

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BÁSICAS



**ZONAS VULNERABLES A LICUEFACCIÓN EN EL ESTADO DE
TABASCO, MÉXICO**

TESIS

Como requisito para obtener el grado de

INGENIERO GEOFÍSICO

PRESENTA:

Sophia Alejandra Utrera Hernández

DIRECTORA:

M.C Ana Gabriela Carranza Rivera (DACB- UJAT)

CODIRECTORA:

Dra. Lilia María Gama Campillo (DACBiol- UJAT)

CUNDUACÁN, TABASCO, MAYO 2025.

Declaración de Autoría y Originalidad

En la Ciudad de Villahermosa, el día 18 del mes mayo del año 2025, el que suscribe Sophia Alejandra Utrera Hernández alumna(o) del Programa de ingeniería Geofísica con número de matrícula 192A19025, adscrito a la División Académica de Ciencias Básicas, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autor(a) (es) de la Tesis presentada para la obtención del título de ingeniero geofísico y titulada Zonas vulnerables a licuefacción en el estado de Tabasco, México dirigida por M.C Ana Gabriela Carranza Rivera y codirigida por Dra. Lilia María Gama Campillo.

DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita. Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

Villahermosa, Tabasco a 18 de mayo 20 25.



Sophia Alejandra Utrera Hernández



UJAT
UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



División
Académica
de Ciencias
Básicas



DIRECCIÓN

Cunduacán, Tabasco; a 26 de marzo de 2025.

**C. SOPHIA ALEJANDRA UTRERA HERNÁNDEZ
PASANTE DE LA LIC. EN INGENIERÍA GEOFÍSICA
PRESENTE**

Por medio del presente, me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que proceda a la impresión del trabajo titulado: **“ZONAS VULNERABLES A LICUEFACCIÓN EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO”** dirigido por la Mtra. Ana Gabriela Carranza Rivera con la codirección de la Dra. Lilia María Gama Campillo, bajo la modalidad de titulación por **TESIS**. La comisión de revisión conformada por la Dra. Carmen Maricela Gómez Arredondo, Mtro. Guillermo Chávez Hernández y Mtro. Gelder Éneo Cámara Beauregard, liberó el documento en virtud de que reúne los requisitos para el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente.

Sin otro particular, reciba usted un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**DRA. HERMICENDA PÉREZ VIDAL
DIRECTORA**



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS BÁSICAS

C.c.p. Archivo.

DIR'DRA.HPV/kfvg

Km.1 Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, A.P. 24, C.P. 86690, Cunduacán, Tab., México.
Tel/Fax: (993) 3581500 Ext. 6702,6701 E-Mail: direccion.dacb@ujat.mx

www.ujat.mx

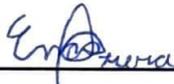
Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a Mayo, 2025.

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTOR(A) y/o AUTORES(RAS) en la producción, creación y/o realización de la obra denominada Zonas vulnerables a licuefacción en el estado de Tabasco, México.

Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

COLABORADORES



Sophia Alejandra Utrera Hernández

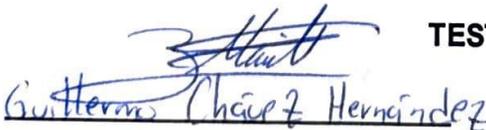


M.C. Ana Gabriela Carranza Rivera
Directora



Dra. Lilia María Gama Campillo
Co-directora

TESTIGOS



Guillermo Chávez Hernández



M.J. Leobardo Alejandro Quiraga

LICENCIATURA - ZONAS VULNERABLES A LICUEFACCIÓN EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	www.smig.org.mx Internet	227 palabras — 2%
2	raugm.org.mx Internet	127 palabras — 1%
3	www.congreso.mesoamericano.unach.mx Internet	93 palabras — 1%
4	repositorioacademico.upc.edu.pe Internet	92 palabras — 1%
5	www.researchgate.net Internet	85 palabras — 1%
6	1library.co Internet	54 palabras — 1%
7	repositorio.cucba.udg.mx:8080 Internet	49 palabras — 1%
8	www.gdacs.org Internet	48 palabras — 1%
9	colposdigital.colpos.edu.co Internet	43 palabras — < 1%
10	idoc.pub Internet	37 palabras — < 1%



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS BÁSICAS
ESTUDIOS
TERMINALES

11	transparencia.tabasco.gob.mx Internet	36 palabras — < 1%
12	www.kerwa.ucr.ac.cr Internet	32 palabras — < 1%
13	rnnoticias.com Internet	30 palabras — < 1%
14	Francisco Córdoba Montiel, Katrin Sieron. "Los sismos intraplaca de septiembre de 2017: un breve análisis de su impacto en el territorio veracruzano", UVserva, 2018 Crossref	29 palabras — < 1%
15	repositorio.espe.edu.ec Internet	28 palabras — < 1%
16	www.pemex.com Internet	28 palabras — < 1%
17	ctbto-web.leman.un-icc.cloud Internet	23 palabras — < 1%
18	es.wikipedia.org Internet	22 palabras — < 1%
19	Carmen Maricela Gómez-Arredondo, Juan Carlos Montalvo-Arrieta, Adalberto Rodríguez-Vázquez, Daniel Andrés Damas-López et al. "Evidence of soil amplification and damage in Centro, Tabasco, southern México due to distant large earthquakes", Journal of Seismology, 2025 Crossref	21 palabras — < 1%
20	www.sinembargo.mx Internet	20 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

< 20 PALABRAS

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS

DESACTIVADO

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Agradecimientos

Quiero comenzar expresando mi más sincero agradecimiento a mi directora de tesis la M.C Ana Gabriela Carranza Rivera por aceptar ser mi directora de tesis, a mi codirectora la Dra. Lilia María Gama Campillo ya que ella fue la que me impulsó a hacer la tesis y por siempre estar disponible a cualquier duda o asesoría que yo necesitara. De igual manera, quiero agradecer a la MCA. Hilda María Díaz López por su apoyo en el momento de hacer mapas, un elemento muy importante en este trabajo.

A la Dra. Carmen Maricela Gómez Arredondo le agradezco por todo su apoyo, por tenerme confianza y paciencia, por permitirme trabajar todos los días en su cubículo, por motivarme siempre a que yo soy capaz de todo lo que me proponga y por haberme impulsado a vencer mi miedo de presentar algo a un grupo de personas, esta tesis no sería lo mismo sin su apoyo.

A Dios y a mis padres por su amor y apoyo de manera incondicional en todos los años de mi carrera; a mi hermana Beatriz, por brindarme su computadora todo el tiempo que mi computadora no estuvo disponible. Este gesto me permitió terminar mi trabajo sin contratiempos.

Agradezco a mis compañeros los cuales me apoyaron en toda mi carrera y a mis amigos que hicieron más placentero todo este camino.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que me motivaron cuando yo creía que no podía, sus palabras siempre me hacían sentir mejor y a mi amiga Paula Felisa Peña Flores, que a pesar de la distancia siempre me da palabras de aliento cuando siento que no puedo.

A todos gracias por ser parte de este proceso muy importante para mí.

Índice

CAPITULO I: Aspectos generales	1
1.1 Introducción	1
1.2 Estudios previos regionales y locales	4
1.3 Objetivos	6
1.3.1 General	6
1.3.2 Específicos	6
1.4 Hipótesis	7
1.5 Justificación	7
CAPITULO II: Aspectos generales	8
2.1 Localización del área de estudio	8
2.2 Marco geológico	9
2.3 Marco geotécnico	11
2.4 Ambiente hidrogeológico	12
CAPITULO III: Sismicidad	14
3.1 Sismicidad en el sureste de México	14
3.2 Sismicidad pre-instrumental o histórica	14
3.3 Instrumentación sismológica	16
3.4 Sismicidad instrumental	17
3.5 Intensidades en Tabasco por sismos locales y regionales	18
CAPITULO IV: Metodología	28
4.1 Metodología	28
4.2 Evidencias de licuefacción	28
4.3 Revisión de magnitudes M_w y distancias del epicentro	32
4.4 Perfiles geotécnicos	32
4.5 Isosistas en Tabasco	32
4.6 Cuerpos de agua	32
4.7 Mapa de evidencias	33
4.8 Mapa de velocidad de onda S	33

4.9	Mapa geológico.....	33
CAPITULO V: Resultados		34
5.1	Perfiles	34
5.2	Mapa de velocidades de onda S.....	37
5.3	Mapas de perfiles.....	38
5.4	Relación entre M_w vs distancia a sitios licuados	38
5.5	Mapa geológico.....	39
5.6	Zonas vulnerables a licuefacción	40
CAPITULO VI: Discusiones y conclusiones		42
Bibliografía		46

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Índice de tablas

Tabla 1.....	15
Tabla 2.....	17

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Índice de figuras

Figura 1.....	2
Figura 2.....	2
Figura 3.....	6
Figura 4.....	8
Figura 5.....	9
Figura 6.....	9
Figura 7.....	11
Figura 8.....	12
Figura 9.....	13
Figura 10.....	14
Figura 11.....	16
Figura 12.....	18
Figura 13.....	19
Figura 14.....	19
Figura 15.....	20
Figura 16.....	21
Figura 17.....	21
Figura 18.....	22
Figura 19.....	23
Figura 20.....	23
Figura 21.....	24
Figura 22.....	24
Figura 23.....	25
Figura 24.....	26
Figura 25.....	26
Figura 26.....	27
Figura 27.....	29
Figura 28.....	29
Figura 29.....	30
Figura 30.....	30
Figura 31.....	31
Figura 32.....	31
Figura 33.....	34
Figura 34.....	37
Figura 35.....	37
Figura 36.....	38
Figura 37.....	39
Figura 38.....	40
Figura 39.....	41

Resumen

Los fenómenos naturales son eventos producidos mayormente por cambios ambientales o geológicos. El estado de Tabasco ha sufrido afectaciones por diferentes fenómenos naturales que han ocurrido en estados aledaños, entre estos fenómenos se encuentran los sismos, dentro de los cuales se tiene el evento del 8 de septiembre de 2017 que ocurrió a 350 km de la capital tabasqueña y dejó afectaciones a personas y edificaciones. En el presente trabajo se identifican y proponen seis zonas vulnerables a licuefacción en el estado de Tabasco. Primero, se revisó el estado del arte de la sismicidad y licuefacción de suelos a escala global, en México, así como en Tabasco, tomando como base reportes técnicos, comentarios de personas afectadas por este fenómeno en la entidad, revisando libros e información de la red, luego se recopiló evidencia de licuefacción a consecuencia de sismos para el sureste de México. Analizando la información documentada graficaron valores de IMM a partir de IV en Tabasco en mapas de isosistas y se posicionaron en un mapa evidencias de licuefacción en el sur del estado de Veracruz y en Tabasco; después se recopilaron perfiles estratigráficos disponibles para algunas zonas de Tabasco y Coatzacoalcos para posicionarlos en un mapa y comparar sus características estratigráficas. Como resultado de la unión y relación de IMM, perfiles geotécnicos, evidencias, se proponen seis zonas vulnerables a licuefacción, las cuales se dividen en licuables, potencialmente licuables y probablemente licuables para el estado de Tabasco, siendo esta la primera información documentada para la entidad.

Abstract

Natural phenomena are events produced mostly by environmental or geological changes. The state of Tabasco has been affected by different natural phenomena that have occurred in neighboring states, among these phenomena are earthquakes, among which is the event of September 8, 2017, which occurred 350 km from the capital of Tabasco and affected people and buildings. In the present work, six zones vulnerable to liquefaction in the state of Tabasco are identified and proposed. First, we reviewed the state of the art of seismicity and soil liquefaction on a global scale, in Mexico, as well as in Tabasco, based on technical reports, comments from people affected by this phenomenon in the state, reviewing books and web information, then we compiled evidence of liquefaction as a result of earthquakes for the southeast of Mexico. Analyzing the documented information, they plotted IMM values from IV in Tabasco on isoseismic maps, and evidence of liquefaction in the south of the state of Veracruz and in Tabasco was positioned on a map; then stratigraphic profiles available for some areas of Tabasco and Coatzacoalcos were compiled to position them on a map and compare their stratigraphic characteristics. As a result of the union and relation of IMM, geotechnical profiles, evidences, six zones vulnerable to liquefaction are proposed, which are divided into liquefiable, potentially liquefiable and probably liquefiable for the state of Tabasco, this being the first documented information for the state.

Palabras clave: *licuefacción, Tabasco, sismicidad*

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

CAPITULO I: Aspectos generales

1.1 Introducción

Los fenómenos naturales son eventos producidos por el planeta, mayormente por cambios ambientales o geológicos, pueden dividirse en dos, los cuales son hidrometeorológicos y geológicos; dentro de ellos se encuentran las inundaciones, los tsunamis, los ciclones o huracanes, inestabilidad de laderas, sismos, vulcanismo, sequias, entre otros.

Los sismos son fenómenos que son producto de los movimientos de la corteza terrestre, los cuales, generan vibraciones que las personas pueden percibir, ya que se propagan en todas las direcciones (CENAPRED, 2021).

Con un enfoque en el estado de Tabasco, y según el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2025), esta entidad ha sufrido afectaciones por diferentes fenómenos naturales, entre ellos se encuentran: (a) los hidrometeorológicos, como inundaciones debido a huracanes, lluvias extremas y a las corrientes de los grandes ríos presentes en la zona, (b) la erosión en algunas regiones debido a actividad agro industrial, a los cambios de uso de suelo, la deforestación, el sobre pastoreo, el crecimiento urbano y extracción de materiales para construcción, (c) inestabilidad de laderas debido también a deforestación y por inestabilidad de rocas, (d) la actividad volcánica debido a la ubicación del volcán Chichonal en los límites de Chiapas y Tabasco, que en el año 1982 hizo erupción y dejó a Tabasco varios días en la oscuridad por la ceniza, y (e) sismicidad principalmente originada en la trinchera mesoamericana (Figura 1), zona tectónicamente activa, que se encuentra a una distancia cerca de 350 km del centro de Tabasco.

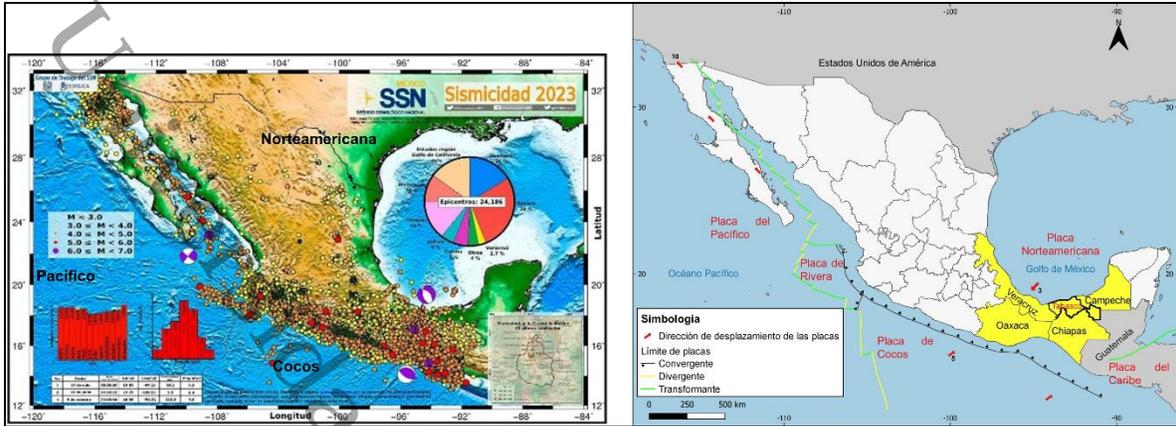


Figura 1. A la izquierda mapa donde se representa la sismicidad en México en el 2023, donde se muestra que la mayor actividad sísmica se tiene en la parte sureste del país (SSN, 2025), de lado derecho se muestra mapa con ambiente tectónico de México.

Tabasco se encuentra en dos zonas, de moderado y alto peligro sísmico caracterizadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2015 ; Figura 2). Sin embargo, a pesar de su distancia de 350 km del límite de subducción, se pone en atención los daños que se han generado por algunos eventos sísmicos en la región.



Figura 2. Zonificación sísmica de México de acuerdo a CFE (2015), estando Tabasco en zona B y zona C.

Con la ocurrencia de la sismicidad, en algunas regiones se ha detectado licuefacción de suelos (e.g. Ambraseys, 1988, Guzmán *et al.*, 2020). La licuación o licuefacción es un fenómeno por medio del cual los depósitos, primeramente, arenas y limos, pierden

temporalmente su resistencia y se comportan más bien como un líquido viscoso en lugar de un sólido.

La licuefacción se puede dar como consecuencia ya que los movimientos telúricos producen un esfuerzo cortante de la masa de suelo y a la vez genera un aumento de la presión del agua en los poros (Vargas *et al.* 2016).

La licuefacción es un fenómeno que sucede, en la pérdida de resistencia del suelo, en la mayoría de los casos, en depósitos limosos o arenosos sueltos por consecuencia de movimientos telúricos y con un nivel freático somero (10 m) aunque también ha sucedido en terrenos con un nivel freático mayor. Esto ocurre debido a que las vibraciones del sismo generan esfuerzo cortante de la masa de suelo y esto origina un incremento de la presión del agua en los poros (Brenes, 2008), esto puede originar “volcanes de arena” debido al inesperado incremento de presión dentro del cuerpo (CENAPRED, 2025). Los entornos sedimentarios más susceptibles para que se origine licuefacción son las playas, ambientes lacustres, ambientes fluviolacustres, barras arenosas y sistemas fluviales (Perucca *et al.* 2006). Este fenómeno sucede en determinados ambientes geológicos e hidrológicos, especialmente en depósitos jóvenes de arenas y limos con un nivel freático somero. Dentro de los materiales más susceptibles a la licuefacción están los Deltaicos (<10,000 años), depósitos aluviales y eólicos, llanuras de inundación y rellenos mal compactados.

