internas de la tierra a la superficie.

VULNERABILIDAD.- Significa el grado de pérdida o daño que puede sufrir un elemento o elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural con cierta magnitud destructiva. Puede ser expresado en una escala del 0 (sin daño) al 1 (pérdida total).

ZONIFICACIÓN.- División del territorio en unidades homogéneas de acuerdo con su rango de susceptibilidad, peligro o riesgo por algún fenómeno potencialmente destructivo.

7.2. Bibliografía

PELIGROS NATURALES

- Abe K., 1995. Estimate of tsunami run-up heights from earthquake magnitudes, Tsunami: Progress in Prediction, Disaster Prevention and Warning. In Y. Tsuchiya & N. Shuto (Eds.), 21–35: Kluwer Academic Publishers.
- Aguilar A., 2001. Sistema de cómputo para el cálculo del peligro sísmico. Tesis Maestría. División de Estudios de Posgrado Facultad de Ingeniería, UNAM, 77pp.
- Aguirre-Díaz G.J., Labarthe-Hernández, 2003. Fissure ignimbrites: Fissure-source origin for voluminous ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and its relationship with Basin and Range faulting. *Geology* 31, 773-776.
- Alvarez L.G., Suárez-Vidal F., Mendoza-Borunda R., González-Escobar M., 2009. Bathymetry and active geological structures in the Upper Gulf of California. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Volumen 61, núm. 1, 129-141.
- Aranda-Gómez J., Henry C., Luhr J., 2000. Evolución tectonomagmática post-paleocénica de la Sierra Madre Occidental y de la porción meridional de la provincia tectónica de Cuencas y Sierras, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* Vol. LIII, 59-71.
- CENAPRED, Centro Nacional de Prevención de desastres, 2001. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. Secretaría de Gobernación. ISBN: 970-628-593-8, 225 pp.
- CFE, Comisión Federal de Electricidad, 2008. Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por Sismo. México. 745 pp.
- De la Cruz-Reyna S., Martínez-Bringas A., Gómez-Vázquez A., 2003. Guía Metodológica para el análisis del peligro, vulnerabilidad, riesgo y pérdidas causadas por desastres naturales o antropogénicos y su reducción y prevención. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana Sistema Integral de Información Sobre Riesgo de Desastres. CENAPRED, 68pp.
- De la Peña R., 2002. Evolución Tectónica del Margen Continental Oeste de México: Fosa Mesoamericana Y Golfo de California. Tesis Doctorado, Departament de Geodinàmica i Geofísica de la Universitat de Barcelona, 301pp.
- Engdahl R. E., 1988. Seismicity map of North America, Continent-Scale Map-004: Geological Society of America, Boulder, Colorado, Scale 1:5,000,000.
- Farreras S., Domínguez R., Gutiérrez C., 2005. Tsunamis. Serie Fascículos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB, 39 p.
- Ferrari L., Valencia-Moreno M., Bryan S., 2005. Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Volumen Conmemorativo del Centenario. Temas Selectos de la Geología Mexicana. Tomo LVII, núm. 3, 343-378.
- Gutiérrez C., Ramírez A. y Reyes A.B., 2006. Integración de información para la estimación del peligro sísmico, en Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB, 13-121.
- Isacks B., Oliver J., Sykes L.R., 1968. Seismology and the new global tectonics. *J. Geophys. Res.* 73, 5855-5899.
- Lomnitz C., 1994. Fundamentals of earthquake prediction. Wiley, New York, 326 pp.
- Macías J.L., 2005. Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* Volumen Conmemorativo del Centenario Temas Selectos de la Geología Mexicana Tomo LVII, núm. 3, 379-424.
- Martínez-Bringas A., Gómez-Vázquez A. y De la Cruz S., 2006(a). Elaboración de Mapas de Peligros Volcánicos, en Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB, 123-164.
- Martínez-Bringas A. y Gómez-Vázquez A., 2006. Evaluación de Peligros por Cenizas Volcánicas, en Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB, 165-185.
- Mooser F., Meyer-Abich H., McBirney A. R., 1958. Catalogue of the active volcanoes of the world including solfatare fields. Part VI Central America: Napoli International Volcanology Association, 1-36.
- Morán D., 1984. Geología de la República Mexicana. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 88pp.
- Pardo M. y Suárez G., 1995. Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: Seismic and tectonic implication: *Journal of Geophysical Research*, 100, 12357-12373.
- Pelayo A. M., Wiens D. A., 1992. Tsunami earthquakes: slow thrust-faulting events in the accretionary wedge, *J. Geophys. Res.* 97, 15321–15337.
- Polet J., Kanamori H., 2000. Shallow subduction zone earthquakes and their tsunamigenic potential, *Geophys. J. Int.* 142, 684–702.
- Reiter L., 1990. Earthquake Hazard Analysis. Columbia University Press, 253 p.
- Rosenblueth E., 1985. Sismos y sismicidad en México. Macrosismos. Aspectos físicos, sociales, económicos y políticos, 1ª. Ed., 2-8.
- Sánchez A.J., 1980. Tsunamis en la costa occidental de México. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, 214 pp.

Sánchez A.J., Farreras S., 1993. Catálogo de tsunamis (maremotos) en la costa occidental de México. World Data Center A for Solid Earth Geophysics Publication SE-50. National Geophysical Data Center, NOAA, 94pp.

Zúñiga R., Suárez G., Ordaz M., García-Acosta V., 1997. Peligro sísmico en Latinoamérica y el Caribe.

Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Ottawa, Canada, 82pp.

PELIGROS ANTROPOGENICOS

- García Arróliga, Norang. 2006. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social. Serie: Atlas de Riesgos. CENAPRED. 1ra edición, septiembre 2006.
- Presentación de Conferencia "Siniestros en Plantas de Proceso", Congreso Nacional de Protección Civil, 2010. Ponente: Ing. Ramón Rodríguez Betancurt, Expresidente del Colegio Nacional de Ingenieros Químicos.
- Fuentes de Información: Las Secretarías de Seguridad Pública (federales, estatales o municipales, dependiendo de los alcances y de la zona de evaluación).

7.3. Cartografía empleada

Se anexa en formato digital.

7.4. Fichas de Campo

Se anexa en formato digital.

7.5. Memoria fotográfica

Consultar anexo al documento donde se da conocer el reporte de campo y el reporte fotográfico

7.6. Nombre de la consultoría y personas que elaboran el Atlas

EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V.
EM CAPITAL SOLUCIONES INTEGRALES S.A. DE C.V.
Av. Paseo de la Reforma No. 42, Piso 1, Oficina A, Colonia Centro.
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, México D.F.
Tel: (55) 55 32 04 81, www.emcapital.mx



CARGO
<i>DIRECTOR DE PROYECTO</i> Dr. Víctor Carlos Valerio.
<i>COORDINADORA DE RIESGOS GEOLOGICOS</i> Dra. Alicia Martínez Bringas Dra. Monique Villatoro Lacouture
<i>COORDINADOR DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS</i> Ing. Leo Mijail Castañeda Robles.
<i>ANALISTA DE LA VULNERABILIDAD Y TRABAJOS EN CAMPO</i> M. en C. Carlos Guillermo García Vargas
<i>COORDINADOR DE SIG</i> Lic. Sandra Itzel López Zepeda
<i>ASISTENTES DE PROYECTO</i> M. en C. Erick Osorio M. en C. Ariadna Padilla León M. C. Arturo Téllez Sánchez M. en C. Maria Nadxely Guzmán Andrews

CAPITULO VIII. Metadatos

Se anexa en formato digital.