Los principales aspectos que rigen la licuefacción son el tamaño del grano y el empaquetamiento del sedimento, la profundidad del nivel freático y la fuerza y duración del sismo (Obermeier, 1996).

Otros factores que influyen en la licuefacción de suelos son: profundidad y espesor de los estratos, características de las capas (densidad relativa, plasticidad, granulometría, permeabilidad, estratigrafía del depósito, saturación), topografía y naturaleza del evento sísmico (Obermeier, 2009).

Audemard y De Santis (1991), examinaron que para sismos de magnitud 5-5.7 se pueden producir estructuras de licuefacción a 25 km del epicentro. En sismos con magnitud 6 se puede producir licuefacción a una distancia de hasta 30 km aproximadamente. Para sismos de magnitud 7 se puede producir licuefacción de hasta 110 km aproximadamente;

y para terremotos de magnitud 8 se puede producir licuefacción de 250 km de distancia aproximadamente (Ambraseys, 1988). De acuerdo con Perucca *et al.* (2006), durante el sismo de 1977 en la provincia de San Juan, Argentina con magnitud 7.4 generó licuefacción a distancias de hasta 260 km en línea recta al epicentro.

1.2 Estudios previos regionales y locales

Trabajos previos de estudios regionales muestran la relación de los eventos sísmicos y la licuefacción (Figura 3). Evidencias de licuefacción a nivel país se pueden mostrar en el estado de Jalisco relacionada con el sismo del 9 de octubre de 1995 con M_w 7.5 (Vargas *et al.* 2016) con epicentro a 10 km al sureste de Manzanillo, Colima (SSN, 2025) mostrando evidencia de licuefacción de suelos a una distancia de 53 km del epicentro en Jalisco, Jalisco y también en el estado de Colima, a 10 km del epicentro (Mayoral *et al.* 2018).

En el estado de Michoacán con el sismo del 19 de septiembre del 2022 con M_w 7.7 y con epicentro a 63 km al sur de Coalcomán, Michoacán (SSN, 2025) se mostró evidencia de licuefacción de suelos a una distancia de 118 km del epicentro en la localidad El Ticuiz, en el municipio de Coahuayana, Michoacán (Mánica *et al.* 2022).

El día 14 de marzo de 1979, con M_w 6.5 ocurrió un sismo con epicentro a 24 km al norte de Petatlán, Guerrero (SSN, 2025) y evidencia de licuefacción de suelos a una distancia de 131 km del epicentro, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán (Vargas *et al.* 2016).

El día 19 de septiembre de 1985 ocurrió otro sismo a 45 km al noroeste de La Mira, Michoacán, con M_w 8.1 (SSN, 2025) y también con evidencia de licuefacción de suelos en la localidad de Lázaro Cárdenas, Michoacán (Corona *et al.* 1988), a una distancia de 62 km del epicentro.

En el estado de Colima el sismo ocurrido el 21 de enero del 2003 con epicentro a 46 km al suroeste de Ciudad de Armería, Colima y M_w 7.6 (SSN, 2025), presenta evidencia de licuefacción de suelos a una distancia de 56 km del epicentro en Tecomán, Colima (Rodríguez, 2011).

En Baja California el sismo ocurrido el 4 de abril del 2010 con M_w 7.2 y con epicentro a 23 km al sureste de Mexicali (SSN, 2025), tiene evidencia de licuefacción de suelos en la

comunidad ejidal Luis Encinas Johnson (Minjárez *et al.* 2010) a una distancia de 102 km del epicentro. El día 8 de junio de 1980 ocurrió otro sismo a 13 km al sureste de Guadalupe Victoria, Baja California, con M_w 6.7 (SSN, 2025), y también con evidencia de licuefacción de suelos en el Valle de Mexicali (Vargas *et al.* 2016) a una distancia de 61 km del epicentro.

En el estado de Tlaxcala relacionada con el sismo ocurrido el 15 de junio de 1999 con epicentro a 29 km al suroeste de San Gabriel Chilac, Puebla, tuvo una M_w 7.0 (SSN, 2025) y evidencia de licuefacción de suelos a una distancia de 169 km (Bernal, 2006).

En el sureste de México, el sismo del 26 de agosto de 1959 con epicentro a 12 km al norte de Allende, Veracruz con M_w 6.4 (SSN, 2025) tiene evidencia de licuefacción a una distancia de 53 km del epicentro en Jáltipan, Veracruz (Singh *et al.* 2015).

En el mismo estado, por el sismo del 8 de septiembre del 2017 con epicentro a 140 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas, con M_w 8.2 (SSN, 2025), se tiene evidencia que, a una distancia de 437 km del epicentro, en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, al sur, algunas viviendas sufrieron asentamientos como consecuencia de la licuefacción de suelos (Guzmán *et al.* 2020).

De manera local, en Tabasco se tienen evidencias de hundimiento del terreno como consecuencia por el mismo sismo de M_w 8.2. De acuerdo con Jesús de la Cruz *et al.* 2017, en el municipio de Centro, en la ranchería Acachapan y Colmena se generaron estos hundimientos. En las versiones de los habitantes de la zona se menciona que *“El agua y la arena se nos comenzó a meter a la casa, fue espantoso”*. Es importante resaltar que la distancia entre la zona afectada y el epicentro fue de 378 km. También por testimonios de habitantes de la región, se cree que este fenómeno sucedió en la ranchería Las Flores en el municipio de Paraíso, Tabasco.

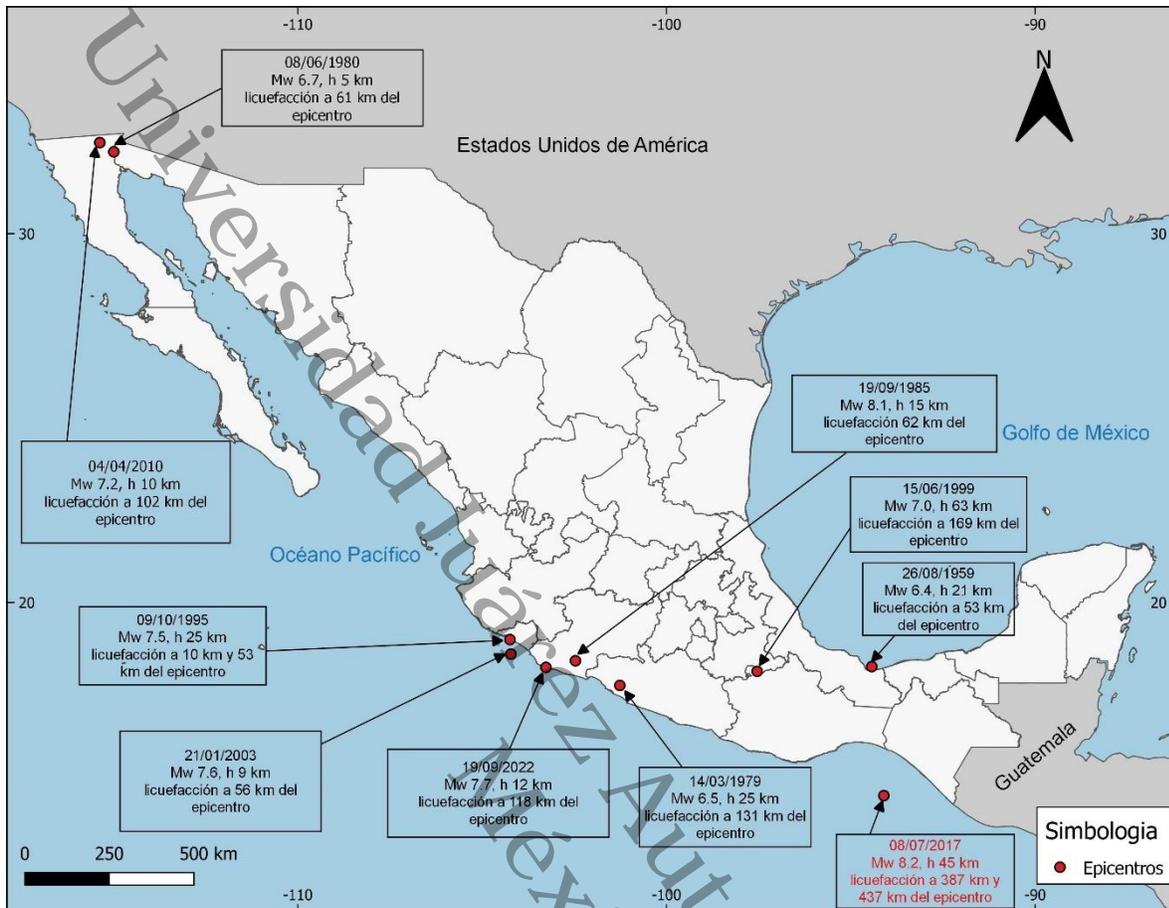


Figura 3. Mapa donde se representan los epicentros de los sismos que ocasionaron licuefacción en la República mexicana Elaboración propia tomado de (Vargas et al., 2015; Mayoral et al. 2018; Mánica et al., 2022; Corona et al., 1988; Rodríguez, 2011; Bernal, 2006; Singh et al. 201; Guzmán et al., 2020 y Jesús de la Cruz et al., 2017).

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Demostrar que el estado de Tabasco es una zona susceptible a licuefacción por sismos.

1.3.2 Específicos

- Recopilar las isosistas de sismos regionales que han sido sentidos y afectado a Tabasco.
- Analizar la distribución mediante mapas la red hidrogeológica, incluyendo la red de aguas subterráneas y los cuerpos de agua en Tabasco.

- Identificar las zonas del estado que están formadas por limos, arenas, arcillas, material poco consolidado, de edades jóvenes y de nivel freático somero.
- Comparar las características de zonas regionales, donde ocurrió licuefacción, con los fenómenos similares identificados en Tabasco después de un evento sísmico.

1.4 Hipótesis

Los sismos que han sido sentidos en el estado de Tabasco, y principalmente originados en la zona de subducción de la trinchera mesoamericana pueden ser un disparador de licuefacción en algunas zonas del estado que cumplen con las características de un somero nivel freático, rocas jóvenes, principalmente compuestas por material de arena limosa y cercanas a cuerpos de agua.

1.5 Justificación

Este trabajo está dirigido a demostrar que en Tabasco se puede presentar licuefacción de suelos. La razón de realizar esta investigación tiene que ver con que no hay información documentada sobre este fenómeno en la entidad. Tomando en cuenta que se tiene evidencia de que sismos de subducción han afectado a Tabasco y que este cumple en algunas zonas con las características a ser susceptible a licuefacción. Además, según el INEGI (2025) en la entidad se tienen elevaciones desde 0 hasta 900 msnm y se encuentra dentro de cuencas sedimentarias, aunado a su gran red hidrológica que hace que sea susceptible a las inundaciones.

Por último, pero no menos importante, la región está formada principalmente por material Cuaternario, siendo otro elemento a considerar para estudios de peligro y riesgo sísmico.

CAPITULO II: Aspectos generales

2.1 Localización del área de estudio

El estado de Tabasco está ubicado en el sureste de la República Mexicana (Figura 4), situado entre las coordenadas 17°19'00" y los 18°39'00" de latitud norte y los 90°57'00" y 94°08'00" de longitud oeste, tiene límites al norte con el Golfo de México, hacia el sur con el estado de Chiapas, al oeste con el estado de Veracruz, al noreste con el estado de Campeche y al sureste con la República de Guatemala, con una superficie total de 24,661.0 km² (Palma *et al.* 2007).

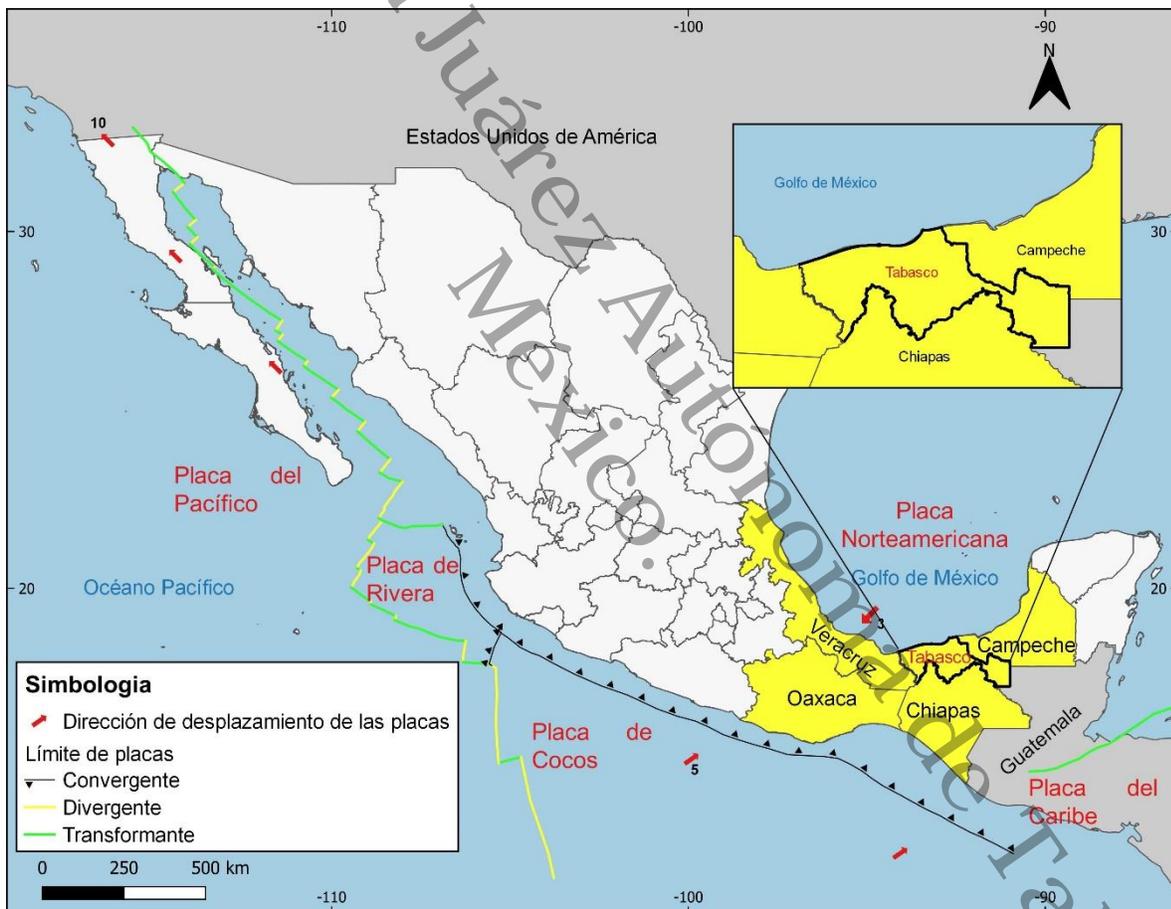


Figura 4. Mapa donde se representa el área de estudio. Elaboración propia tomado de (USGS, 2025).

Está integrada por 17 municipios los cuales integran las cinco subregiones que componen al estado: Chontalpa, Centro, Sierra, Ríos y Pantanos (Figura 5).

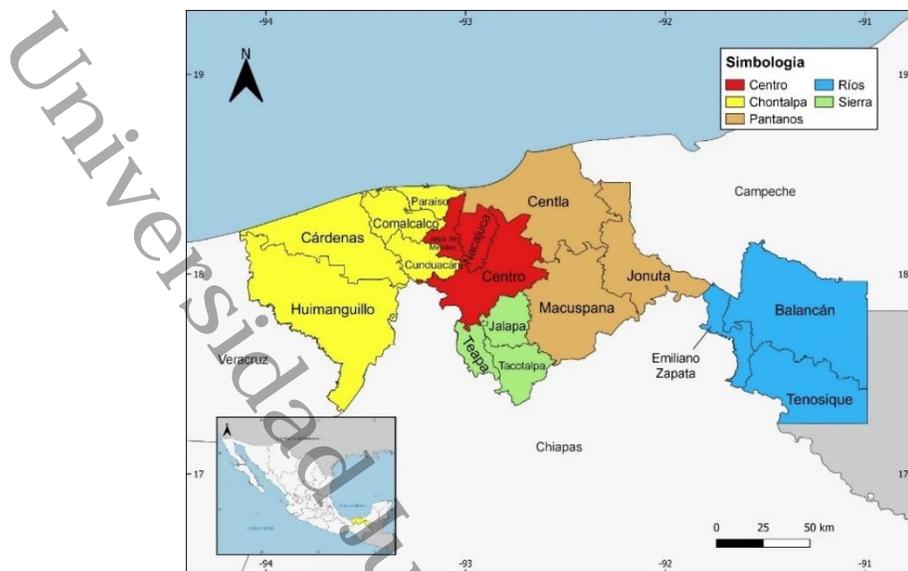


Figura 5. Mapa que representa las subregiones del estado de Tabasco. Elaboración propia tomado de (INEGI, 2025).

2.2 Marco geológico

El estado de Tabasco está ubicado en una cuenca sedimentaria y se divide en dos provincias fisiográficas (Figura 6) las cuales son la Llanura Costera del Golfo Sur que corresponde a la mayor parte del estado y las Sierras de Chiapas y Guatemala en pocas partes del sur del estado (INEGI, 2025). En la Llanura Costera del Golfo Sur los depósitos que abundan son los del Cuaternario, entre ellos los aluviales, palustres, lacustres y litorales (CONAGUA, 2009).



Figura 6. Mapa donde se representan las provincias fisiográficas en las que se divide el estado, Llanura Costera del Golfo Sur y Sierras de Chiapas y Guatemala. Elaboración propia tomado de (INEGI, 2025).

Dentro del estado los depósitos más antiguos son los del Terciario inferior (Paleoceno) y estos se alternan de capas clásticas (lutitas-areniscas), sobreyacen sobre rocas carbonatadas del Cretácico superior y afloran en la parte sur-central del estado. Sobre ellos se encuentran alternancias de capas clásticas discordantes (lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados) con algunas intercalaciones de caliza, estos depósitos son del Eoceno. Al sureste de Villahermosa, en el Oligoceno, se formaron depósitos discordantes de caliza plataforma con influencia de terrígenos, también se depositaron alternancias de lutitas, margas, areniscas y calizas formadas en ambiente litoral cubiertas por areniscas del Mioceno de ambiente cercano a la costa que al mismo tiempo están cubiertas por depósitos Cuaternarios (INEGI, 2025).

Según la CONAGUA (2009), las rocas más antiguas que afloran en el estado de Tabasco son del Mesozoico (Cretácico superior) y la mayor parte del estado está formada por depósitos del Cuaternario. La ciudad de Villahermosa está formada por depósitos clásticos del Terciario (Tc), siendo estos de color café amarillento y café rojizo, otra característica que tienen es que son aparentemente arcillosos y arenosos con gravas redondeadas con diámetro de 2-3 cm y en ocasiones a una mayor profundidad boleas de 10-15cm y por depósitos fluvio-lacustres del Cuaternario (Qal) en los cuales el nivel freático es somero con variaciones en el año, estos depósitos son de color oscuro, formados por capas alternadas de arcillas y limos arenosos con materia orgánica.

Estos sedimentos del Cuaternario abundan en la superficie del municipio hasta profundidades variables que superan los 200 m (depende de la morfología de la superficie estructural que cubran). El suelo del estado es de origen fluvial debido a la cantidad de cuerpos de agua que hay; la mayor parte del estado es de suelo tipo gleysol, el cual tiene la característica de ser un material de origen fluvial no consolidado y es característico en lugares con mantos freáticos someros; también parte del estado es de suelo tipo vertisol, los cuales están compuestos de una gran cantidad de arcillas; por último, está el suelo tipo fluvisol, los cuales están formados por sedimentos aluviales jóvenes (Alatraste, 2019).

De acuerdo con estudios sobre el subsuelo del estado, se tiene que es una zona de llanuras costeras, donde la estratigrafía contiene arenas, gravas y arcillas derivadas de

la meteorización de rocas sedimentarias desde el Mioceno al reciente (De la fuente *et al.*, 2012).

2.3 Marco geotécnico

De acuerdo al Reglamento de construcciones del municipio de Centro, Tabasco, en el Artículo No. 224, el estado se divide en tres zonas:

El primer tipo considera terreno firme, el cual está compuesta de arcilla firme, arenas compactas, areniscas medianamente cementadas y cementadas y suelos rocosos; el segundo, tiene suelos medianamente firmes compuestos por limos medianamente firmes, arenas semicompactas y arcillas medianamente firmes; y el tercero se caracteriza por suelo blando compuesto por arenas muy sueltas y sueltas, arcillas muy blandas y blandas, limos muy blandos, blandos y semicompactos.

Y conforme a la propuesta de zonificación geotécnica del municipio de Centro, Tabasco (De la Fuente *et al.*, 2012); se tiene que se divide en tres zonas geotécnicas (Figura 7):

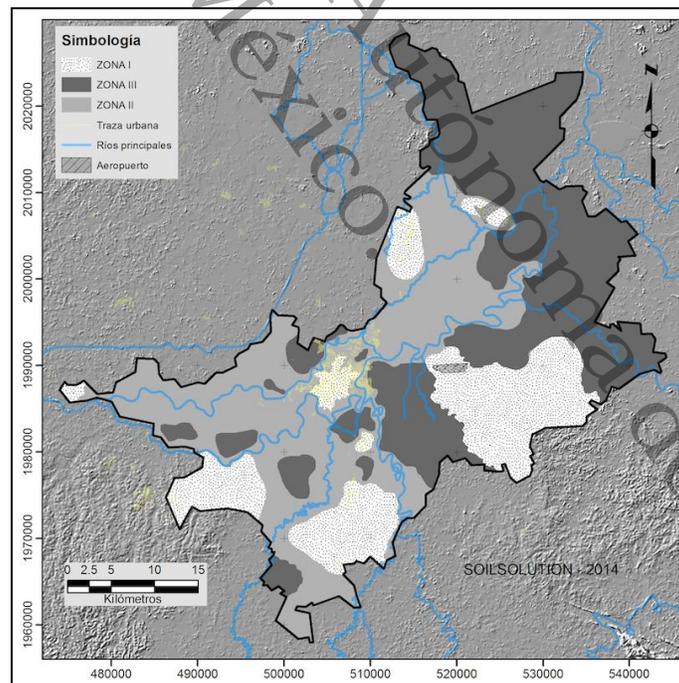


Figura 7. Zonificación geotécnica del Municipio de Centro, Tabasco (De la fuente *et al.*, 2012).

La zona 1 es la zona alta donde en la parte somera se encuentran limos de baja compresibilidad y arcillas de baja plasticidad de consistencia blanda a media; la zona 2 es la zona media en la cual en los primeros 10 m se pueden encontrar intercalaciones

de arenas limosas sueltas a medias, limos de alta y baja compresibilidad y arcillas de alta y baja plasticidad blandas a medias; y la zona 3 es la zona baja donde se pueden encontrar hasta los 25 m grandes depósitos de limos de alta compresibilidad y arcillas inorgánicas y orgánicas con alta plasticidad muy blandas a medias.

2.4 Ambiente hidrogeológico

Una red hidrológica es una manera de estructurar la distribución de lagunas, lagos y ríos (INEGI, 2025).

De acuerdo con INEGI (2025), una característica de la zona de estudio, la red hidrológica más compleja es la del estado de Tabasco (Figura 8) y está compuesta principalmente por cinco ríos los cuales son Río Usumacinta, Río Grijalva, Río Tonalá, Río Hondo y Río San Pedro San Pablo, cinco lagos que son Del Viento, Santa Anita, San Pedro, Pucté y Argentina y cinco lagunas que son Del Carmen, Mecoacán, La Palma, De Las Flores y El Cocal (INEGI, 2025).

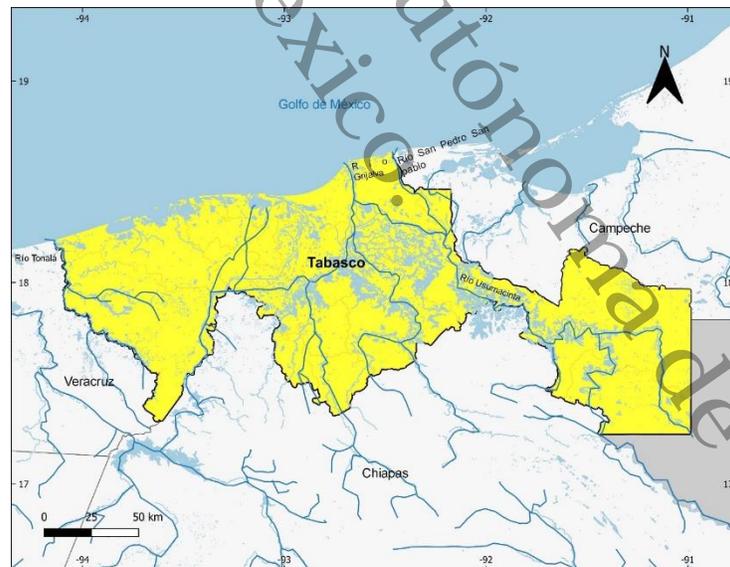


Figura 8. Mapa que representa los ríos y cuerpos de agua del estado de Tabasco. Elaboración propia tomado de (CONABIO, 2025).

El estado se clasifica en dos regiones hidrológicas: Coatzacoalcos y la Grijalva-Usumacinta. De acuerdo a González- Herrera *et al.* (2022) y la CONAGUA (2009), Tabasco se puede considerar como un solo acuífero por sus condiciones

El nivel freático del estado es somero (Figura 9), se puede observar que el valor más alto es de 11.4 m y el más bajo es de 2.32 m, en el municipio de centro, que es el municipio de donde se tienen los perfiles se tiene un nivel freático de 4.6 m (Castillo *et al.*, 2019).

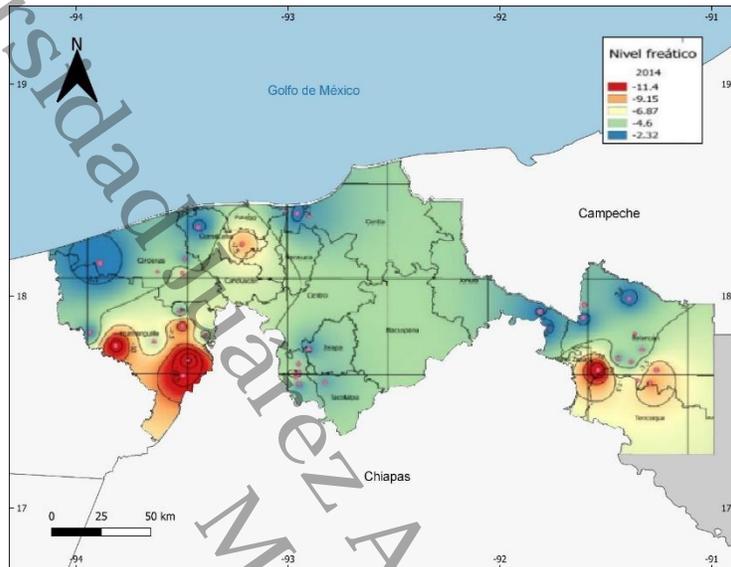


Figura 9. Mapa del nivel freático del estado de Tabasco (Castillo *et al.*, 2019).

CAPITULO III: Sismicidad

3.1 Sismicidad en el sureste de México

La sismicidad es un fenómeno natural que ha causado grandes daños y pérdidas a nivel mundial. México está ubicado sobre la Placa Norteamericana, y rodeado por la Placa del Pacifico, Placa de Rivera, Placa de Cocos y Placa del Caribe (Figura 1). Aunque Tabasco se encuentra a una distancia de aproximadamente 350 km de la trinchera mesoamericana se pone en atención los daños que se han generado por algunos eventos sísmicos en la región.

El sureste de México se encuentra situado en una de las regiones sísmicamente más activas del mundo. La alta sismicidad en el Sureste de México es debido principalmente a la interacción entre las placas de Cocos, de Norteamérica y del Caribe (Figura 10).

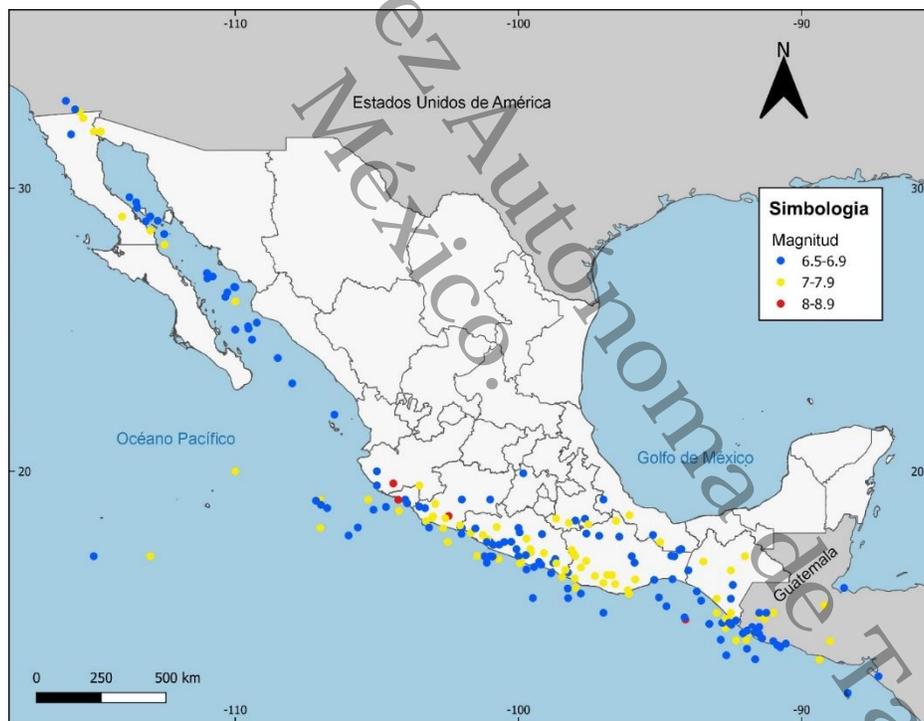


Figura 10. Mapa de sismicidad de octubre del 2024 para sismos $M_w > 6$. Elaboración propia tomado de (SSN, 2025).

3.2 Sismicidad pre-instrumental o histórica

Desde muchos años atrás la sismicidad se ha presentado en el mundo, quizás no se tiene registro instrumental de ellos, pero se tienen testimonios de personas las cuales sintieron el movimiento, por ese motivo surge la necesidad de consultar fuentes históricas

para poder tener información un poco más detallada de estos eventos; a estos se le llaman sismos históricos o pre-instrumentales.

Antes la información de los sismos se obtenía por los relatos de las personas que lo vivieron, recuentos, códices, anales y cronologías sobre sismos. A mediados del siglo XV y las dos o tres primeras décadas del siglo XVI otra forma de obtener información de los sismos era mediante información de cronistas. Entre las primeras décadas del siglo XVI y a principios del siglo XIX la información se obtuvo a partir de documentos de archivo códices, anales, los periódicos que había en esa época, diarios de sucesos notables y relatos de viajeros, crónicas y escritos de científicos e historiadores de esa época. En la época prehispánica, los registros de los sismos ocurridos contienen solo el año en que este ocurrió, pero con el tiempo estos registros fueron siendo más detallados (García, 2001).

De acuerdo con García y Suárez (1996), los primeros sismos que fueron registrados en periódicos fueron una serie de eventos ocurridos entre el 16 y 28 de enero de 1729 que afectaron a la Ciudad de México. En los sismos históricos la forma de medir la intensidad era mediante los adjetivos “fuerte”, “grande”, “enorme” o “catastrófico”.

No se encuentra mucha información sobre sismos históricos que hayan afectado el estado de Tabasco, sin embargo, se tienen que los siguientes eventos que si fueron sentidos (Tabla 1).

Tabla 1. Sismos pre-instrumentales sentidos en el estado de Tabasco (García Acosta y Suárez Reynoso, 1996).

Sismos pre-instrumentales sentidos en Tabasco	
11 de mayo de 1870	23 de septiembre de 1902
27 de marzo de 1872	24 de octubre de 1902
28 de marzo de 1872	13 de enero de 1903
19 de enero de 1874	30 de enero de 1904
3 de agosto de 1874	14 de abril de 1907
13 de agosto de 1881	26 de febrero de 1909
1 de agosto de 1887	15 de diciembre de 1909
18 de abril de 1902	

3.3 Instrumentación sismológica

El 5 de septiembre de 1910 en la ciudad de México se inauguró la primera estación sismológica en el pueblo de Tacubaya. En el periodo de 1910 a 1923 se instalaron 9 estaciones sismológicas mecánicas autónomas en las ciudades de Veracruz, Oaxaca, Mazatlán, Chihuahua, Monterrey, Mérida, Guadalajara y Zacatecas (SSN, 2025).

El país cuenta con una red de banda ancha la cual está dividida en toda la República mexicana con el fin de observar de forma continua los fenómenos sísmicos y está compuesta por sesenta y dos observadores sísmicos; estos se ubican en principalmente en el Golfo de México, en las costas del Pacífico y el eje Neovolcánico; veinte estaciones sismológicas están repartidas en el sureste del país, de las cuales se encuentran cuatro en Chiapas, diez en Oaxaca, dos en Veracruz, una en Yucatán, una en Campeche y una en Quintana Roo (Figura 11).

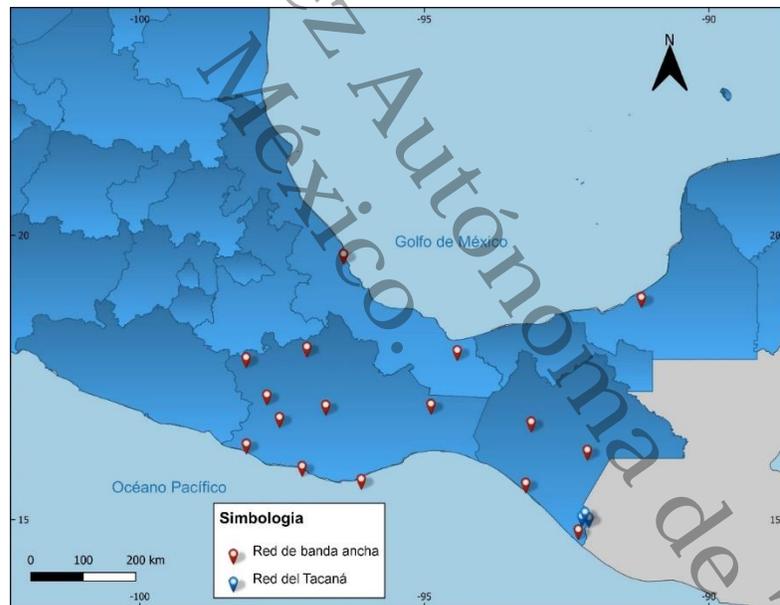


Figura 11. Estaciones sismológicas ubicadas en el sureste de México. Elaboración propia tomado de (SSN, 2025).

Una red del Valle de México la cual está ubicada dentro de la cuenca de México y está compuesta por catorce estaciones en la Ciudad de México como en el Estado de México y dieciséis estaciones que integran la Red Delegacional (una en cada alcaldía de la Ciudad de México), sumando treinta estaciones en total. La red del Tacaná que está integrada por tres estaciones en el estado de Chiapas (Figura 11).

La Comisión Preparatoria para la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (CTBTO) tiene un Sistema Internacional de Vigilancia, International Monitoring System (IMS) el cual está integrado por cincuenta estaciones sismológicas primarias y ciento veinte estaciones sismológicas secundarias y además tiene once estaciones hidroacústicas, sesenta de infrasonido y ochenta de radionúclidos, la red está compuesta por tres estaciones sísmicas (hidroacústicas) localizadas en el norte, este y sur de la Isla Socorro, Colima (SSN, 2025).

3.4 Sismicidad Instrumental

La sismicidad instrumental son los sismos los cuales fueron registrados por estaciones sismológicas.

Para este trabajo los sismos ocurridos antes del 5 de septiembre de 1910 se considerarán como sismos históricos o pre-instrumentales y los ocurridos a partir del 5 de septiembre de 1910 se considerarán sismos instrumentales.

Algunos de los sismos instrumentales sentidos en Tabasco con intensidades desde IV de acuerdo a Intensidad de Mercalli Modificada (IMM) a partir del 5 de septiembre de 1910 a la actualidad (octubre 2024) son:

Tabla 2. Sismos instrumentales con intensidad desde IV en el estado de Tabasco.

Sismos instrumentales sentidos en Tabasco			
Fecha	Magnitud	Profundidad	Fuente
9 de noviembre de 1956	6.4	150 km	International Seismological Center
23 de agosto de 1965	7.4	12 km	Servicio Sismológico Nacional
29 de abril de 1970	7.3	44 km	Servicio Sismológico Nacional
28 de agosto de 1973	7.3	82 km	Servicio Sismológico Nacional
30 de septiembre de 1999	7.4	39 km	Servicio Sismológico Nacional
7 de julio del 2014	6.9	56 km	Servicio Sismológico Nacional
29 de julio del 2014	6.4	117 km	Servicio Sismológico Nacional
4 de octubre del 2014	5.6	145 km	Servicio Sismológico Nacional
28 de abril del 2015	5.6	112 km	Servicio Sismológico Nacional
17 de diciembre del 2015	6.6	91 km	Servicio Sismológico Nacional
Fecha	Magnitud	Profundidad	Fuente

8 de septiembre del 2017	8.2	45 km	Servicio Sismológico Nacional
6 de octubre del 2023	6.0	110 km	Servicio Sismológico Nacional
5 de agosto del 2024	5.5	127 km	Servicio Sismológico Nacional

3.5 Intensidades en Tabasco por sismos locales y regionales

Para Tabasco se tienen mapas de isosistas de algunos sismos que afectaron en la región, se tomarán en cuenta las intensidades a partir de IV de acuerdo con la escala de IMM.

El 23 de septiembre de 1902 ocurrió un sismo con epicentro a 5 km al suroeste de Teopisca, Chiapas, M_w 7.7 (SSN, 2025), fue sentido en Chiapas, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Cuernavaca, Guerrero y Ciudad de México. Teniendo valores de intensidad en Tabasco de hasta VII (Figura 12).

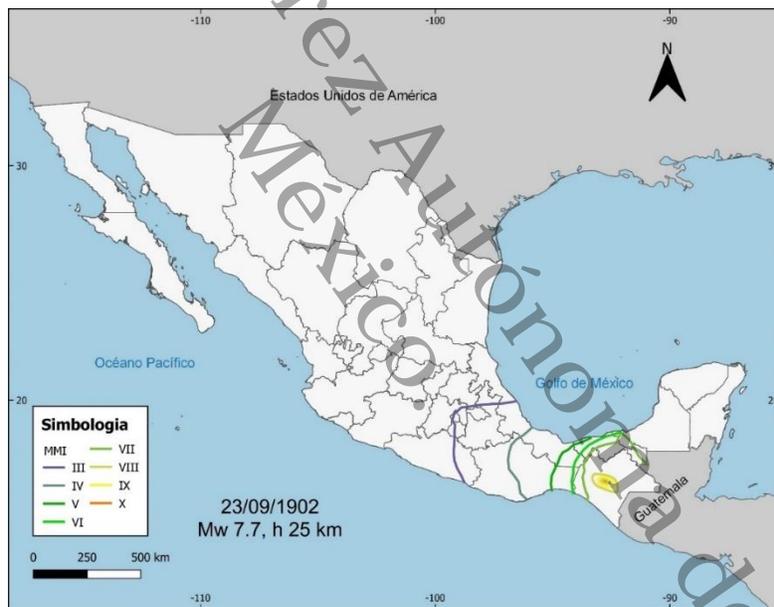


Figura 12. Mapa de isosistas del sismo del 23 de septiembre de 1902. Elaboración propia tomado de (SGM, 2025).

El 9 de noviembre de 1956 ocurrió un sismo con epicentro en los límites de Chiapas y Oaxaca, M_w 6.4 (ISC, 2025), el cual fue sentido en Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Ciudad México y Estado de México. Teniendo valores de intensidad en el estado de Tabasco de hasta VII (Figura 13).

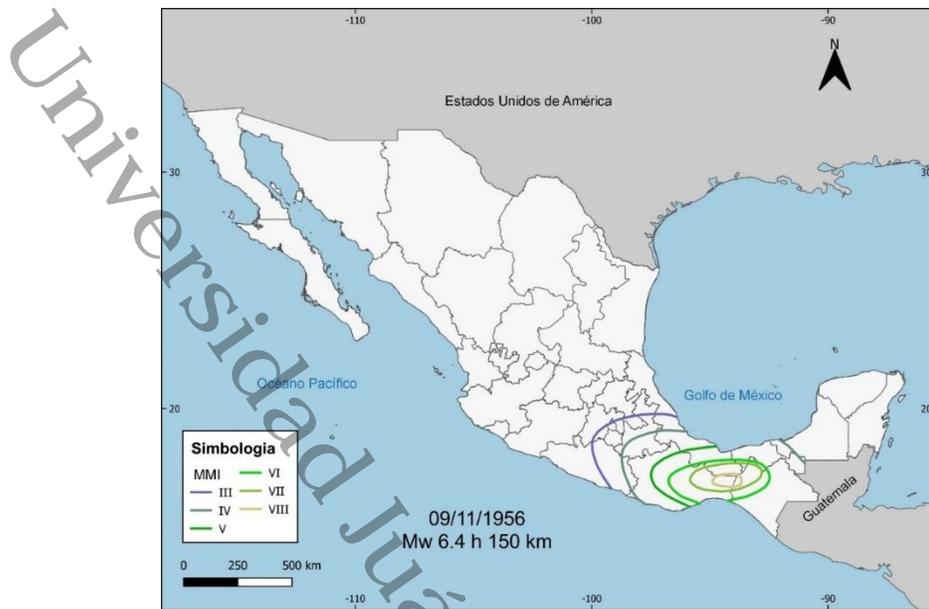


Figura 13. Mapa de isosistas del sismo del 9 de noviembre de 1956. Elaboración propia tomado de (Figuroa, 1963).

El 23 de agosto de 1965 ocurrió un sismo con epicentro a 53 km al noreste de Crucecita, Oaxaca, M_w 7.4 (SSN, 2025), sintiéndose en los estados de Tabasco, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Puebla, Morelos, Ciudad de México, Tlaxcala, Michoacán, Estado de México, Hidalgo y Querétaro, teniendo isosistas en el estado de Tabasco de hasta IV (Figura 14).

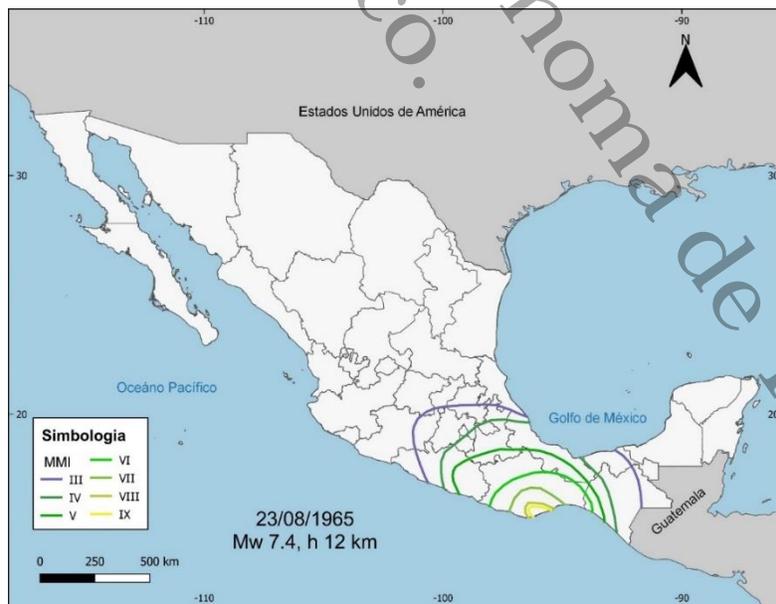


Figura 14. Mapa de isosistas del sismo del 23 de agosto de 1965. Elaboración propia tomado de (SGM, 2025).

El 29 de abril de 1970 ocurrió un sismo con epicentro a 62 km al suroeste de Cd. Hidalgo, Chiapas, M_w 7.3 (SSN, 2025), este sismo fue sentido en los estados de Tabasco, Chiapas, Veracruz y Oaxaca, teniendo isosistas en Tabasco de hasta V (Figura 15).

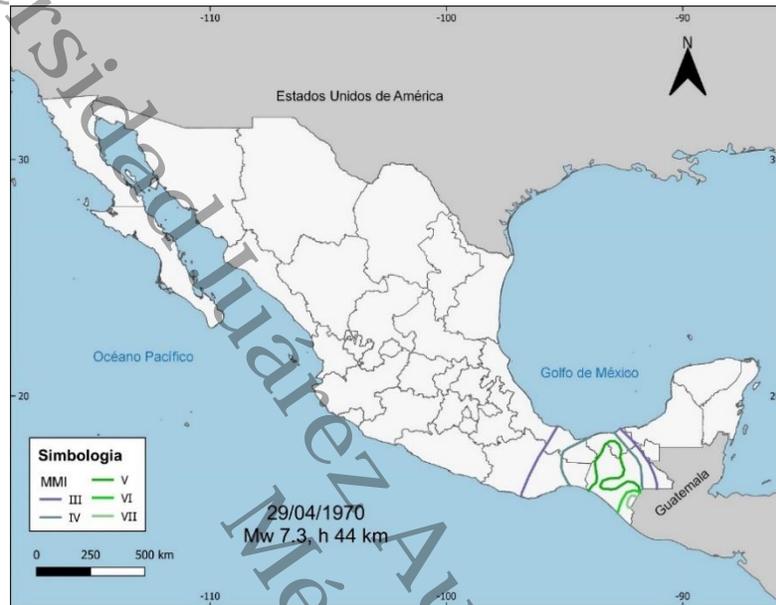


Figura 15. Mapa de isosistas del sismo del 29 de abril de 1970. Elaboración propia tomado de (SGM, 2025).

El 28 de agosto de 1973 ocurrió un sismo con epicentro a 30 km al suroeste de Tierra Blanca, Veracruz, M_w 7.3 (SSN, 2025), este sismo fue sentido en los estados de Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Puebla, Estado de México, Querétaro, Hidalgo, Ciudad de México, Tlaxcala y Morelos, teniendo isosistas en Tabasco de IV (Figura 16).

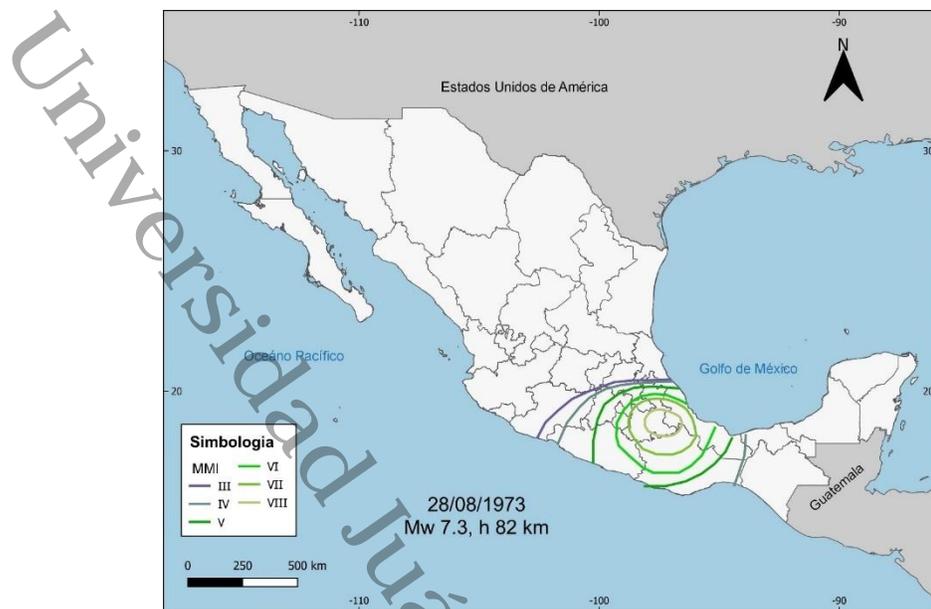


Figura 16. Mapa de isosistas del sismo del 28 de agosto de 1973. Elaboración propia tomado de (SGM, 2025).

El 30 de septiembre de 1999 ocurrió un sismo con epicentro a 22 km al noreste de Puerto Escondido, Oaxaca, M_w 7.4 (SSN, 2025), este sismo fue sentido en los estados de Campeche, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Estado de México, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala, Puebla e Hidalgo, teniendo isosistas de hasta V en Tabasco (Figura 17).

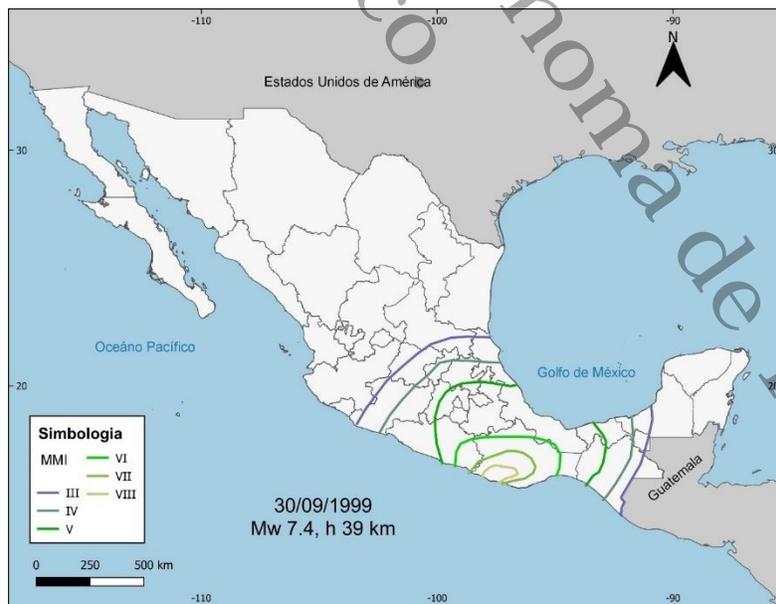


Figura 17. Mapa de isosistas del sismo del 30 de septiembre de 1999. Elaboración propia tomado de (SGM, 2025).

El 7 de julio del 2014 ocurrió un sismo a 43 km al suroeste de Tapachula, Chiapas, M_w 6.9 (SSN, 2025), este sismo fue sentido en Campeche, Tabasco, Oaxaca, Chiapas y Veracruz, teniendo isosistas de IV en Tabasco (Figura 18).



Figura 18. Mapa de isosistas del sismo del 7 de julio del 2014. Elaboración propia tomado de (SSN, 2025).

El 29 de julio del 2014 ocurrió un sismo con epicentro a 38 km al suroeste de Isla, Veracruz, M_w 6.4 (SSN, 2025), este sismo fue sentido en Campeche, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Estado de México, teniendo isosistas de hasta IV en Tabasco (Figura 19).

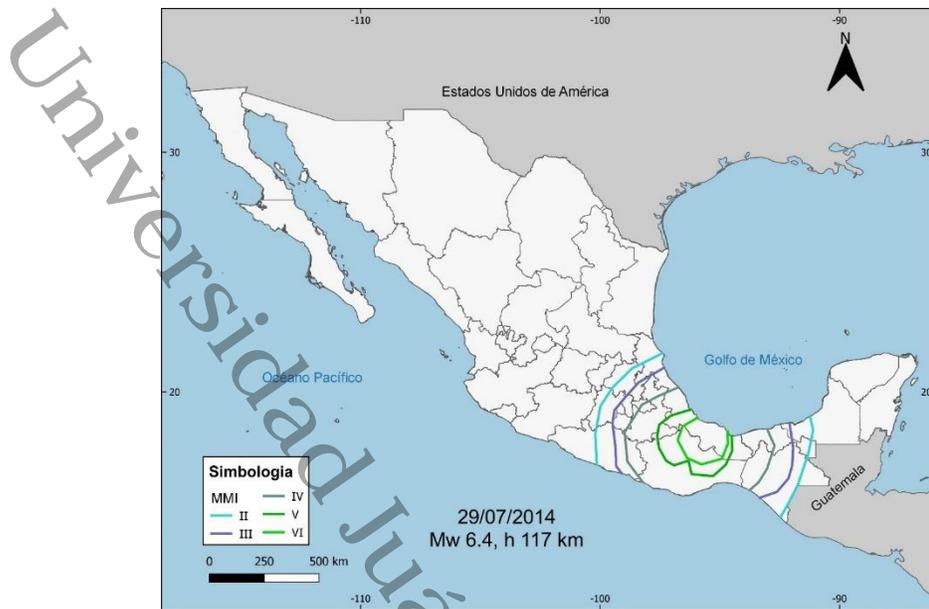


Figura 19. Mapa de isosistas del sismo del 29 de julio del 2014. Elaboración propia tomado de (SSN, 2025).

El 4 de octubre del 2014 ocurrió un sismo con epicentro a 53 km al sureste de Sayula de Alemán, Veracruz, M_w 5.6 (SSN, 2025), este sismo fue sentido en Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tlaxcala, Puebla y Guerrero (Figura 20).



Figura 20. Mapa de isosistas del 4 de octubre del 2014. Elaboración propia tomado de (SSN, 2025).

El 28 de abril del 2015 ocurrió un sismo con epicentro a 23 km al noroeste de Matías Romero, Oaxaca, M_w 5.6 (SSN, 2025), este sismo fue sentido en Campeche, Tabasco,

Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Guerrero, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Ciudad de México, Hidalgo y Estado de México, teniendo isosistas de IV en Tabasco (Figura 21).

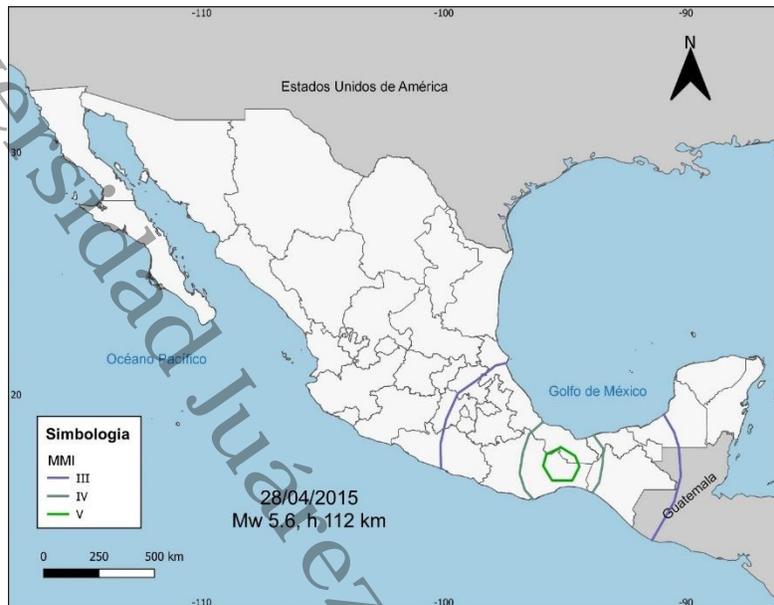


Figura 21. Mapa de isosistas del sismo del 28 de abril del 2015. Elaboración propia tomado de (SSN, 2025).

El 17 de diciembre del 2015 ocurrió un sismo con epicentro a 37 km al sur de Tonalá, Chiapas, M_w 6.6 (SSN, 2025), este sismo fue sentido en Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Campeche, Oaxaca, Guerrero y Puebla, teniendo isosistas de hasta V en Tabasco (Figura 22).



Figura 22. Mapa de isosistas del sismo del 17 de diciembre del 2015. Elaboración propia tomado de (SSN, 2025).

El 23 de junio del 2020 ocurrió un sismo con epicentro a 23 km al sur de Crucecita, Oaxaca, M_w 7.5 (SSN,2025), este sismo fue sentido en Tabasco, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala y Puebla, teniendo intensidades en Tabasco de hasta VII (Figura 23).

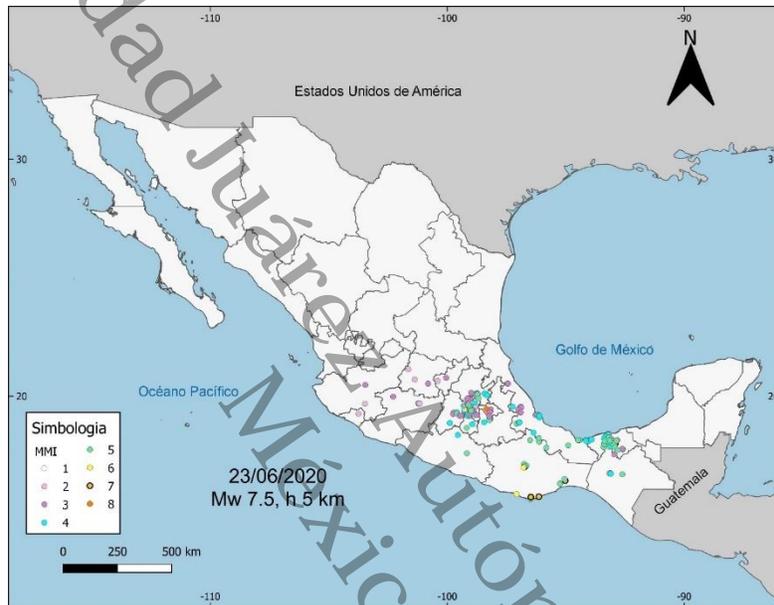


Figura 23. Mapa de intensidades del sismo del 23 de junio del 2020. Elaboración propia tomado de (¿Sintió un sismo? UANL, <http://sismos.uanl.mx/sismos.php>).

El 6 de octubre del 2023 ocurrió un sismo con epicentro a 20 km al norte de Matías Romero, Oaxaca, M_w 6.0 (SSN, 2025), este sismo fue sentido en la mayor parte de la República, teniendo isosistas de hasta IV en Tabasco (Figura 24).



Figura 24. Mapa de isosistas del 6 de octubre del 2023. Elaboración propia tomado de (SSN, 2025).

El 5 de agosto del 2024 ocurrió un sismo con epicentro a 36 km al oeste de Cintalapa, Chiapas, M_w 5.5 (SSN, 2025), este sismo fue sentido en Campeche, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Puebla, Morelos, Hidalgo y Tlaxcala, teniendo isosistas de IV en Tabasco (Figura 25).



Figura 25. Mapa de isosistas del sismo del 5 de agosto del 2024. Elaboración propia tomado de (SSN, 2025).

Uno de los sismos más fuertes en el país y que tuvo isosistas en la escala de IMM de hasta VI, de acuerdo con el mapa de intensidades elaborado por la Universidad

Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra (Figura 26), fue el sismo del 8 de septiembre del 2017 con M_w 8.2, con epicentro a 140 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas (SSN, 2025).

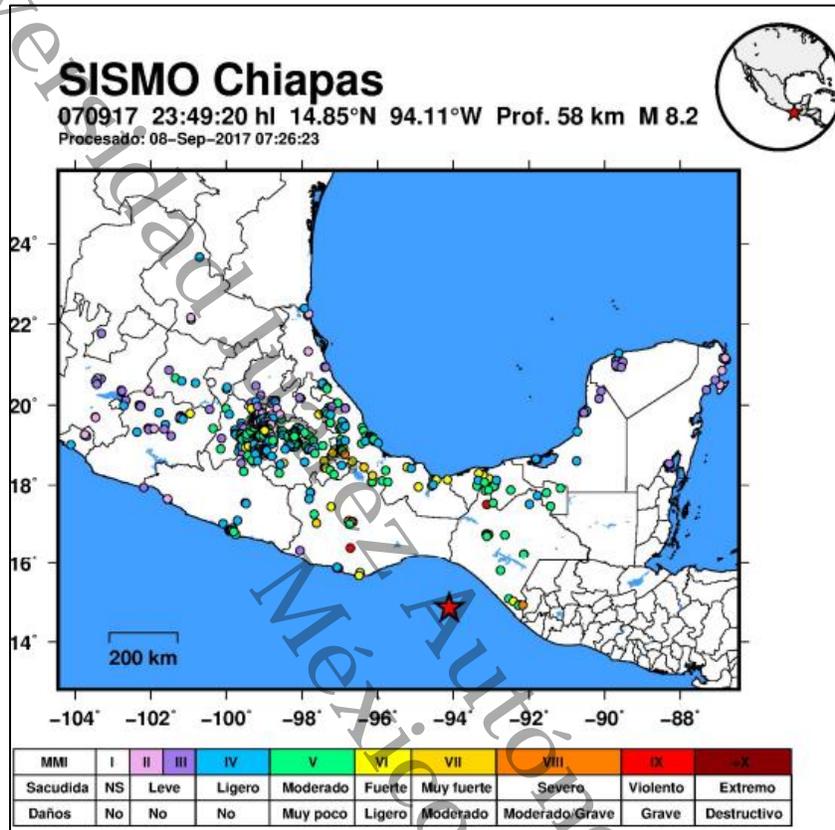


Figura 26. Mapa de intensidades del sismo del 8 de septiembre del 2017, elaborado por la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra (SSN, 2025).

CAPITULO IV: Metodología

4.1 Metodología

Para poder llevar a cabo este trabajo primero se hizo documentación bibliográfica y del estado del arte acerca de sismicidad y licuefacción de suelos a escala global, en México, así como en el estado de Tabasco, después se recopiló evidencia de que haya sucedido licuefacción de suelos por consecuencia de movimientos telúricos en México y el sureste del país. Con estos datos y con datos obtenidos de (Huang & Yu, 2013), se utilizó la gráfica de “relación entre la distancia epicentral máxima de los sitios licuados R_e y la magnitud del momento M_w ” (Ambraseys, 1988) para posicionar dentro de ella y comparar si las distancias coincidían con las definidas por Ambraseys (1988). Para poder empezar a obtener parte de los resultados se empezaron a identificar valores de IMM a partir de IV en Tabasco en mapas de isosistas, se realizó el mapa de ríos y cuerpos de agua en Tabasco y también un mapa en el cual se posicionaron en él las fotografías de evidencia de licuefacción en Coatzacoalcos y en Tabasco; se elaboraron perfiles de algunas zonas del municipio de Centro, Tabasco y del sur de Coatzacoalcos, Veracruz para después posicionarlos en un mapa y comparar sus características estratigráficas. También se hizo un mapa de velocidad de onda S para poder identificar en donde esta menos consolidado el suelo en el estado y un mapa geológico para poder saber qué tipo de material abunda en él. Por último, para poder definir en un mapa las zonas potenciales a licuefacción se unirán todos los elementos encontrados.

4.2 Evidencias de licuefacción

De manera global se tienen evidencias de licuefacción (Huang & Yu, 2013) y en suelos arcillosos en Japón y en Estados Unidos (Gratchev *et al.*, 2006) De manera global se tienen evidencias de licuefacción (Huang & Yu, 2013) y en suelos arcillosos en Japón y en Estados Unidos (Gratchev *et al.*, 2006)

De manera regional, Guzmán *et al.*, 2020 documentó veintiún viviendas en el sur de la ciudad de Coatzacoalcos donde ocurrió licuefacción de suelos por el sismo del 8 de septiembre del 2017, de las cuales se tienen imágenes de cinco viviendas y cinco perfiles estratigráficos de la zona.

De manera local, se tienen evidencias de hundimientos y asentamientos en la ranchería Acachapan y Colmena en la ciudad de Villahermosa, Tabasco (Jesús de la Cruz *et al.*, 2017).

En la carretera de Acachapan y Colmena se documentaron asentamientos y desplazamientos que abrieron el pavimento alrededor de 30 cm (Figura 27).



Figura 27. Asentamiento y desplazamiento en Acachapan y Colmena (Jesús de la cruz *et al.*, 2017).



Figura 28. Fallamientos y deslizamientos en Acachapan y Colmena (Jesús de la cruz *et al.*, 2017).

En la misma zona se tienen testimonios tomados de Jesús de la cruz *et al.*, (2017) de personas las cuales en los patios de sus casas brotaba arena de grietas causadas por el sismo:

"Lo que vivimos con el sismo fue algo apocalíptico, la tierra se abrió, las paredes y pisos se botaron, brotaba agua con arena, que sepultó los patios"

"Esa noche empezó a salir de la tierra agua con arena, muchos creen que esa arena que ahora tenemos en los patios pueden haber dejado socavones subterráneos, y con el paso de los días va a haber hundimientos; todos estamos preocupados"

Se tiene hundimientos y fallamientos en una casa en la misma ranchería (Figura 29).



Figura 29. Hundimiento y fallamiento en una vivienda en Acachapan y Colmena (Jesús de la cruz et al., 2017).

La escuela "Francisco Gabilondo Soler", de igual manera ubicada en la ranchería Acachapan y Colmena se encuentra cerca del margen del Río Grijalva; en esta locación se registraron hundimientos en las aulas a consecuencia del sismo (Figura 30).



Figura 30. Hundimientos en las aulas de la escuela "Francisco Gabilondo Soler" (Jesús de la cruz et al., 2017).

Todas estas evidencias se posicionaron con sus coordenadas (Figura 31).

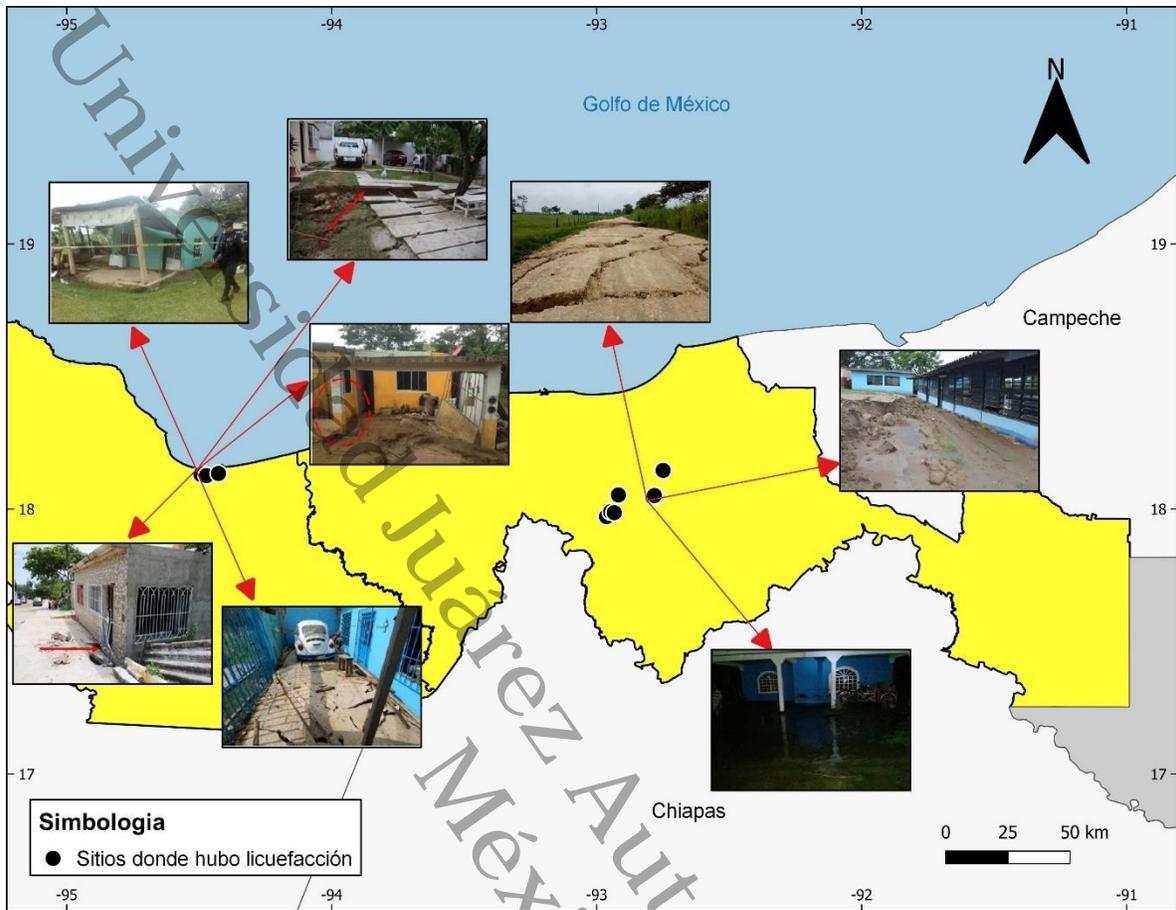


Figura 31. Mapa de evidencias de licuefacción en Coahuila de Zaragoza, Veracruz y Tabasco. Elaboración propia tomado de (Guzmán et al., 202; Jesús de la cruz et al., 2017).

También se tienen evidencias por habitantes de la región, de lo que se cree que es licuefacción en la ranchería Las flores, Paraíso (Figura 32).



Figura 32. Suelo blando en ranchería Las Flores, Paraíso.

4.3 Revisión de magnitudes M_w y distancias del epicentro

La relación propuesta por Ambraseys (1988) define las distancias a la cual sismos superficiales con M_w 5 en adelante pueden originar licuefacción de suelos.

En este trabajo se compararon las distancias de las evidencias globales, regionales y locales obtenidas con las de la gráfica “relación entre la distancia epicentral máxima de los sitios licuados R_e y la magnitud del momento M_w ” (Ambraseys, 1988), para ello se digitalizó la gráfica en Canva y después se posicionaron en ella las evidencias encontradas para ver si coincidían con las distancias marcadas en ella.

4.4 Perfiles geotécnicos

Se obtuvo información de la estratigrafía de algunas zonas del municipio de Centro, Tabasco tomados del Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT), CONAGUA, 2009, la información venía en formato de tabla y se realizaron los perfiles en Power Point, también se obtuvieron tres perfiles tomados de Ovando (2013), los cuales se hicieron nuevamente en Power Point, teniendo un total de cuarenta y cinco perfiles del estado de Tabasco.

También se obtuvieron cinco perfiles tomados de Guzmán *et al.* (2020) de la ciudad de Coatzacoalcos los cuales de igual manera se realizaron en Power Point.

Todos los perfiles se realizaron en Power Point con la finalidad de que todos sean iguales.

4.5 Isosistas en Tabasco

Se tomaron del Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2025 y de Figueroa, 1963 mapas de isosistas en los cuales la Intensidad de acuerdo con la IMM haya sido a partir de IV en Tabasco. Cada mapa se digitalizó en QGis.

4.6 Cuerpos de agua

Se realizó el mapa de cuerpos de agua de Tabasco en donde se señalan los principales Ríos del estado, se hizo con QGis usando el shapefile de ríos y cuerpos de agua de la República mexicana.

4.7 Mapa de evidencias

Se hizo un mapa con imágenes de evidencias de licuefacción tomando las fotografías de Jesús de la cruz *et al.* (2017) y Guzmán *et al.*, (2020) para mostrar los daños que hubo por licuefacción en Coatzacoalcos, Veracruz y en Tabasco.

4.8 Mapa de velocidad de onda S

Se obtuvo el grid de velocidades de onda S en la página del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), el cual se recortó la parte de Tabasco y convirtió en .tiff en el software Surfer, después se posiciono en el software QGis.

4.9 Mapa geológico

Se obtuvieron las cartas geológicas del Servicio Geológico Mexicano y se georreferenciaron en QGis para todo el estado de Tabasco.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

CAPITULO V: Resultados

5.1 Perfiles

Se tienen cinco perfiles de la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, tomados de Guzmán *et al.*, 2020 (Figura 33) los cuales se puede observar que el material que abunda es arena limosa, en menor cantidad se pueden observar estratos de limo y en un perfil un pequeño estrato de turba.

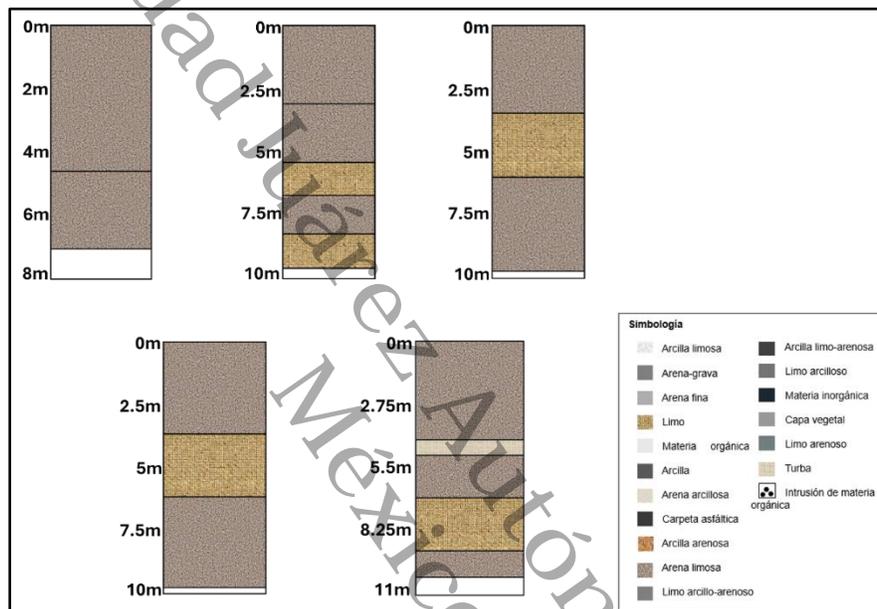
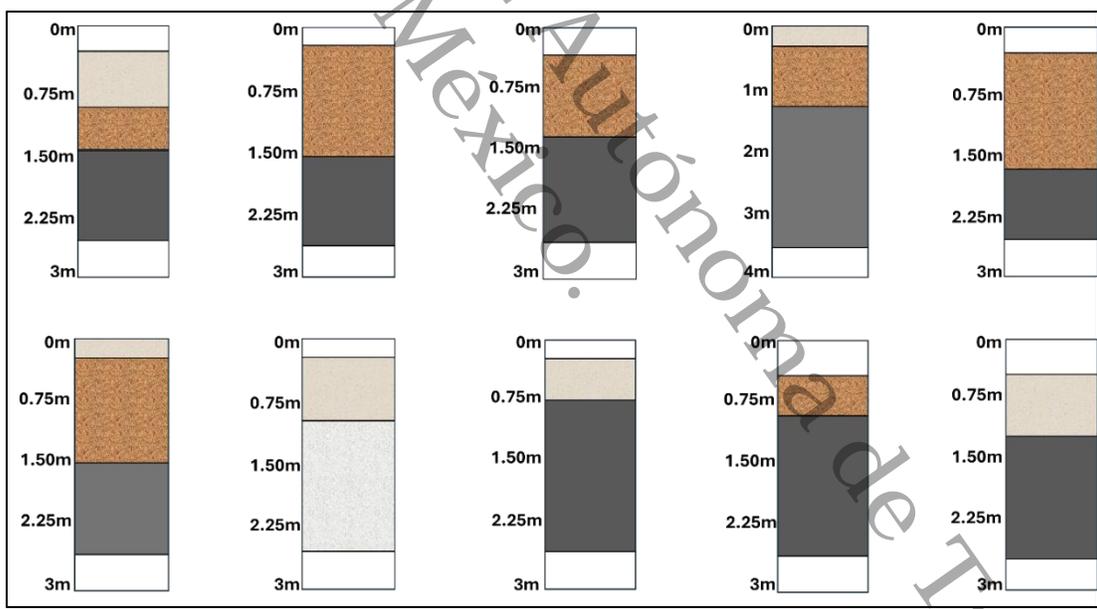
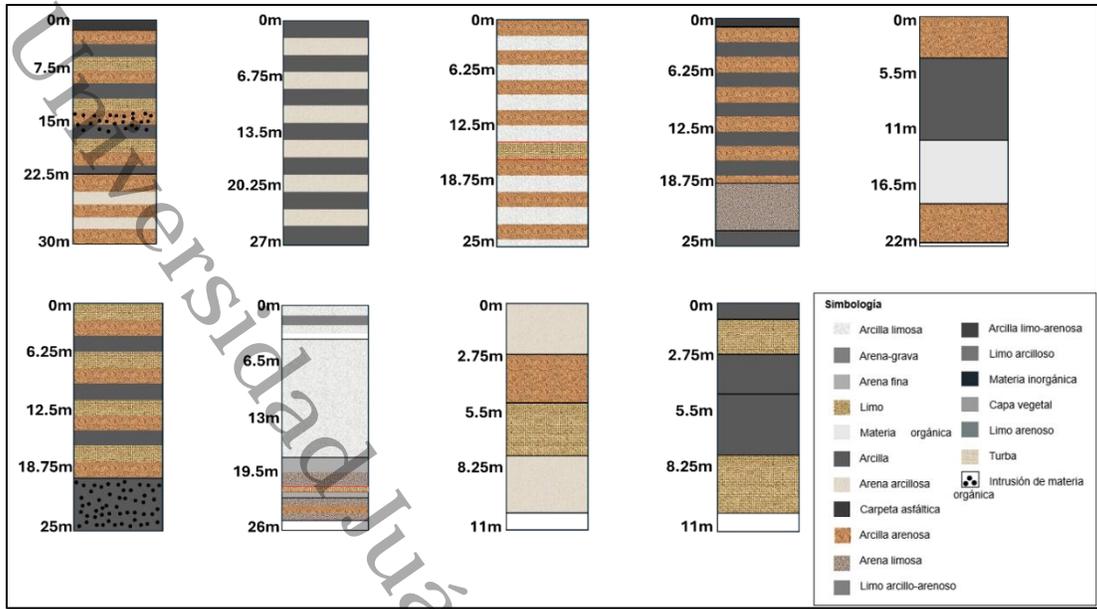
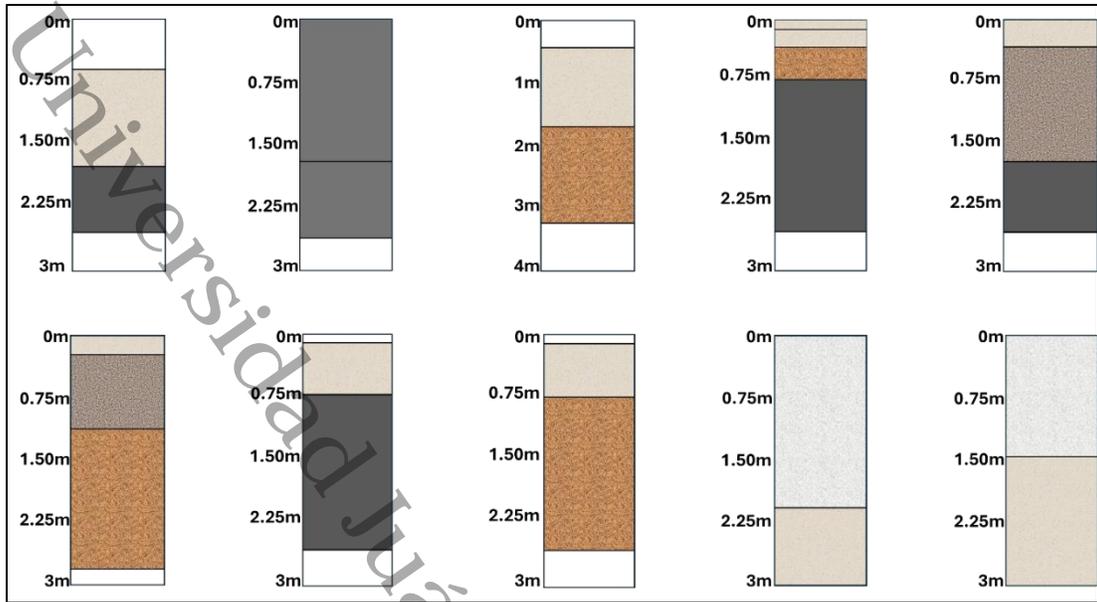


Figura 33. Perfiles del sur de la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz. Elaboración propia tomado de (Guzmán *et al.*, 2020).

Se tienen cuarenta y cinco perfiles a lo largo de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, tomados del Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT), CONAGUA, 2009; Ovando, (2013) (Figura 34), en los cuales se puede observar que los materiales que más abundan son las arcillas, arenas arcillosas y arcillas arenosas, en menor cantidad se puede encontrar arcilla limosa, limo, materia orgánica, arena limosa y limos.





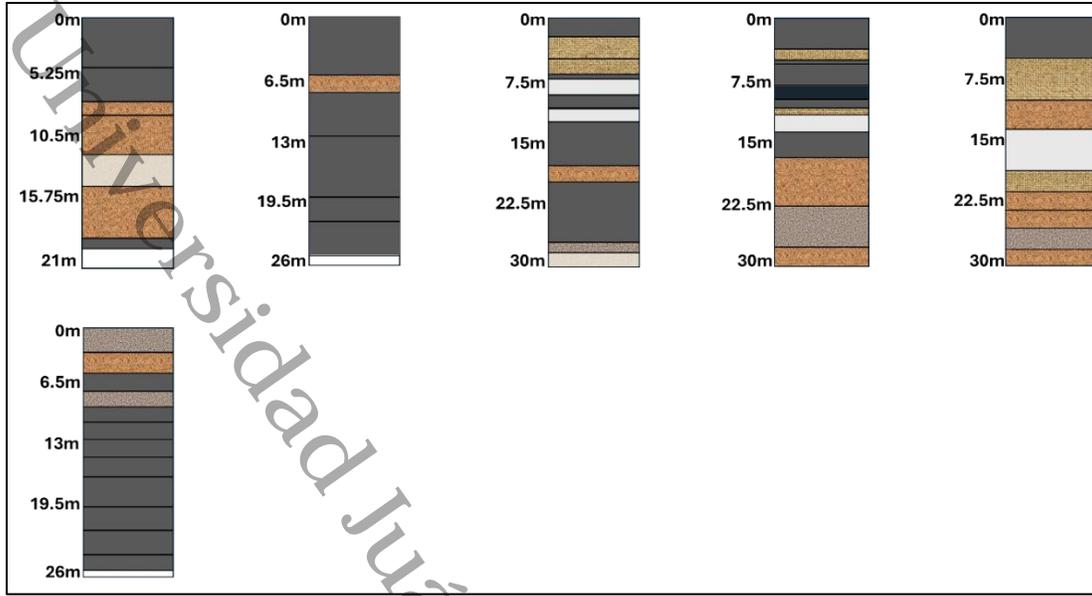


Figura 34. Perfiles de algunas zonas del municipio de Centro Tabasco. Elaboración propia tomado de (Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT), CONAGUA, 2009; Ovando, 2013).

5.2 Mapa de velocidades de onda S

En este mapa se muestran las velocidades de la onda S en todo el estado de Tabasco, teniendo la mayoría 180 m/s. Con este mapa se puede saber en qué parte del estado está más consolidado o menos consolidado el suelo (Figura 35).

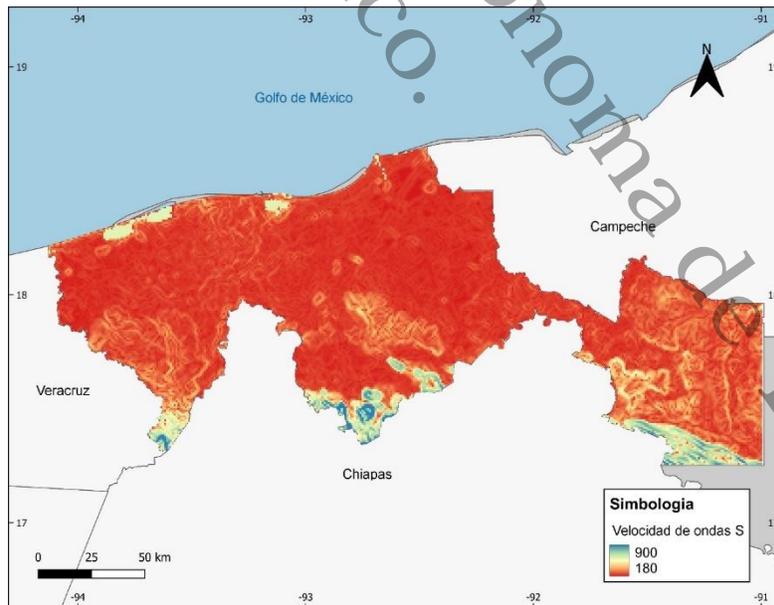


Figura 35. Mapa de velocidades de onda S.

5.3 Mapas de perfiles

En este mapa se muestran los perfiles de la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz y algunos de la ciudad de Villahermosa, Tabasco (Figura 36), se consideraron los perfiles que tuvieran características parecidas a las de Coatzacoalcos.

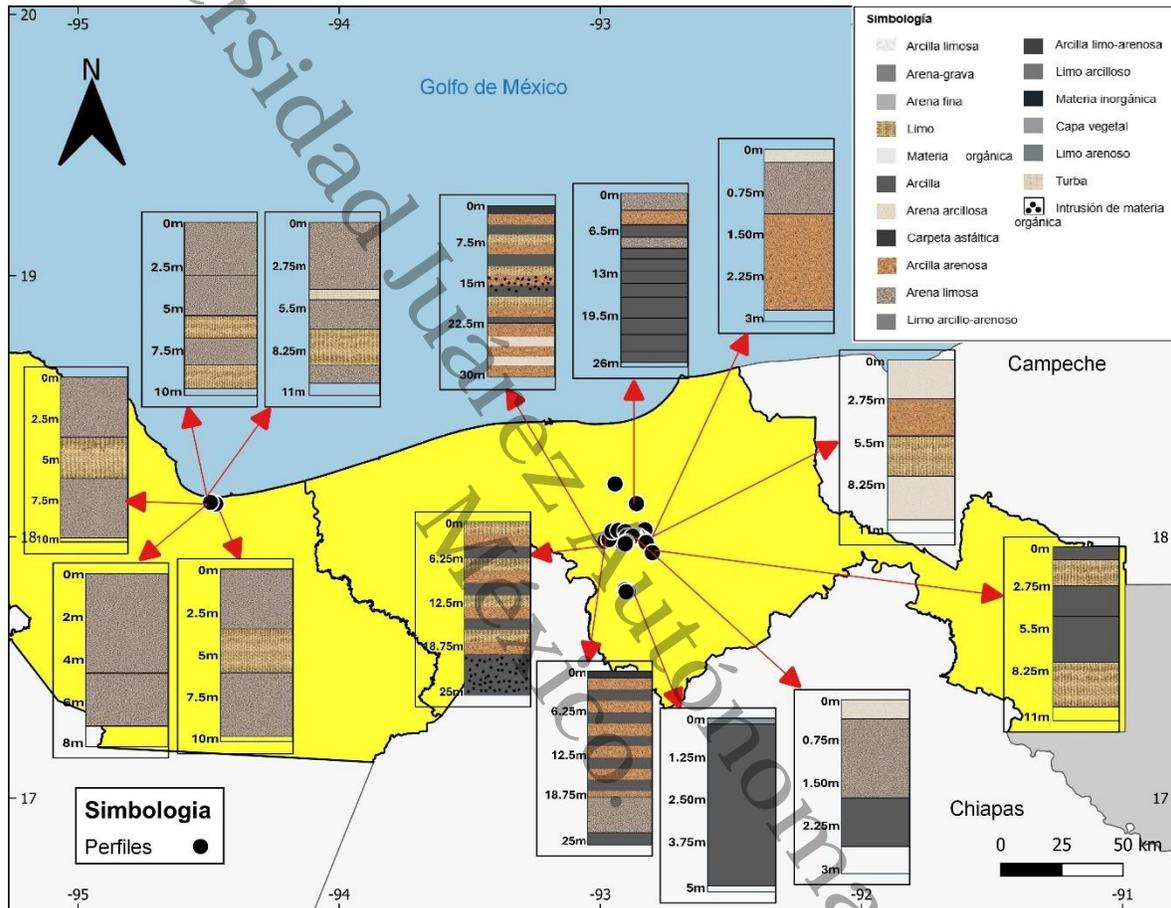


Figura 36. Mapa con perfiles de la Ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz y del municipio de Centro, Tabasco. Elaboración propia tomado de (Guzmán et al., 2020; Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT), CONAGUA, 2009; Ovando, 2013).

5.4 Relación entre M_w vs distancia a sitios licuados

Se posicionaron las distancias de los sismos que han originado licuefacción mencionados en el capítulo 1 en la gráfica “relación entre la distancia epicentral máxima de los sitios licuados R_e y la magnitud del momento M_w ” (Ambraseys, 1988) (Figura 37), también se posicionaron distancias tomadas de Huang & Yu, (2013).

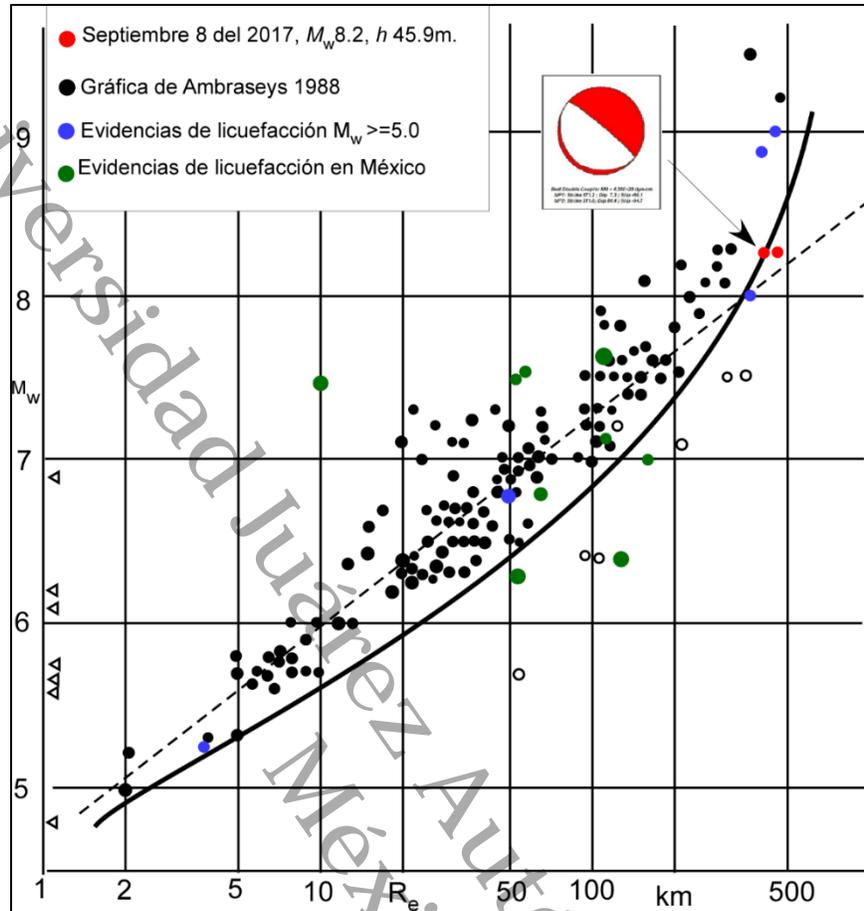


Figura 37. Gráfica de Ambraseys relación entre la distancia epicentral máxima de los sitios licuados R_e y la magnitud del momento M_w . Los puntos azules representan las distancias de evidencias de licuefacción $\geq M_w 5.0$ (Huang & Yu, 2013), los puntos rojos representan las distancias de evidencias de licuefacción por el sismo del 08/09/2017 (Guzmán et al., 2020; Jesús de La Cruz et al., 2017) y los puntos verdes representan las distancias de evidencias de licuefacción en México (Vargas et al., 2016; Mayoral et al. 2018; Mánica et al., 2022; Corona et al., 1988; Rodríguez, 2011; Bernal, 2006; Singh et al. 2015.)

5.5 Mapa geológico

Se georreferenciaron todas las cartas geológicas del estado de Tabasco que se encontraron en la página del Servicio Geológico Mexicano para poder posicionarlas en el mapa (Figura 38).

Con este mapa se puede observar la composición del suelo del estado, lo cual es una característica muy importante en este trabajo.

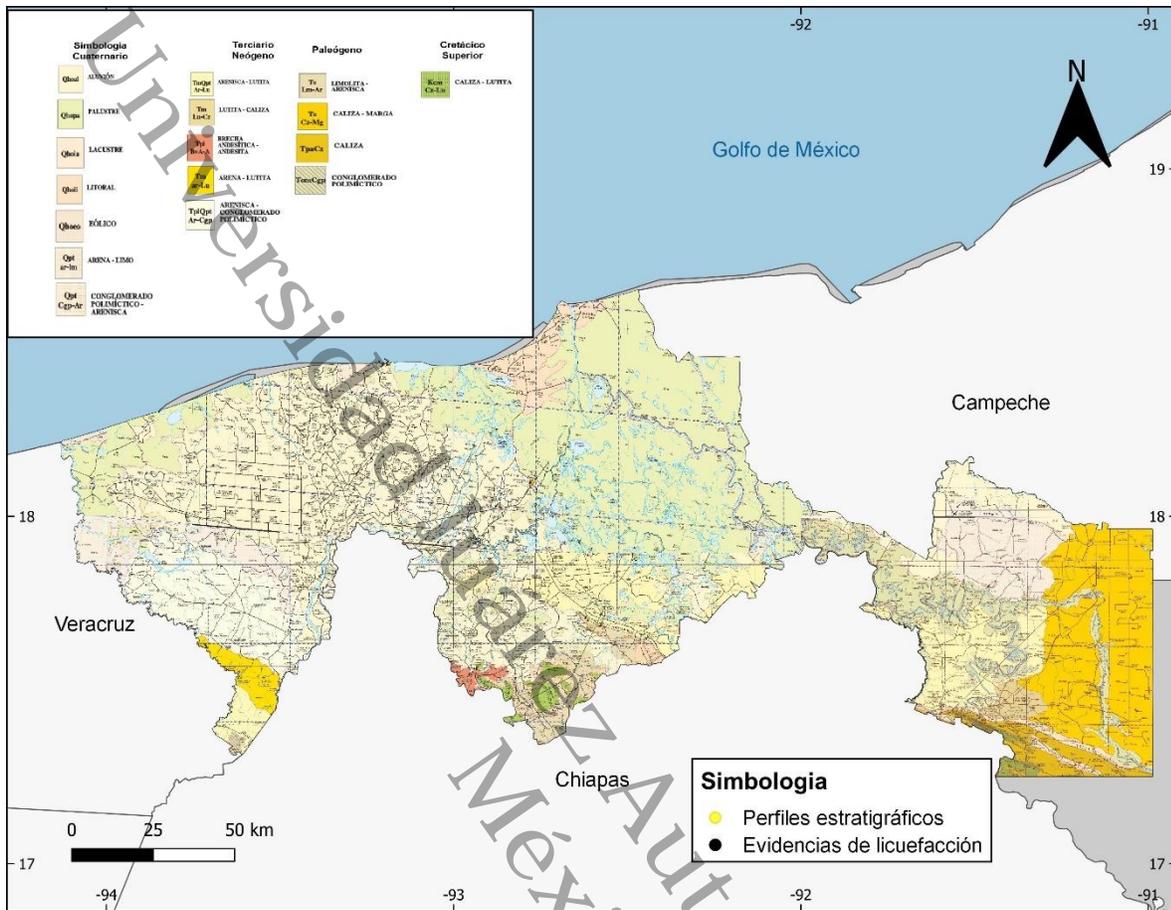


Figura 38. Mapa geológico de Tabasco. Elaboración propia tomado de (SGM, 2025).

5.6 Zonas vulnerables a licuefacción

Con la unión de todos los elementos se definieron 6 zonas vulnerables a licuefacción en el estado (Figura 39). Todas estas zonas cumplen con ciertas características que hacen que sea susceptible a sufrir este fenómeno.

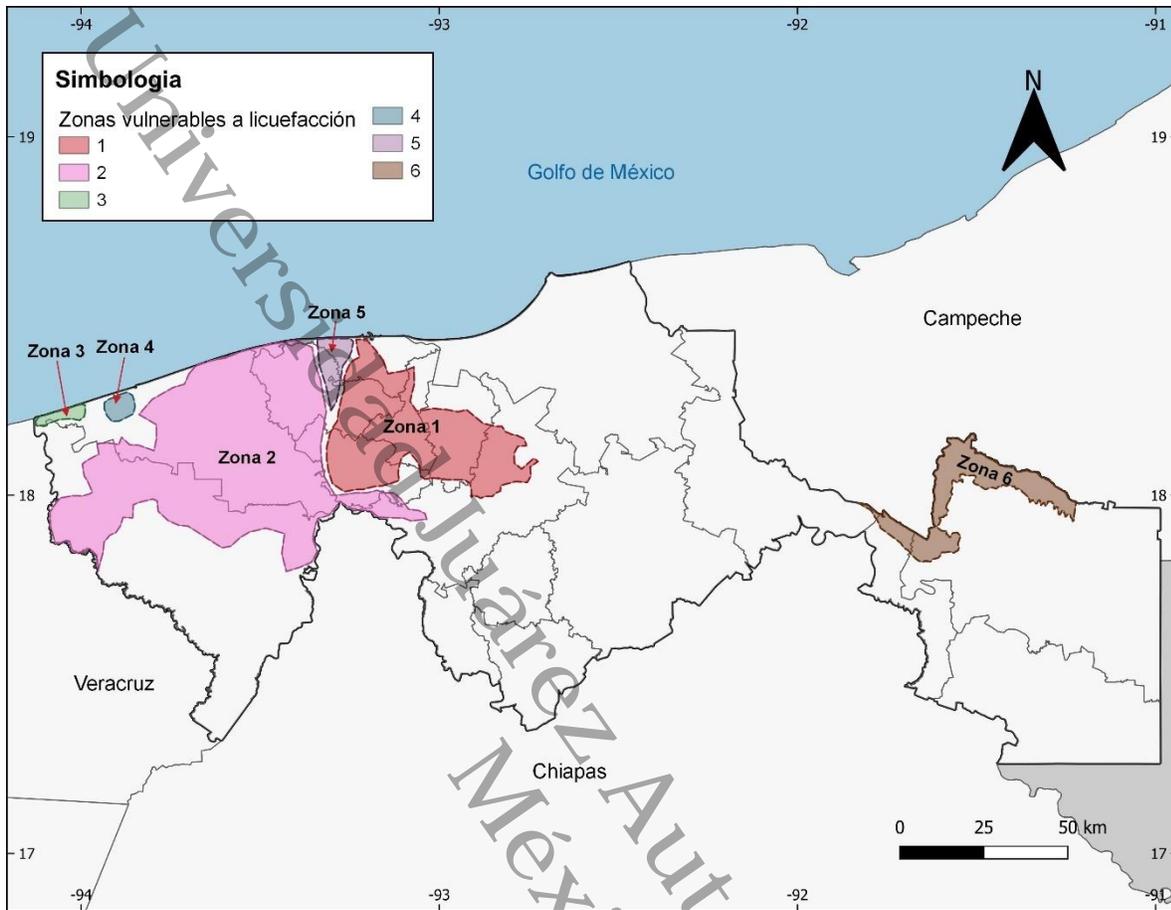


Figura 39. Zonas vulnerables a licuefacción en Tabasco. Elaboración propia.

CAPITULO VI: Discusiones y conclusiones

Como se mencionó en el capítulo 1, los materiales más susceptibles a sufrir licuefacción son los materiales del Cuaternario, de preferencia siendo arenas o limos, poco consolidados, que tenga baja plasticidad y un nivel freático somero (aproximadamente 10 m). Los ambientes o lugares más propensos a sufrir licuefacción son los ambientes fluviales, aluviales, coluviales, depósitos eólicos, barras arenosas, playas, llanuras de inundación y rellenos mal compactados.

Para este trabajo se definieron 6 zonas (Figura 39) de las cuales, si bien no cumplen con todas las características, cumplen con varias de ellas. Dentro de las que se consideraron velocidades de onda S en el estado de Tabasco, tomando en cuenta que la velocidad en la mayoría del estado es de aproximadamente 180 m/s (Figura 35) y sabiendo que entre más baja la velocidad, menos consolidado está el suelo, esta característica se vuelve relevante. Teniendo presente que en una de las zonas propuestas (zona 1) ya se tienen evidencias de licuefacción por el sismo del 8 de septiembre del 2017 de M_w 8.2 (Figuras 27, 28, 29 y 30), donde se tuvieron intensidades desde IV hasta VI (Figura 26), se compararon las intensidades e isosistas de los sismos mencionados en el apartado 1.5 para ver si alguno de ellos coincide con el sismo antes mencionado.

La zona 1, representada de color rojo (Figura 39) comprende partes de los municipios de Centro, Nacajuca, Jalpa de Méndez, Paraíso, Comalcalco y Cunduacán. Esta zona está compuesta por material del Cuaternario, en su mayoría aluvión y una pequeña parte de material palustre (Figura 38), teniendo un nivel freático somero en la zona con valores desde 2 m en algunas zonas (Figura 9), la mayoría con profundidades de 4.6 m y el nivel más alto siendo aproximadamente de 9 m, está compuesta por ríos y cuerpos de agua (Figura 8); también se analizaron las velocidades de onda S teniendo la mayoría de la zona velocidades de 180 m/s (Figura 35) la cual es la velocidad más baja en el estado. Para la parte del municipio de centro se pudo analizar un poco más gracias al mapa de zonificación geotécnica del municipio de centro elaborado por De la Fuente *et al.* (2012), la cual indica que se caracteriza por tener intercalaciones de arenas limosas con compacidad suelta a media, limos de alta y baja compresibilidad y arcillas de baja y alta plasticidad blandas a medias, aunque esta información solo se tiene para el municipio de

centro (Figura 7) , se puede inferir que en los otros municipios la geotecnia debe ser parecida ya que la geología, el nivel freático y las velocidades de onda S son muy parecidas, y los municipios, aunque estén en diferentes zonas, están ubicados en la misma cuenca sedimentaria. Esta zona cumple con más de dos de las características para que el terreno sea susceptible a licuefacción, por lo tanto, se considera una zona licuable. Es importante mencionar que en esta zona está comprendida la ranchería Acachapan y Colmena en la cual sucedió este fenómeno (Figuras 27, 28, 29 y 30) a consecuencia del sismo del 8 de septiembre del 2017, en donde presento intensidades desde IV hasta VI (Figura 26). Tomando como referencia estos datos, debido al evento ocurrido el 23 de septiembre de 1902 se tuvieron valores de VI y VII (Figura 12). Por el evento del 23 de junio del 2020 se tuvieron valores desde IV hasta VII (Figura 23); teniendo en estos dos eventos valores de intensidad más altas que en el sismo ocurrido en el 2017, el cual fue el que originó licuefacción. Para los eventos ocurridos el 29 de abril de 1970 y el 30 de septiembre de 1999 se tuvieron intensidades de V (Figuras 15 y 17). Por último, por los sismos ocurridos el 29 de julio del 2014, el 17 de diciembre del 2015, el 6 de octubre del 2023 y el 5 de agosto del 2024, presentaron intensidades de IV (Figuras 19, 22, 24 y 25).

La zona 2, representada de color rosa (Figura 39) comprende partes de los municipios de Centro, Cunduacán, Comalcalco, Paraíso, Cárdenas y Huimanguillo. Esta zona está compuesta por material del Cuaternario, en su mayoría de aluvión, una parte de arena-limo y pequeñas partes de material palustre (Figura 38), tiene un somero nivel freático en unas zonas teniendo aproximadamente profundidades de 2.32 m y en otras entre 4 y 6 m aproximadamente (Figura 9), siendo estas las más altas, y está compuesta por ríos y cuerpos de agua (Figura 8); de igual forma se analizaron las velocidades de ondas S teniendo valores de entre 180-200 m/s (Figura 35). Para la pequeña parte del municipio de Centro, de igual manera que en la zona 1, se pudo analizar con el mapa de zonificación geotécnica del municipio de Centro realizado por De la Fuente *et al.* (2012) y se tiene que hay intercalaciones de arenas limosas con compacidad suelta a media, limos de alta y baja compresibilidad y arcillas de baja y alta plasticidad blandas a medias, también hay limos de baja compresibilidad y arcillas de baja plasticidad de consistencia blanda a media (Figura 7), se puede inferir que en los otros municipios la geotecnia debe

ser parecida ya que la geología, el nivel freático y las velocidades de onda S son muy parecidas, y los municipios, aunque estén en diferentes zonas, están ubicados en la misma cuenca sedimentaria. Esta zona tuvo intensidades de V y VI por el sismo del 8 de septiembre del 2017 (Figura 26), el cual se tiene evidencia de que generó licuefacción en la zona 1. El evento del 23 de septiembre de 1902 presentó intensidades desde V hasta VII (Figura 12), siendo las mismas que se tuvieron en la zona 1. Por el evento ocurrido el 23 de junio del 2020 se tuvieron intensidades IV y V (Figura 23). Los sismos del 23 de agosto de 1965, 28 de agosto de 1973, 4 de octubre del 2014, 28 de abril del 2015, 17 de diciembre del 2015, 6 de octubre del 2023 y 5 de agosto del 2024 presentaron valores de hasta IV (Figuras 14, 16, 20, 21, 22, 24 y 25). Los eventos del 29 de abril de 1970 y 30 de septiembre de 1999 tuvieron intensidades de V (Figuras 15 y 17), y, por último, el evento del 9 de noviembre de 1956 el cual tuvo intensidades de VI (Figura 13).

La zona 3, representada de color verde (Figura 39) comprende partes de los municipios de Cárdenas y Huimanguillo. Esta zona está compuesta por material del Cuaternario, en su mayoría material eólico y una pequeña parte de material palustre (Figura 38), tiene un nivel freático de 2.32 m (Figura 9), lo cual es somero y está compuesta por ríos y cuerpos de agua (Figura 8); las velocidades de la onda S en la zona son entre 180-190 m/s (Figura 35). En esta zona se tuvieron intensidades de IV por el sismo del 29 de abril de 1970 (Figura 15).

La zona 4, representada de color azul (Figura 39) comprende una parte del municipio de Cárdenas. Esta zona está compuesta por material del Cuaternario, en su mayoría aluvión y pequeñas partes de material palustre (Figura 38), la zona tiene un nivel freático de 2.32 m (Figura 9), lo cual es somero y está compuesta por cuerpos de agua y ríos (Figura 8). Las velocidades de onda S para la zona van entre 180-300 m/s (Figura 35). En esta zona se tuvieron intensidades de IV por los sismos del 29 de abril de 1970 y del 17 de diciembre del 2015 (Figuras 15 y 22).

La zona 5, representada de color morado (Figura 39) comprende parte de los municipios de Paraíso y Comalcalco. Esta zona está compuesta por material del Cuaternario, en su mayoría aluvión, una parte de material lacustre y pequeñas partes de material palustre

(Figura 38). La zona tiene un nivel freático de entre 4-6 m aproximadamente (Figura 9) y está compuesta por ríos y cuerpos de agua (Figura 8). Las velocidades de onda S para la zona son entre 180-190 m/s aproximadamente (Figura 35). En esta zona se tuvieron intensidades de IV por el sismo del 6 de octubre del 2023 (Figura 24).

La zona 6, representada de color café (Figura 39) comprende parte de los municipios de Balancán, Emiliano Zapata y Jonuta. Esta zona está compuesta por material del Cuaternario, en su mayoría aluvión y una pequeña parte de material palustre (Figura 38), la zona tiene un nivel freático de entre 2-4 m aproximadamente (Figura 9), la zona tiene pocos cuerpos de agua (Figura 8). Las velocidades de onda S para la zona son 180-200 m/s aproximadamente (Figura 35). En esta zona se tuvieron intensidades de VII por el sismo del 23 de septiembre de 1902 (Figura 12); por los sismos del 9 de noviembre de 1956 y del 30 de septiembre de 1999 se tuvieron intensidades de IV (Figuras 13 y 17) y por el sismo del 4 de octubre del 2014 tuvo intensidades de II (Figura 20).

Como conclusión se tiene que la zona 1 (Figura 39) es la **zona licuable**, ya que esta cumple con más de dos características para que el suelo sea propenso a licuarse y de acuerdo con los mapas de isosistas analizados se puede observar que es una zona en donde las intensidades de los sismos son más fuertes, recordando que en esta zona se tiene evidencia de licuefacción.

Las zonas 2 y 5 (Figura 39) son **potencialmente licuables**, ya que cumplen con algunas características para sufrir este fenómeno y en ellas hay partes de la costa del estado, pero se necesita más información para poder comprobarlo.

Por último, las zonas 3, 4 y 6 (Figura 39) son zonas **probablemente licuables**, cumple con varias características para ser propenso a licuarse y los valores de las intensidades de los sismos son más bajas en estas zonas, sin embargo, es de las zonas en las que menos se tiene información, por lo cual se necesita más información para poder comprobarlo.

Bibliografía

- Acosta, V. G., & Suárez, G. (1996). Los sismos en la historia de México (Vol. 1). Fondo de Cultura Económica.
- Ambraseys, NN. (1988). Engineering seismology. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. Vol 17. <https://doi.org/10.1002/eqe.4290170102>.
- Audemard, F. A., & De Santis, F. (1991). Survey of liquefaction structures induced by recent moderate earthquakes. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 44(1), 5-16.
- Brenes-Quesada, F. (2008). Evaluación del potencial de licuefacción en suelos.
- Bernal, I. (2006). Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Tlaxcala–Mexico (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría, II-UNAM, Mexico).
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Ensenada Baja California, México (1980): Red Sísmica del Noroeste de México. Reporte Gráfico del Sismo del 7 de septiembre de 2017 (8 de septiembre UTC) Magnitud Mw8.2, Intensidad Instrumental \approx IX. doi.org/10.7914/SN/BC.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED. (2025). <https://www.cenapred.unam.mx>. Última visita enero 2025.
- Centro Sismológico Internacional (2025), Catálogo de Terremotos ISC-GEM, <https://doi.org/10.31905/d808b825>.
- Chávez, J. (1987). Y volvió a temblar: Cronología de los sismos en México (de 1 pedernal a 1821) (Vol. 135). Ciesas.
- Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. (2009). Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT). <https://www.gob.mx/>. Última visita enero 2025.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO. (2025). <http://www.conabio.gob.mx/>. Última visita enero 2025.
- Cruz, S. C., Balvanera, E. M., López, G. L., & Jiménez, R. H. (2019). Trazado de las isopiezas utilizando un sistema de información geográfico. Caso de estudio: Tabasco, México. *Emerging Trends in Education*, 3(2), 33-52.

- De Caleta, D. C. (1988). El sismo del 19 de septiembre de 1985, en la región. *Revista-Instituto de Geología*, 7(1), 106-111.
- DE LA FUENTE, H. A., SÁNCHEZ, M. A., TENORIO, A. E., LAVARIEGA, D. O., RODRIGUEZ, J. F., & Zúñiga, Á. R. (2012). Zonificación geotécnica del municipio de Centro, Tabasco. *Memorias de la XXVII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica*.
- Dominguez, A. A. (2019). *Caso de Estudio: Control de Inundaciones en Tabasco*.
- Figuroa, J. (1963). *Isosistas de macrosismos mexicanos: México. DF, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, Reporte*, 67.
- García, V. (2001). *Los sismos en la historia de México*. unam.
- González-Herrera, R., Cámara-Yamá, I., Sánchez & Pinto, I., (2022). Hidrodinámica regional de Los Ríos, Tabasco, México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 74 (2), A170222. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2022v74n2a170222>.
- Gratchev, I. B., Sassa, K., Osipov, V. I., & Sokolov, V. N. (2006). The liquefaction of clayey soils under cyclic loading. *Engineering geology*, 86(1), 70-84.
- Guzmán Ventura, J. A., Williams Linera, F., Riquer Trujillo, G., Vargas Colorado, A., & Leyva Soberanis, R. (2020). Fallas de licuación de suelos inducidas por el sismo de Tehuantepec del 7 de septiembre de 2017 (Mw 8.2) en la Ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, México. *Ingeniería sísmica*, (102), 82- 106.
- H. Ayuntamiento Constitucional de Centro, Villahermosa, Tabasco (1995). "Reglamento de Construcciones para Municipio de Centro", Periódico Oficial No. 5469, 4 de febrero del 1995.
- Huang, Y., & Yu, M. (2013). Review of soil liquefaction characteristics during major earthquakes of the twenty-first century. *Natural hazards*, 65, 2375-2384.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2025). <https://www.inegi.org.mx>. Ultima visita enero 2025.

- Jesús de la cruz, H., Jiménez Peralta, E., Jiménez López, J., García Pérez, AA. & Jiménez Cabrera, JD. (2017). Sismo Pijijiapan, Chiapas del 07 de septiembre de 2017. Reporte Especial.
- Mánica, M. A., Mendoza, M. J., Botero, E., Alcántara, L., & Mendoza, S. A. ¿Licuación en las costas de Michoacán debido al sismo del 19 de septiembre de 2022?.
- Mayoral, P., Limon, M., & Ruiz, O. Potencial de licuación en el puerto de manzanillo, proyecto CMSA ST2, basado en la velocidad de onda cortante.
- Minjárez Sosa, I., Ochoa Granillo, JA., Espinoza Maldonado, I., Montijo González, A., Villa Terán, A. & Ruíz Germán, I. (2010). El sismo de la sierra el mayor – el borrego (4 de abril del 2010, mw 7.2) y su impacto en la zona rural de san luis río colorado, sonora. Revista-Epistemus. Número 9.
- Obermeier, S. F. (1996). Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis— an overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. *Engineering Geology*, 44(1-4), 1-76.
- Obermeier, S. F. (2009). Using liquefaction-induced and other soft-sediment features for paleoseismic analysis. *International Geophysics*, 95, 497-564.
- Ovando Arias, L. (2019). Determinación litoestratigráfica por medio de tomografía de resistividad eléctrica de una zona del municipio de centro, estado de tabasco. Tesis de licenciatura.
- Palma-López, D. J., Cisneros, D. J., Moreno, C. E., & Rincón-Ramírez, J. A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados- ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México, 195.
- Perucca, L., Perez, A., & Navarro, C. (2006). Fenómenos de licuefacción asociados a terremotos históricos. Su análisis en la evaluación del peligro sísmico en la Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 61(4), 567-578.
- Rodríguez Mendoza, I (2011). Análisis y Mejoramiento de Suelos Potencialmente Licuables. UNAM. Tesis de licenciatura.

- Servicio Geológico de Estados Unidos, USGS. (2025). <https://www.usgs.gov/>. Última visita enero 2025.
- Servicio Geológico Mexicano, SGM. (2025). <https://www.sgm.gob.mx>. Última visita enero 2025.
- Servicio Sismológico Nacional, SSN. (2025). <http://www.ssn.unam.mx/>. Última visita enero 2025.
- Singh, S. K., Pacheco, J. F., Pérez-Campos, X., Ordaz, M., & Reinoso, E. (2015). The 6 September 1997 (Mw 4.5) Coatzacoalcos-Minatitlan, Veracruz, Mexico earthquake: implications for tectonics and seismic hazard of the region. *Geofísica internacional*, 54(2), 191-199.
- Tena Colunga, A., Martínez Martínez, J., & Gómez Bernal, A. (2014). Comportamiento de la vivienda en México durante el sismo el Mayor-Cucupah del 4 de abril de 2010. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 14.
- Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL. (2025). ¿Sintió un sismo?. <http://sismos.uanl.mx/sismos.php>. Última visita enero 2025.
- Vargas, C., Flores, F., & Ortiz, R. (2016). Evaluación de la vulnerabilidad a la licuación de arenas. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, AC, Ciudad de México, México.

Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional	
Título de Tesis:	Zonas vulnerables a licuefacción en el estado de Tabasco, México
Autor(a) o autores(ras) de la Tesis:	Sophia Alejandra Utrera Hernández, M.C Ana Gabriela Carranza Rivera, Dra. Lilia María Gama Campillo
ORCID:	0009-0001-4782-7473
Resumen de la Tesis:	<p>Los fenómenos naturales son eventos producidos mayormente por cambios ambientales o geológicos. El estado de Tabasco ha sufrido afectaciones por diferentes fenómenos naturales que han ocurrido en estados aledaños, entre estos fenómenos se encuentran los sismos, dentro de los cuales se tiene el evento del 8 de septiembre de 2017 que ocurrió a 350 km de la capital tabasqueña y dejó afectaciones a personas y edificaciones. En el presente trabajo se identifican y proponen seis zonas vulnerables a licuefacción en el estado de Tabasco. Primero, se revisó el estado del arte de la sismicidad y licuefacción de suelos a escala global, en México, así como en Tabasco, tomando como base reportes técnicos, comentarios de personas afectadas por este fenómeno en la entidad, revisando libros e información de la red, luego se recopiló evidencia de licuefacción a consecuencia de sismos para el sureste de México. Analizando la información documentada graficaron valores de IMM a partir de IV en Tabasco en mapas de isosistas y se posicionaron en un mapa evidencias de licuefacción en el sur del estado de Veracruz y en Tabasco; después se recopilaron perfiles estratigráficos disponibles para algunas zonas de Tabasco y Coatzacoalcos para posicionarlos en un mapa y comparar sus características estratigráficas. Como resultado de la unión y relación de IMM, perfiles geotécnicos, evidencias, se proponen seis zonas vulnerables a licuefacción, las cuales se dividen en licuables, potencialmente licuables y probablemente licuables para el estado de Tabasco, siendo esta la primera información documentada para la entidad.</p>

<p>Palabras claves de la Tesis:</p>	<p>Licuefacción, tabasco, sismicidad</p>
<p>Referencias citadas:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acosta, V. G., & Suárez, G. (1996). Los sismos en la historia de México (Vol. 1). Fondo de Cultura Económica. • Ambraseys, NN. (1988). Engineering seismology. Earthquake Engineering and Structural Dynamics. Vol 17. https://doi.org/10.1002/eqe.4290170102. • Audemard, F. A., & De Santis, F. (1991). Survey of liquefaction structures induced by recent moderate earthquakes. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 44(1), 5-16. • Brenes-Quesada, F. (2008). Evaluación del potencial de licuefacción en suelos. • Bernal, I. (2006). Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Tlaxcala–México (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría, II-UNAM, Mexico). • Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Ensenada Baja California, México (1980): Red Sísmica del Noroeste de México. Reporte Gráfico del Sismo del 7 de septiembre de 2017 (8 de septiembre UTC) Magnitud Mw8.2, Intensidad Instrumental ≈ IX. doi.org/10.7914/SN/BC. • Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED. (2025). https://www.cenapred.unam.mx. Última visita enero 2025. • Centro Sismológico Internacional (2025), Catálogo de Terremotos ISC GEM, https://doi.org/10.31905/d808b825. • Chávez, J. (1987). Y volvió a temblar: Cronología de los sismos en México (de 1 pedernal a 1821) (Vol. 135). Ciesas. • Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. (2009). Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT). https://www.gob.mx/. Última visita enero 2025. • Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO. (2025). http://www.conabio.gob.mx/. Última visita enero 2025. • Cruz, S. C., Balvanera, E. M., López, G. L., & Jiménez, R. H. (2019). Trazado de las isopiezas utilizando un sistema de información geográfico. Caso de estudio: Tabasco, México. Emerging Trends in Education, 3(2), 33-52.

<p style="text-align: center; opacity: 0.5; font-size: 2em; transform: rotate(-45deg);"> Universidad Juárez Autónoma de México </p>	<ul style="list-style-type: none"> • De Caleta, D. C. (1988). El sismo del 19 de septiembre de 1985, en la región. <i>Revista-Instituto de Geología</i>, 7(1), 106-111. • DE LA FUENTE, H. A., SÁNCHEZ, M. A., TENORIO, A. E., LAVARIEGA, D. O., RODRIGUEZ, J. F., & Zúñiga, Á. R. (2012). Zonificación geotécnica del municipio de Centro, Tabasco. <i>Memorias de la XXVII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica</i>. • Dominguez, A. A. (2019). Caso de Estudio: Control de Inundaciones en Tabasco. • Figueroa, J. (1963). <i>Isosistas de macrosismos mexicanos: México</i>. DF, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, Reporte, 67. • García, V. (2001). <i>Los sismos en la historia de México</i>. unam. • González-Herrera, R., Cámara-Yamá, I., Sánchez & Pinto, I., (2022). Hidrodinámica regional de Los Ríos, Tabasco, México: <i>Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana</i>, 74 (2), BSGM2022v74n2a170222 A170222. http://dx.doi.org/10.18268/. • Gratchev, I. B., Sassa, K., Osipov, V. I., & Sokolov, V. N. (2006). The liquefaction of clayey soils under cyclic loading. <i>Engineering geology</i>, 86(1), 70-84. • Guzmán Ventura, J. A., Williams Linera, F., Riquer Trujillo, G., Vargas Colorado, A., & Leyva Soberanis, R. (2020). Fallas de licuación de suelos inducidas por el sismo de Tehuantepec del 7 de septiembre de 2017 (Mw 8.2) en la Ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, México. <i>Ingeniería sísmica</i>, (102), 82- 106. • H. Ayuntamiento Constitucional de Centro, Villahermosa, Tabasco (1995). "Reglamento de Construcciones para Municipio de Centro", Periódico Oficial No. 5469, 4 de febrero del 1995. • Huang, Y., & Yu, M. (2013). Review of soil liquefaction characteristics during major earthquakes of the twenty-first century. <i>Natural hazards</i>, 65, 2375-2384. • Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2025). https://www.inegi.org.mx. Última visita enero 2025. • Jesús de la cruz, H., Jiménez Peralta, E., Jiménez López, J., García Pérez, AA. & Jiménez Cabrera, JD. (2017). Sismo Pijijiapan, Chiapas del 07 de septiembre de 2017. <i>Reporte Especial</i>. • Mánica, M. A., Mendoza, M. J., Botero, E., Alcántara, L., & Mendoza, S. A. ¿Licuación en las costas de Michoacán debido al sismo del 19 de septiembre de 2022?.
--	--

<p style="text-align: center; opacity: 0.5; font-size: 2em; transform: rotate(-45deg);"> Universidad Juárez México </p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mayoral, P., Limon, M., & Ruiz, O. Potencial de licuación en el puerto de manzanillo, proyecto CMSA ST2, basado en la velocidad de onda cortante. • Minjárez Sosa, I., Ochoa Granillo, JA., Espinoza Maldonado, I., Montijo González, A., Villa Terán, A. & Ruíz Germán, I. (2010). El sismo de la sierra el mayor – el borrego (4 de abril del 2010, mw 7.2) y su impacto en la zona rural de san luis río colorado, sonora. Revista-Epistemus. Número 9. • Obermeier, S. F. (1996). Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis—an overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. <i>Engineering Geology</i>, 44(1-4), 1-76. • Obermeier, S. F. (2009). Using liquefaction-induced and other soft-sediment features for paleoseismic analysis. <i>International Geophysics</i>, 95, 497-564. • Ovando Arias, L. (2019). Determinación litoestratigráfica por medio de tomografía de resistividad eléctrica de una zona del municipio de centro, estado de tabasco. Tesis de licenciatura. • Palma-López, D. J., Cisneros, D. J., Moreno, C. E., & Rincón-Ramírez, J. A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México, 195. • Perucca, L., Perez, A., & Navarro, C. (2006). Fenómenos de licuefacción asociados a terremotos históricos. Su análisis en la evaluación del peligro sísmico en la Argentina. <i>Revista de la Asociación Geológica Argentina</i>, 61(4), 567-578. • Rodríguez Mendoza, I (2011). Análisis y Mejoramiento de Suelos Potencialmente Licuables. UNAM. Tesis de licenciatura. • Servicio Geológico de Estados Unidos, USGS. (2025). https://www.usgs.gov/. Última visita enero 2025. • Servicio Geológico Mexicano, SGM. (2025). https://www.sgm.gob.mx. Última visita enero 2025. • Servicio Sismológico Nacional, SSN. (2025). http://www.ssn.unam.mx/. Última visita enero 2025. • Singh, S. K., Pacheco, J. F., Pérez-Campos, X., Ordaz, M., & Reinoso, E. (2015). The 6 September 1997 (Mw 4.5) Coatzacoalcos-Minatitlan, Veracruz, Mexico earthquake: implications for tectonics and seismic hazard of the region. <i>Geofísica internacional</i>, 54(2), 191-199.
--	---

<p>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Tena Colunga, A., Martínez Martínez, J., & Gómez Bernal, A. (2014). Comportamiento de la vivienda en México durante el sismo el Mayor Cucupah del 4 de abril de 2010. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, 14.• Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL. (2025). ¿Sintió un sismo?. http://sismos.uanl.mx/sismos.php. Última visita enero 2025.• Vargas, C., Flores, F., & Ortiz, R. (2016). Evaluación de la vulnerabilidad a la licuación de arenas. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, AC, Ciudad de México, México.
--	---